



**RĒZEKNES AUGSTSKOLA
INŽENIERU FAKULTĀTE**

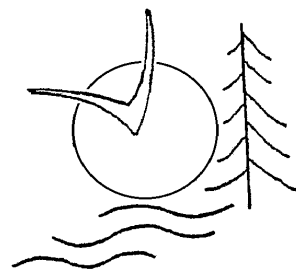
**REZEKNE HIGHER EDUCATION
INSTITUTION
FACULTY OF ENGINEERING**

VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI

IV Starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli
2003. gada 26.-28. jūnijs

ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES

Proceedings of the 4th International Scientific and Practical
Conference June 26-28, 2003



Rēzekne 2003

Vide. Tehnoloģija. Resursi: 4. starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli 2003. gada 26.–28. jūnijā. – Rēzekne, 2003. – 407 lpp.

Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference June 26-28, 2003. – Rezekne, 2003. – 407 p.

Zinātnisko rakstu krājumā iekļauti IV starptautiskās zinātniski praktiskās konferences “Vide. Tehnoloģija. Resursi” referāti.

Referātu tematika saistīta ar vides aizsardzības problēmām, teoriju, praksi un pieredzi vides aizsardzībā, vides kvalitātes parametriem, to kontroli, novērtēšanu un izmantošanu, dabas resursiem, cilvēka ekoloģiju, ekoloģijas un kultūras attiecībām, ekoloģisko izglītošanu, pārstāvēti referāti, kas ir saistīti ar datorzinātņu un matemātikas pielietošanu vides un citu nozaru problēmu risināšanā.

Proceedings include papers presented at the 4th International Conference “Environment. Technology. Resources.”

The themes of the papers are – the environmental problems, theory, practice and experience in environmental protection, environmental quality parameters and their control, assessment and improvement, natural resources, ecology of human nature, ecology and culture, ecological education. A separate section of the conference includes papers on applications of computer science and mathematics for solution of environmental and other problems.

Konferences orgkomiteja / Organizing committee:

1. prof. G. Noviks – the Chairman (Rezekne Higher Education Institution, Latvia)
2. prof. T. Chrzan (Zielona Gora Polytechnic, Poland),
3. prof. M. Klavinsh (University of Latvia, Latvia),
4. asoc. prof. L. Kliucininkas (Kaunas University of Technology, Lithuania),
5. prof. V. Morozov (Geophysics Institute, Russian Academy of Sciences, Russia),
6. asoc. prof. J.-R. Pastarus (Tallinn Technical University, Estonia),
7. prof. R. Tefpers (Chalmers University, Sweden),
8. asoc. prof. A. Zemitis (Ventspils University College, Latvia).

Recenzenti / Reviewers:

assist. prof. Dr. sc. ing. I. Dreijers (Riga Technical University, Latvia), prof. Dr. habil. geogr. G. Eberhards (University of Latvia, Latvia), asoc. prof. Dr. agr. J. Švarcbahs (Latvia University of Agriculture, Latvia), prof. Dr. sc. ing. V. Jansons (Latvia University of Agriculture, Latvia), prof. Dr. habil. ing. Ģ. Vulfs (Riga Technical University, Latvia), asoc. prof. Dr. habil. math. A. Reinfelds (University of Latvia, Latvia)

Tirāža 150 eks.

ISBN 9984 – 585 – 68 – 9

© Rēzeknes Augstskola, 2003

RA Izdevniecība, 2003

Rezekne Higher Education Institution, 2003

SATURS

VIDE UN SABIEDRĪBA

Adamovičs A. Klāšens V.	Simbiotiski saistītais slāpeklis Latvijas augsnēs: iespējas un problēmas.....	13
Adlys G. Adliene D.	Ignalinas atomelektrostacija un vide.....	18
Bačelis K. Gruzdeviene E.	Izturīgu šķirņu daudzveidība - linu ekoloģiskās aizsardzības ceļš Lietuvā.....	24
Bačelis K. Jankauskiene Z.	Linu šķiedru audzēšana augstai šķiedru kvalitātei.....	33
Bankina B. Priekule I.	Kviešu lapu slimības un datorprogrammu izmantošanas iespējas to ierobežošanā.....	38
Bērziņš S.	Projektējamās celulozes rūpnīcas iespaids uz Jēkabpils reģiona infrastruktūru.....	44
Cēsniņš A. Vilde A. Cēsniņš S. Liepiņš J. Ausmane M. Melngalvis I. Adamovičs A.	Экономная технология заделывания в почву сидеральных культур.....	51
Chrzan T.	Ģeotermālie ūdeņi Polijā.....	56
Denafas G. Rimaitytė I. Seeger H. Urban A.	Saimniecisko atkritumu enerģētiskās izmantošanas potenciālais devums Lietuvas enerģijas apgādei.....	60
Dolacis J. Tomsons E. Hrolis J.	Kurināmās koksnes salīdzinājums ar citiem kurināmā veidiem.....	67
Dzenajaviciene E. F. Sidlauskas V.	Kokgāzes izmantošanas tehniski ekonomiskās attīstības analīzes info sistēma.....	73
Erg K. Reinsalu E. Valgma I.	Igaunijas degslānekļu ieguves reģionā ģeotehnisko procesu ietekme uz grunts ūdeņu piesārņotību un tās izplatīšanos.....	79
Gontaszewska A. Kraiński A.	Notekūdeņu duļķu iedarbība uz pazemes ūdeņu kvalitāti.....	85
Gudriniece E. Strēle M. Skujiņš V.	Dabai draudzīgas biodīzeļdegvielas ražošanas iespējas Latvijā.....	92
Gulbis V.	Kokgāzes ieguve un racionāla izmantošana kombinētai elektrības un siltuma ražošanai lauku uzņēmumos.....	96
Halicki W. Szymańczyk A.	Nährstoffe im oberflächenwasser auf dem gebiet mit extensivem ackerbau.....	102
Halicki W. Szymańczyk A.	Reinigungsleistung von naturnahen zweistufigen Kläranlagen.....	108

Ilsters A. Ziemeļis I.	Cūku kūts mikroklimata nodrošināšanas energoietilpība.....	115
Jankauskaitē M.	Urbanizētās vides dabiskās pašattīrīšanas potenciālā novērtējuma aspekti un problēmas.....	121
Jankauskienē Z. Endriukaitis A. Gruzdeviene E.	Galvēno barības elementu (N, P, K, B, Zn) koncentrācija sēklās, stiebrs un pelavās.....	126
Jevsejeva S. Prols J. Čudečkis V.	Iedzīvotāju saražotie atkritumi un to sastāvs Rīgas pilsētā.....	132
Kaķītis A. Nulle I.	Biomasu briekšu noturība.....	139
Kronbergs Ē. Šmits M.	Kompleksa mehanizācija biomasu kondicionēšanas procesos.....	145
Lāčgalvis E. Ivanovs S.	Vidi saudzējošo ogu audzēšanas tehnoloģiju izstrādāšana.....	150
Laizāne I.	Sabiedrības ekoloģiskā izglītošana.....	154
Malecki A.	Bioģēno vielu noplūde Slawskie ezera drenāžas rajonā.....	166
Miklaševičs Z.	Elektrolīniju balstu stiprības aprēķinu optimizācijas iespējas elektrolīniju projektēšanā.....	171
Morozov V.N. Labuntsova L. M. Ponomarev A.V. Tatarinov V.N.	Smago metālu piesārņotāju ietekmes novērtējums uz ūdens tilpnēm un augsni ekoloģisko katastrofu zonās (Karabahas pilsēta).....	178
Nikitin O.	Izrakteņu bloku stabilitātes prognozēšana ar Monte Carlo metodi.....	185
Noviks G.	Ekotehnoloģija – pirolīzes procesa parametru fizikāli tehniskais pamatojums.....	191
Oļukalns A.	Sosnovska latvāņa (<i>Heracleum sosnowskyi Manden.</i>) izplatība Madonas rajonā un tā ierobežošanas iespējas.....	200
Pastarus J.-R.	Izrakteņu bloku ilglaicīgās stabilitātes monitorings Igaunijas degslānekļu raktuvēs.....	206
Pinnis U. Ruciņš Ā. Vilde A. Cēsniņš S.	Kombinēto mašīnu augsnes apstrādei, mēslošanai un graudaugu sējai ekonomiskais un ekoloģiskais novērtējums.....	212
Plūme I.	Kompostēšanas tehnoloģiju enerģētiskais novērtējums.....	218
Punculis P. Zaķis I.	Аспекты оценки экологического риска при эксплуатации полевых опрыскивателей.....	225
Ruža A. Stramkale V. Krotovs M.	Slāpekļa mēslojuma efektivitāte ziemas kviešu dažādu šķirņu sējumos.....	232
Serģe I. Biteniece G. Teliševa G. Lebedeva G.	Lignosilīcija produktu un azobakterina pielietošana bioloģiskajā lauksaimniecībā.....	238

Sitnikovas D. Denafas G. Vaikšnorienē R. Galins A. Štreimikienē D. Kudrenickis I. Klavs G. Oja T. Mander U.	Enerģijas infrastruktūras reorganizācijas ietekme uz gaisa piesārņojumu Baltijas valstīs.....	244
Stramkale V. Sulojeva J. Seržane R. Janševskis E. Gudriniece E.	Lini – perspektīva kultūra šķiedras un eļļas ražošanai Latvijā.....	251
Straupe I. Adamovičs A.	Biotopu aizsardzības problēmas Tērvetes dabas parkā.....	258
Strikauskas S. Zariņa Dz. Bērziņš A. Viesturs U.	Biofiltrācijas sistēmas pielietojums kompostēšanas procesa atkritumgāzu attīrīšanai.....	264
Šnīders A.	Notekūdeņu aerācijas iekārtas pārejas procesa modelēšana.....	268
Teirumnieks E. Abricka Ē.	Infiltrāta sastāva analīzes Austrumlatgales reģiona izgāztuvēs....	275
Timbare R. Bušmanis M.	Videi draudzīgas slāpekļa minerālmēsļu lietošanas iespējas ziemāju graudaugiem, ievērojot minerālā slāpekļa saturu augsnē.....	283
Vilde A.	Augsnes mitruma un sastāva ietekme uz tās īpašībām un apstrādes energoietilpību.....	287
Vilde A. Cēsniņš S. Ruciņš Ā.	Augsnes apstrādes minimalizācijas enerģētiskie, ekonomiskie un ekoloģiskie aspekti.....	293
Zaļoksnis J.	Latvijas vides informācijas sistēma.....	299
Zevenhoven R. Kavaliauskaite I. Denafas G.	Ekserģijas analīze minerālu karbonizācijai.....	303
Zinkutē R. Radzevičius A. Taraškevičius R.	Ekoloģiski-ģeoķīmiskais aramkārtas un ūdens nogulumiežu stāvoklis Šauļos.....	309

INFORMĀCIJAS TEHNOLOĢIJAS UN MATEMĀTISKĀS METODES VIDES ZINĪBĀS

Castiglione F.	Mikrosimulēšana ar aģentu izmantošanu imunoloģijā un ekonomikā.....	319
Daugulis P.	Vēža audzēja svārstību analīze angiogēneses modeļos.....	330
Gendels S.	Telpas termiskā komforta apstākļu datormodelēšana.....	341
Gendels S. Jakovičs A.	Ēku siltuma zudumu analīze, izmantojot matemātiskos modeļus	347

Iljins U. Ziemelis I. Putāns H. Šķēle A. Navickas J.	Parametru optimizācija ūdens sildīšanas sistēmai ar saules enerģiju.....	353
Kalis H. Kangro I.	Vienkāršas inženiertehniskas formulas stacionāras 2-D siltuma vadīšanas problēmas risināšanai daudzslāņu vidēs.....	359
Moskvins G.	Методы обратного преобразования и распространения в системах искусственного интеллекта.....	367
Užga-Rebrovs O.	Nenoteiktās varbūtības.....	377
Vališevskis A.	Granulārās informācijas izmantošana riska analīzē neskaidrās situācijās.....	385
Zorins A.	Neironu tīkli un prognozēšana.....	392
	Autoru saraksts.....	397

CONTENT

ENVIRONMENT AND SOCIETY

Adamovich A. Klasens V.	Symbiotically Fixed Nitrogen in the Soils of Latvia: Possibilities and Problems.....	13
Adlys G. Adliene D.	The Ignalina Nuclear Power Plant and the Environment.....	18
Bachelis K. Gruzdeviene E.	Disease Resistant Variety – a Way of the Ecological Flax Protection in Lithuania.....	24
Bachelis K. Jankauskiene Z.	Fibre Flax Breeding for High Fibre Quality.....	33
Bankina B. Priekule I.	Wheat Leaf Diseases and Possibilities of Computer Program Application for Disease Control.....	38
Berzinsh S.	Projecting Pulp Mill Impact on the Infrastructure of Jekabpils Region.....	44
Cesnieks A. Vilde A. Cesnieks S. Liepinsh J. Ausmane M. Melngalvis I. Adamovich A.	Efficient Technology for Introduction Catch-Crops Into Soil.....	51
Chrzan T.	Geothermal Waters in Poland.....	56
Denafas G. Rimaitytė I. Seeger H. Urban A.	Potential Contribution of Energetic Useful Domestic Waste to the Energy Supply of Lithuania.....	60
Dolacis J. Tomsons E. Hrols J.	Fuelwood Comparison with Other Kinds of Fuel	67

Dzenajaviciene E. F. Sidlauskas V.	Info System for Analysis of Technical and Economic Development of the Use of Wood Fuel.....	73
Erg K. Reinsalu E. Valgma I.	Geotechnical Processes and Soil-Water Movement with Transport of Pollutants in the Estonian Oil Shale Mining Area...	79
Gontaszewska A. Kraiński A.	Sludge Effect on Groundwater Quality.....	85
Gudriniece E. Strele M. Skujinsh V.	Environment Friendly Biodiesel Fuel in Latvia.....	92
Gulbis V.	Generation of Woodgas and its Rational Use for Combined Power and Heat Production at Rural Enterprises.....	96
Halicki W. Szymańczyk A.	Nutrient Substances in Surface Water of Extensive Agriculture Areas.....	102
Halicki W. Szymańczyk A.	Purification Performance of Biological Two-staged Plant Sewage Systems.....	108
Isters A. Ziemelis I.	Energy Capacity Required to Ensure Optimal Microclimate in a Pigsty.....	115
Jankauskaitė M.	Aspects and Problems of Natural Self-Cleaning Potential Evaluation of Urbanized Environment.....	121
Jankauskienė Z. Endriukaitis A. Gruzdeviene E.	Concentration of Main Nutrition Elements (N, P, K, B, Zn) in Flax Seed, Stem and Chaff.....	126
Jevsejeva S. Prols J. Chudechkis V.	Waste Generation in the Riga City and Their Composition.....	132
Kakitis A. Nulle I.	Durability of Biomass Briquettes.....	139
Kronbergs E. Shmits M.	Biomass Properties for Mechanization of Conditioning Processes.....	145
Lachgalvis E. Ivanovs S.	Development of Ecological Berries Growing Technologies.....	150
Laizane I.	Ecological Education of Society.....	154
Malecki A.	Outflow of the Biogenic Substances in the Drainage Area of Slawskie Lake.....	166
Miklashevichs Z.	The Lasting Calculation Optimization for Wood Poles in Power Lines Designing.....	171
Morozov V.N. Labuntsova L. M. Ponomarev A.V. Tatarinov V.N.	The Assessment of Heavy Metals Pollution of Water Bodies and Soil in the Zone of Ecological Disaster (City Karabash).....	178
Nikitin O.	Mining Block Stability Prediction by the Monte Carlo Method.....	185
Noviks G.	Ecotechnology - physical and technical foundation of pyrolyses parameters.....	191

Olukalns A.	Spread of <i>Heracleum Sosnowsky Manden</i> in Madona District (Latvia) and Its Control Possibilities.....	200
Pastarus J.-R.	Long-Term Stability Monitoring of the Mining Blocks in Estonian Oil Shale Mines.....	206
Pinnis U. Rucinsh A. Vilde A. Cesnieks S.	Technical, Economical and Ecological Estimation of Up-To-Date Combined Soil Tillage, Fertilizing and Sowing Machines..	212
Plume I.	Energy Effectiveness Assessment of Composting Technologies	218
Punculis P. Zakis I.	Evaluation Aspects for Ecological Risk in Operation of Field Sprayers.....	225
Ruzha A. Stramkale V. Krotovs M.	Nitrogen Fertilizer Use Efficiency in Winter Wheat Trials.....	232
Serge I. Biteniece G. Telisheva G. Lebedeva G.	Application of Lignosilicon and Azobacterine for Biological Agriculture.....	238
Sitnikovas D. Denafas G. Vaikšnorienė R. Galinis A. Štreimikienė D. Kudrenickis I. Klavs G. Oja T. Mander U.	Influence of the Reorganization of Energy Infrastructure to Air Pollution in the Baltic States.....	244
Stramkale V. Sulojeva J. Serzhane R. Janshevskis E. Gudriniece E.	Flax – the Perspective Crop for Fibre and Oil Manufacturing in Latvia.....	251
Straupe I. Adamovich A.	Biotope Protection Problems in Tervete Nature Park.....	258
Strikauska S. Zarina Dz. Berzinsh A. Viesturs U.	Biofiltration System for Purification Composting Waste Gases..	264
Shnidars A.	Transient Process Modelling in Waste Water Aeration Unit.....	268
Teirumnieks E. Abricka E.	Analyze of Leachate Composition in the Dumpsites of East-Latgale Region.....	275
Timbare R. Bushmanis M.	Environmentally Friendly Nitrogen Fertilizers Application for Winter Cereals Considering the Mineral Nitrogen Content in Soil.....	283
Vilde A.	Impact of Soil Moisture and Composition on its Properties and Energy Consumption of Tillage.....	287
Vilde A. Cesnieks S. Rucinsh A.	Energetical, Economical and Ecological Aspects of Soil Tillage Minimisation.....	293

Zaloksnis J.	Environmental Information System of the Republic of Latvia....	299
Zevenhoven R. Kavaliauskaite I. Denafas G.	An Exergy Analysis for Mineral Carbonation.....	303
Zinkutė R. Radzevičius A. Taraškevičius R.	Ecological-Geochemical State of Topsoil and Water Sediments in Šiauliai.....	309

INFORMATION TECHNOLOGIES AND MATHEMATICAL METHODS IN ENVIRONMENTAL SCIENCES

Castiglione F.	Agent-Based Micro-Simulations in Immunology and Finance....	319
Daugulis P.	Tumor Oscillation Analysis in Angiogenesis Models.....	330
Gendels S.	Application of Mathematical Models in Analysis of Heat Losses in the Buildings.....	341
Gendels S. Jakovichs A.	Numerical Modelling of Room Thermal Comfort Conditions....	347
Iljins U. Ziemelis I. Putans H. Shkele A. Navickas J.	Optimization of the Parameters of Solar Water Heating System	353
Kalis H. Kangro I.	Simple Methods of Engineering Calculation for Solving Stationary 2–D Heat Transfer Problems in Multilayer Media.....	359
Moskvin G.	Back Propagation and Transformation Methods in Artificial Intelligence Systems.....	367
Uzhga-Rebrov O.	Uncertain Probabilities.....	377
Valishevskis A.	Granular-Information-Based Risk Analysis in Uncertain Situations.....	385
Zorins A.	Financial Forecasting Using Neural Networks.....	392
	List of Authors	397

SIMBIOTISKI SAISTĪTAIS SLĀPEKLIS LATVIJAS AUGSNĒS: IESPĒJAS UN PROBLĒMAS

Symbiotically Fixed Nitrogen in the Soils of Latvia: Possibilities and Problems

A. Adamovičs, V. Klāsens

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV-3001,

E-mail: alexadam@cs.llu.lv, tel./fax.: +371 30 05629

Abstract

For the first time in the states of the Baltic region the symbiotically fixed nitrogen has been quantified under field conditions according to total - N difference method using various legume - grass swards. Long - term field trials (1997 to 2002) were established on Stagnic Luvisol. Binary legume - grass swards were composed of *Medicago varia*, *Galega orientalis*, *Trifolium repens*, *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis* and *Phleum pratense*. Legume and legume-grass swards were developed on similar P and K fertilizer backgrounds. Swards were cut three times during the growing season. It is concluded that fodder galega in soils developed symbiotic system with effective nodule bacteria and provided the productivity of swards 8.9 to 10.5 t ha⁻¹ DM.

Additional input of 90 kg N ha⁻¹ resulted in changes in legume development and decreased agrophytocenosis productivity. In mixed agrophytocenosis a part of symbiotically fixed nitrogen was utilised by grasses. It was indicated by the increase of nitrogen content in the roots and above - ground parts of grasses in treatments receiving no fertilizer N. Fourfold cutting of swards also negatively influenced the activity of symbiotic system and in corresponding variants the yield and the amount of nitrogen in the aboveground parts of plants was minor in comparison with threefold cutting.

Keywords: legumes, grasses, nitrogen, symbiosis

Ievads

Ilgtspējīgas lauksaimnieciskās ražošanas nodrošināšanā nozīmīga loma ir bioloģiskās slāpekļa saistīšanas procesiem un tajā skaitā arī simbiotiskajām sistēmām tauriņziežu saknēs. Vienmēr gaisā ir ļoti daudz atmosfēras molekulārā slāpekļa, bet tas diemžēl parasti augiem un arī dzīvniekiem to organismos tieši nav izmantojams. Tomēr augsnēs daudzo mikroorganismu vidū ir arī tautsaimnieciski ļoti nozīmīgas baktērijas - gumiņbaktērijas (*Rhizobium*), kuras veido gumiņus tauriņziežu saknēs, saista gaisa slāpekli un nodod to augu rīcībā. Simbiotiski saistītā slāpekļa izmantošana augkopības produkcijas ieguvei ļauj samazināt slāpekļa minerālmēslu pielietojumu un samazināt vides piesārņojuma draudus un tam ir sevišķa loma ilgtspējīgā lauksaimniecībā [1, 2, 3]. Veģetācijas sezonā viens hektārs tauriņziežu saista līdz 680 kg gaisa slāpekļa. Daudzos pētījumos ir konstatēta simbiotiskās sistēmas atmosfēras slāpekļa saistīšanas spējas, bet tās produktivitāte konkrētos tauriņziežu sējumos ir atkarīga no ļoti daudziem apkārtējās vides faktoriem [4, 5, 6].

Lopbarības ražošanai Latvijas agroklimatiskajos apstākļos plaši lieto āboliņa, lucernas un pēdējos gados nedaudz arī austrumu galegas tīrsējas un ar stiebrzālēm jauktos zelmeņus iegūstot augstas ražas [7, 8]. Tauriņzieži ar efektīvām gumiņbaktērijām gumiņos ir spējīgi izmantot atmosfēras slāpekli un tāpēc mērķtiecīgi ir noskaidrot simbiotiski saistītā slāpekļa lomu dažāda tipa zelmeņos Latvijas agroklimatiskajos apstākļos.

Pētījumu objekts un metodes

Lauka izmēģinājumi ierīkoti LLU Lauksaimniecības fakultātes mācību un pētījumu saimniecībā "Pēterlauki" lesivētās brūnaugsnēs (pH_{KCl} 6.7, P - 52 mg kg⁻¹ un K - 128 mg kg⁻¹, humusa saturs 21 - 25 g kg⁻¹. 1997. gadā. Tīrsējas un divkomponentu zelmeņi izveidoti izmantojot tauriņziežus - hibrīdo lucernu (*Medicago varia* Hartynf.), balto āboliņu (*Trifolium repens* L.), austrumu galegu (*Galega orientalis* Lam.) un stiebrzāles - pļavas lapsasti (*Alopecurus pratensis* L.), kamolzāli (*Dactylis glomerata* L.), ganību aireni (*Lolium perenne* L.), pļavas auzeni (*Festuca pratensis* Huds.), sarkano auzeni (*Festuca rubra*

L.), pļavas skareni (*Poa pratensis* L.) un timotiņu (*Phleum pratense* L.). Zālaugu kopējā izsējas norma bija 1000 dīgtspējīgu sēklu uz vienu kvadrātmetru, bet jauktos divkomponentu zelmeņos tauriņziežu un stiebrzāļu sēklu daudzuma attiecība bija 400 : 600. Zelmeņu izmantošana – trīsreizēja un četrreizēja pļaušana. Mēslojums N – 0, P – 40, K – 150 kg ha⁻¹. Izmēģinājumu ierīkoja 1997.gadā, bet simbiotiski saistītā atmosfēras slāpekļa produktivitāti noteica 2001. un 2002. gados.

Izmēģinājumu platībās *Rhizobium trifolii* >10⁴, *Rh. meliloti* - >10³ g⁻¹ augsnes, bet austrumu galegas gumiņbaktērijas nebija sastopamas [9]. Lucernas un austrumu galegas sēklas inokulēja ar attiecīgajām gumiņbaktērijām. Slāpekļa saturu augu sausnā noteica pēc Kjeldala metodes. Rezultātu ticamības novērtēšana izdarīta izmēģinājumu tiešajiem ražas skaitļiem.

Simbiotiski saistītā atmosfēras slāpekļa produktivitāti tauriņziežu zelmeņos noteica pēc kopējā slāpekļa starpības metodes, kura ir vispiemērotākā lauka apstākļos [10, 11]. Metode pamatojas uz aprēķināto starpību kopējā slāpekļa daudzumos ražā, kādus uzkrāj tauriņzieži ar sakņu gumiņu palīdzību un blakus, vienādos apstākļos izvietotajā sējumā bez sakņu gumiņu līdzdalības. Pieņem, ka arī tauriņziežu rīcībā ir tādi paši citu slāpekļa formu avoti, kā līdzīgos apstākļos augošajām netauriņziežu kultūrām un to izmantošana abām izmēģinājumu kultūrām ir vienāda.

Izvērtējot izmēģinājumā iegūtos rezultātus par tauriņziežu simbiotiski saistītā slāpekļa daudzumu, jāatzīmē, ka aprēķini izdarīti 4. un 5. zelmeņa izmantošanas gadā, kad vairs nav izteikti sakņu masas pieaugumi un augsnes dažādo slāpekļa formu saturs augsnes aramkārtā ir stabilizējies.

Rezultāti un to izvērtējums

Izmēģinājumu augsnes bija nodrošinātas ar āboliņa un lucernas grupas gumiņbaktērijām. Lucernas un baltā āboliņa saknēs jau sējas gadā izveidojās daudz efektīvu gumiņu. Austrumu galegai ir ļoti specifiskas prasības attiecībā pret simbiontu [12] un augsnes sastopamās gumiņbaktērijas gumiņus nespēj izveidot, tāpēc reizē ar sēklām augsnē arī jāievada attiecīgās gumiņbaktērijas. Izmēģinājumos austrumu galegas sēklu inokulācija bija nesekmīga un tikai atkārtota sējumu apstrāde ar attiecīgo gumiņbaktēriju uzduļķojumu ūdenī nodrošināja gumiņu izveidošanos saimniekauga saknēs un atmosfēras slāpekļa saistīšanu. Nākošajos izmēģinājumu gados arī austrumu galegas saknēs izveidojās efektīvi gumiņi un saistīja atmosfēras slāpekli.

Augsnēs ar pietiekošu kālija un fosfora nodrošinājumu Latvijas agroklimatiskajos apstākļos lauka izmēģinājumos hibrīdā lucerna, austrumu galega un baltais āboliņš simbiozē ar attiecīgajām gumiņbaktērijām spēja nodrošināt efektīvu atmosfēras slāpekļa saistīšanu un zelmeņu augstu produktivitāti [13] un arī labu ilggadību.

Izmēģinājumu gados ražīgākie bija lucernas un lucernas-stiebrzāļu jauktie zelmeņi. Visos izmēģinājumu variantos, tajā skaitā arī salīdzinoši sausajā 2002. gadā, sausas raža pārsniedza 11 t ha⁻¹.

Austrumu galegas un tās jaukto zelmeņu ražība ir nedaudz zemāka (5,7-10,3 t ha⁻¹) salīdzinot ar lucernas zelmeņiem, un izteiktāks ir ražas kritums 2002. gadā. Austrumu galegas sakņu sistēma galvenokārt izvietojas augsnes virskārtā un tāpēc lielāks ir ražas samazinājums mitruma deficīta apstākļos. Tomēr iegūtās ražas ir vairāk kā 2 reizes augstāka kā Somijas apstākļos [14].

Baltā āboliņa tīrsējas un jaukto zelmeņu produktivitāte izmēģinājumā bija zemākā starp tauriņziežu sugām – 4.3-7.1 t ha⁻¹. Baltā āboliņa variantos arī salīdzinoši starp tauriņziežu sugām ir vislielākais ražas samazinājums sausajā 2002. gadā.

Divkomponentu tauriņziežu-stiebrzāļu (pļavas lapsaste, kamolzāle, ganību airene, pļavas auzene, sarkanā auzene, pļavas skarene un timotiņš) zelmeņu produktivitāte variantos

bez minerālā slāpekļa bija līdzīgas vai pat nedaudz augstākas kā tauriņziežiem tīrsējā. Tas liecina, ka tauriņzieži veģetācijas laikā daļu simbiotiski saistītā slāpekļa izdala augsnes vidē un tas nonāk stiebrzāļu rīcībā. To apstiprina arī citu autoru pētījumi pielietojot izotopa ^{15}N metodi [15] un secinājuši, ka baltais āboliņš veģetācijas sezonā nodod stiebrzālēm līdz 103 kg ha^{-1} . Lucernas un austrumu galegas zelmeņos pie kopējā ražā uzkrātā simbiotiski saistītā slāpekļa daudzuma arī stiebrzāļu rīcībā nonākušais slāpekļa apjoms ir lielāks.

Stiebrzāļu variantos, bez papildus slāpekļa mēslojuma, ražas viszemākās ($1.3 - 5.6 \text{ t ha}^{-1}$) un it sevišķi 2002. gadā, jo minētās grupas augiem sakņu sistēmas izvietojas galvenokārt augsnes virskārtā un tāpēc to zelmeņi vairāk cieta no mitruma trūkuma.

Lauksaimnieciskajā ražošanā svarīgi ir zināt slāpekļa bilanci katrā lauksaimniecībā izmantotajā platības vienībā, lai varētu paredzēt audzējamo kultūraugu ražas un novērstu iespējamās apkārtējās vides piesārņojuma situācijas. Kopējā augiem izmantojamo slāpekļa savienojumu bilancē ievērojamo vietu ieņem arī tauriņziežu simbiotiski saistītai atmosfēras slāpekļi [2, 16]. Par atsevišķu tauriņziežu zelmeņu atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitāti ir daudzu autoru pētījumi [2, 11, 17], bet iegūtie rezultāti ir ļoti atšķirīgi ($0 - 682 \text{ kg ha}^{-1}$) jo atkarīgi no sugas, dažādajiem apkārtējās vides atmosfēras slāpekļa saistīšanu ietekmējošiem vides faktoriem un arī pielietotajām noteikšanas metodēm.

Aprēķinot pēc kopējā slāpekļa starpības metodes ir noteikta izmēģinājumā iekļauto lopbarības tauriņziežu atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitāte lesivētās brūnaugsnēs Latvijas agroklīmatiskajos apstākļos (Tabula 1).

Tabula 1.

Tauriņziežu un tauriņziežu-stiebrzāļu zelmeņu saistītais atmosfēras slāpekļa daudzums 2001.un 2002.gados

Zelmeņi	Saistītais atmosfēras slāpekļi, kg N ha^{-1}			
	3 reizēja pļaušana		4 reizēja pļaušana	
	2001	2002	2001	2002
<i>Medicago varia</i>	330	383	313	433
<i>Medicago varia</i> + stiebrzāles/grasses	333	317	275	390
<i>Galega orientalis</i>	229	238	196	156
<i>Galega orientalis</i> + stiebrzāles/grasses	203	222	119	145
<i>Trifolium repens</i>	132	99	74	111
<i>Trifolium repens</i> + stiebrzāles/grasses	82	119	67	121

Salīdzinoši visproduktīvākie atmosfēras slāpekļa saistīšanā ir hibrīdās lucernas zelmeņi, sasniedzot pat 433 kg ha^{-1} pat ekstremālajā, sausajā 2002. gadā. Arī pārējos variantos atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitāte ir virs 300 kg ha^{-1} un tas ir ievērojams papildinājums kopējā slāpekļa bilancē. Iegūtie rezultāti iekļaujas citu autoru darbos konstatētās atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitātes rādītāju izkliedes intervālā [11].

Pēc simbiotiskajā darbībā uzkrātā slāpekļa daudzuma gumiņos, starp izmēģinājumos iekļautajiem kultūraugiem vidēju stāvokli ieņem austrumu galegas zelmeņi, kuru produktivitāte ir robežās no $156 - 238 \text{ kg ha}^{-1}$. Literatūra nav izdevies atrast citu autoru datus par austrumu galegas zelmeņu atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitāti, jo lauksaimnieciskajā ražošanā tā vēl salīdzinoši jauns kultūraugs.

Lesivētās brūnaugsnēs salīdzinoši viszemākā atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitāte konstatēta baltā āboliņa zelmeņos, attiecīgi $74 - 132 \text{ kg ha}^{-1}$, atkarībā no izmēģinājumu varianta. Salīdzinot ar literatūras datiem, izmēģinājumos iegūtie baltā āboliņa atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitātes rādītāji uzskatāmi kā vidēji, bet jāņem vērā, ka novērtēti 4. un 5. izmantošanas gada zelmeņi.

Kā liecina izmēģinājumu dati, Latvijas agroklīmatiskajos apstākļos, daudzgadīgie tauriņziežu kultūraugi simbiozē ar gumiņbaktērijām spēj saistīt ievērojamo atmosfēras

slāpekļa daudzumu. Bet atmosfēras slāpekļa saistīšana var notikt tikai pie nosacījuma, ja augsnēs ir attiecīgās gumiņbaktērijas un tās izveido efektīvus gumiņus tauriņziežu saknēs.

LLU zinātnieku pētījumi liecina, ka Latvijā visās augsnēs ir sastopamas gumiņbaktērijas, kuras veido gumiņus zirņu, vīķu, pupu un āboliņu saknēs, bet tomēr to simbiotiskās spējas ir visai atšķirīgas. Mazāk iekultivētās augsnēs parasti gumiņi izveidojas daudz, bet to slāpekļa saistīšanas spējas ir zemas [5, 9]. Lucernas, un it sevišķi lupīnas, gumiņbaktērijas ne vienmēr ir sastopamas un bieži vien šo kultūru sējumos augu saknēs gumiņi neveidojas. Austrumu galegai, kura ir salīdzinoši nesen ieviesta ražošanā mūsu republikā, attiecīgās gumiņbaktērijas augsnēs vispār nav.

Lai veicinātu kultūraugu produktivitāti un palielinātu izmantojamā slāpekļa daudzumu augsnē, reizē ar sēju jāievada attiecīgās gumiņbaktērijas. Šajā nolūkā pielieto sēklu inokulāciju (nitraginizāciju) ar gumiņbaktēriju preparātu – nitragīnu. Baktērijas nonāk uz sēklapvalka, to saglabāšanos ietekmē apvalku baktericīdie izdalījumi un augsnes mitruma režīms. Tāpēc inokulētās sēklas nekavējoties ir jāizsēj augsnē.

Nākošā problēma nitraginizācijas efektivitātes nodrošināšanā ir panākt inokulanta gumiņbaktēriju izplatīšanos augsnē no sēklas virsmas uz saimniekaugu jauno sakņu izvietotās zonas. Tajā pašā laikā ūdens plūsmas ir virzienā uz sēklu, un tauriņziežu saknes aug salīdzinoši ātri un gumiņu veidošanas zonas strauji attālinās no sēklas, kur parasti izvietojas inokulanta gumiņbaktērijas. Gumiņbaktēriju izplatīšanos ļoti labi veicina lietus ūdens plūsmas augsnes aramkārtā [9].

Ražošanas sējumos nitraginizācijas efektivitāte mazāk atkarīga no gumiņbaktēriju celmu bioloģiskajām kvalitātes īpašībām, tajā skaitā arī konkurences spējām un atbilstības saimniekauga prasībām, bet ļoti bieži noteicošie ir konkrētās augsnes apstākļi, kuri būtiski ietekmē inokulanta gumiņbaktēriju izplatīšanos augsnes aramkārtā. Tāpēc, izvērtējot tauriņziežu nitraginizāciju, ir atsevišķi jānodala: *potenciālā efektivitāte* – ražas pieaugumi, kādus spēj nodrošināt nitragīna baktēriju bioloģiskās spējas, ja tās nokļūst gumiņu veidošanās zonā, un nitraginizācijas *faktiskā efektivitāte*. Diemžēl ražošanas sējumos nitraginizācijas faktiskā (reālā) efektivitāte parasti ir zemāka par attiecīgo celmu potenciālajām spējām, jo augsnes aramkārtas apstākļos tikai daļēji izdodas nodrošināt inokulanta gumiņbaktēriju savlaicīgu izplatīšanos augsnes aramkārtā. Sevišķi problemātiski tas ir viengadīgajiem tauriņziežiem, jo efektīvo gumiņu veidošanās laiks ir salīdzinoši īss (zirņiem tikai 4 – 7 dienas). Tāpēc, lai iegūtu inokulācijas iespējamus ražas pieaugumus:

- precīzi jāievēro inokulācijas tehnoloģijas prasības;
- iespējami agrāk pavasarī jāveic sējas darbi, lai mitrā augsnē labāk varētu izplatīties inokulanta gumiņbaktērijas.

Kas neriskē - tas nevinņē! saka sena tautas paruna un tas mūsdienu lauksaimnieciskās ražošanas tehnoloģijās īpaši attiecināms uz nitragīna pielietošanu tauriņziežu ražu kāpināšanā un kvalitātes uzlabošanā. Tādā gadījumā, kas izvēlas variantu bez iepriekš minēto tauriņziežu sēklu nitraginizācijas, jau ir zaudējis iespēju efektīvākai atmosfēras slāpekļa izmantošanai, iegūt ražas pieaugumus un paaugstināt ražošanas rentabilitāti.

Secinājumi

Lesivētās brūnaugsnēs Latvijas agroklimatiskajos apstākļos bez minerālā slāpekļa mēslojuma efektīvi un pietiekošā daudzumā izveidotu gumiņi tauriņziežu saknēs spēj nodrošināt zālaugus ar simbiotiski saistīto slāpekli produkcijas veidošanai. Jauktajos zelmeņos tauriņzieži ar gumiņos saistīto atmosfēras slāpekli apgādā arī stiebrzāles.

Lauka izmēģinājumos visaugstākās ražas ieguvī nodrošināja lucernas un lucernas stiebrzāļu zelmeņi, un tajā skaitā arī ekstremālajā, sausajā 2002. gadā. Salīdzinot ar lucernu, austrumu galegas zelmeņos ražas vidēji bija par 25 % un baltā āboliņā zelmeņos vidēji par 50 % zemākas.

Visaugstākā atmosfēras slāpekļa saistīšanas produktivitāte izmēģinājumu gados bijusi lucernas un lucernas - stiebrzāļu zelmeņos sasniedzot 433 kg ha^{-1} , salīdzinoši viszemākā baltā āboliņa zelmeņos – līdz 132 kg ha^{-1} , bet vidēju produktivitāti uzrādīja austrumu galegas zelmeņi – līdz 238 kg ha^{-1} . Iegūtie rezultāti liecina, ka tauriņziežu simbiotiski saistītais atmosfēras slāpeklis.

Literatūra

1. Tilman D. Global Environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings National Academy Science USA*, Vol. 96. pp. 1999, 5995-6000.
2. Grignani, C., Laidlaw, A. S. Nitrogen economy in grasslands and annual forage crops: control of environmental impact. // *Multi-functional Grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland federation La Rochelle, France 27-30 May 2002.* pp. 625-633
3. Cakmak I. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. / *Plant and Soil.* 247. pp. 2002, 3-24
4. Fedorov E. E. Nitrogen fixation in Russia. // *Microbial Releases No. 1* : 1993, pp. 259-261
5. Klāsens V. Gumiņbaktēriju simbiotiskā efektivitāte Latvijas augsnēs. Disertācijas kopsavilkums Dr.habil.lauks. zinātniskā grāda iegūšanai. Jelgava. 58 lpp.
6. Serraj R. *et al.* Symbiotic N_2 fixation response to drought. // *Journal of Experimental Botany*, Vol. 50, No. 331, pp. 143-155.
7. Adamovičs A. Productivity of clover- grass sward and dynamics of crude protein level in sward components / *Agroecological optimization of husbandry technologies. Proceedings of International scientific conference of Baltic states agricultural universities 8 - 10 July in Jelgava, Agronomy. Jelgava, pp. 1999, 180. – 186.p.*
8. Kravale D., Adamovitch A., Adamovitch O. Forage legume and legume-grass swards productivity and silage quality in Latvia. // *Multi-functional Grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland federation La Rochelle, France 27-30 May 2002.* pp. 434-436
9. Klasens V. Effectiveness of legumes inoculation in soils of Latvia. *Environment and Sustainable Agriculture. Proceedings II International Conference of Agricultural Scientists from the Nordic and Baltic Countries. Tartu, 1995,* pp. 199-200.
10. Pierce, F. J., Rice Ch.W. Crop rotation and its impact on efficiency of water and nitrogen use. // *Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen. ASA Special publication number 51. Madison. 1988,* pp. 21-42.
11. Peoples, M. B., Herridge, D. F., Ladha, J. K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? // *Plant and Soil.* 1995, 174: 2-28
12. Tas, E., Kaijalainen, S., Saano, A., Lindström, K. Isolation of *Rhizobia galegae* strain-specific DNA probe. // *Microbial Releases No. 2:* 1994, pp.231-237
13. Adamovičs A., Klāsens V. Simbiotiski saistītais slāpeklis tauriņziežu un tauriņziežu-stiebrzāļu zelmeņos. *LLMZA, Agronomijas vēstis. – Nr. 4. 2002,* 143-146. lpp.
14. Nissinen, O., Tuori, M., Isolatti, M., Heikkilä, R., Syrjälä-Qvist, L. Persistence and yield of forage legumes in Finnish grasslands.// *Multi-functional Grasslands. Quality Forages, Animal Products and Landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland federation La Rochelle, France 27-30 May 2002.* 456-457
15. Ledgard, S.F., Steele, K. W. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil.* 141: 1992, pp.137-153
16. Vance, C. P. Enhanced agricultural sustainability through biological nitrogen fixation. // *Biological Fixation of Nitrogen for Ecology and Sustainable Agriculture. NATO ASI Series, Vol. G 39, 1997,* pp 178-186
17. Hesterman, O. B. Exploiting forage legumes for nitrogen contribution in cropping systems. // *Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen. ASA Special publication number 51. Madison. 1988,* pp. 155-166.

THE IGNALINA NUCLEAR POWER PLANT AND THE ENVIRONMENT

Ignalinas atomelektrostacija un vide

G. Adlys, D. Adlienė

Kaunas University of Technology
Studentų str. 50, Kaunas, Lithuania
e-mail: Gediminas.Adlys@fmf.ktu.lt

Abstract

Lithuania has to solve a lot of problems when closing Ignalina nuclear power plant (INPP). One of them is predicting, monitoring and managing of radiation situation and its impact to environment during this period. Calculated data files for nuclides in nuclear fuel could be used for this aim.

This work presents our calculations of concentrations and activities of actinides and fission products in RBMK-1500 reactor fuel in dependence on fuel burn up and cooling time.

Calculations were made using French computer code Apollo1 [1].

Keywords: *Nuclear Power Plant, environment, radiation protection*

Introduction

All the combustion of fossil fuel (coal, oil, natural gas) results in emissions harmful to the environment and to health.

The greatest environmental problem is emission of lot of carbon dioxide, dinitrogen oxide and methane into the atmosphere. These gases add to what is known as the greenhouse effect, they slow down the radiation of heat from the earth and raise the average temperature.

Under the Kyoto Protocol, the EU countries have agreed to reduce CO₂ emissions to 8 % below 1990 levels in the period from 2008 to 2012. The protocol calls for the promotion of CO₂ avoidance technology and of advanced, innovative and environmentally sound technologies. There is some agreement today concerning the fact that nuclear power offers a valuable contribution to the fight against global environment problems.

The environmental effects from well operating nuclear power plants are minor, and mainly connected to warm water releases. Nuclear power plants do not produce flue gases, carbon dioxide or nitric and sulphur oxides. Releases of radioactive substances are very small, closely measured and controlled.

Nuclear energy is one of technologies, which avoid each year the release of some 1,8 billion tones of CO₂ worldwide. In Europe alone, climate-friendly nuclear electricity saves the emission of about 800 million tonnes of CO₂ a year.

At the end of year 2000, 438 nuclear power plant units were in use in 30 countries worldwide, 31 new units were under construction and about the same number were under design. 16 % of the overall demands for electricity worldwide, 35 % the European Union, is supplied by nuclear power. The highest nuclear power contribution of the electricity generated is in Lithuania, France, Belgium, the Ukraine, Sweden and Bulgaria.

The Ignalina NPP produces about 85 % of electricity used in Lithuania. It supplies with some amount of electricity Latvia, Estonia, Belarus and Kaliningrad region.

The Ignalina nuclear power plant contains two RBMK-1500 water-cooled graphite-moderated channel-type power reactors. The first Unit of INPP went into service at the end of 1983, the second Unit - in August 1987. Their design lifetime is projected out to 2010 – 2015.

No industry is completely harmless to the environment. Ignalina NPP has implemented a lot of measures to improve the radiation safety of operating plant:

The barriers of radioactive emissions. Radioactive emissions from a nuclear power plant into surrounding area are prevented by means of a number of barriers.

The nuclear fuel has a form of ceramic pellets that retain most of the radioactive substances generated during the nuclear fission.

The fuel pellets are packed into gas-tight tubes made of a zirconium. The fuel element remains undamaged at high temperatures.

Piping of the reactor main coolant circuit

Reactor biological shielding

Particular containment system

The resulting solid and liquid activation products initially remain in the coolant. They are continuously removed from coolant by the reactor cleanup system.

The nuclear power plants with the RBMK-1500 reactor use a closed-circuit water supply system. Liquid radioactive effluents undergo special treatment. The liquid wastes are processed by filtration to remove suspended solids, by ion exchange in mixed-bed demineralises or by evaporation. To reduce the emissions of radioactive gases from the plant a two-stage purification process is used. The first stage consists of a holding chamber. There activity of the gases reduces by natural radioactive decay. The second stage is based on separation of radioactive substances by filtering and absorbing to an as low as possible level. The gaseous effluents are released in to the atmosphere via the 150 m height ventilation stack.

Radwaste systems. A nuclear power plant produces low- and medium- level radioactive waste. They are packed into drums. Wet waste is solidified prior to packing. The spent nuclear fuel represents about 95 % of all activity sources in the nuclear power plant and it is defined as high-level radioactive waste. Solid wastes are not released into environment. They are fragmented, compacted and prepared for storage.

Ignalina NPP has decided for long-term dry storage of spent nuclear fuel in CASTOR and CONSTOR type casks. One cask obtains 102 fuel assemblies.

Radiation monitoring system. Radiation Monitoring system includes a system for monitoring the state of protective barriers, a process radiation monitoring system, a radiation dosimetry monitoring system, an environmental monitoring system, a system for monitoring the spread of radioactive contamination. The releases into the atmosphere are continuously monitored into order to prevent endangering public health and the environment. The monitoring is carried out in compliance with international standards, in particularly aerosols, iodine isotopes, noble gases, tritium and carbon 14 are monitored.

The Radiation Monitoring System at Ignalina NPP is designed for continuous monitoring of the main radiation parameters, which characterize plant performance. It reflected actual radiation levels in the main plant areas, on site and off site under all operating conditions.

However under EU political pressure well-operating and safe INPP must be closed: Unit 1 – until 2004 and Unit 2 – until 2010.

The same type younger generation reactors RBMK-1000 at present time are operated in Russia: Sosnovy Bor (4 Units), Smolensk (3 Units) and Kursk (5 Units).

Calculations of concentration and activities of nuclides in nuclear fuel

The operation of a nuclear reactor creates a large amount of radioactive material, produced through the fission process, accumulation process and neutron activation process.

The actinides. The RBMK fuel is low enrichment uranium oxide UO_2 . Initial enrichment was 2 %; since 1997 reload fuel is (2,4%-2,6%) enriched with ^{235}U and contains burnable poison erbium. The uranium isotope ^{235}U is fissile and is only the source of thermal energy at the first stages of reactor operation. ^{238}U is a fertile isotope.

The Fuel content changes during operation of reactor. The new nuclei occur, which were not observed in initial fuel: ^{239}Np , ^{239}Pu , ^{241}Am and ^{244}Cm . The actinides are formed

through successive neutron capture. They emit alpha particles and low energy gamma radiation.

Formation diagram of actinides is presented in Fig. 1. Uranium chain includes new created fissile nuclides during neutron capture and α and β decay.

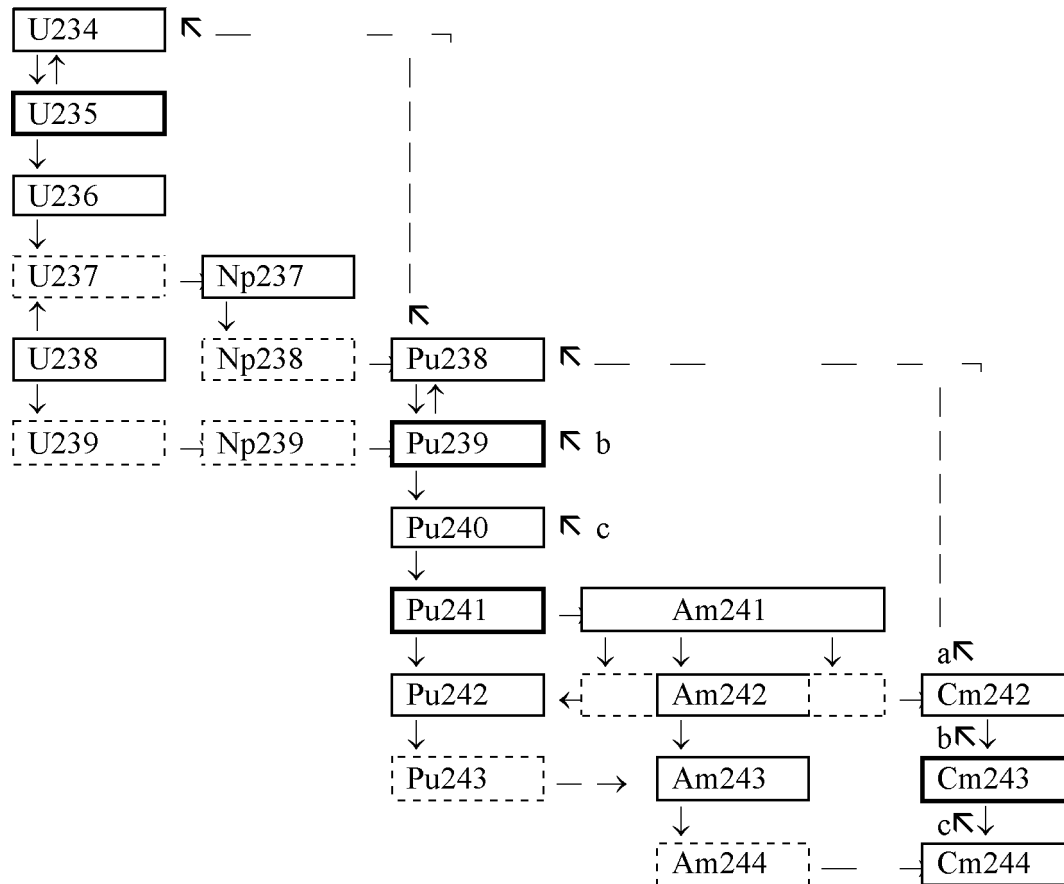


Fig. 1. Actinides formation diagram

Fissile nuclei are presented in bold-lined boxes, short-lived nuclei – in dash-lined boxes. Nuclei, which do not split after interaction with slow neutrons, are drawn normal.

Long-lived actinides can contribute to long- term environmental effects, associated with the final disposal of spent nuclear fuel.

Concentrations of nuclides produced in nuclear fuel depend on neutron flux $\Phi(\vec{r}, E, t)$, initial concentration and on radiation time (fuel burn up). Time dependent changes in concentration of $j+1$ isotope could be calculated using equation

$$\frac{\delta}{\delta t} n^{j+1}(\vec{r}, t) = n^j(\vec{r}, t) \int_0^\infty \sigma_\gamma^j(E) \Phi(\vec{r}, E, t) dE - n^{j+1}(\vec{r}, t) \left[\int_0^\infty \sigma_a^{j+1}(E) \Phi(\vec{r}, E, t) dE + \lambda^{j+1} \right] \quad (1)$$

where $\sigma_\gamma^j(E)$ is reaction (n, γ) cross-section; $\sigma_a^{j+1}(E)$ - neutron absorption cross-section; λ^{j+1} decay constant of $j+1$ isotope.

Results of actinide accumulation in nuclear fuel for the different burn up calculated by means of French computer code Apollo1 are presented in Table1. The fuel is 2,4 % enrichment of ^{235}U with burnable absorber erbium. The sequence of nuclides is set in

accordance with their evolution chain. ²³⁸Pu and ²⁴⁰Pu isotopes are presented twice - they can occur during (n,γ) reaction or as a result of α decay of Cm isotope. Natural decay of actinides becomes very important after removing of nuclear fuel from reactor.

Table 1.

Actinides concentration n for different fuel burn up, MWd/kg

Nuclides	n, 10 ²⁴ /cm ³						
	0	2	4	8	12	16	20
U-235	5,560-04	5,021-04	4,539-04	3,704-04	3,001-04	2,401-04	1,891-04
U-238	2.262-02	2,261-02	2,256-02	2,251-02	2,243-02	2,236-02	2,229-02
Np-237	0	3,435-07	7,631-07	1,783-06	2,981-06	4,285-06	5,636-06
Pu-236	0	1,018-13	4,380-13	1,679-10	3,711-12	6,513-12	1,001-11
Pu-238	0	9,197-09	3,897-08	1,719-07	4,173-07	7,861-07	1,281-06
Pu-239	0	2,459-05	4,219-05	6,456-05	7,655-05	8,247-05	8,471-05
Pu-240	0	1,551-06	4,939-06	1,362-05	2.266-05	3,116-05	3,875-05
Pu-241	0	1,668-07	9,927-07	4,566-06	9,384-06	1,421-05	1,839-05
Am 241	0	5,468-10	6,612-09	6,172-08	1,882-07	3,677-07	5,653-07
Pu-242	0	4,062-09	5,012-08	5,043-07	1,707-06	3,781-06	6,701-06
Am-242	0	1,941-12	2,903-11	5,420-10	1,951-09	4,136-09	6,637-09
Cm 242	0	1,744-11	4,042-10	7,098-09	3,105-08	7,830-08	1,473-07
Pu-238	0	1,286-12	6,177-11	2,309-09	1,595-08	5,595-08	1,361-07
Am-243	0	3,576-11	9,254-10	2,014-08	1,083-07	3,333-07	7,607-07
Cm-243	0	5,845-14	2,739-12	9,893-11	6,676-10	2,298-09	5,501-09
Cm-244	0	4,693-13	2,527-11	1,182-09	1,016-08	4,415-08	1,328-07
Pu-240	0	6,900-16	7,304-14	6,645-12	8,367-11	4,732-10	1,731-09

The largest variations of actinide concentration during long time cooling period could be observed for ²⁴¹Pu, ²⁴²Cm, ²⁴³Cm and ²⁴⁴Cm isotopes. Calculated variations of actinides during cooling time period of 500 years are presented in Table 2.

Table 2.

Relative concentration n' changes of actinides for different cooling periods

Nuclides	n'						
	0 a	40 a	80 a	120 a	160 a	200 a	500 a
Pu-241	1	1,46-01	2,23-02	6,20+01	6,22+01	7,94-05	6,04-11
Am-241	1	5,33+01	6,08+01	6,20+01	6,22+01	6,22+01	1,20+02
Cm-242	1	9,76-02	4,50-02	2,07-02	9,56-03	4,41-03	1.33-05
Pu-238	1	3,11+00	3,24+00	3,29+00	3,32+00	3,33+00	6,07+00
Cm-243	1	3,64-01	1,36-01	5,05-02	1,8802	7,02-03	4,28-06
Pu-239	1	1,65+00	1,88+00	1,97+00	2,00+00	2,01+00	3,17+00
Cm-244	1	2,04-01	4,32-02	9,16-03	1,94-03	4,11-04	3,64-09
Pu-240	1	8,20+01	9,84+01	1,02+02	1,03+02	1,03+02	2,21+02

Calculations were performed using programme CEFROI for fuel burn up 20 GWd/t.

Fission products. During fission the nucleus split into two separate nuclei. Fission fragments have redundant number of neutrons and are β unstable. Nuclides are presented in genetic decay chains. Build up and accumulation of them depends on the irradiation and cooling time.

Variations of concentration of i-th fission product in decay chain during irradiation period could be described with radiation equation:

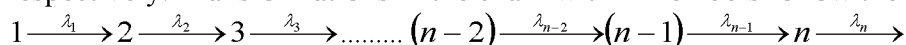
$$\frac{dN_i}{dt} = -(\lambda_i + \sigma_i)N_i + \sum_j f_{j \rightarrow i}(\lambda_j N_j) + \sum_k g_{k \rightarrow i}(\sigma_k \phi_k N_k) + y_i F, \quad (2)$$

where N_i - is the number of nuclei of i-th product at the time t; F – fission rate; y – fission yield of nuclide i; $f_{j \rightarrow i}$ – build up of nuclide i by the unit density of nuclide j; $g_{k \rightarrow i}$ – build up of nuclide i by the unit neutron reaction of nuclide k; σ_k – average microscopic neutron reaction cross section of nuclide k; ϕ - neutron flux, λ_k – decay constant.

During cooling time the mother nuclei are split and daughter products in the mixture with mother nuclei is equal:

$$N_2(t) = N_1 \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}), \quad (3)$$

where $N_2(t)$ – is the number of daughter nuclei at the time t; N_1 – the number of mother nuclei at the time $t = 0$; λ_1 and λ_2 – are the decay constants for mother and daughter nuclei respectively. Transformations in the chain with n members follow the scheme:



Time dependent variations of concentration and activity for different nuclides could be calculated using equation of Bateman:

$$A_n = \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n N_1(0) \left[\frac{e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1) \dots (\lambda_n - \lambda_1)} + \frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2) \dots (\lambda_n - \lambda_2)} + \dots + \frac{e^{-\lambda_n t}}{(\lambda_1 - \lambda_n)(\lambda_2 - \lambda_n) \dots (\lambda_{n-1} - \lambda_n)} \right] \quad (4)$$

Using these equations and renewed data files of nuclides new programme were created. We have used PEPIN code [2] for the evaluation of time dependent variations of activity of nuclides. Significant number of short-lived fission products decay during cooling time. This leads to decreasing of the number of nuclides with a high activity. Only a small number of decay chains contribute to the total activity of spent nuclear fuel.

The most important radionuclides, created in the course of nuclear power plant operation are noble gases (^{41}Ar , ^{85}Kr and ^{133}Xe), iodine isotopes ^{131}I and ^{133}I , ^{90}Sr , ^{134}Cs and ^{137}Cs .

Table 3 shows activity changes of most environmentally important fission products during long-term storage of spent nuclear fuel. The fission products, which can be released into the environment, are of particularly interest. For a release to occur, the fuel cladding, the primary system boundary must be penetrated.

Table 3.

Fission products activity for different cooling periods

Nuclides	5 a	10 a	20 a	30 a	40 a	50 a
Kr-85	1,591+11	1,131+11	6,031+10	3,159+10	1,655+10	8,669+09
Sr-90	1,474+12	1,308+12	1,031+12	8,128+11	6,406+11	5,049+11
Cs-134	3,434+11	6,394+10	2,218+09	7,691+07	2,481+07	8,281+04
Cs-137	2,026+12	1,806+12	1,436+12	1,141+12	9,068+11	7,206+11

Activation products. The nuclear fission probability depends on bombarding neutron energy. For moderation of neutrons in RBMK type reactor core the graphite is used.

The neutron radiation activates the graphite, the structure materials, the corrosion and erosion products of the primary circuit and coolant impurities and chemical additives. The activation can occur after neutron capture by nuclide ${}_{Z_i}^{A_i}X$:



In many cases the new nuclide ${}_{Z_i}^{A_i+1}X$ might be not stable (radioactive) and might emit β particles and γ rays. As a result of neutron absorption, the following processes take place: atoms of atomic mass number A_i are destroyed and atoms with atomic mass number A_{i+1} are produced. They decay or can be destroyed by absorbing a neutron.

The production of the A_{i+1} is expressed by

$$N_{i+1}(t) = \frac{\sigma_i N_{i0} \Phi}{\lambda_{i+1} + \sigma_{i+1} \Phi - \rho_i \Phi} \left\{ \exp(-\sigma_i \Phi t) - \exp[-(\lambda_{i+1} + \sigma_{i+1} \Phi) t] \right\}, \quad (6)$$

σ_i , σ_{i+1} - neutron absorption cross section of isotope A_i and A_{i+1} accordingly; λ_{i+1} - decay constant of isotope with atomic mass number A_{i+1} ; N_{i0} - number of atoms of nuclide with atomic mass number A_i at time $t=0$; Φ - neutron flux.

Activation level depends on the neutron flux, the irradiation time, the material composition, on cooling time. If half-life of radionuclide produced is long compared to the irradiation time, the activity increases linearly with time (${}^{13}\text{C}$, ${}^{36}\text{Cl}$, ${}^{41}\text{Ca}$, ${}^{59}\text{Ni}$, ${}^{94}\text{Nb}$). For half-lives many times shorter than irradiation time, the activity reaches a saturation value (${}^{45}\text{Ca}$, ${}^{54}\text{Mn}$, ${}^{59}\text{Fe}$, ${}^{58}\text{Co}$). The activation products are fixed in concrete, graphite and steel.

The most important activation products after shut down of reactor are ${}^{55}\text{Fe}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{59}\text{Ni}$, ${}^{63}\text{Ni}$, ${}^{39}\text{Ar}$, ${}^{94}\text{Nb}$ in steel, ${}^3\text{H}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{41}\text{Ca}$, ${}^{55}\text{Fe}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{152}\text{Eu}$, ${}^{154}\text{Eu}$ in concrete and ${}^3\text{H}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{152}\text{Eu}$, ${}^{154}\text{Eu}$ in graphite.

In the time period from 10 years to 20 years most important radionuclides are ${}^3\text{H}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{55}\text{Fe}$ and ${}^{137}\text{Cs}$. In the time period from 20 years to 30 years – ${}^{63}\text{Ni}$, ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{60}\text{Co}$ and ${}^{90}\text{Sr}$.

Corrosion products can be released into the reactor coolant in dissolved or suspended form and are activated when the coolant passes through the reactor core. The steam generated in reactor contains activation products, particularly those originated from the water itself. The most important of these is nitrogen ${}^{16}\text{N}$. It has a short half-life and its activity decreases rapidly when the reactor is shut down. The environmental effects of ${}^{16}\text{N}$ is negligible.

The part of activated coolant products (${}^3\text{H}$ and ${}^{14}\text{C}$) releases to the environment and contributes to the global collective dose. Activated corrosion products (${}^{51}\text{Cr}$, ${}^{55}\text{Fe}$, ${}^{57}\text{Mn}$, ${}^{59}\text{Ni}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{65}\text{Zn}$) are removed from the coolant and radioactive wastes within nuclear power plant are formed.

Conclusions

Calculation results describe the time-dependent behaviour of radionuclides in nuclear fuel and variations of environmentally important their characteristics.

Calculation results allow us to predict the radiation situation around Ignalina NPP for the long time period. They could be used for limitation of public exposure in the environment.

References

APOLLO1. Notice d'utilisation, Rapport DMT/SERMA/LENR
Code PEPIN. , Rapport DMT/SERMA/LENR

DISEASE RESISTANT VARIETY – A WAY OF THE ECOLOGICAL FLAX PROTECTION IN LITHUANIA

Izturīgu šķirņu daudzveidība - linu ekoloģiskās aizsardzības ceļš Lietuvā

K. Bačelis, E. Gruzdevienė

Upyte Research Station of The Lithuanian Institute of Agriculture

Linininkų – 3, Upytė, Panevėžys distr., LT-5335

Tel.: (370 5) 555 423, E-mail: lzi.upyte@post.omnitel.net

Abstract

Different methods to control flax diseases are admissible in the modern plant protection. It is advised to treat seeds and growing plants by fungicides to kill the pathogens of fungal diseases. Fertilisation by microelements and using of right means of agrotechnology (optimal sowing time, resistant varieties etc.) are preventing plants from physiological injures. However, one of the most effective means against diseases is development and growing of resistant varieties.

Fibre flax breeding has been carried out in Lithuania since 1922 in Dotnuva Plant Breeding Station. Since 1965 this work is being done in Upyte Research Station.

In this paper we analyse a fibre flax collection in Upyte Research Station and show that some varieties are resistant to most widespread flax fungal diseases.

Keywords: *Linum ussitatissimum, fibre flax, fungal diseases, resistance, variety.*

Introduction

Fibre flax breeding has been carried out in Lithuania since 1922. The first flax breeder was the professor Dionizas Rudzinskas in Dotnuva Plant Breeding Station. Later in Savitiskis and Upyte worked flax breeders Z. Mackevicius, A. Vycas, N. Gaiziunene. Since 1966 in Upyte Research Station breeder K. Bacelis, has developed 8 flax varieties, employing conventional plant breeding methods and experimental mutagenesis.

Initial material for fiber flax breeding must be not only diverse and abundant but also must meet the key requirements under local conditions. The flax collection is continuously replenished by local breeding lines and the samples of the latest varieties obtained from other research institutions. The tested varieties, which most closely meet the requirements set for the direction of the breeding work, are used for intervarietal crossings with a view to developing new initial material. Since 1971 physical and chemical mutagenes have been used for the development of such material.

The parasitic fungus *Colletotrichum lini* causes the most widespread disease of fibre flax in Lithuania, known as seedling blight or anthracnose, M. Et B. Many authors' data suggest that anthracnose is a very harmful and widespread flax disease. In Lithuania, like in many other countries involved in flax production, the spread of anthracnose is controlled by chemical plant protection measures such as seed treatment, fungicide spray applications during the vegetative growth period. However, one of the most effective means against this disease is development of resistant varieties. Plant breeders and immunologists use various methods to attain this purpose such as crossing of resistant varieties, physical, chemical mutagenesis and others.

Flax wilt occurs at different growth and development stages of flax. The causal agents of fusarium are fungi of the *Fusarium spp.* genus: *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. solani*, et al. The fibre flax varieties grown in Lithuania are not resistant to fusarium. Therefore this disease incurs losses to growers by deteriorating the quality of straw and linseed, reducing fibre output and yield. Fusarium spreads through seed, contaminated soil and during the vegetative growth period through the air with spores. The most favourable conditions for fusarium infection are created in wet and warm environment (22-25°C). When the air

temperature drops below 13°C, the development of fusarium fungi is retarded, therefore early-sown flax does not catch infection. Many authors believe that the most reliable and efficient way of plant protection is development and cultivation of fusarium-resistant flax varieties. Selection of such varieties is relevant not only from the viewpoint of economy but also ecology.

The harmful flax disease pasmo is caused by *Septoria linicola* (Speg.) Gar. It was a quarantine flax disease in Lithuania till 2000. The most favourable conditions for pasmo spreading are created in wet and warm air conditions in summer (+25°C). The earliest symptoms appear as small brown lesions on the cotyledons and leaves of young plants but in the field, the disease is usually not noticed until shortly before harvest when patches of the crop suddenly become brown and defoliation of the plants occurs. This fungus may be seed-borne but spores accumulate on the stems and on the stubble, which remains after the crop has been cut. Crop debris carrying the infection may, therefore, be a means of carrying the parasite over from year to year. The fibre flax varieties grown in Lithuania are not resistant to *Septoria linicola*.

Rust is a disease, caused by the fungus *Melampsora lini* Desm. The phase of disease to which the term "rust" is commonly applied is characterised by the appearance in early summer of small yellow or orange pustules on the leaves. Later in the growing season elongated, slightly raised, black incrustations appear on the main stem and seed bolls. The winter spores (teleutospores) are thick walled and resistant, they may survive at least two winters. There are five stages of the rust development – basidiospores, spermogonia, aecidia, uredospores and teleutospores. The fungus is normally carried with the seed rather than on the seed. In seed processing, small fragments of stem, leaves and bolls bearing fragments of the winter spore stage may be left in the seed sample after it has been finally cleaned and this is the principal method by which the disease is spread by winter spores from season to season.

The aim of our work was to assess the incidence of mean flax fungal diseases in the flax varieties sown in the fibre flax collection of Upytė Experimental Station.

Experiments and methods

For the investigation of flax varieties' susceptibility to the causal agents of fusarium, fungi of *Fusarium spp.* genus, infectious background is formed. Infectious-provocative background done in the following way: fusarium-affected flax stems cut into 1-1,5 cm length pieces are arranged at 30-40 g/m² on the soil in wooden boxes (85 x 50 x 20 cm) and are covered by 3-4 cm earth layer. The earth in the boxes is kept moist. After 5-6 days flax is sown in the boxes at a depth of 1,5 cm, and 2,5 x 2,5 cm intervals. The flax is sown at a rate of 10-20 seeds, with 2-3 replications in the 3rd ten - day period of May so that flax grows and develops at higher temperatures. Two standard varieties were sown – resistant to fusarium 'I-7' and the other – 'Svetoč' – susceptible to fusarium. During the vegetative growth period the flax was watered when the weather was dry.

Fusarium - affected plants were assessed having pulled flax at the early yellow maturity stage. The disease incidence on plants was estimated according to 4-point scale: 0 – healthy plants, 1 – weakly, 2 – moderately, 3 – strongly affected.

For the assessment of susceptibility to *Melampsora lini* Desm, flax varieties and numbers sown in the experimental field in a 1 m wide band, with 20 cm inter-row spacing at a rate of 100 seeds per row, with 1-3 replications late – in the 2nd or 3rd ten-day period of June. At the "fir-tree" growth stage the gaps between flax are placed with (40 g/m²) stems (cut at 4-6 cm long segments) infected by *Melampsora lini* Desm. spores of winter stage. In dry weather the flax segments are watered. Until flowering flax is 2-3 times fertilised by nitrogen fertilisers (15 g/m²).

Assessment of infection by teleutospores and varietal susceptibility to this disease was done having pulled flax at the stage of yellow maturity.

To establish the incidence of anthracnose (*Colletotrichum lini* M. Et B.) infection background was created in wooden boxes (85 cm x 50 cm x 20 cm), filling them with sifted soil from the experimental field. Until sowing normal soil moisture was maintained in the boxes. Varieties and breeding lines were sown one seed ball per hole in the third ten-day period of May at the 1,5cm depth, with 2,5 x 2,5 cm intervals. In total 20 seeds were sown with 2 – 3 replications. Anthracnose causal agents were washed off the disease-affected stems, and at the seedling stage of flax cotyledons were sprayed by the suspension of spores. During plant vegetative growth period flax was abundantly watered. Severity of anthracnose was assessed having pulled flax at early yellow maturity stage.

We estimated plant damage by anthracnose according to 5 score scale: healthy plants – 0, weakly affected – 1, moderately affected – 2, strongly affected – 3, and very strongly affected or dead plants – 4 scores. We also estimated disease development intensity %.

To establish infection of pasmo disease (*Septoria linicola* (Speg.) Gar.) flax varieties were growing in the field in natural conditions. Assessment of infection and varietal susceptibility to this disease was done having pulled flax at the stage of yellow maturity.

Meteorological conditions in Upyte

Meteorological conditions during the experimental period were diverse, therefore the incidence of diseases in individual varieties was different. Although in 1999 there was little precipitation, the air temperature, which was normal, contributed to favourable conditions for the spread of anthracnose and pasmo disease. In 2000 and 2001 the summer was very rainy, the flax stands were heavily lodged, and high percent of plants were affected by diseases.

Unfavourable and droughty were 1999, the flax grew short and the stem and linseed yield was low. 2000 were favourable for the growth and development of flax: a high fibre and linseed yield was produced. In July 2001 heavy rainfall and hail lodged maturing flax, which had a negative effect on the yield and fibre quality.

Results and discussion

In the anthracnose-resistance trials on provocative backgrounds involving 100 fibre flax varieties and breeding lines no completely resistant varieties were found. Table 1 presents the data of several tested varieties. The following varieties and breeding lines were slightly less disease-affected: 'Fibra', 'I-16', 678-5; 777 where affected plants accounted for 15,3 – 23,6 %, and the disease severity was 4,8 – 9,3 %. The standard (susceptible) variety 'Svetoch' was affected during the experimental years on average 90,4 %, and the disease severity was 42,5 % (Table 1).

Table 1.

Resistance of fibre flax varieties, breeding lines and mutants to anthracnose (*Colletotrichum lini* M. Et B.). Upyte, (three years' averaged data)

№ of the VIR Catalogue	Variety, breeding line, mutant	Country of origin	Infected plants, %	The disease severity %
1	2	3	4	5
5333	'Svetoch' - standard (susceptible)	RUS	90,4 ± 3,8	42,5 ± 6,7
7215	'Banga'	LTU	32,0 ± 6,0	14,4 ± 5,7
7612	777	LTU	22,0 ± 6,0	13,4 ± 6,3
5740	'VAIZHGANTAS'	LTU	34,0 ± 6,3	12,9 ± 4,7
6186	'VNIL-1'	RUS	28,9 ± 6,2	13,7 ± 5,0
6787	'VNIL-11'	RUS	28,1 ± 6,1	13,0 ± 5,0

1	2	3	4	5
6820	‘VNIL-19’	RUS	25,3 ± 5,2	11,4 ± 5,5
6585	‘SPARTAK’	RUS	76,1 ± 5,9	30,2 ± 6,5
6531	‘T-10’	RUS	61,4 ± 6,2	25,0 ± 6,7
6200	‘T-7’	RUS	60,0 ± 5,6	29,7 ± 6,2
6200	‘T-4’	RUS	58,8 ± 5,0	26,8 ± 6,1
6194	‘SMOLENSKIJ 451’	RUS	29,8 ± 4,7	13,3 ± 5,2
5327	‘STACHANOVEC’	RUS	52,6 ± 5,7	21,4 ± 6,1
6187	‘SEVERIANIN’	RUS	72,4 ± 5,8	29,8 ± 6,5
6189	‘I-16’	RUS	23,6 ± 5,5	9,3 ± 4,0
7217	‘Saliut’	RUS	45,2 ± 5,7	23,9 ± 4,8
6599	‘P-359’	RUS	46,6 ± 6,1	25,8 ± 5,2
6597	‘Pskovich’	RUS	56,6 ± 4,9	30,0 ± 6,4
6596	‘STREMUTKA’	RUS	34,4 ± 5,0	14,9 ± 4,7
6813	‘Luch’	RUS	49,4 ± 5,2	17,4 ± 5,0
6147	R-1	RUS	66,1 ± 6,0	29,3 ± 6,1
6148	R-9	RUS	66,4 ± 4,9	25,7 ± 5,2
5983	‘I-9’	RUS	52,0 ± 5,1	13,0 ± 4,8
6764	‘SHOKINSKIJ’	RUS	38,2 ± 6,9	20,4 ± 5,6
5739	‘L-1120’	RUS	43,2 ± 7,8	18,4 ± 3,9
5982	‘I-7’	RUS	79,8 ± 5,6	27,7 ± 6,6
4166	‘806/3’	RUS	36,4 ± 6,7	13,0 ± 4,8
6201	‘T-9’	RUS	76,6 ± 6,2	33,2 ± 6,6
6051	‘1288/12’	RUS	45,6 ± 5,8	18,4 ± 5,1
6584	‘Beriozka’	RUS	59,4 ± 5,1	31,7 ± 6,8
6818	‘Uspech’	RUS	46,8 ± 5,1	31,1 ± 6,0
6655	‘Jade’	FRA	38,7 ± 6,0	18,9 ± 5,7
6653	‘REINA’	FRA	60,9 ± 6,1	26,7 ± 6,3
6654	‘EMMERAUDE’	FRA	35,0 ± 6,5	17,3 ± 5,7
6731	C-391	GBR	25,4 ± 5,2	12,8 ± 6,0
4043	‘DEEP-PINK’	GBR	52,5 ± 4,7	19,7 ± 3,6
6028	‘SOLIDO’	NLD	51,2 ± 6,0	25,3 ± 6,3
6230	‘Diana’	NLD	35,4 ± 6,7	15,9 ± 5,2
6027	‘VIERA’	NLD	58,3 ± 5,9	18,6 ± 5,5
6626	‘FIBRA’	NLD	15,3 ± 4,9	4,8 ± 3,1
6031	‘Tekstilak’	CZE	41,4 ± 5,4	15,4 ± 5,0
6135	‘Modran’	CZE	36,2 ± 6,4	15,9 ± 5,4
7469	‘MIRA’	BEL	26,2 ± 4,9	5,1 ± 5,3
6233	‘Arsen’	BEL	38,9 ± 4,9	16,9 ± 6,1
6674	‘Karnobat’	HUN	55,2 ± 6,0	30,3 ± 5,7
6203	‘LCSD-207’	POL	51,4 ± 6,2	21,4 ± 5,7
6606	‘Banner’	AUS	40,3 ± 4,9	21,2 ± 5,3
6657	‘SVALOF 0228’	SWE	39,5 ± 6,8	18,5 ± 3,9
6824	‘LD-147’	UKR	46,1 ± 6,2	24,1 ± 5,3
6810	‘KOKET’	EST	60,8 ± 5,7	39,1 ± 6,7
	221-A-119	RUS	69,7 ± 6,5	40,7 ± 6,8
	927-1	LTU	39,8 ± 6,7	12,7 ± 4,7
	856-12	LTU	35,4 ± 6,6	14,9 ± 5,0

1	2	3	4	5
	842-14	LTU	28,1 ± 5,7	12,4 ± 5,2
	678-5	LTU	20,4 ± 6,2	11,9 ± 6,1
	782-5	LTU	29,7 ± 6,1	16,3 ± 5,8
	919-4	LTU	27,4 ± 6,9	12,2 ± 4,7
	242-7	LTU	35,1 ± 5,9	16,0 ± 5,5
	921-2	LTU	35,1 ± 6,5	15,7 ± 5,4
	791-8	LTU	28,7 ± 7,1	13,2 ± 6,2

Experimental findings showed that in the conditions of artificial background resistance of individual varieties and specimen to fusarium was revealed. Two standard varieties were sown – resistant to fusarium ‘I-7’ and susceptible to fusarium – ‘Svetoch’. Results of resistance some varieties of our collection are presented in Table 2. The plants of susceptible varieties were fusarium-affected (up to 35%) already before flax flowering. The varieties ‘Kristina’, ‘Banga 2’ were very severely disease-affected (disease severity was 50,3 - 87,7 %). Varieties ‘L-1120’, ‘Mirnyj’, ‘Shayene’, ‘Redwood’, ‘Cree’ et al. and mutants D-5-374-3; C-3-242-6; G-3-113-1; A-4-39-3; A-2-41-1 were resistant to fusarium (disease severity was 0,6 - 2,7 %) (Table 2). All fusarium resistant flax collection samples are a valuable initial material for the development of new fibre flax varieties.

Table 2.

Resistance of fibre flax varieties, breeding lines and mutants to *Fusarium spp.* (2 – 3 years’ averaged data)

№ of the VIR Catalogue	Variety, breeding line, mutant	Country of origin	Infected plants, %	The disease severity %
1	2	3	4	5
5333	‘Svetoch’ - standard (susceptible)	RUS	91,4 ± 3,4	45,9 ± 7,0
5982	‘I – 7’ - standard (resistant)	RUS	2,8 ± 2,3	0,9 ± 0,8
7235	‘Banga 2’	LTU	87,7 ± 3,4	45,9 ± 3,1
5739	‘L-1120’	RUS	9,5 ± 4,2	2,7 ± 1,9
7479	‘T – 13’	RUS	18,2 ± 5,6	9,1 ± 4,4
7671	‘Mirnyj’	RUS	7,2 ± 3,5	2,8 ± 2,3
7225	‘Torzhokskij’	RUS	6,8 ± 3,7	2,8 ± 2,2
7242	‘Vympel’	RUS	17,6 ± 5,3	8,9 ± 3,8
6515	‘Kubanskij 1’	RUS	14,7 ± 5,0	7,1 ± 3,5
6194	‘Smolenskij 1051’	RUS	20,5 ± 5,6	13,6 ± 4,9
7234	‘Viatich’	RUS	20,4 ± 5,7	10,3 ± 4,1
7780	R-1037	RUS	11,6 ± 4,5	5,3 ± 3,2
7216	‘Linotta’	USA	15,6 ± 8,1	7,2 ± 3,6
6942	‘Lord’	USA	6,9 ± 4,6	2,4 ± 2,2
6943	‘Wonder’	USA	8,7 ± 3,9	3,9 ± 2,7
6305	‘Shayenne’	USA	4,1 ± 2,8	1,2 ± 1,5
6128	‘Redwood’	USA	3,5 ± 2,6	0,5 ± 0,5
7248	‘Dvina’	BLR	10,4 ± 4,2	3,9 ± 2,7
7696	‘Rodnik’	BLR	13,5 ± 4,7	7,2 ± 3,6
7697	‘Dashkovskij’	BLR	11,4 ± 4,4	6,0 ± 3,5
6861	‘Cascad’	DEU	8,7 ± 4,0	2,4 ± 2,1

1	2	3	4	5
6890	'Daros 1'	DEU	9,4 ± 4,1	3,5 ± 2,6
6908	4-980	ARG	10,2 ± 4,0	4,1 ± 3,0
6899	407-6	ARG	8,9 ± 3,9	3,3 ± 2,5
6103	'Flanders'	ARG	12,7 ± 4,6	5,2 ± 3,1
6871	'Kerandi'	ARG	19,0 ± 5,8	9,6 ± 4,0
6906	4-911-4-14	ARG	18,2 ± 5,6	8,3 ± 3,8
6901	3-159	ARG	10,3 ± 4,1	4,2 ± 3,3
6959	'Mapun L-8'	ARG	9,2 ± 4,3	3,7 ± 2,4
7010	363-4	ARG	17,4 ± 5,4	8,2 ± 3,7
4043	'Deep pink'	GBR	10,9 ± 4,4	5,1 ± 3,1
6732	C – 332	GBR	18,7 ± 5,5	8,4 ± 3,9
5484	nameless	EST	14,0 ± 5,2	6,6 ± 3,7
6824	'LD-147'	UKR	6,7 ± 3,5	3,0 ± 2,6
6582	'Cree'	CAN	4,3 ± 1,9	1,3 ± 1,4
6746	'Aoyagi'	JPN	9,9 ± 4,0	3,8 ± 2,4
6608	'Currong'	AUS	12,5 ± 4,7	2,1 ± 2,0
6178	'Kristina'	SWE	89,2 ± 4,4	50,3 ± 7,1
	103	LTU	9,5 ± 4,3	4,8 ± 3,0
	997-2	LTU	5,7 ± 3,2	2,2 ± 2,1
	1085-13	LTU	13,5 ± 4,7	7,0 ± 3,4
	1617-3	LTU	15,8 ± 5,0	7,0 ± 3,5
	A-2-41-1	LTU	12,6 ± 6,4	2,1 ± 5,8
	A-4-39-3	LTU	15,1 ± 5,4	2,5 ± 5,7
	C-3-242-6	LTU	7,1 ± 4,0	0,7 ± 7,1
	D-5-374-3	LTU	6,3 ± 7,4	0,6 ± 7,2
	E-2-246-1	LTU	16,7 ± 6,3	7,9 ± 6,7
	E-4-205-1	LTU	15,8 ± 5,9	2,1 ± 5,0
	F-6-274-1	LTU	19,0 ± 5,5	11,0 ± 4,5
	G-3-113-1	LTU	9,9 ± 5,6	1,0 ± 4,1

All the tested varieties, growing in the rust infected background were compared with the varieties – standards ('T-10' susceptible to *Melampsora lini* Desm. and 'Belinka' – resistant). Resistant to rust flax varieties, breeding lines and mutants are valuable as a breeding material for creating new fibre flax varieties. Less affected were varieties and mutants 777; B-20, 'VNIIL-2', 'L-1120', 'Saskia', 'F-5-80-1, F-5-431-1 et al. (Table 3)

Table 3.
Resistance of fibre flax varieties and breeding lines to flax rust (*Melampsora lini* Desm) (three years' averaged data)

№ of the VIR Catalogue	Variety, breeding line, mutant	Country of origin	Infected plants, %	The disease severity %
1	2	3	4	5
6531	'T-10' - standard susceptible	RUS	95,2 ± 1,7	80,7 ± 3,3
7456	'Belinka' - standard resistant	NLD	14,7 ± 2,6	2,1 ± 1,2
7612	777	LTU	9,9 ± 5,6	1,0 ± 4,1
7624	B-20	LTU	7,1 ± 2,2	1,0 ± 0,9

1	2	3	4	5
5739	'L-1120'	RUS	8,4 ± 2,3	1,9 ± 1,2
6192	'Pskovskij 1'	RUS	14,1 ± 2,8	4,9 ± 1,8
7669	'Pskovskij 83'	RUS	8,2 ± 2,3	1,6 ± 1,2
6196	'VNIL-2'	RUS	6,2 ± 2,0	1,6 ± 1,1
6787	'VNIL-11'	RUS	24,1 ± 3,4	8,2 ± 2,6
6765	'VNIL-172'	RUS	38,7 ± 3,9	14,6 ± 2,9
6194	'Smolenskij 1051'	RUS	20,2 ± 3,1	5,9 ± 2,0
6598	'P-255'	RUS	19,7 ± 3,3	8,9 ± 2,5
7479	'T-13'	RUS	8,4 ± 2,4	3,0 ± 1,5
6880	'Kosmos'	RUS	24,2 ± 3,5	12,4 ± 2,7
6815	'K-6'	RUS	19,4 ± 2,7	6,1 ± 2,0
6763	'Nadiozhnyj'	RUS	17,2 ± 3,1	4,0 ± 1,7
7156	'Akkord'	RUS	19,4 ± 3,3	7,7 ± 2,3
7369	'Kalininskij 5'	RUS	13,9 ± 2,7	2,1 ± 1,3
5333	'Svetoch'	RUS	87,3 ± 2,7	45,2 ± 4,2
6762	'Kometa'	RUS	21,7 ± 3,2	5,2 ± 1,8
6806	'Orshanskij 1'	BLR	17,8 ± 3,0	8,7 ± 2,6
6807	'Orshanskij 2'	BLR	17,1 ± 3,0	9,2 ± 2,5
7696	'Rodnik'	BLR	10,2 ± 2,3	4,3 ± 1,9
7697	'Dashkovskij'	BLR	8,7 ± 2,2	3,1 ± 1,5
6811	'Vperiod'	BLR	13,4 ± 2,8	3,7 ± 1,6
6601	'Belorusskij 1'	BLR	14,7 ± 2,9	3,4 ± 1,5
6808	'Belorusskij 2'	BLR	11,3 ± 2,6	2,9 ± 1,4
5330	T-1340	BLR	29,9 ± 3,7	14,3 ± 2,8
6956	7064-38	ARG	14,3 ± 2,8	3,7 ± 1,7
6103	'Flanders'	ARG	13,8 ± 2,7	5,4 ± 2,1
6871	'Kerandi'	ARG	13,2 ± 2,8	2,9 ± 1,3
6099	'Macovi'	ARG	28,8 ± 3,7	7,9 ± 2,2
6959	'Marip'	ARG	18,9 ± 2,2	9,2 ± 2,4
6124	'Lusatia'	DEU	20,9 ± 3,1	8,9 ± 2,5
6890	'Daros 1'	DEU	17,4 ± 3,1	7,9 ± 2,3
7425	'Bertelin'	DEU	19,3 ± 3,1	11,2 ± 2,6
7436	'Kten-C-25'	CZE	10,7 ± 2,2	3,9 ± 1,7
6172	'Belan'	CZE	21,7 ± 3,3	10,1 ± 3,3
7421	'Hilda'	CZE	12,9 ± 2,6	2,1 ± 1,2
7730	'Saskia'	CZE	12,4 ± 2,8	1,1 ± 0,9
6203	'LCSD-207'	POL	9,1 ± 2,4	2,3 ± 1,3
6204	'Svadzimski'	POL	20,0 ± 3,2	6,3 ± 2,1
7423	'Minerva'	POL	13,9 ± 2,7	8,7 ± 2,5
7699	'Bryta'	POL	29,9 ± 3,6	7,2 ± 2,2
5616	'Formosa'	NLD	12,3 ± 2,8	5,6 ± 1,8
6936	'Hera'	NLD	29,9 ± 3,6	12,9 ± 2,7
6655	'Jade'	FRA	14,7 ± 2,7	7,9 ± 2,3
7587	'Astella'	FRA	24,1 ± 3,4	3,9 ± 1,8
6627	'Tekirdag Nolkara'	TUR	18,2 ± 2,1	7,8 ± 2,0
5818	'Beta 201'	HUN	21,4 ± 3,3	8,4 ± 2,5
6361	'Primost'	USA	8,7 ± 2,2	2,1 ± 1,3

1	2	3	4	5
6878	‘Polesskij 2’	UKR	19,9 ± 3,2	2,1 ± 1,3
6745	‘Nansyo’	JPN	22,1 ± 3,4	8,2 ± 2,5
6279	‘Marta’	SWE	64,3 ± 3,8	31,1 ± 3,7
6659	‘Aino’	FIN	37,1 ± 3,9	12,2 ± 2,6
6085	44215	PRT	31,0 ± 3,9	12,2 ± 2,5
	7741-1	LTU	10,0 ± 2,4	2,9 ± 1,4
	F-5-431-1	LTU	5,9 ± 2,0	1,5 ± 0,4
	F-5-80-1	LTU	3,9 ± 1,7	1,8 ± 1,3
	M-5-154-1	LTU	37,0 ± 4,0	9,4 ± 2,7

Favourable conditions for the spread of pasmo disease were in 2000-2001 year – it was wet and hot in July, and spores of fungus (*Septoria linicola* (Speg.) Gar.) widespread by wind and rain. The pasmo disease infection on fibre flax varieties and breeding lines of the variety competition trials of Upyte Research Station was established in 2001. Less injury of pasmo disease was established on the breeding lines 1827-5; 1790-10; 01032-5; 0877-5 (Table 4).

Table 4.

Resistance of fibre flax varieties and breeding lines to pasmo disease (*Septoria linicola* Speg. Gar.) (Upyte, 2001)

Variety, breeding line	Country of origin	Infected plants, %	The disease severity %
‘Baltuchiai’	LTU	19,2	9,6
‘Banga 2’	LTU	21,4	8,7
‘Belinka’	NLD	31,3	11,4
‘Ariane’	FRA	27,2	9,9
‘Laura’	BEL	26,7	10,1
Alfa-B	LTU	21,0	11,2
0964-12	LTU	18,4	8,7
0877-5	LTU	17,3	6,4
01032-5	LTU	12,4	5,7
01186-6	LTU	16,3	10,0
01186-8	LTU	19,9	7,6
1463-43	LTU	21,4	9,2
1790-10	LTU	18,8	5,4
1826-26	LTU	17,4	6,0
1827-5	LTU	19,7	4,7
1827-30	LTU	31,0	14,8
1910-5	LTU	29,4	13,2
1951-5	LTU	24,5	12,4

Conclusions

1. In the anthracnose-resistance trials on provocative backgrounds no completely resistant varieties were found. The following varieties and breeding lines were slightly less disease-affected: ‘Fibra’, ‘I-16’, 678-5; 777 (affected plants accounted for 15,3 – 23,6 %, and the disease severity was 4,8 – 9,3 %).

2. In the conditions of artificial fusarium infected background the varieties ‘Kristina’, ‘Banga 2’ were very severely disease-affected (disease severity was 50,3 - 87,7 %).

3. Fusarium resistant flax collection samples were established: varieties 'L-1120', 'Mirnyj', 'Shayene', 'Redwood', 'Cree' et al. and mutants D-5-374-3; C-3-242-6; G-3-113-1; A-4-39-3; A-2-41-1.

4. In the rust affected background were sown 100 samples of flax varieties and mutants. Less affected were varieties and mutants 777; B-20, 'VNIIL-2', 'L-1120', 'Saskia', 'F-5-80-1, F-5-431-1 et al.

5. The pasmo disease was established on the variety competition trials of Upyte Research Station in 2001. Less injury of pasmo disease was on the breeding lines 1827-5; 1790-10; 01032-5; 0877-5

6. All disease resistant varieties, breeding lines and mutants are a valuable initial material for the development of new fibre flax varieties in Lithuanian conditions.

References

1. Andruszewska A., Rolski S., Bloch J. et al. Contribution of flax genetic resources from VIR collection in the programme of breeding for resistance to Fusarium wilt in Poland // Natural Fibres, 1998. - № 2. – P. 124 – 127.
2. Bačelis K. Linų veislių atsparumas fuzariozei // Žemės ūkio mokslai. – V.: Academia, 1998. – Nr. 2. – P. 20-25.
3. Bačelis K. A study of the fibre flax collection as initial material for breeding in conditions of the Lithuania // Bast fibrous plants today and tomorrow (Breeding, molecular biology and biotechnology beyond 21st century). – St. Petersburg, 1998. – P. 159-162.
4. Bačelis K. Linų mutantų imuniteto fuzariozei (*Fusarium spp.*) ir rūdligei (*Melampsora lini* Desm.) tyrimai // Linų auginimas ir jų tyrimai. – Akademija, 2001. – P. 91-95.
5. Bačelis K. Gruzdevienė E. Resistance of fibre flax varieties to *Colletotrichum lini* Manns et Bolley // Biologija, Vilnius, 2001, Nr. 3. – P. 4 – 7.
6. Kowalska A., Niks R.E. Histology of quantitative resistance in flax to the flax rust fungus (*Melampsora lini*) // Canadian Journal of Plant Pathology, 1999, Vol. 21. – P. 354-360.
7. Skuta Grażyna, Wykrywanie i identyfikacja grzyba *Septoria linicola* (Spegazzini) Garcia Rada (teleomorfa: *Mycosphaerella linorum* (Wt.) Garcia Rada) – sprawcy pasma lnu // Ochrona Roślin No. 12, 2000. – P. 11 – 14, 35 – 36.
8. Кудрявцева Л.П. Устойчивость сортов льна, устойчивых к комплексу болезней // Сборник научных трудов ВНИИЛ, Т. 23, Торжок, 1986. – С. 68 – 70.
9. Курчакова Л.Н. Пасмо льна и результаты работы на устойчивость к этому заболеванию // Итоги и перспективы развития селекции, семеноводства, совершенствования технологии возделывания и первичной переработки льна-долгунца / Материалы международной научно-практической конференции. - Торжок, 2000.– С. 27 – 29.
Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. – Москва, 2000 – 52 с.

FIBRE FLAX BREEDING FOR HIGH FIBRE QUALITY

Linu šķiedru audzēšana augstai šķiedru kvalitātei

K. Bačelis, Z. Jankauskienė

Upyte Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture,
Linininkų 3, Upytė, LT-5335, Panevėžys distr.

E-mail: lzi.upyte@post.omnitel.net, s.jankauskiene@post.omnitel.net

Abstract

The objective of flax breeding at the Upyte Research Station of LIA is to develop new varieties with a high yielding capacity, satisfactory resistance to lodging and diseases, as well of adequate quality to meet the demands of the textile industry. Two high yielding varieties with a good fibre quality 'Vega 2' and № 1547-11-7 have been developed at the Upyte Research Station of LIA recently.

In the present paper we have provided a description of the origin of those 2 varieties, main yielding characteristics and fibre quality parameters.

The variety 'Vega 2' produced 20 % higher stem yield, 18.3 % higher seed and 47 % higher long fibre yield than the standard variety 'Orshanskij 2'. Long fibre quality of the variety 'Vega 2' is good: fibre is firm, flexible, fine and meets the demands of the textile industry.

Stem yield of the variety № 1547-11-7 was similar to that of 'Orshanskij 2' and 'Belinka'. Seed yield was 0.13 t/ha higher than that of the variety 'Orshanskij 2' and equal to the seed yield of 'Belinka'. Long fibre quality of № 1547-11-7 is good and also meets the demands of the textile industry.

The variety 'Vega 2' has been registered in Lithuania since 1997, in Latvia since 2001. The seed samples of the variety № 1547-11-7 have been transferred to the Genebank.

Keywords: *breeding, flax, fibre, quality, flexibility, firmness, fineness, yield.*

Introduction

The main characteristics of a flax variety are fibre content and quality. Only high quality fibre can secure high quality of the final product. Flexibility, firmness, fineness, softness are among the key quality parameters of flax fibre, firstly depending on the variety genetic code. Flax cultivation techniques, weather and soil conditions have a great effect on fibre quality as well as on the primary flax straw processing (scutching, hackling) [6,11].

Many authors have reported that improvement of fibre quality could primarily be achieved by creating new flax varieties, using different breeding methods [1, 2, 5, 10]. Before creating a new variety it is necessary to investigate the inheritance of fibre quality parameters [4, 7].

Crossbreeding and selection of individual plants - as methods of breeding - lead to the development of varieties possessing a high fibre quality. This group includes the following fibre flax varieties: 'Svetoch', '1288/12', 'Orshanskij 2', 'Saldo', 'Belinka', 'Batist'. The varieties 'Belochka', 'T-9', 'P-359', 'Kijevskij', 'Dashkovskij', 'Baltuchiai', 'Rodnik', 'Pskovskij 85', 'Regina', 'Laura', 'M-5', 'K-65' could be attributed to the group of varieties characterised by a slightly lower fiber quality [3, 8, 14, 15]. Fibre quality of 'T-10', 'Slavnyj 82', 'K-6', 'Torzhokskij 4' etc. is low (less flexible and fine, more course) [16].

The Variety 'Zoria 87' which is notable for a good fibre quality was developed in the Ukraine using the method of chemical mutagenesis [3, 12].

The main task of flax breeders is to create new productive fibre flax varieties with high quality fibre. Also those varieties should be resistant to lodging and disease [2, 5, 9, 10]. 'Vega 2' and № 1547-11-7 are the latest fibre flax varieties distinctive for high fibre quality created at the Upyte Research Station of LIA.

Materials and methods

Flax varieties 'Vega 2' and № 1547-11-7 were created by crossing geographically

distant varieties.

Fibre flax breeding was carried out according to the following scheme: 1) nursery of initial material (collection, hybrids, mutants); 2) breeding nursery; 3) check nursery; 4) initial variety trials; 5) competitive variety trials; 6) multiplication of promising varieties and farm scale trials. In the nursery of initial material varieties and samples were sown in the plots of 0,2-1,0 m², in the breeding nursery – in the plots of 0,2-4,0 m², in 4 replications. Initial and competitive variety trials involved 4 replications, the size of a record plot was 11,2 and 16,0 m² respectively. In the competitive trials and initial variety trials plots were sown by a sowing machine SNL-16 at a seed rate of 25 million seed per hectare, with 10 cm interrow spacings. In the breeding nursery the plots were sown by hand at a seed rate of 22 million germinable seeds per ha. Insecticides were sprayed against flax flea beetles, herbicides were used to control weeds (except some nurseries). During flax vegetative growth period, phenological observations were conducted and resistance to lodging and fungal diseases on the natural background was assessed. [14]. Flax was pulled at the stage of early yellow ripeness, threshed by a MS thresher. Stems were retted in warm water (33-37 °C), then scutched by a machine tool SMT-200. Fibre was hackled by combs Nb 9 and 13. The number of fibre was determined in the laboratory organoleptically, flexibility was measured by a device G-2, fibre firmness (strength) by a device DK-60, fineness by counting separate fibres in the described fibre sample. Long fibre quality (in km) was calculated using the formula: $Q \text{ (in km)} = 0.1 \times \text{Flexibility (in mm)} + 0.2 \times \text{Firmness (in kg F)} + 0.013 \times \text{Fineness (in units)} + 2.1$; where: 0.1; 0.2; 0.013 and 2.1 are constants [13]. Varieties ‘Orshanskij 2’ and ‘Belinka’ were standard varieties for fibre quality evaluation in the competitive variety trials. Morphological plant analysis was carried out also, stem and seed yield was calculated using ANOVA method (Tarakanovas P., 1996; Доспехов Б.А., 1985).

Meteorological conditions during 1998-2000 were diverse and gave the opportunity to evaluate flax varieties’ characteristics in different conditions. The 1990, 1991, 1993, 1996 1997 and 2000 were favourable for flax and stem and seed yield was obtained high. Medium favourable weather conditions for flax were in 1988, 1989 and 1998. Dry and warm weather in 1992 and 1999 significantly reduced flax yield and quality.

Results and discussion

Fibre flax variety ‘Vega 2’

In 1973 a female variety ‘Reina’ (№ K-6653 in the catalogue of N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry (VIR)) of Dutch origin was crossed with a fibre flax variety ‘Shokinskij’ (K-6784, VIR), developed in the Smolensk Research Station (Russia). ‘Reina’s fibre output is medium, fibre is firm, but the flexibility is lower, less fine. Plants are resistant to lodging. The variety ‘Shokinskij’ is late, high yielding, medium resistant to lodging. Fibre quality is good. In 1978 elite plants were selected. ‘Vega 2’ was tested in the competitive trials over the period 1988-1992.

Averaged data of 5 years’ competitive trials showed that the new variety ‘Vega 2’, compared with standard ‘Orshanskij 2’, produced 20 % higher stem yield, 18.3 % higher linseed yield and 47 % higher long fibre yield (Table 1). Fibre content was 3.3 % higher than that of the standard ‘Orshanskij 2’. The quality of long fibre is good: it is flexible (43.4-60.4 mm), firm (19.4-29.1 kg F) and fine (193-236 units). The calculated fibre quality is 14.9-15.4 km, so it meets the demands of the textile industry. Good fibre quality (flexibility and fineness) was inherited from the variety ‘Shokinskij’.

Flax plants of the variety ‘Vega 2’ were on average 6.8 % taller than those of the variety ‘Orshanskij 2’. 1 000 seed weight was 0.88 g, or 19.1 %, higher than that of the standard variety.

‘Vega 2’ is a white flowering fibre flax variety, the stems are less affected by fungal

diseases.

Table 1.

Biological characteristics and qualitative fibre indicators of the fibre flax varieties ‘Vega 2’ and ‘Orshanskij 2’. Upyte, 1988-1992 average data

Parameters	Standard ‘Orshanskij 2’	‘Vega 2’	Compared with the standard ‘Orshanskij 2’
Yield, t/ha:			
stem (LSD ₀₅ – 0.52)	5.34	6.41	120
seed (LSD ₀₅ – 0.07)	0.82	0.97	118.3
long fibre (LSD ₀₅ – 0.17)	0.66	0.97	147.0
Long fibre content, %	11.8 ± 0.8	15.1 ± 0.5	128.0
Quality of long fibre:			
number	11.3 ± 0.5	11.6 ± 0.5	102.7
flexibility, mm	60.6 ± 4.7	53.8 ± 3.7	88.8
firmness, kg F	23.8 ± 2.0	23.6 ± 2.6	99.2
fineness, units	206 ± 16	202 ± 10	98.1
quality, km	15.6 ± 0.3	14.8 ± 0.2	94.9
Plant height, cm	66.3 ± 3.0	70.8 ± 1.9	106.8
Technical stem length, cm	56.2 ± 3.1	61.7 ± 2.3	109.8
Vegetation period, days	82 ± 5	83 ± 3	101.2
Resistance to lodging, points	7.1 ± 0.4	7.6 ± 0.2	112.2
1 000 seed weight, g	4.62 ± 0.13	5.50 ± 0.14	119.1
Stem infection by diseases, %:			
<i>Fusarium spp.</i>	9.0 ± 2.6	3.2 ± 1.0	35.6
<i>Colletotrichum lini</i> M. et B.	11.0 ± 1.6	8.4 ± 2.1	76.4

Fibre flax variety № 1547-11-7

In 1971 a female variety ‘Diana’ (K-6230, VIR) of Dutch origin was crossed with a flax breeding line B-96 (‘L-1120’x‘Severianin’x‘Viera’), bred at the Upyte Research Station of LIA. Plants of the variety ‘Diana’ are white flowering, resistant to lodging. Vegetative growth period is long. The breeding line B-96 is high yielding, medium late, with a good fibre quality.

In 1976 elite plants were selected. The flax variety № 1547-11-7 was tested in the competitive variety trials in 1990-1993 and 1999-2000. Averaged data of 6 years showed that the stem yield of the new variety was similar to that of ‘Orshanskij 2’ and ‘Belinka’. The seed yield of the variety № 1547-11-7 was 13.5 % higher than that of the standard ‘Orshanskij 2’. The seed yield was equal with the yield of ‘Belinka’ (Table 2). Fibre content was on average 1.5 % higher than that of ‘Orshanskij 2’. Long fibre quality is good: fibre is firm (29.5-32.3 kg F), flexible (38.2-52.6 mm), fine (164-236 units), quality index (in km) – 12.8-15.9. The long fibre quality also meets the demands of the textile industry.

Plants of the variety № 1547-11-7 are resistant to lodging, less susceptible to fungal diseases – *Fusarium spp.* and *Colletotrichum lini* B. et M. The flax variety Nb. 1547-11-7 belongs to the group of medium early flax varieties, plants are blue flowerig. 1000 seed weight is by 0.70 g, or 14.4 %, higher than that of the standard variety ‘Orshanskij 2’.

Table 2.

Biological characteristics and qualitative fibre indicators of the fibre flax varieties 'Orshanskij 2', 'Belinka' and № 1547-11-7. Upyte, 1990-1993 and 1999-2000 average data

Parameters	Standard	Standard	№ 1547-11-7	Compared with the standard	
	'Orshanskij 2'	'Belinka'		'Orshanskij 2'	'Belinka'
Yield, t/ha:					
stem (LSD ₀₅ – 0.62)	5.82	5.97	6.05	104.0	101.3
seed (LSD ₀₅ – 0.08)	0.96	1.18	1.09	113.5	92.4
long fibre (LSD ₀₅ – 0.11)	0.79	0.95	0.90	113.9	94.7
Long fibre content, %	13.0 ± 1.4	15.4 ± 1.0	14.5 ± 1.5	111.5	94.2
Quality of long fibre:					
number	11.5 ± 0.7	11.5 ± 0.7	11.5 ± 0.7	100	100
flexibility, mm	50.4 ± 3.4	50.6 ± 3.2	46.3 ± 2.9	91.9	91.5
firmness, kg F	25.8 ± 1.8	27.1 ± 3.5	27.9 ± 3.1	108.1	103.0
fineness, units	195 ± 10	187 ± 17	201 ± 18	103.1	107.5
quality, km	14.8 ± 0.4	15.0 ± 0.9	15.0 ± 0.7	101.4	100
Plant height, cm	67.1 ± 4.3	67.6 ± 5.6	64.6 ± 5.1	96.3	95.6
Technical stem length, cm	57.8 ± 5.1	57.8 ± 5.7	56.5 ± 5.2	97.8	97.8
Vegetation period, days	89 ± 9	92 ± 10	89 ± 10	100	96.7
Resistance to lodging, points	7.2 ± 0.4	7.9 ± 0.2	9.0 ± 0.0	119.1	102.0
1000 seed weight, g	4.78 ± 0.20	5.11 ± 0.17	5.57 ± 0.23	114.4	109.0
Stem infection by diseases, %:	12.3 ± 2.4	16.5 ± 6.6	9.3 ± 4.1	75.6	56.4

Conclusions

1. Conventional breeding methods (crossing and individual selection) enable to create varieties with high fibre quality inherited from parental forms.
2. The variety 'Vega 2' produced 20 % higher stem yield, 18.3 % higher seed and 47 % higher long fibre yield than the standard variety 'Orshanskij 2'.
3. Long fibre quality of the variety 'Vega 2' is good: fibre is firm (19.4-29.1 kg F), flexible (43-60 mm), fine and meets the demands of the textile industry.
4. Stem yield of the variety № 1547-11-7 was similar to that of 'Orshanskij 2' and 'Belinka'. Seed yield was 0.13 t/ha higher than that of the variety 'Orshanskij 2' and equal to the seed yield of 'Belinka'.
5. Long fibre quality of № 1547-11-7 is good and also meets the demands of the textile industry.
6. The variety 'Vega 2' has been registered in Lithuania since 1997, in Latvia since 2001. The seed samples of the variety № 1547-11-7 have been transferred to the Genebank. Variety № 1547-11-7 is included in the intervarietal crossings.

References

1. Dylenok L.A., Yatsevich A.P., Kudelko L.I. Genetic analysis of anatomomorphological stem parameters in fibre flax // Natural fibres. 1998 .T. 2. P. 144-145.
2. Doronin S. V., Dudina A. N., Tikhivinsky S. F. Fibre flax breeding for fibre quality // Natural fibres. 1998. T. 2. P. 93.
3. Karpets I.P., Dynnik V.P., Ganganov V.N.. Results of research on practical application of fibre flax genetic fund // Natural fibres. 1997. XLI. P. 19-20.
4. Karpunin B. The perspective flax line with good quality of fibre // Breeding for fiber and oil quality in flax. France, St. Valery en caux, 1995. P. 57-63.
5. Loshkov M.I.. Flax breeding for fibre quality // Breeding, growing technology and processing of flax and hemp. Gluhov, 1977. P. 61-69.

6. Pawula E., Mazur E. Bast fibres fineness measured by objective methods // Proceedings of the second global Workshop Bast plants in the New Millennium, 3-6 June, 2001, Borovets, Bulgaria. P. 429.
7. Polonetskaya L.M., Panifedova L.M., Sakovich V. I. Analysis of gene effects controlling elements of productivity and fiber quality in fiber flax cultivars // Proceedings of the second global Workshop Bast plants in the New Millennium, 3-6 June, 2001, Borovets, Bulgaria. P. 180-182.
8. Sharma H.S.S., Faughey G. J. Comparison of subjective and objective methods to assess flax straw cultivars and fibre quality after dew-retting // Annals of Applied Biology. 1999. 135 (2). P. 495-501.
9. Trouve J.P. L'amélioration variétale du lin textile face aux besoins des marchés // Comptes rendus de l'academie d'agriculture de France. France, 1996. 82 (8). P. 55-63.
10. Wlaswinkel L. Fibre flax breeding in Western Europe. In: *New trends in the use of flax and its waist*. Minsk 1994, p. 35-39.
11. Гращенко М. Г. О гибкости льноволокна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Москва-Ленинград, 1963, Т. 35. Вып.3, С. 99-105.
12. Дынник В.П. Сорт льна-долгунца «Заря», полученный методом химического мутагенеза. Москва, 1988. С. 73-76.
13. Методики технологической оценки продукции льна и конопли. Москва, 1961. 182 с.
14. Рогаш А.Р., Марченков А.Н., Александрова А.А. и др. Методические указания по селекции льна-долгунца. Торжок, 1987. 63 с.
15. Шаров И.Й., Киселев И.М., Гришина Л.Н. Характеристика новых сортов и форм льна-долгунца по хозяйственно ценным признакам и свойствам // Растениеводство, генетика и селекция технических культур. Ленинград, 1991. Т. 144. С. 48-61.
16. Шаров И.Й., Ливанская Г.А., Логинова Л.А. и др. Состояние льноводства и характеристики новых сортов льна-долгунца // Ботаника, генетика и селекция технических культур. Санкт-Петербург, 1999. Т. 156. С. 55-62.

KVIEŠU LAPU SLIMĪBAS UN DATORPROGRAMMU IZMANTOŠANAS IESPĒJAS TO IEROBEŽOŠANĀ

Wheat Leaf Diseases and Possibilities of Computer Program Application for Disease Control

B. Bankina, I. Priekule¹

Augu bioloģijas un aizsardzības katedra, Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā -2,
Jelgava, LV 3001, 3021985, e-mail efaiz@cs.ltu.lv

¹Valsts augu aizsardzības centrs
Lielvārdes 34/38, LV 755

Abstract

*The main task of integrated plant protection is to reduce usage of pesticides and to address a request of farmers to cut down variable costs for winter wheat growing (including costs of fungicides). A new tool providing these requirements is a Decision support system based on PC program. Validation trials of PC-P Diseases were carried out in collaboration with Danish Institute of Agricultural Sciences in 1999-2002 in different regions in Latvia. Comparisons were made among standard treatments with full dose of Tango Super (epoxiconazole 84 g l⁻¹, fenpropimorf 250 g l⁻¹) in GS 51-55, split doses in GS 37-39 and GS 51-55 and treatment according to PC-P recommendation. Tan spot (*Drechslera tritici-repentis*), leaf blotch (*Septoria tritici*) and mildew (*Blumeria graminis*) were the most important diseases in this period. The results of trials showed that average doses of fungicide were decreased according to PC-P Diseases recommendations, treatment frequency index fluctuated from 0.2-1.02. Reduced doses of fungicides showed the same efficiency of diseases control as standard doses. Level of additional yield was similar in comparison with variants where standard doses were used.*

Keywords: *wheat, diseases, computer programme*

Ievads

Kviešu audzēšana pārtikas graudu ražošanai ir viena no ekonomiski nozīmīgākajām augkopības nozarēm. Mainoties audzēšanas tehnoloģijām, ieviešot intensīva tipa šķirnes un augstas slāpekļa mēslojumu devas, palielinās slimību izplatība un postīgums [1]. Tādēļ ļoti būtiska problēma ir fungicīdu ekonomiski un bioloģiski pamatota lietošanas stratēģija. Veiksmīgas fungicīdu lietošanas galvenais priekšnoteikums ir precīza slimības ierosinātāja diagnostika un pareiza apstrādes laika izvēle, jo pārāgra smidzināšana palielina izmaksas (nepieciešamas atkārtotas apstrādes), bet novēlota nav pietiekami efektīva. Vācijā, Nīderlandē u. c. strādā pie prognozēšanas un brīdinājumu sistēmu izveides, kas ļautu ieviest videi draudzīgākas un arī ekonomiski efektīvākas tehnoloģijas. Viena no šādām kompjuterprogrammām "PC-P Diseases" ir izveidota, sadarbojoties Dānijas Lauksaimniecības zinātņu institūtam un Dānijas Lauksaimniecības konsultāciju centram. 1999. gadā Latvijas - Dānijas kopprojekta ietvaros tika sākta šīs programmas pārbaude Latvijas apstākļos. Šajā projektā pēc vienotas metodikas strādā Latvija, Lietuva, Igaunija, Polija un Dānija [2-5].

Metodes un materiāli

Latvijā "PC-P Diseases" programmas adaptācijas izmēģinājumi uzsākti 1999. gadā. Projektā piedalās Latvijas lauksaimniecības universitātes Augu bioloģijas un aizsardzības katedra un mācību pētījumu saimniecība "Vecauce", Latvijas Valsts augu aizsardzības centrs, Valsts augu aizsardzības dienests un Latvijas Lauksaimniecības konsultāciju un izglītības centrs (turpmāk ABAK, LVAAC, VAAD, LLKC).

Programmas "PC-P Diseases" darbība balstās uz 3 pamatsastāvdaļām:

1. Pasīvā pamatinformācija - programmas darba nodrošināšanai izveidotā datu bāze, kurā apkopota informācija par valstī reģistrētajiem graudaugu fungicīdiem un dažādu šķirņu izturību pret slimībām.
2. Aktīvā informācija - veģetācijas perioda laikā lietotājs ievada programmā datus par:

- ◆ kultūrauga attīstības fāzi un etapu (AE);
 - ◆ slimību izplatību uz lauka %;
 - ◆ lietaino dienu skaitu noteiktā periodā (ar nokrišņu daudzumu >1 mm).
3. Rekomendācijas – programmas ieteikumi par fungicīdu lietošanas nepieciešamību konkrētā lauka situācijā; ieteicamās fungicīdu devas (parasti zemākas par reģistrētajām); nākošās lauka apsekošanas laiks. Aprēķinot apstrādes laiku un devu, programma ņem vērā arī iepriekšējo smidzinājumu. Ja datu bāzē ir ievadīta informācija par fungicīdu cenām, tad atbilstoši rekomendētajām devām tiek izrēķinātas arī fungicīdu izmaksas uz 1 ha.

Izmēģinājumi, lai pārbaudītu šīs programmas efektivitāti ir iekārtoti visā Latvijas teritorijā, četros gados pavisam ir bijuši 32 izmēģinājumi ziemas kviešu sējumos.

Izmēģinājumi iekārtoti pēc sekojošas shēmas:

1. Kontrole - ar fungicīdiem neapstrādāts lauciņš;
2. Standarts 1 (Tango Super (epoxiconazole 84 g l⁻¹, fenpropimorf 250 g l⁻¹) pilna deva AE 51-55, 1.25 l ha⁻¹);
3. Standarts 2 (Tango Super dalīta deva AE 37-39 un AE 51-55, 0.65, 0.65 l ha⁻¹)*;
4. PC - P - saskaņā ar datorprogrammas rekomendācijām.

* Ja izmanto šķirni 'Donskaja polukarļikovaja', šis variants nav nepieciešams, jo šķirnei ir īss veģetācijas periods.

Izmēģinājumi iekārtoti 4 atkārtojumos, lauciņu platības nedaudz atšķiras, bet nav mazākas par 25 m².

Sējumos, saskaņā ar agronomiskajām prasībām, lietoti citi augu aizsardzības līdzekļi, vienādi visos izmēģinājuma variantos - herbicīdi, augšanas regulatori un, ja nepieciešams, arī insekticīdi.

Slimības uzskaitītas reizi nedēļā visu veģetācijas periodu. Līdz stiebrošanas fāzes sākumam (AE 31) vērtēts viss augs, līdz ziedēšanas beigām (AE 69) - trīs augšējās lapas, līdz dzeltengatavībai (AE 80-82) - divas augšējās lapas. Izmēģinājumos noteikta slimību izplatība un attīstības pakāpe jeb intensitāte [6,7]. Ierosinātāji identificēti pēc vizuālajām pazīmēm, nepieciešamības gadījumā izmantota lupa un mikroskops.

Fungicīdu lietošanas samazinājumu raksturo tā saucamais "apstrādes indekss" (AI), šo rādītāju aprēķina, summējot lietotās fungicīda devas un iegūto skaitli attiecinot pret reģistrēto (standarta) devu.

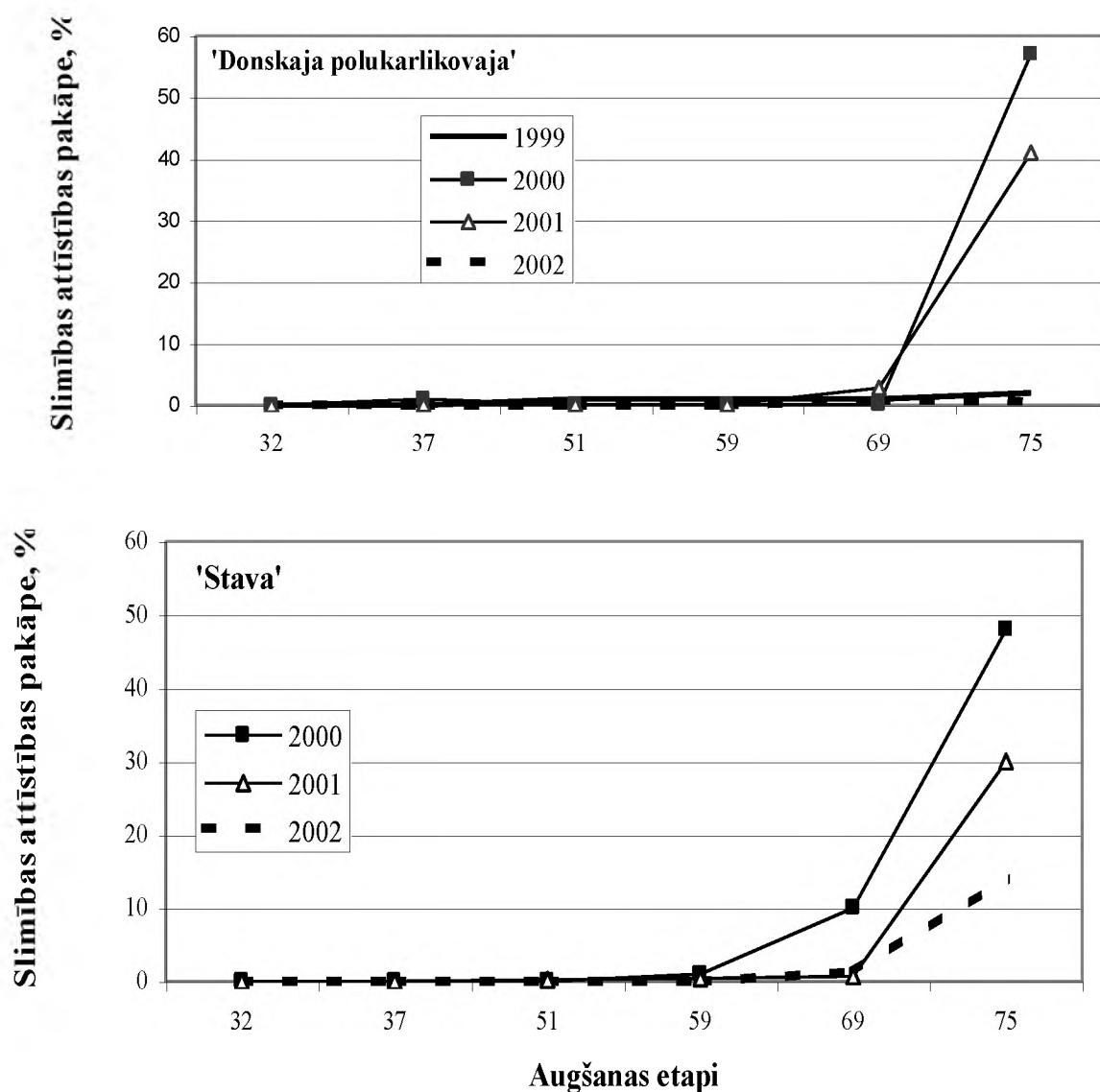
Datormodeļa ekonomiskās efektivitātes ilustrēšanai rēķināta "tīrā raža". Tīrā raža tiek rēķināta, no iegūtajiem ienākumiem par papildus iegūto ražu (salīdzinot ar kontroli), atņemot smidzināšanas izdevumus un atlikušos naudas ieņēmumus pārrēķinot ražā. Peļņa aprēķināta, pieņemot, ka graudi realizēti par 65 Ls t⁻¹ un smidzināšanas izmaksas ir 7 Ls ha⁻¹, fungicīda cena 16 Ls/l..

Rezultāti un to izvērtējums

Lai objektīvi novērtētu programmas efektivitāti un piemērotību Latvijas apstākļiem, nepieciešams izvērtēt situāciju, t.i., slimību izplatību un attīstības pakāpi, attīstības dinamiku izmēģinājumu gados. Pārskata periodā meteoroloģiskie apstākļi bija ļoti dažādi, tāpēc slimību izplatība un arī postīgums ļoti atšķīrās.

Izmēģinājumu laikā nozīmīgākā kviešu slimība Zemgales reģionā bija kviešu lapu dzeltenplankumainība, ier. *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem., telemorfa *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. Dzeltenplankumainība Latvijā pirmo reizi diagnosticēta 1995. gadā, bet jau 1998. gadā atzīmēta šīs slimības epidēmija. 1999. gada vasara bija sausa un dzeltenplankumainība parādījās stipri vēlū - ziedēšanas laikā un pat pēc ziedēšanas (AE 61–69). Piengatavības fāzes laikā slimības izplatība sasniedza 100 %, bet attīstības pakāpe nepārsniedza 5 %. 2000. gadā veģetācijas perioda sākumā dzeltenplankumainība, tāpat kā citas slimības, nebija sastopama, jo nokrišņi biežu lietusgāzu veidā sākās tikai maija pēdējā

dekādē. Pirmās pazīmes novērotas karoglapas parādīšanās laikā (AE 37-39). Taču kaut cik nozīmīga slimības attīstība novērota agrīnajām šķirnēm pēc ziedēšanas ('Donskaja polukarļikovaja') un vēlīnajām šķirnēm vārpošanas laikā ('Stava'). 2001. gadā bija labvēlīgi apstākļi slimību attīstībai. Dzeltenplankumainība tika novērota visos izmēģinājumos, taču pirmās pazīmes parādījās laikā no maija beigām līdz jūnija vidum. Dzeltengatavības fāzē slimības intensitāte svārstījās no dažiem procentiem līdz 70 %. 2002. gadā pirmās pazīmes dažādās Latvijas vietās parādījās laikā no stiebrošanas līdz vārpošanai, taču visā veģetācijas sezonā slimības intensitāte nepārsniedza dažus procentus. Dzeltenplankumainības attīstības tendences raksturotas 1. att.



1. att. Dzeltenplankumainības attīstības dinamika atkarībā no šķirnes un audzēšanas gada Jelgavas rajonā, "Pēterlaukos"

Kviešu pelēkplankumainība (ier. *Septoria tritici* Rob. in Desm, telemorfa *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter) un kviešu plēkšņu plankumainība (ier. *Stagonospora nodorum* (Berk.), sin. *Septoria nodorum*, telemorfa *Phaeosphaeria nodorum*, sin. *Leptosphaeria nodorum* (E. Muller) ir Latvijā samērā plaši izplatītas kviešu slimības. Katru gadu cerošanas fāzes beigās - stiebrošanas fāzes sākumā (AS 29-31) ziemas kviešu visu šķirņu augiem uz apakšējām lapām konstatētas kviešu lapu pelēkplankumainības pazīmes (attīstības pakāpe 1-5 %). Šīs pazīmes novērojamas katru pavasari, jo inficēšanās parasti

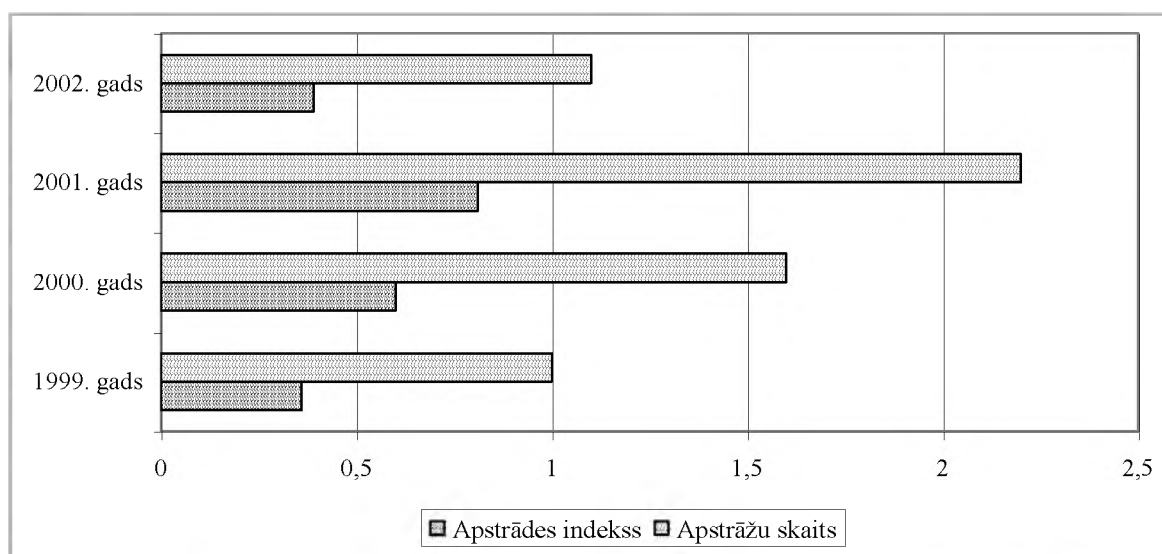
notiek jau rudenī. Tomēr ilggadēji novērojumi liecina, ka ierosinātāja esamība uz apakšējām lapām tieši neietekmē slimības postīgumu un nerada ražas zudumus. Savukārt izplatība uz augšējām lapām ļoti variēja pa gadiem un izmēģinājumu vietām, tomēr nepārsniedza dažus procentus.

Miltrasa (*Blumeria [syn. Erysiphe] graminis* (DC.) f.sp. *tritici* Em. Marchal) ir viena no nozīmīgākajām ziemas kviešu slimībām. 1998.g. un 1999. g. miltrasas infekcijas pakāpe nepārsniedza 1-5 %. 2000. gada pavasarī cerošanas fāzē - stiebrošanas sākumā miltrasa bija sastopama uz visām šķirnēm uz augu apakšējām lapām un stiebra apakšējās daļas. Īpaši ieņēmīga bija 'Donskaja polukarļikovaja'. Taču vēlāk veģetācijas periodā, iestājoties sausam un karstam laikam, (maiņa pirmā puse), miltrasas attīstība praktiski apstājās. Atkārtoti miltrasas attīstība novērota tikai pēc ziedēšanas (slimības izplatība 20 %, turklāt intensitāte nepārsniedza 1 %). Turpretī Stendē šķirnes 'Krista' sējumos miltrasas izplatība (piengatavības fāzē) sasniedza 80 % un intensitāte 4 %. 2002. gadā miltrasas izplatība bija aptuveni 50 %, bet attīstības pakāpe svārstījās ap 2 %. Tomēr izņēmums atkal bija Stende, kur šīs slimības pakāpe bija daudz augstāka (10 %). Miltrasas izplatība un intensitāte bija ļoti atšķirīga dažādās izmēģinājumu vietās, tāpēc var secināt, ka slimības attīstību ietekmē ne tikai šķirnes īpatnības, bet arī agrotehniskie apstākļi un infekcijas avotu daudzums.

Rūsas - dzeltenā rūsa (*Puccinia striiformis*) un brūnā rūsa (*Puccinia tritici*) bija sastopamas reti un ievērojamus ražas zudumus nenodarīja.

Galvenais izmēģinājumu rezultāts ir AI samazināšana (2. att.). Izmēģinājumu laikā šis rādītājs bija ļoti dažāds, tas variēja no 0 (sējumus nebija nepieciešams apstrādāt ar fungicīdiem) līdz 1.02. Šīs krasās atšķirības ir izskaidrojamas ar dažādajiem meteoroloģiskajiem apstākļiem izmēģinājumu periodā, 1999. un 2002. gadi bija nelabvēlīgi slimību attīstībai, bet 2000. un 2001. labvēlīgi. Tādēļ arī izmēģinājumos tika rekomendēts 1-3 apstrādes ar fungicīdiem, atsevišķos gadījumos arī fungicīdu lietošanu nerekomendēja vispār. Vidēji izmēģinājumu periodā tika lietots 55 % no reģistrētās fungicīdu devas, tātad fungicīdu slodze dabā tika ievērojami samazināta. var uzskatīt, ka kompjūtermodeļu izmantošana ir videi draudzīga tehnoloģija.

Ļoti nozīmīgs ir arī apstrāžu skaits – cik reizes sezonā nepieciešams veikt smidzināšanu. Pēc izmēģinājumu rezultātiem slimību attīstībai piemērotos apstākļos 2000.g. un 2001.g. apstrādes bija nepieciešams veikt vidēji 1.6 un 2.2 reizes, bet 1999.g. un 2002.g. – 1 un 1.1 reizi (vidēji visā izmēģinājumu periodā 1.5 reizes).

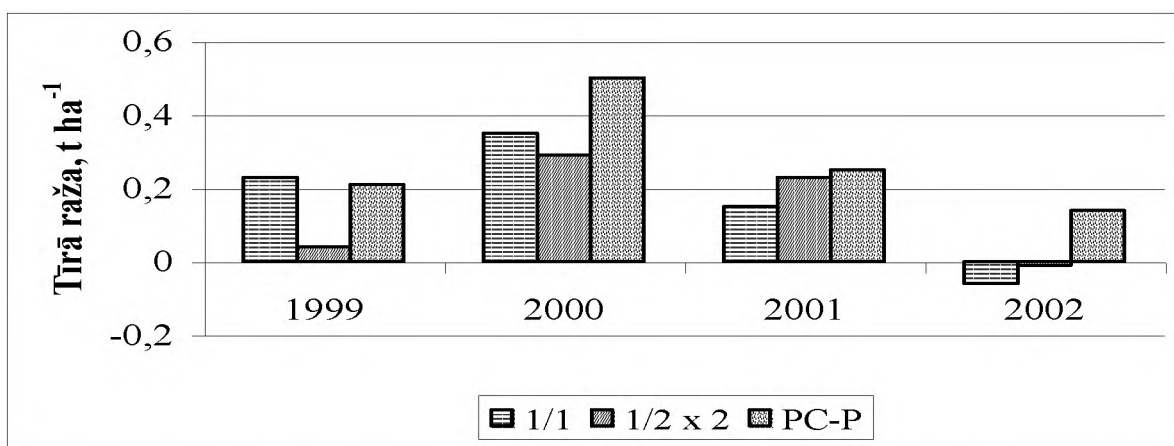


2. att. Apstrādes indekss un fungicīdu smidzināšanas reižu skaits vidēji izmēģinājumos

Izmēģinājumos fungicīdu tehniskā efektivitāte (slimību ierobežošanas pakāpe, salīdzinot ar kontroli) bija ļoti līdzīga visos variantos, tādēļ arī ražas pieaugumi ir līdzīgi gan standarta, gan kompjūterprogrammas izmantošanas gadījumos. Vairumā gadījumu fungicīdu lietošanas rezultātā pieauga ražība, tai skaitā arī variantā, kur apstrādes veica pēc "PC-P Diseases" ieteikumiem (2000., 2001.g. atsevišķos izmēģinājumos pieaugums pret kontroli sasniedza pat $1.03-1.58 \text{ t ha}^{-1}$).

Lai raksturotu programmas lietošanas ekonomisko efektivitāti, pēc izmēģinājumu rezultātiem aprēķināja "tīro" ražu. Aprēķinos tika ņemtas vērā fungicīda un apstrāžu izmaksas. Kā redzams 3. attēlā, fungicīdu lietošana devusi neto jeb "tīrās" ražas pieaugumu, kas variē pa gadiem no 0.02 līdz 0.5 t ha^{-1} (izņemot 2002.g variantu, kur deva 1.5 l ha^{-1} lietota vienā apstrādes reizē). Visos variantos neto ražas pieaugums bija augstāks 2000.-2001.g., kad slimību attīstības pakāpe kviešu sējumos bija augstāka un fungicīdu lietošana deva lielāku kopējo ražas pieaugumu.

Vidēji 4 gados neto ražas pieaugums, veicot apstrādi ar pilnu devu vienā reizē, bija 0.16 , 2 reizes ar $\frac{1}{2}$ devas – 0.15 , pēc programmas rekomendācijas - 0.28 t ha^{-1} . Kā redzams pēc izmēģinājumu rezultātiem, neto ražas pieaugumi nav būtiski atšķirīgi starp variantiem.



3. att. "Tīrā" raža atkarībā no fungicīdu lietošanas veida vidēji izmēģinājumos

Datorprogrammas "PC-P Diseases" lietošana ļauj samazināt fungicīdu lietošanu, tai pašā laikā saglabājot tādu pašu ražu līmeni, kā lietojot fungicīdus pēc standartieteikumiem.

Tomēr jāuzsver, ka šīs programmas izmantošanai ir vairāki priekšnoteikumi:

- ◆ nepieciešamas regulāras lauka apskates un precīza slimību diagnostika, kas lielās platībās ne vienmēr ir iespējama;
- ◆ samazinātas fungicīdu devas drīkst lietot tikai ar Valsts Augu aizsardzības dienesta atļauju, jo pašlaik samazinātās devas nav reģistrētas;
- ◆ nepieciešama laba tehnika un iespējas precīzi veikt smidzināšanu;
- ◆ programmas ieteikumi neder tām saimniecībām, kur netiek ievērota augu maiņa un ir liels graudaugu īpatsvars sējumu struktūrā.

Jāatzīmē, ka mēs vēl aizvien nepietiekami zinām patogēnu attīstības īpatnības Latvijas apstākļos, un, ja mēs vēlamies Latvijā ieviest integrēto augu aizsardzību vai vismaz tās elementus, ir nepieciešami patogēnu bioloģijas pētījumi. Īpaši būtu jāpievērš uzmanība populāciju inventarizēšanai, lai noskaidrotu rasu sastāvu un attīstības cikla (ziemošana, izplatīšanās un ekoloģiskie apstākļi, kas to nosaka) īpatnības.

Pateicība

Mēs pateicamies Valsts augu aizsardzības dienesta speciālistiem, kas veica daļu no izmēģinājumiem un nodrošināja programmas darbību dažādos reģionos.

Literatūra

1. Bankina B. The most important wheat leaf diseases in Latvia, 1998-1999. / Development of environmentally friendly plant protection in the Baltic region / Proceedings of the International Conference Tartu, Estonia, September 28-29, 2000.-9-12
2. Bankina B; Klavinska A; Priekule I Prevalent testing results of the decision support system "PC-P diseases" control module in winter and spring wheat in Latvia. / *Development of Environmentally Friendly Plant Protection in the Baltic Region*, / Proceedings of the International Conference Tartu, Estonia, September 28-29, 2000.-, 2000, 12-15.
3. Murali N.S., Secher B.J.M. Integration of cultivar selection in a decision-support system for plant protection. bulletin OEPP/EPPO Bulletin 26, 645-649.-1996
4. Henriksen K E; Jorgenses L N; Nielsen G C (2000) PC-Plant Protection – a Danish tool to reduce fungicide input in cereals. Brighton Crop Protection Conference 2000 – Pests & Diseases **3**, 835-840.
5. Hossy H; Henriksen K E; Jorgensen L N (2000) PC-P Plant Protection – a Decision support system for plant protection. *OEPP/EPPO Bulletin* 26, 645-649.
6. Gaunt, R.E. Measurement of diseases and pathogens. Crop Loss Assessment and Pest. Management ed. by Teng P.S. APS PRESS.- 1991, 6-18 pp.
7. Turka I. Graudaugu, kartupeļu, ābeļu kaitēkļu un slimību prognozēšanas sistēmas, uzskaites metožu un kritisko sliekšņu izstrādāšana augu aizsardzībā. Granta atskaite 93.718, 1994-1996.

PROJEKTĒJAMĀS CELULOZES RŪPNĪCAS IESPAIDS UZ JĒKABPILS REĢIONA INFRASTRUKTŪRU

Projecting Pulp Mill Impact on the Infrastructure of Jekabpils Region

S. Bērziņš

LLU Kokapstrādes katedra
Lielā iela 2, Jelgava, LV-3002
e-mail: spodris.berzins@vdaugava.vzd.gov.lv

Abstract

This paper deals with possible impact of potential pulp mill in Jekabpils on adjacent regions infrastructure, which includes inhabitant's comfort level, and business infrastructure during construction and processing stages. The analysis is made up on the basis of several publications, which are connected with environmental impact assessment, regional development and pulp mill project materials. There are analysis of several kinds of impact: on geology, water and air pollution and their limitation, noise pollution, demography, cultural resources. For better understanding of business perspectives a comparison is made with similar pulp mill in Rauma (Finland) and its impact. On this basis SWOT analysis and matrix is made. The main conclusions are: there is big possibility of positive changes in region development through so large investment, main problems in pollution are connected with possible thermal pollution, serious attention needs to be paid for future for small sawmill and private forest management.

Keywords: *infrastructure, pulp mill, SWOT analysis.*

Ievads

Par vienu no būtiskākajiem investīciju projektiem pēc Latvijas neatkarības atjaunošanas ir kļuvusi iespējamā lieljaudas celulozes rūpnīca Jēkabpils apkaimē. Aptuveni 960 miljoni eiro tiktu ieguldīti ražotnē, kas kļūtu par nozīmīgu celulozes ražošanas centru Austrumeiropā, patērējot ievērojamu daļu Latvijā sagatavotās papīrmalkas un pārstrādājot gandrīz visu saražoto šķeldu. Diemžēl celulozes ražošana tiek uzskatīta par visnetīrāko etapu visā ceļā no meža audzēšanas līdz poligrāfiskajai rūpniecībai. Konferences norises laikā būs zināmi ietekmes uz vidi novērtējuma procesā iegūtie slēdzieni, iespējams, būs pieņemts galīgais lēmums par rūpnīcas celtniecības uzsākšanu. Šeit ir piedāvāta analīze par iespējamo situācijas attīstību, pamatojoties uz 2002. gada nogales datiem.

Dotā pētījuma mērķis: analizēt iespējamo projektējamās celulozes rūpnīcas ietekmi uz Jēkabpils reģiona infrastruktūru.

Dotā pētījuma uzdevumi:

1. celulozes rūpnīcas celtniecības fāzes ietekmes noteikšana;
2. celulozes rūpnīcas darbības iespējamā iespaids uz reģiona iedzīvotāju komfortu noteikšana;
3. sagaidāmais celulozes rūpnīcas iespaids uz reģiona biznesa infrastruktūru.

Metodika

Dotā pētījuma ietvaros analizēta iespējamā reģiona infrastruktūra celulozes rūpnīcas projekta realizācijas gaitā, iespējami atturoties no dažādu biotopu vitalitātes iespēju vērtējuma, tiešās finansu plūsmas no celulozes rūpnīcas analīzes un iespaids uz meža nozari reģiona ietvaros izpētes, kas ir atsevišķa pētījuma vērts.

Par pamatu iespējamās ietekmes analīzei izmantota M. Vaivara grāmatā "Ietekmes uz vidi novērtējums" piedāvātā paredzamās darbības vietas raksturojums ar iespējamām tās izmaiņām objekta darbības rezultātā. Sagaidāmās iedarbības konkretizēšanai un paredzēšanai izmantotas a/s "Baltic Pulp" pieteikums par ietekmes uz vidi novērtējuma procesa uzsākšanu un Latvijas Republikas Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas Ietekmes uz vidi novērtējuma biroja "Programma sulfātcelulozes rūpnīcas būvniecības Krustpils pagasta

Ozolsalā ietekmes uz vidi novērtējumam”. Uz iegūto datu pamata veikta SVID analīze, kas kalpotu par pamatu SVID matricas izveidei ieteicamo darbību noteikšanai.

Veicot analīzi izmantotas induktīvā, deduktīvā, aprakstošā un loģiskās analīzes metodes.

Rezultāti

Literatūras apskats

Viena no pētāmā jautājuma īpatnībām ir pieredzes trūkums Latvijā tik liela apjoma projektu realizācijā sagaidāmo investīciju jomā un projektējamo ražošanas apjomu ziņā. Pēc neatkarības atjaunošanas aptuveni tādu pašu mērogu ražotņu izvietošana Latvijas lauku apvidos ir plānota tikai bioetanola rūpnīca Jaunpagastā. Neskatoties uz zināmām līdzībām atsevišķu problēmu izgaismojumā (izejvielu piegādes, investīciju avoti) pastāv vairāki apstākļi, kas padara šos projektus un to realizāciju atšķirīgas:

- Projektējamā celulozes rūpnīca tiks celta no jauna, kamēr bioetanola rūpnīca tiktu celta līdzās esošajai spirta rūpnīcai;
- Pārtikas ražošanas tehnoloģijās, tai skaitā spirta ražošanā Latvijā ir izveidojušās zināmas tradīcijas, pastāv izglītības sistēma, ir augsti kvalificēti speciālisti;
- Atšķirīga investoru struktūra abos projektos;
- Latvijas mērogos Kurzeme (kur atrastos bioetanola rūpnīca) ir mazāk depresīvs reģions kā projektējamās celulozes rūpnīcas atrašanās vieta Latgales un Zemgales saskarē.

Pamatojoties uz to var secināt, ka Latvijā pēc neatkarības atgūšanas līdzīga veida pētījumi nav veikti. Par kādām iestrādēm dotajā virzienā var runāt vienīgi kā reakciju uz notiekošo: mazāk fundamentāli pētījumi un monogrāfijas, vairāk dažādas publikācijas masu saziņas līdzekļos, kā arī attiecīgo nozaru zinātnieku un speciālistu, kā arī valsts ierēdņu intervijas. Pie ārzemju pieredzes šajā gadījumā jāpieiet ļoti rezervēti: ja tehnoloģiski projekti un to realizācijas gaita būtiski neatšķirtos, tad pārējie faktori var atšķirties visai būtiski: sākot ar dažādību dabas apstākļos: grunts apstākļi, ūdens un mežu resursi un beidzot iedzīvotāju sociālo sastāvu un to attieksmes motivāciju.

IVN procedūras norise ietver sevī arī projekta sabiedrisko apspriešanu, kā gaitā sabiedrībai ļauts iepazīties ar projektējamo objektu, izteikt savus viedokļus un priekšlikumus. Pretēji Latvijas valdības un potenciālo investoru apgalvojumiem par celulozes rūpnīcas sagaidāmo nekaitīgumu uz esošā piesārņojuma fona, nākas sastapties ar apgalvojumiem par iespējamo kaitējumu videi. I. Kaimiņš vairākās publikācijās brīdina par iespējamajām nelabvēlīgajām sekām, ko radītu vairāku savienojumu emisija apkārtējā vidē. Sevišķi tiek uzsvērta dioksīnu savienojumu iespējamā nelabvēlīgā ietekme, akcentējot Rīgas nodrošinājumu ar dzeramo ūdeni [1-3].

Nedaudz samiernieciskāku viedokli pauž E. Cilinskis, uzskatot, ka celulozes rūpnīca atmosfēru piesārņos mazāk kā lieljaudas termoelektrocentrāle, taču izsakot bažas par iespējamo Daugavas piesārņojumu [4].

Oponējot augstākminētajam viedoklim jāpiemin R. Lofblada raksts „Dienas biznesā”, kur tiek uzsvērts tas, ka neviens investors šodien Eiropā nevar atļauties vieglprātīgi izturēties pret vides prasībām. Hlororganisko savienojumu izmešana gaisā sadedzinot mizas, pārpalikušo koksnī un notekūdeņu attīrīšanas dūņas pie šodienas tehnoloģiju attīstības ir uzskatāma par neiespējamu. Iespējami sliktākais avārijas scenārijs – melnā atsārma nonākšana automātiski tiek fiksēta un rada trauksmi, apturot visas ražotnes darbību un novadot atsārma tam speciāli sagatavotos baseinos. Tāda līmeņa avārija Skandināvijas valstīs pēdējos 100 gados nav notikusi. Papildus tam R. Lofblads atzīmē, ka izmantojot hlora dioksīdu balināšanā (kas ir attīrīšanas ziņā visproblemātiskākā stadija) dioksīni, hlora saturošie fenoli un citi hlora savienojumi vienkārši nepastāv, tātad hlororganisko savienojumu emisija lielākas avārijas rezultātā uzskatāma par neiespējamu [5].

A. Treimanis dodot visaptverošu sagaidāmās celulozes rūpnīcas raksturojumu atzīmē to, ka 99% no notekūdeņiem sajuksies ar upes ūdeņiem 1-2 kilometru posmā, kopumā tas nozīmē tikai 1-2% piesārņojumu no patreizējā līmeņa. Tiesa, netiek noliegts, ka notekūdeņu ievadīšana ir projekta diskutablākais un viens no vājākajiem punktiem izvēloties iespējamo ražotnes atrašanās vietu [6].

Zīmīgs ir salīdzinājums ar somu pieredzi: pie Saimas ezera Somijas dienvidaustrumos atrodas 3 līdzīga mēroga celulozes rūpnīcas, kas iepludina savus notekūdeņus ezerā. Pēc somu vides pētnieku E.L.Hallamaro un H.Pylvanainen datiem dotais ezers ir arī nošķirtas saldūdens roņu populācijas (*Phoca pispida saimensis*) mājvieta Šobrīd populācijas lielums tiek vērtēts ap 200-300 īpatņiem, kas nozīmē, ka jebkura, pat neliela avārija nozīmē neatgriezenisku bojāeju. Tas tikai apliecina mūsdienu attīrīšanas tehnoloģiju kvalitāti un celulozes industrijā iesaistīto speciālistu spēju strādāt ar atbilstošu atbildību. Kopš 70. gadiem situācija ezerā ir uzlabojusies, kas sakrīt ar būtiskiem uzlabojumiem celulozes rūpnīcu attīrīšanas tehnoloģijās [7].

Sociālās sfēras jautājumu atspoguļojums

Sociālā sfēra celulozes rūpnīcas projekta realizācijas aspektā atspoguļo plašu jautājumu spektru, sākot ar iedzīvotāju gaidām un uzskatiem vides jomā, tad iespējama ekonomiskais ieguvums, lai spriestu par iespējamo efektu dotajā jomā, ir lietderīgi salīdzināt ar līdzīgiem objektiem ārvalstīs, kur apstākļi daudz maz līdzinās Latvijai un konkrētajai vietai – Jēkabpils apkaimei.

Gandrīz līdzīga apjoma rūpnīca Raumā (Somija) piesaistīja 183 darbiniekus, no kuriem 67% bija Turku – Pori apgabala (attiecīgā reģiona) iedzīvotāji. Pārējie darbinieki tika pieaicināti no ārpusē, kuru lielākā daļa kļuva par attiecīgā apgabala iedzīvotājiem. Bez tam celtniecības laikā tika radītas papildu darba vietas, daļa (aptuveni 25% no radītajām) no kurām saglabājās arī pēc darbu pabeigšanas. Tāpat var runāt par aptuveni 1500 papildu darba vietu izveidi citos uzņēmumos pēc Raumas rūpnīcas darba uzsākšanas. Var pieņemt, ka aptuveni līdzīgu efektu var atstāt arī Ozolsalas projekta realizācija [8, 9].

Līdzīga projekta realizācija Raumā saskaņā ar Somijas Mazā un vidējā biznesa institūta Uzņēmējdarbības centra pētījumu deva būtisku uzlabojumu attiecīgā reģiona (Turku – Pori apgabals) būvfirmu finansiālajos rādītājos. Aptuveni viena trešdaļa Metsā-Rauma (Raumas celulozes rūpnīca) budžeta attiecas uz doto reģionu.

Projekta realizācija pozitīvi ietekmēja: mežizstrādi, transportu, loģistiku, komunālos pakalpojumus. Šīs nozares un apvidus kopumā piedzīvo saimniecisko uzplaukumu (neilgi pirms dotā projekta uzsākšanas Somijā valdīja recesija sakarā ar Padomju Savienības kā galvenā tirdzniecības partnera sabrukumu).

Celulozes rūpnīcas (Metsā-Rauma) viena gada izmaksas tiek lēstas ap 90 miljoniem latu, kur 65 miljonus sastādītu kokmateriālu piegādes (Latvijā tas varētu būt aptuveni 40 miljoni latu, tas ir apmēram 60% no Somijas līmeņa), ķīmikālijas un pakalpojumi sastāda 20 miljonus latu, kur 40% nodrošina Turku – Pori apgabals (apšaubāmi, vai Jēkabpils reģiona īpatsvars būs tik augsts). 4 – 5 miljonus latu sastāda darbaspēka algas (Latvijā tas varētu būt 2,0 – 2,5 miljoni latu, tas ir 50% no Somijas līmeņa).

Ja pieņem, ka ienākumi uz 1 iedzīvotāju Latgalē un Zemgalē ir aptuveni 25% no Eiropas Savienības vidējā, tas ir ievērojami zemāk kā Somijā [10]. Tāpēc, ja pat ņem vērā, ka salīdzinājumā ar Raumu ir salīdzināms mazāks ieguvums absolūtos skaitļos, relatīvi tas nozīmē lielāku ieguldījumu reģiona attīstībā kā analogas rūpnīcas darbības uzsākšana Somijā. Tātad kopējā sagaidāmā situācija var būt analoga Raumai – nodarbinātības un labklājības līmenis pieaugs straujāk kā valstī kopumā.

Kopumā ap Jēkabpili varētu veidoties kaut kas līdzīgs Vācijas „Zentrale Orte”, kas ir centrs gan finansu saņemšanai, sabiedriskās infrastruktūras un sociālo dienestu attīstībai, radot

sevi dažādu labumu tīklu, veicinot reģiona ekonomisko attīstību un novēršot iedzīvotāju aizplūšanu [11].

Celulozes rūpnīcas ietekmes veidu raksturojums

1. Ģeoloģiskā uzbūve un gruntsūdeņi. Dokumentos šie faktori aplūkoti atsevišķi, bet balstoties uz dotā pētījuma mērķi tie ir apvienojami. Projektējamās rūpnīcas teritorija atrodas uz dolomīta slāņa. Pastāv risks, ka piesārņojums no rūpnīcas teritorijas var caur ūdenscaurlaidīgo dolomīta slāni var iekļūt gruntsūdeņos, kas var nelabvēlīgi ietekmēt to stāvokli un iekļūt ūdens ņemšanas vietās. Kā iespējamais risinājums šajos tehnoloģiski neierastajos apstākļos (Skandināvijā rūpnīcas pārsvarā tiek būvētas uz bazalta cilmieža) tiek piedāvāts veikt drenāžu visā rūpnīcas teritorijā atmosfēras nokrišņu uztveršanai un ievadei attīrīšanas iekārtās. Savukārt zem atkritumu poligona, kas arī atradīsies rūpnīcas teritorijā, tiks ierīkots ūdensnecaurļaidīga māla slānis.
2. Topogrāfija. Projektējamās rūpnīcas teritorija atrodas 82 – 87 m virs jūras līmeņa, ar gruntsūdens līmeni 1.5 – 1.7 m, kamēr Daugavas un Aiviekstes normālais ūdens līmeņa augstums ir 71.6 m virs jūras līmeņa. Maksimālais plūdu līmenis ir sasniedzis 9.0 m virs normālā Daugavas līmeņa. Tāpēc rūpnīcas teritorija nav uzskatāma par plūdu apdraudētu.
3. Augsne. Nav sagaidāms, ka celulozes rūpnīcas celtniecība un darbība varētu izraisīt kādu vērā ņemamu iespaidu uz reģiona augsnes kvalitāti.
4. Virszemes ūdens resursi, kas dotā pētījuma ietvaros tiek analizēti kopā ar iespējamo ietekmi uz ūdens sugu kopumu. Saskaņā ar a/s “Baltic Pulp” iesniegumu IVN procedūras uzsākšanai, rūpnīcas notekūdeņi pēc attīrīšanas tiks novadīti Daugavā. Paredzēts, ka to kvalitāte atbilst Eiropas Savienības normatīvo dokumentu, HELCOM konvencijas prasībām, nepārsniedzot 1 – 2% no patreizējā piesārņojuma līmeņa. Iespējami sliktākā avārijas scenārija gadījumā, melnajam atsārmam ieplūstot attīrīšanas iekārtās, automātiski tiek apturēta rūpnīcas darbība un bīstamais piesārņojums tiek novadīts uz speciāli sagatavotiem rezervuāriem. Kā iespējamie riski jāmin atpūtas iespēju ierobežojums un ar upes vidi saistīto sugu lietošana uzturā (zivis, vēži, ūdensputni, arī ārstniecības augi), kā būtisku elementu uzsverot psiholoģiskā faktora nozīmi.
5. Jūtīgās vides platības. Nav informācijas par iespējamās celulozes rūpnīcas teritorijas tuvumā esošām retām vai iznīkstošām sugām. Var runāt par objekta tuvumā esošām aizsargājamām teritorijām: Teiču un Krustkalnu rezervāti, Lielā Pelēčāres purva, Vesetas palienes purva, Ābeļu, Eiduku purva dabas liegumi, kur nav informācijas par iespējamo iedarbību.
6. Zemes lietošana. No valsts akciju sabiedrības “Latvijas valsts meži” aprites izņemti aptuveni 1000 ha meža, kas nodoti a/s “Baltic Pulp” pārziņā, kā arī aptuveni 15 īpašniekiem par materiālu kompensāciju atsavināti meži vai apmainīti pret citu platību. Sagaidāms, ka infrastruktūras objektu izbūvei būs nepieciešams papildus atsavināt vai iznomāt zemes platības. Pēdējā transakcija īpašniekiem var nozīmēt nelielu, bet stabilu ienākumu. Nav sagaidāma būtiska ietekme uz lauksaimniecību, kas būtu saistīta ar vides stāvokļa izmaiņām. Bioloģiskā lauksaimniecība un biškopība, ko teorētiski ražotne varētu apdraudēt nav plaši izplatītas. Jaunas darba vietas celulozes rūpnīcā vai papildus uzņēmumos var piesaistīt darbaspēku no laukiem, atmetot neproduktīvās lauksaimniecības metodes. Tas var izpausties kā:
 - a. lauksaimniecisko zemju palikšana atmatā;
 - b. zemes iznomāšana vai pārdošana lielākiem zemniekiem, kuriem ieguldīto līdzekļu dēļ nodarbošanās maiņa var būt neiespējama.

7. Gaisa kvalitāte. Saskaņā ar a/s "Baltic Pulp" iesniegumu IVN procedūras uzsākšanai sagaidāmais piesārņojuma līmenis nepārsniegs ES un HELCOM prasības. Kopumā piesārņojuma līmenis nenasniegs TEC līmeni, tāpēc par jūtamam kaitējumu nevar runāt. Zināmu diskomfortu var radīt smakas, kā izdalīšanos plašākā apkaimē var veicināt tehnoloģiski vai klimatiski apstākļi. Kā riska kategorija būtu jāizdala pret tāda veida piesārņojumu jutīgās iedzīvotāju kategorijas: astmas un alerģiju slimnieki. Papildus tam jāņem vērā psiholoģiski apstākļi: zināmas iedzīvotāju kategorijas ražotni var uztvert kā svešķermeni, kas kopā ar tendenciozu propagandu var radīt ekoloģiski nelabvēlīga reģiona iespaidu.
8. Demogrāfija, kas dotajā gadījumā vērtējama kopā ar sociāli ekonomiskajiem faktoriem. Kopš 1990. gada iedzīvotāju skaits ir mazinājies sekojošu apstākļu dēļ:
 - 1) Krievijas (bijušās PSRS) armijas daļu (virsnieku un to ģimeņu) izvešana (galvenokārt no Jēkabpils);
 - 2) tās cittautiešu daļas, kas nespēja saistīt savu nākotni ar Latviju, izbraukšana;
 - 3) negatīvais dabīgais pieaugums;
 - 4) iedzīvotāju, sevišķi jaunatnes izbraukšana uz vairāk attīstītajiem reģioniem (Rīga un tās apkaime, arī Daugavpils).

Tādas ražotnes kā celulozes rūpnīca rada pieprasījumu pēc augsti kvalificētiem speciālistiem. To nodrošinājums kopā ar nodokļiem rada pastiprinātu finanšu plūsmu reģiona ietvaros. Būtisks nodarbinātības palielinājums sagaidāms celtniecības fāzes laikā – ap 2000 darbavietu. Pēc būvniecības pabeigšanas darbavietu skaits mazināsies, taču, var pieņemt, ka iepriekšējais nodarbinātības līmenis celtniecības organizācijās netiks sasniegts, saglabājot daļu jaunradīto darbavietu. Rūpnīcas darbības nodrošināšanai nepieciešama papildus uzņēmumu darbība: nevar izslēgt plaša autoparka veidošanos papīrmalkas un šķeldas piegādei. Dažādu funkciju nodrošināšanai radīsies pieprasījums pēc juristiem, bankām, datoru apkalpes, specializētu pakalpojumu sniedzējiem. Izraisot papildus nodarbinātību, tiktu mazināts bezdarbs vietējā līmenī, attīstīta tirdzniecības un pakalpojumu sfēra. Svarīgs faktors attīstībai – nelielā attālumā no ražotnes ir pieejamas brīvas platības industriālo un pakalpojumu uzņēmumu izvietojumam – bijusī cukurfabrikas teritorija un militārais lidlauks.
9. Transports un trokšņu piesārņojums. Ņemot vērā to, ka rūpnīca atradīsies meža masīvā, sagaidāms, ka trokšņu līmenis gan celtniecības, gan darbības laikā tiks ievērojami mazināts, sasniedzot nemanāmu līmeni. Par zināmu trokšņu līmeņa celšanos var runāt attiecinot uz transportu, taču arī šis veids var izrādīties nenozīmīgs. Dzelzceļa mezgla kapacitāte pat pēc rūpnīcas darbības uzsākšanas netiks pilnīgi izmantota. Sakarā ar autotransporta satiksmes intensificēšanos gan celtniecības, gan darbības fāzē pastāv risks pastiprinātai sastrēgumu veidošanai.
10. Kultūras resursi. Nav spēcīgi attīstīts tūrisms. Pastāv nopietns risks projekta realizācijas rezultātā tā sekmīgai attīstībai tendenciozas propagandas iespaidā. Projektējamās rūpnīcas tiešā tuvumā nekādi nozīmīgi dabas un kultūrvēsturiski objekti neatrodas, var pieņemt, ka estētiskais veidols netiks bojāts sakarā ar ražotnes atrašanos meža masīvā.

SVID analīze

Stiprās puses.

1. Finanšu plūsma un nodarbinātie celulozes rūpnīcā nodrošina patēriņa pieaugumu.
2. Pilns vides monitorings.

3. Tuvākā apkaimē nav vērojama plaša mēroga bioloģiskā lauksaimniecība un biškopība.
4. Piesaista augsti kvalificētus speciālistus.
5. Piegāžu nepieciešamība.
6. Pieaug pieprasījums pēc juristiem, banku, tirdzniecības un pakalpojumiem.

Vājās puses.

1. Termiskais piesārņojums.
2. Daļa īpašnieku zaudēs īpašumus vai iznomās tos zem infrastruktūras objektiem.

Iespējas.

1. Daļa lauksaimnieku var atrast darbu celulozes rūpnīcā vai papildus infrastruktūras objektos.
2. Bijusī cukurfabrikas teritorija un militārais lidlauks var kalpot kā infrastruktūras objektu atrašanās vieta.

Draudi.

1. Psiholoģiska rakstura draudi, kas saistāmi ar piesārņojumu.
2. Atpūtas un tūrisma iespēju ierobežojums.
3. Mežu apsaimniekošanā, sevišķi privāto, iespējami pārkāpumi lielākas peļņas gūšanai.
4. Celulozes rūpnīcas iepirkuma cenu politikas dēļ var apdraudēta sīko kokzāģētavu darbība.
5. Ar ūdens vidi saistīto sugu nelietošana uzturā.
6. Var būt apdraudētas jutīgās iedzīvotāju kategorijas.
7. Transporta sastrēgumi.

Tabula 1.

SVID matrica

	Stiprās puses	Vājās puses
Iespējas	1. Strauja reģiona ekonomiskā attīstība 2. Reģiona intelektuālā potenciāla pieaugums	1. Saprātīgi izstrādāta kompensācija vai nomas maksa var atsvērt apgrūtinājumus vai zaudējumus. 2. Daļu infrastruktūras objektu un pakalpojumu iestāžu var izvietot bijušajās militārajās teritorijās un pamestajās rūpniecības zonās.
Draudi	1. Vides monitorings un pārdomāta iedzīvotāju informēšana mazinātu nepatīamos pieņēmumus. 2. Reģiona pievilcības, tā īpatnību izcelšana un reklāma 3. Finanšu piesaiste var uzlabot reģiona infrastruktūru. 4. Pārdomāts mazā un vidējā biznesa atbalsts var veicināt sīko kokzāģētavu īpašnieku pārorientēšanos celulozes rūpnīcas servisam un pakalpojumu sniegšanai.	1. Ar termisko un smaku piesārņojumu saistīto īpatnību apzināšana un sabiedrības informēšanas nodrošināšana. 2. Pārdomāta un regulāra informācija par realizējamo projektu plašiem sabiedrības slāņiem viegli uztveramā formā, lai nodrošinātu atsevišķu grupu nesankcionētas rīcības izslēgšanu. 3. Ilgtspējīgas un nenoplicinošas mežsaimniecības nodrošināšanai var kļūt aktuāls papildu finanšu un materiālais atbalsts Valsts meža dienestam, kā arī mežu sertifikācija.

Secinājumi

1. Lielu investīciju piesaiste un jaunas nozares attīstība rada labvēlīgus nosacījumus straujai reģiona attīstībai.
2. Kaut arī projektējamā celulozes rūpnīca uzskatāma par piesārņojuma avotu kā lielapjoma ražotne, galvenajos piesārņojuma veidos: ūdens un gaisa piesārņojuma izmaiņas atzīstamas par maznozīmīgām salīdzinot ar patreizējo piesārņojuma fonu.
3. Var prognozēt kā jūtamus termālo piesārņojumu Daugavā un pie zināmas apstākļu sakritības smaku piesārņojumu ierobežotā apvidū. Paredzot to, kā arī iespējamo nelabvēlīgo psiholoģisko noskaņojumu projekta oponentu kritikas iespaidā, par ļoti būtisku uzskatāma sabiedrības un it sevišķi reģiona iedzīvotāju informēšana populārzinātnisku un populāru izdevumu veidā.
4. Biznesa apjomā sagaidāmi apgrūtinājumi sīkajām kokzāgētavām, tajā pat laikā būtu apsverama ieguldītā kapitāla konvertēšana pakalpojumu biznesa attīstībā, izmantojot arī dažādus finansējuma avotus.
5. Privāto mežu apsaimniekošanā pievēršama uzmanība pareizu kopšanas modeļu pielietojumam, veicinot arī mežu sertifikāciju.

Literatūra

1. Kaimiņš I. Stratēģiskus projektus nevar īstenot bez zinātnieku līdzdalības.// Dienas bizness. - Nr
2. Kaimiņš I. Vai pārkāpsim pašu parakstīto konvenciju?!// Dienas bizness. – Nr.126 (2001., 29. jūnijs);
3. Kaimiņš I., Beļajevs A. Zinātnieki: celulozes rūpnīca piesārņos Daugavu.// Dienas bizness.- Nr. 63 (2001., 2.aprīlis);
4. Ķirsons M. Vides draugs vai drauds – celulozes rūpnīca. Nr. (2002., 16. oktobris);
5. Lofblads R. Kārtīgs investors neriskēs ar vecām tehnoloģijām.// Dienas bizness. – Nr.128 (2001., 4. jūlijs);
6. Treimanis A. Celulozes rūpnīca dod Latvijai lielas cerības.// Dienas bizness. – Nr. 45 (2000., 3. marts);
7. Hallanaro E.L., Pylvanainen M., Spuņģis V. Ziemeļciropas daba – dabas daudzveidība mainīgajā vidē. Nord 2001:16, Ziemeļu Ministru padome, Kopenhāgena, 350 lpp.;
8. Kalniņš K. Celulozes rūpnīca – ieguvumi.// Dialogi. – Nr.2 (2001., vasara);
9. Kalniņš K. Sagaidāma mežu apsaimniekošanas uzlabošanās.// Dialogi. – Nr.2 (2001., vasara);
10. Mieze D. Rūpnīca reģionam piesaista naudu.// Dialogi. – Nr.2 (2001., vasara);
11. Namiķe R. Uzlabo reģiona dzīves kvalitāti.// Dialogi. – Nr.2 (2001., vasara);
12. Latkovskis B. Reģioni atšķiras katastrofāli.// Neatkarīgā Rīta Avīze. – Nr. (2000., 2.maijs);
13. Vaidere I. Reģionālā politika Latvijā. Iespēja radīt jaunas darbavietas. R., 1999.;

ЭКОНОМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАДЕЛЫВАНИЯ В ПОЧВУ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР *Efficient Technology for Introduction Catch-Crops Into Soil*

А. Цесниекс, А. Вилде, С. Цесниекс, Ю. Лиепиньш, М. Аусмане,
И. Мелнгалвис, А. Адамович

Латвийский с.х. университет, Институт с.х. техники,
Улброкский научный центр, Института 1, Улброка, LV-2130, Латвия
Тел.: +371-7910879, +371-7910987; факс: +371-7910873; E-mail: uzc@delfi.lv

Abstract

A sharp decrease in the number of cattle in Latvia has essentially affected the possibilities to introduce organic fertilizers into soil. A solution of this problem may be growing catch-crop plants. The purpose of this study is to clarify the factors, technologies and machinery ensuring good and widespread introduction of catch-crops (winter rape, spring rape, red clover, fallow) without their previous shredding. It is found that unthreaded catch-crop plants may be qualitatively introduced into soil using a combined aggregate by orienting them in the direction of the movement of the aggregate and inclining them towards the surface of the field (rolling with the roller) and simultaneously plugging in with a plough which has a disk knife in front of each body to cut the inclined plants and a greater width (50 cm), and adjustable mouldboard curvature having improved skimmers to avoid clogging and to turn over the arable strips in a better way and to ensure more complete plugging of plants into soil. The technology of introducing catch-crops into soil without previous disintegration has been tested in practice and it is an environment-saving means of preserving and raising soil fertility. It is economically efficient in comparison with the introduction of previously shredded plants presently used on farms. It is possible to raise the introduction quality of unthreaded plants (also long-stalked ones) to 96-98%. Optimization the technology and the plough completion allow save labor – 1.4-1.8 men h ha⁻¹, fuel 6-8 kg ha⁻¹ and financial means 5,60-7,20 Ls ha⁻¹.

Keywords: *introduction of green manure, soil tillage systems, soil fertility, catch crops.*

Введение

Важным показателем плодородия почвы является содержание гумуса. Минеральные почвы Латвии содержат только около 1,7% гумуса. Содержание гумуса влияет на биологические, агрофизические свойства почвы, а также на режим питания растений. С точки зрения защиты окружающей среды, одним из важнейших свойств почв является их буферная способность. На почвах с повышенной буферной способностью возможно более широкое применение минеральных удобрений и пестицидов без загрязнения окружающей среды [1].

Наибольшее количество органического вещества в почву поступает с растительными остатками и органическим удобрением. В связи с реорганизацией сельского хозяйства в Латвии резко снизилось количества скота, соответственно понизились возможности внесения органического удобрения на пахотных землях. Одновременно происходит и понижение удельного веса трав в севообороте. Решением вопроса стабилизации содержания гумуса в почве может стать использование культурных растений, так называемых сидератов, на зеленое удобрение. При использовании зеленого удобрения в почву заделывается большое количество органического вещества, улучшаются биологические и агрофизические свойства почвы, а также снижается распространение фитопатогенных организмов.

Запашку сидератов в почву желателно произвести до начала цветения. При использовании в качестве зеленого удобрения высокорослых, не измельченных растений, качественная вспашка весьма затруднена. Не заделанные растения мешают произвести качественную предпосевную обработку почвы под озимые, ухудшается качество работы сеялок и полевая всхожесть культурных растений. Измельчение

сидератов перед вспашкой повышает себестоимость производимой продукции, так как стоимость измельчения составляют около 12 долларов на гектар [2].

В целях сбережения энергоресурсов и имея ввиду экологический фактор, изучаются возможности заделывания в почву не измельченных культурных растений на зеленое удобрение.

Методы опытов

Для сравнения разных методов заделывания в почву неизмельченной зеленой массы культурных растений на зеленое удобрение были заложены двухфакторные полевые опыты. Почва – лессивированный бурозем, тяжелосуглинистая. В виде сидератов использовались – клевер красный, озимый рапс, яровой рапс и перелог.

Исследуемые факторы:

Фактор А – способ заделки зеленой массы (Φ_A):

- А₁ – плуг + каток + дисковый нож,
- А₂ – плуг + дисковый нож,
- А₃ – плуг.

Фактор Б – сидераты (Φ_B):

- Б₁ – яровой рапс,
- Б₂ – озимый рапс,
- Б₃ – клевер красный,
- Б₄ – перелог.

Для заделки сидератов использовался плуг для каменистых почв ППП-3-35 с винтообразными корпусами КВУ-4000РЛ (KAUR-40 AGC), у которых возможна регуляция наклона отвала и усовершенствован углосним (скимкольтер). Увеличено расстояние между корпусами и на 20% увеличен рабочий захват корпуса (до 50 см). Каток установлен впереди трактора.

Урожай зеленой массы сидератов определен путем скашивания контрольных делянок площадью 4 м² в пяти повторностях и взвешиванием массы отдельно с каждой делянки. Результаты перечислены на тонны с гектара.

Сухое вещество растений определено путем высушивания при температуре 105⁰С до неизменного веса.

Длина растений определена измерением 200 растений от корневой шейки до верхушки.

Качество вспашки оценено визуально по заделке сидератов в почву, выражая качество заделки в %.

Строение пахотного слоя почвы определено в слое почвы 10–20 см, используя металлические цилиндры объемом 500 см³.

Структура верхнего слоя (0–10 см) почвы определена при помощи колонки сит.

Результаты опытов

В почву были запаханы растения разной длины и находившиеся на разной стадии развития. Визуальная оценка качества заделки сидератов в почву не показала существенных различий между исследуемыми вариантами и в среднем сидераты были заделаны в почву на 92- 98% (табл. 1).

Таблица 1.

Характеристика растений зеленого удобрения и оценка способов их заделки

Показатель	Клевер красный	Озимый рапс	Яровой рапс	Перелог
Зеленая масса, т га ⁻¹	15,5	21,1	18,2	11,6
Длина растений, см	35	43	109	113
Количество растений, шт. м ⁻²	1050	190	230	-
Содержание сухого вещества, %	12	8	18	20
Масса сухого вещества, т га ⁻¹	1,86	1,69	3,28	2,32
Содержание сырой золы в сухом веществе, %	32,64	16,11	8,05	4,72
Содержание органических веществ в сухом веществе, %	67	93,89	91,95	95,28
Из массы растений образующийся гумус, т га ⁻¹	0,30	0,34	0,72	0,53
Качество пахоты (заделка растений в почву, %)	A ₁ - 96 A ₂ - 98 A ₃ - 94	A ₁ - 95 A ₂ - 95 A ₃ - 94	A ₁ - 95 A ₂ - 95 A ₃ - 93	A ₁ - 98 A ₂ - 94 A ₃ - 92

Наилучшая заделка сидератов наблюдалось в варианте: плуг + каток + дисковый нож. Длина сидератов мало влияла на качество их заделки.

Более подходящими способами обработки полей с запаханными сидератами при их подготовке для посева озимых оказались следующие: выравнивание с мелким рыхлением поверхности шлейф-рыхлителем и мелкая предпосевная обработка ножевой вращающейся бороной или комбинированным культиватором с S-образными пружинными зубьями. Они обеспечивают качественную подготовку почвы без выворачивания на поверхности запаханных растений.

В условиях опытов больше всего гумуса образуется из ярового рапса – 0,72 т га⁻¹, меньше образует перелог - 0,53 т га⁻¹, озимый рапс- 0,34 т га⁻¹, красный клевер- 0,30 т га⁻¹ (Гэмсте И., 1991).

В опыте изучена структура почвы и плотность строения пахотного слоя (10-20 см), где находится основная масса запаханных сидератов. По всем вариантам структура почвы хорошая, количество глыб колеблется от 8,3- 20,8% (табл. 2), фракция пыли практически не наблюдается.

Таблица 2.

Структура почвы на глубине 0-10 см (количество глыб > 10 мм, %)

Способ заделки сидератов (Ф _А)	Сидераты (Ф _Б)			
	Клевер красный	Озимый рапс	Яровой рапс	Перелог
Плуг + каток + дисковый нож	19,7	17,0	20,8	19,7
Плуг + дисковый нож	15,8	14,3	14,5	15,0
Плуг	11,5	12,5	8,3	10,0
В среднем	14,5	14,6	14,3	14,9

Плотность строения пахотного слоя по вариантам колебалась от 1,34- 1,51 г см⁻³ (табл. 3). На основании этих данных можно сделать вывод, что метеорологические условия и промежуток времени между пахотой до сева способствовали образованию

достаточно плотной почвы. Различия по вариантам способов заделки сидератов были незначительны (1,43- 1,45 г см⁻³).

Таблица 3.

Плотность строения пахотного слоя на глубине 10- 20 см, г см⁻³

Способ заделки сидератов (Ф _А)	Сидераты (Ф _Б)			
	Клевер красный	Озимый рапс	Яровой рапс	Перелог
Плуг + каток + дисковый нож	1,49	1,47	1,43	1,35
Плуг + дисковый нож	1,51	1,46	1,34	1,46
Плуг	1,44	1,51	1,45	1,41
В среднем	1,48	1,48	1,44	1,41

Наибольшая плотность почвы наблюдалась в варианте, где отсутствовали каток и дисковый нож. Вид зеленого удобрения и урожайность оказывал более существенное влияние на плотность строения пахотного слоя (табл. 3). Более рыхлая почва была после перелога и ярового рапса (наибольший урожай зеленой массы), а наиболее плотная - после озимого рапса и клевера красного, урожайность которых была ниже.

Технология и вид сидератов не оказали существенного влияния на всхожесть озимой пшеницы. Среднее количество всходов в зависимости от способов заделки сидератов составляло 322- 344 шт. м⁻², а от вида сидератов- 234- 344 шт. м⁻² (табл. 4).

Таблица 4.

Число всходов озимой пшеницы, шт. м⁻²

Способ заделки сидератов (Ф _А)	Сидераты (Ф _Б)				
	Клевер красный	Озимый рапс	Яровой рапс	Перелог	В среднем
Плуг + каток + дисковый нож	326	342	328	291	322
Плуг + дисковый нож	334	325	351	266	344
Плуг	319	331	325	316	322
В среднем	326	332	334	324	

Средний коэффициент вариации количества всходов озимой пшеницы колебался по вариантам от 15.1 – 19 %.

Технология заделки и вид сидератов оказали существенное влияние на урожайность озимой пшеницы (табл.5). Наиболее высокий урожай зерна получен при заделке сидератов, в комбинации: плуг + каток + дисковый нож.

Таблица 5.

Влияния способа заделки сидератов на урожайность озимой пшеницы, т га⁻¹

Способ заделки сидератов (Ф _А)	Сидераты (Ф _Б)		
	озимый рапс	яровой рапс	в среднем
Плуг + каток + дисковый нож	3,67	3,77	3,72
Плуг + дисковый нож	2,87	3,03	2,95
Плуг	2,85	2,96	2,90
В среднем	3,13	3,25	

НСР_{0,05} = 1,05 т га⁻¹
Для частных различий

НСР_{0,05} = 0,74 т га⁻¹
варианты запахивания

НСР_{0,05} = 0,61 т га⁻¹
варианты сидератов

В 2001-2002 годах в хозяйстве «Мазкалныни» проведена производственная оценка эффективности применения сидеральных удобрений в пропашном севообороте. Летом и осенью 2001 года проводился трехкратный посев с заделкой в почву сидератов (редька масличная в смеси с яровым рапсом). Это повысило плодородие почвы и снизило ее засоренность сорняками. Благодаря этому в 2002 году урожайность картофеля увеличилась на 35...40 % , а число операций по уходу (уничтожению сорняков) сократилось в три раза.

Запахивание сидеральных культур без предварительного измельчения растений, включая длинностебельных, по сравнению с их предварительным измельчением экономически выгодно. Это позволяет сэкономить труд 1,4-1,8 чел.ч./га, топливо – 6-8 кг/га и средств – 5,60- 7,20 Латы/га (9,50-12,30 Долл.США/га) [2].

Выводы

1. Рационально укомплектованный плуг (полувинтовые корпуса расширенного до 50 см захвата с регулируемым отвалом, усовершенствованным углоснимом и увеличенным расстоянием между корпусами) даёт возможность качественно заделывать в почву неизмельчённые сидераты. Наилучшим вариантом запашки сидератов является комплектация: плуг + дисковой нож + каток. Он обеспечил более высокую урожайность озимой пшеницы.
2. Структура почвы в пахотном слое хорошая, остатки растений не влияли на качество предпосевной обработки и посева.
3. Технология заделки сидератов существенно не влияла на число всходов озимой пшеницы.
4. Использование сидеральных удобрений в пропашном севообороте повышало плодородие почвы и улучшало ее очистку от сорняков, увеличивало урожайность картофеля и сокращало объем работ по уходу за ними
5. Оптимизация технологии и усовершенствование пахотного агрегата для заделки сидератов в почву без их предварительного измельчения позволяет сэкономить труд 1,4-1,8 чел.ч./га, топливо – 6-8 кг/га и средств – 5,60- 7,20 Латы/га (9,50-12,30 Долл.США/га).

Литература

1. R. Timbare. Paaugstināsim organiskās vielas saturu augsnē. // Ražība. – 1998.-Nr.10. - 1. - 6.
2. A. Cēsnieks, A. Vilde, J. Liepiņš, M. Ausmane, I. Melngalvis, S. Cēsnieks. Intriouction of green manure without previous shredding – environment friendly raising of soil fertility.// Field technologies & environment: Proceeding of the international Conference – Lithuania, Raudondvaris. – 1998. - 109.- 115.

GEOHERMAL WATERS IN POLAND

Geotermālie ūdeņi Polijā

T. Chrzan

University of Zielona Góra

Ul. Podgórna 50, Zielona Góra

E-mail: T.Chrzan@iis.uz.zgora.pl, Tel.: (0-68) 3282674

Abstract

This study presents the role of the geothermal waters mainly for the municipal heating, greenhouses, swimming pools, etc. Presently, two types of geothermal waters are used in the world. Waters of the temperatures higher than 130°C (steam) used mostly to drive turbines in geothermal power plants. Waters of low temperatures (20°C to 100°C) are used as a direct energy carrier for the municipal heating systems.

The geothermal waters in Poland are presented in this paper.

Keywords: *geothermal water, geothermal energy.*

Introduction

The industrial development of the geothermal resources began only in the 20th century and controlled technologies of development of geothermal deposits appeared only in the second half of the 20th century. The following basic stages of the development of the utilization of the geothermal resources can be discerned:

- a) market popularisation of the new resource – heating of the interiors,
- b) estimation, division into districts and geological maps of geothermal resources,
- c) development of technology and definition of the technical and economic parameters of mining and utilization of the geothermal energy,
- d) development of scientific bases needed to design and operate a plant pumping the geothermal waters to the surface.

Advantages of the energy of geothermal waters

By comparison with traditional sources of energy the following advantages of geothermal water are obvious:

- a) The geothermal resources are inexhaustible and widely accessible. The geothermal resources for a heat supply extend over the most of the territory of Poland.
- b) Proximity of the consumers.

The geothermal waters are located in a close proximity to its potential consumers. That greatly reduces the expenses related to the transport and raises the reliability of the operation [1-3].

- c) Comprehensive power supply for local consumers. A plant processing the geothermal waters can provide the heat and electric power [1-3]. It solves the problem with the supply of the electric power to the remote and difficult to access areas.

- d) Automation, safety and absence of miners.

- e) Environmental safety.

A closed circulation technology provides the operation without creation of wastes or emission into the atmosphere.

- f) Competitiveness.

According to the data of the foreign and domestic firms the utilisation of the geothermal waters for the production of heat and electric power is competitive as compared to other sources of energy.

The specification of geothermal resources also includes the following disadvantages:

- a) Low temperature. The temperature of the heat carrier at an output from the water raising depends on the geothermal conditions of the area. The cost of extraction of heat depends on the temperature of the water. An increase in the temperature is possible due to supplementary heating in the fuel boilers and thermal transformation.
- b) Non-transportable. The extracted heat should be used or transformed into electric power near the developed deposit, since the cost of construction of the pipelines increases rapidly with the growth of the distance to the final consumers.
- c) Distance between the structures. The distances between pairs and lines of bores of geothermal circulating system (GCS) with natural collectors are from 0.5 km to 1.5 km. The rigs and heating lines if the industrial geothermal plants can be dispersed on the long distances.

In Poland, works one GCS installation in Pырzyce. It is used to popularise that technology among people and government administration.

The geothermal waters were discovered in various parts of Poland. Most often they are brines of the mineral content of 2% to 30%. With the growth of depth increases the temperature of rocks and the temperature of the water located there reaches the same temperature.

The resources of heat contained inside the Earth are huge. The geothermal waters are located within the areas of large seismic activity, as the final product of the volcanic activity, for example in Island and inside the continental plates. In Poland, they are located in the south within the Silesian Coal Basin and in Russia on the Russian Plateau.

Geothermal energy

The geothermal energy is divided, depending of the temperature of the water, into two types:

- Energy contained in the overheated water steam of the temperature above 130°. That steam serves to drive the geothermal turbines producing the electric power.
- Energy contained in the geothermal waters:
 - a) low temperature: 20 – 30°C
 - b) medium temperature: 35 – 80°C
 - c) high temperature: 80 – 100°C.

The geothermal waters of that kind are used as the direct carriers of energy in the heating systems.

Presently, in about 40 countries, the geothermal energy is used directly for the municipal heating, in greenhouses, fish plants, bathing places in the cities, balneology, etc. In 1999, the world production of the electric power from the geothermal steam and the energy of the geothermal waters used directly was [Sokołowski J. 2001]

Continent	Production of the electric power [GWh/year]	Direct application (GWh/year)
Africa	397	492
America	23 342	7 266
Asia	17 509	22 532
Europe	5 745	19 090
Oceania	2 269	2 049
Total	49 262	51 429

The cost of the production of the electric power does not exceed \$0.05 for 1 KWh, and in a direct use, the cost of 1 KWh is \$0.02. Some 47% of the world electric power from the

geothermal waters is produced in America and only 12% in Europe. The directly used geothermal energy constitutes for Europe 37% of the world's usage, and for America, only 14%. That also shows the temperature of the geothermal waters within those continents.

The geothermal waters in Poland

In Poland, exist the hydro-geological conditions needed for the development of the power industry based on the geothermal waters.

Within the Carpathian province, of the area of 13 000 km², there are the geothermal waters of the total capacity of 100 km³.

In the Pre-Carpathian province, of the area of 16 000 km², there are the geothermal waters of the total capacity of 362 km³.

In the north-eastern Poland and in the mid part of the Polish Lowland, of the area of 250 000 km², there are the geothermal waters of the total capacity of 6 224 km³.

But there is a lack of government programmes concerning the development of the production of energy from the geothermal waters (at least till 2020).

The area of 5 500 km² of the Upper Silesia Coal Basin (LSCB) is one of the best explored areas of Poland (as regards the geothermal conditions). While searching for the coal the drilling in that area reached the depths of 1000 m to 2000 m. The Sosnowiec drilling, in Cambrian deposits with the temperature of 111°C, reached the depth of 3443 m. The geothermal gradient in the boreholes within LSCB varies within broad limits from 2.0°C/100 m to over 4.5°C/100 m. The geometry of the surface distribution of the vertical geothermal gradient shows a zoning pattern of isolines. The positive anomalies characterised by a gradient value > 3.5°C/100 m are observed south of Żory – Jawiszowice fault zone and in the northern part of that area. However, there is the possibility of heat extraction from water stored in post-mining excavations. The water in the post-mining excavations quickly gains the temperature of surrounding rocks because of relatively high value of the flow of the terrestrial heat. The heat installations used to deice the roads are costly but beneficial in terms of safety. If plants utilising the mine waters are close to the road, the thermal energy for the de-icing can be obtained at a very low cost.

Geothermal installations

The geothermal waters can be utilised in district heating networks as a sole heat source or in combination with other sources of energy. The first solution is justified in the event when a sufficient amount of geothermal waters is available with their temperature exceeding 100°C. When the geothermal waters have lower temperatures, the geothermal power station should usually be enhanced by an additional heat source. In such case used can be various combinations of systems, selection of which depends on several factors.

Practical possibilities of utilisation of geothermal resources in Polish conditions, constrained by temperatures of extracted water, are brought down to the construction of installations enhanced by conventional heat sources. The effectiveness of the operation of such heat plant depends on the rational utilisation of the geothermal resources. One of the conditions of rationalisation of the geothermal waters is to enable the most efficient transfer of heat between the geothermal water and municipal water. In district heating networks, in utilising the geothermal heat, it is important to bring the return water temperature from the heat installations of recipients to the lowest level, so that it could determine the temperature of the pumped geothermal waters. In order to fulfil that condition it is advised to use predominantly low-temperature heat receivers.

In extraction of geothermal energy most often used are two basic systems: a single- and two-borehole. The two-borehole systems are used primarily in exploitation of highly

mineralised waters. On the other hand, one-borehole systems can be used in the case of the waters of high and low mineral content.

With respect to the temperature of extracted geothermal water and value of the return temperature of municipal water, independently from the system of geothermal energy extraction, there are two designs of installations on the geothermal waterside used in the geothermal power stations, namely:

- heat exchangers working with peak-load boilers,
- heat exchangers with absorption heat pump and peak-load boilers

The first solution is used for higher temperatures of geothermal waters and the second one is used in the case of lower temperatures of extracted waters.

The principal element of the geothermal power station is a counter-current heat exchanger, where the heat contained in geothermal water is transferred to the municipal water. Supplementary to that, in the installation, is a peak-load boiler that is activated in the case when the heat carried away by the municipal water in a geothermal heat exchanger does not cover the amount of heat required by the recipients and when the temperature of the municipal water, beyond the exchanger, is lower than the required temperature of the municipal water delivered to the recipients.

Conclusions

- 1) The geothermal waters in Poland have a low temperature and that's why they can be used directly as a source of heat (heating of buildings, hot tap water, swimming pools and greenhouses).
- 2) The Polish universities do not graduate yet the specialists who would be able to develop and supervise the geothermal installations despite the fact that the EU assumes the increase of the energy from the renewable energy sources in 2010 up to 12% of the total production of the electric power.

References

1. Sokołowski J., Geothermal waters as a chance for sustainable development of Poland. Technika poszukiwań geologicznych. Kraków, No. 5/2001, Poland.
2. Karwasiecka M. The geothermal field of the Upper Silesia Coal Basin. Technika poszukiwań geologicznych. Kraków, No. 5/2001, Poland.
3. Litvinenko V.S., Boguslavsky E.J., The concept of an estimation and development of geothermal resources of Russia. Technika poszukiwań geologicznych. Kraków, No. 5/2001, Poland.

POTENTIAL CONTRIBUTION OF ENERGETIC USEFUL DOMESTIC WASTE TO THE ENERGY SUPPLY OF LITHUANIA

Saimniecisko atkritumu enerģētiskās izmantošanas potenciālais devums Lietuvas enerģijas apgādei

G. Denafas, I. Rimaitytė¹, H. Seeger², A. Urban³

Department for Environmental Engineering, Kaunas University of Technology,
LT-3028, Radvilenu 19, Kaunas, Lithuania

Tel. +370-37-351008, Fax. +370-37-451582,

E-mail: Gintaras.Denafas@ktu.lt, ¹ingrima@yahoo.com

²Fachgebiet Abfalltechnik, Kassel University,

Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel, Germany

Tel.: +49-561-804-3744, Fax: +49-561-804-3744

E-mail: hseeger@uni-kassel.de, ³urban@uni-kassel.de

Abstract

The energy potential of domestic waste in Lithuania is 1411 GWh annually. In the case of the introduction of an extensive material recycling of the domestic waste, this amount would be reduced to 727 GWh per annual.

Two variants of thermal waste treatment processes were taken into consideration: incineration by great furnaces and gasification followed by the incineration in gas power plants. The calculation of the necessary capacities for the thermal treatment of the domestic waste of every district is based on the annual availability of the plants of 75 %. Finally 4 scenarios arise, considering both the incineration on grate furnaces and the gasification in combination with the current energy potential of domestic waste and the potential after the introduction of extensive material recycling possible in the future.

Keywords: *domestic waste, energy supply.*

Introduction

With a territory of 65.301 km² and a population of 3.5 million, Lithuania is divided into 10 districts, which differ widely in their population density (Table 1). The main topic concerning European integration of Lithuania is its economical development. However environmental protection including waste management, which is related to the economical development, is also of importance.

Due to the rapidly economical development of the EU candidate nations in Middle- and East-Europe, it is likely that they will be confronted with similar problems of waste management as West-Europe. So the adoption of modern waste treatment technologies in Lithuania including thermal waste treatment is possible. Along with the safer waste disposal, thermal waste treatment usually also recovers and uses the energy content of the incinerated waste. Due to the future closing of the Ignalina Nuclear Power Plant, which now produces approximately 80% of the electricity in Lithuania, a restructuring of the energy economy is necessary. Since Lithuania has very small resources of fossil fuel, the energy recovering from waste could be of interest.

Table 1.

Number of inhabitants (thousands) in the Lithuanian districts [1]

District	In large cities	In small cities	In rural areas	Total
Vilnius	542	123	184	850
Kaunas	379	132	190	702
Klaipėda	193	90	103	386
Šiauliai	134	93	143	370
Panevėžys	120	59	121	300
Telšiai	-	106	73	180
Utena	-	101	85	186
Marijampolė	49	45	95	189
Alytus	71	39	77	188
Tauragė	-	55	80	134
In Lithuania total	1488	844	1152	3484

Waste in Lithuania

The amount of domestic waste, production waste and dangerous waste produced in Lithuania is registered from 1992 on. More of problem is data about the waste content. Only some researches have been made in the past. The two in Fig 1 presented compositions of domestic and similar waste were used as base data for the following considerations: the waste composition of Kaunas as model for large Lithuanian cities (> 50.000 inhabitants) and the waste composition of Visaginas as model for small Lithuanian cities [2].

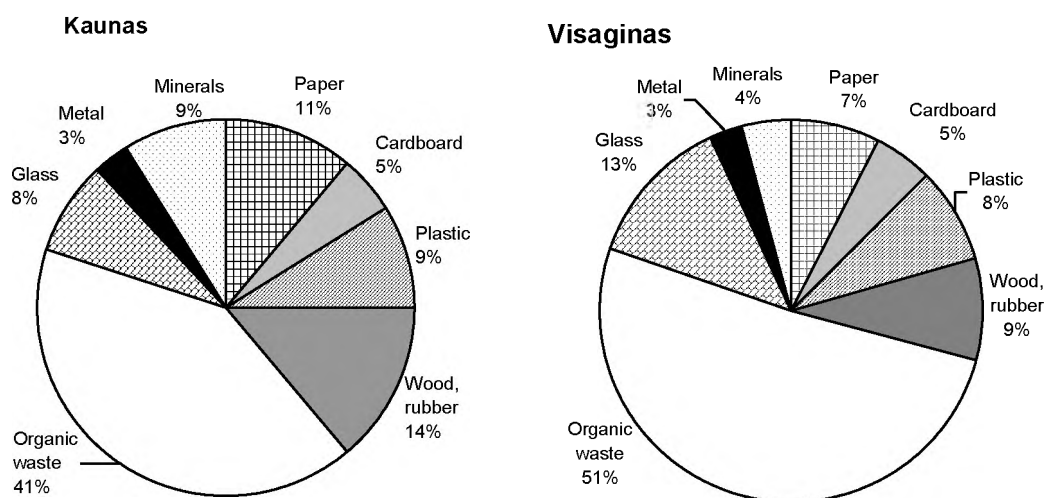


Fig. 1. Waste composition of Kaunas as model for Lithuanian large cities and waste composition of Visaginas as model for Lithuanian small cities

For calculation of waste energy potential two initial scenarios have been considered. For the first scenario, we assume that at the moment the recovering of material from waste has not countrywide reached a level that it has an significant impact on the composition of the disposed waste. This scenario will be marked as „current situation“. For the second scenario we assume that in the future a recycling of materials will countrywide reach a similar level to that in Germany, with the exception of the adoption of a system for the collection and composting of organic waste. The proposed recycling quotas for this scenario are presented in the table 2 [3].

Table 2.

Proposed future recycling quotas in Lithuania

Waste fraction	Glass	Paper	Organic waste	Metal	Plastic	Light waste	Other
Recycling quota, %	64	64	75	50	40	0	20

Energetic potential of domestic waste

The annual energetic potential of waste is calculated from the annual amount and the calorific value of the waste.

The data of the Lithuanian Environmental Ministry show that the produced annual amounts of domestic waste per capita are as follow: 300 kg in large cities, 220 kg in small cities, 70 kg in rural areas [4]. The high difference between the waste amounts in cities and in rural areas is explained by the use of organic waste as feedstuff for animals and of the burnable waste (paper, wood, plastics etc.) as fuel for the households in the rural areas. Therefore it can be concluded that the waste from the rural areas contain practically no burnable waste and because of that it is not considered in the sequent calculations.

The calorific values of separate waste fractions that were used for the calculation of the calorific value of the Lithuanian waste are presented in the table 3. The origins of these data are partly from Lithuanian investigations [5-7], and since calorific values of Lithuanian waste fractions are not significant different from German waste fractions and only the whole composition is different, also calorific values established in Germany both experimental and from literature [8] were used for the calculation of the energetic potential of the waste.

Table 3.

Calorific values of different waste fractions

Fraction	Calorific value, kJ/kg	Water content %	Ash content %	Burnable, %
Paper, cardboard	11.600	10	5	84
Plastic	24.900	2	10	88
Other burnable (wood, rubber, textile)	18.000	5	8	87
Organic waste	4.300	72	4	24

From the presented calorific values, waste content and the amount of produced waste presented above, the energetic potential of the domestic waste was established. The calculated values for every Lithuanian district regarding the current situation and regarding possible recycling quotas are presented in table 4.

Table 4.

Energetic potential of domestic waste in Lithuanian districts, GWh

District	Large cities		Small cities		Total	
	Current situation	After recycling	Current situation	After recycling	Current situation	After recycling
Vilnius district	379,00	202,14	54,35	26,74	433,35	228,88
Kaunas district	264,84	141,25	58,22	18,16	323,06	159,41
Klaipėda district	134,85	71,92	39,48	19,42	174,33	91,35
Šiauliai district	93,57	49,91	41,11	20,22	134,68	70,13
Panevėžys district	83,69	44,64	26,11	12,85	109,80	57,48
Telšiai district	0,00	0,00	46,87	23,06	46,87	23,06
Utena district	0,00	0,00	44,40	21,84	44,40	21,84
Marijampolė district	34,02	18,14	19,59	9,64	53,61	27,78
Alytus district	49,96	26,65	17,35	8,54	67,32	35,18
Tauragė district	0,00	0,00	24,08	11,85	24,08	11,85
Lithuania total:	1039,94	554,66	371,55	172,30	1411,49	726,96

Scenarios for the energetic use of domestic waste in Lithuania

Two main criteria influenced the selection of potential sites for the plants. Because the production of heat is favorable to the production of electricity, it was looked after sites where a potential heat demand could be expected. The second criterion was the infrastructure. It was particularly looked after sites connected to the railway routes.

Two technologies for waste-to-energy conversion have been proposed. At first incineration on the fire-grate is worldwide prevalent technology. However municipal and industrial power plants in Lithuania have mostly gas/oil boilers and this will mostly also be used in the future. Therefore the alternative possibility would be to use a waste gasification connected to gas/oil boiler where the produced gas can be co-incinerated of together with natural gas/oil. For this second technology an additional criteria for the selection of a plant site was the existence of a power plant.

It is necessary to point out that the Lithuanian network of power plants is not evenly distributed. The 3000 MW capacities of the Ignalina Nuclear power plant located in Northeast Lithuania, Utena district and producing 80 % of all electricity in Lithuania will be fully replaced in the future by capacities of the other Lithuanian power plant. The largest thermal power plant of 1800 MW capacity is located in Elektrėnai between the Lithuanian capital Vilnius and the second largest city Kaunas. Both of these cities also have their thermal power plants of 384 and 178 MW capacities. So the largest thermal power plants capacities are situated in the Middle-South part of Lithuania. Only Mažeikiai CHP of 194 MW capacity is situated in the North-West Lithuania beside an oil processing enterprise. Its capacities are the highest in North and West Lithuania. The small industrial CHP are situated mostly near Vilnius and Kaunas. All Lithuanian thermal power plants have been adapted for gas/oil burning but no for burning of solid fuel on the fire grate or fluidized-bed furnace.

The sizes of necessary incinerators for every district have been established by recalculation of waste energetic potential to incineration capacities by assuming that all not-recovered waste will receive thermal treatment and that the plant operation availability would be 75%. If the necessary treatment capacities would be too small for a single plant in some districts, these districts waste would be transported to treatment plants in neighbouring districts.

Finally we received 4 scenarios:

- incineration on the fire grate based on the current situation of waste production (Fig.2);
- incineration on the fire grate based on the future waste recycling quotas (Fig.3);
- application of gasification technology based on the current situation of waste production (Fig.4);
- application of gasification technology based on the future waste recycling quotas (Fig.5).

During the selection of the plant sites both for fire grate and for gasification we considered that fire grate should only be used in modernized or new built thermal power plants. To these belong the current Vilnius and Kaunas CHP, future Klaipėda, Šiauliai and Panevėžys CHP and industrial CHP in Jonava and Kėdainiai cities near Kaunas. Unfortunately no fire grate incineration will be implemented in the Lithuanian PP because the current incineration capacities are already too large.

The installation of waste gasification technologies is a less difficult case because gasification products can be co-incinerated together with natural gas or heavy fuel oil. So in the farther future to be modernized Mažeikiai CHP can also be equipped with a waste gasification.

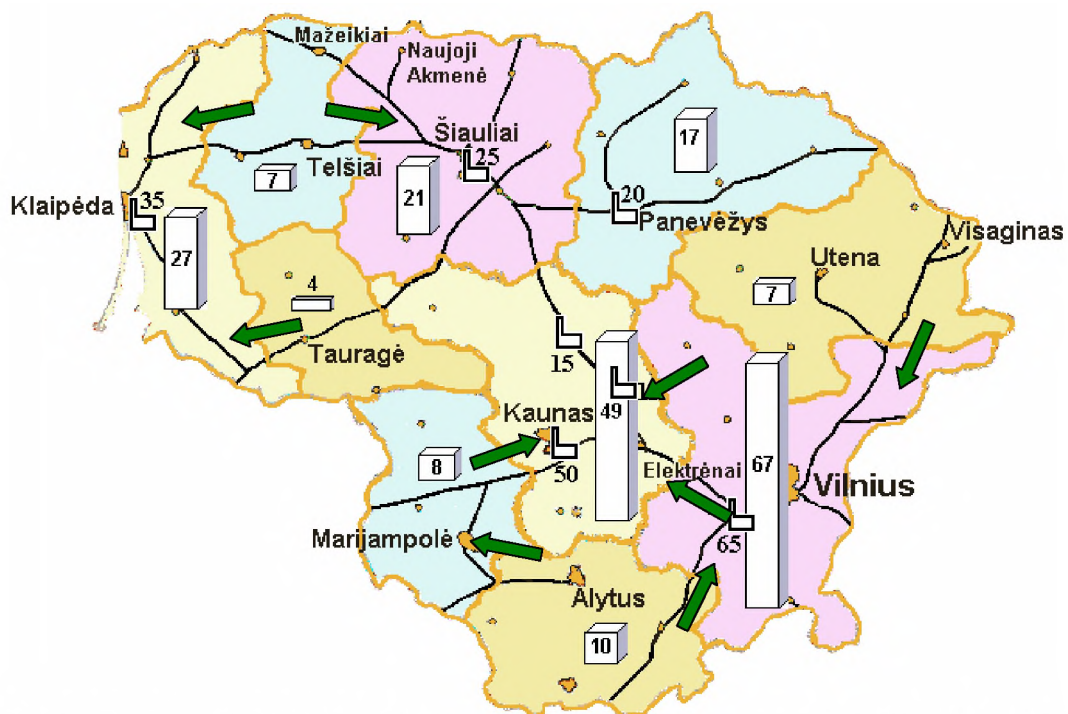


Fig 2. Scenario a – potential domestic waste thermal treatment capacities for all districts and proposed fire grate capacities (MW) based on the current domestic waste production

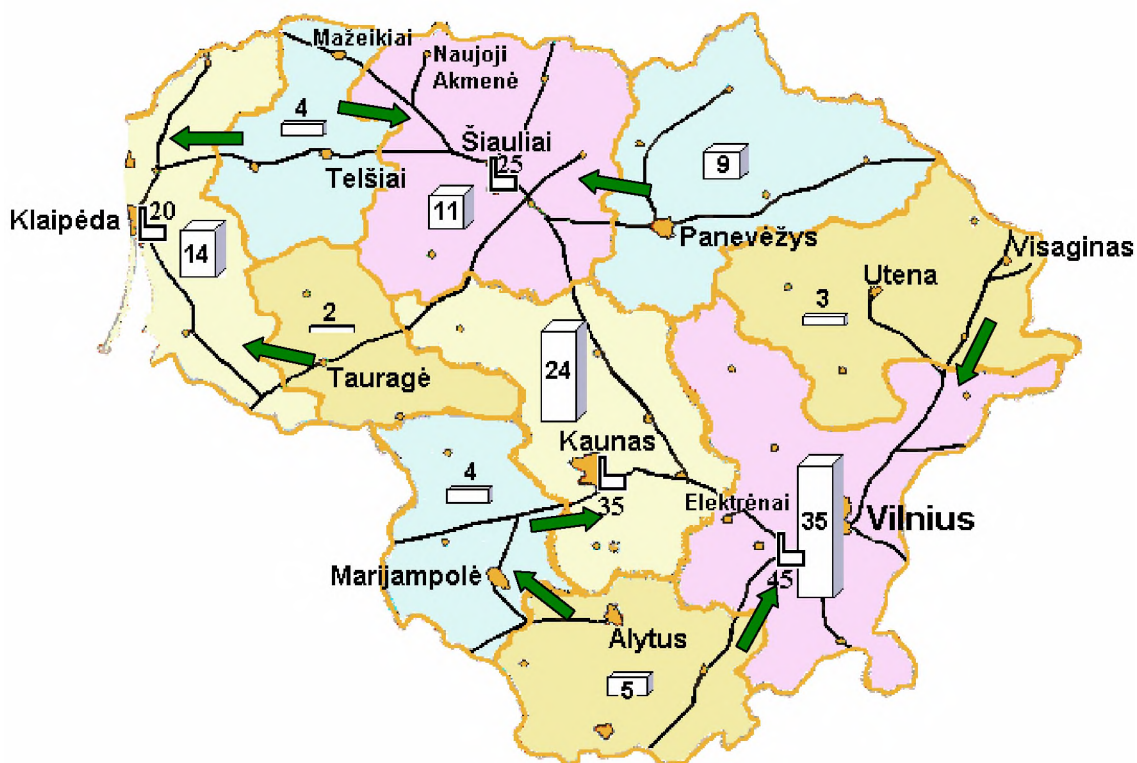


Fig 3. Scenario b – potential domestic waste thermal treatment capacities for all districts and proposed fire grate capacities (MW) based on the possible domestic waste recycling quotas

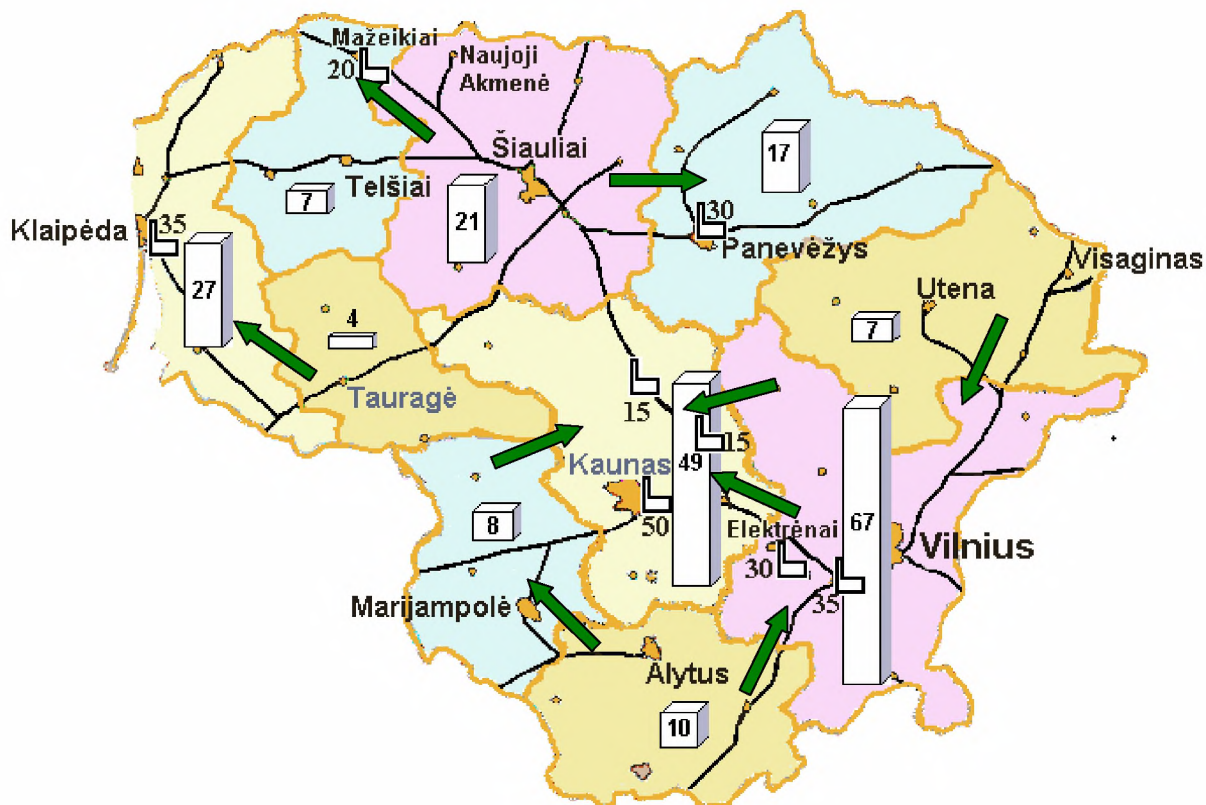


Fig 4. Scenario **c** – potential domestic waste thermal treatment capacities for all districts and proposed gasification capacities (MW) based on the current domestic waste production

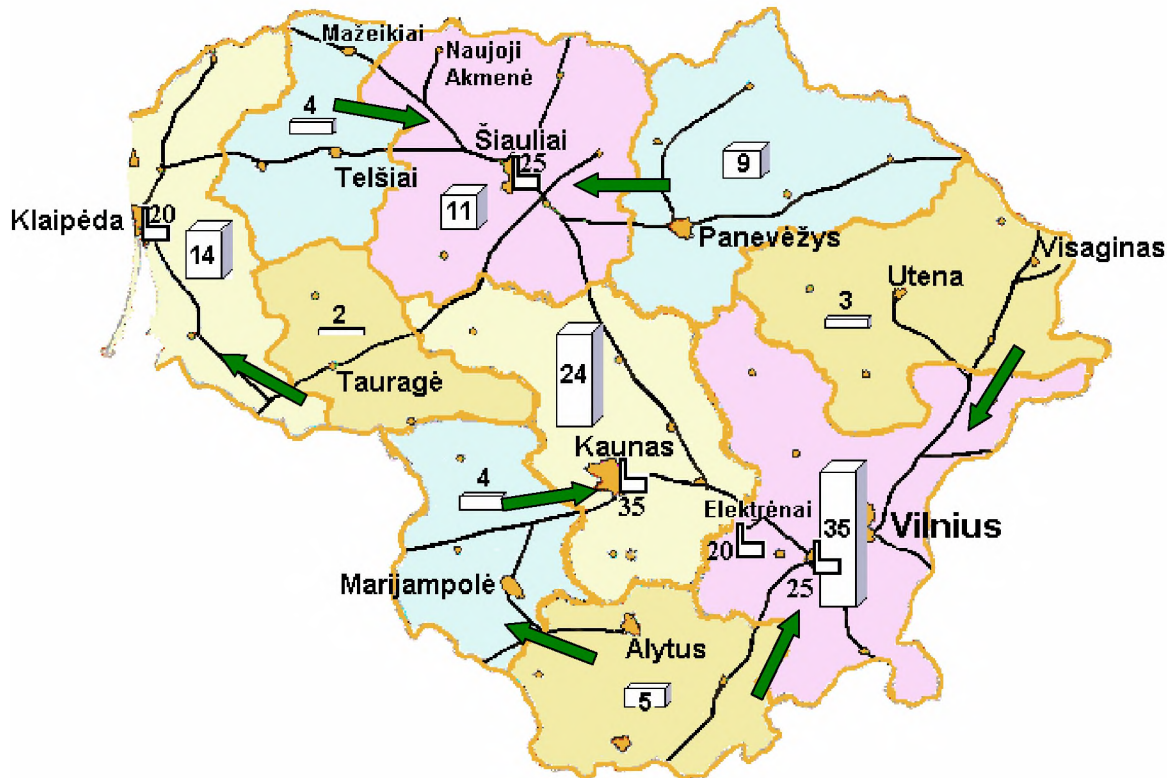


Fig. 5. Scenario **d** – potential domestic waste thermal treatment capacities for all districts and proposed gasification capacities (MW) based on the possible domestic waste recycling quotas

Conclusions

The energy potential of domestic waste in Lithuania is 1411 GWh annually. In the case of the introduction of an extensive material recycling of the domestic waste, this amount would be reduced to 727 GWh per anno.

For the selection of potential locations for the thermal waste treatment plants, 2 criteria have been used. Because the heat production from thermal waste treatment is much more favorable to the generation of electricity by thermal waste treatment, the plants should be located near to areas of high demand of heat. At second it was looked after the situation of the infrastructure. In particular, a good connection by railway was seen as important.

Two variants of thermal waste treatment processes were taken into consideration: incineration by great furnaces and gasification followed by the incineration in gas power plants. The calculation of the necessary capacities for the thermal treatment of the domestic waste of every district is based on the annual availability of the plants of 75 %. Finally 4 scenarios arise, considering both the incineration on grate furnaces and the gasification in combination with the current energy potential of domestic waste and the potential after the introduction of extensive material recycling possible in the future.

References

1. <http://www.statistika.lt>
2. Visagino miesto komunalinių atliekų surinkimo ir tvarkymo programa. – UAB “Baltijos ekostudija”, Vilnius, 1999
3. Friedel, M.; Urban, A.: Ökologische Aspekte beim Einsatz aufbereiteter Abfälle in thermischen Anlagen in Faulstich, M.; Bilitewski, B.; Urban, A. [Hrsg.]: 3.Fachtagung Thermische Abfallbehandlung, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Nr. 137, Technische Universität München, München 1998
4. Lithuanian Environmental ministry information
5. Research Support Scheme. Report of co-operative project RSS 1631/2000” The Environmental Consequences of Use of Biomass and incinerable Wastes in the Baltic Region – Baltic States and Kaliningrad” – Kaunas, Riga, Tartu, Kaliningrad – 2000 – 2001.
6. Denafas, G.; Žalčiauskienė, A.; Revoldas, V. Atliekų ir biomasės panaudojimo energetikos ir transporto reikmėms ekologiškumas // Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba Nr. 4(18), 2001. P.30-39.
7. Denafas, G.; Revoldas, V.; Žalčiauskienė, A., Bendere, R.; Kudrenickis, I.; Mander, U.; Oja, T.; Sergeeva, L.; Esipenko, A. Environmental consequences of the use of biomass and combustible waste in the Baltic region. // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 2002, Nr. 2, Riga, P.24-45
8. Kost, T. Brennstofftechnische Charakterisierung von Abfällen. Promotion an der Technischen Universität Dresden; Schriftenreihe des Institutes für Abfallwirtschaft und Altlasten Band 16; Dresden, 2001

KURINĀMĀS KOKSNES SALĪDZINĀJUMS AR CITIEM KURINĀMĀ VEIDIEM

Fuelwood Comparison with Other Kinds of Fuel

J. Dolacis, E. Tomsons, J. Hrols

Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts,
Dzērbenes 27, Rīga, LV – 1006, tālr. 7553063,
e-pasts: dolacis@edi.lv, fakss: 7550635

Abstract

A part of Latvia's forest resources, namely, branches, stumps, small stump top ends, firewood, slabs, sawdust, etc. remains unutilised both in the felling sites and woodworking plants. All this can be successfully utilised for production of heat energy, thereby replacing a part of the imported natural gas, coal and liquid fuel. To assess the utilisation of a definite type of primary energy, not only its accessibility and costs, but also calorific value should be known. The rational utilisation of energy resources in Latvia is urgent, since less than 30% from the consumption is obtained in this country. Thus, in 2000, the Latvia's energy balance showed the total consumption of different types of primary energy resources to be 159 145 TJ ($T = 10^{12}$). Utilising firewood, woodworking waste and chips, 34 250 TJ of energy was produced, or 21.5 % from the total primary energy consumed in Latvia. In the present study, fuel wood is compared with other types of fuel. If the equivalent value of one ton of coal (t_{ce}) is 29.308 MJ/kg, then the calorific value of natural gas and dry wood is 1.507 and 0.644, respectively. If 18.883 MJ of heat is obtained from 1 kg of oven dry wood, then 1.3 kg of wood with the relative moisture (W_r) content 20% and about 2.0 kg of freshly cut wood are necessary. To replace 1 ton of sawdust pellets or granules, 2.44 steres of birch firewood with the moisture content $W_r = 20\%$ or 2.63 steres with $W_r = 40\%$ are necessary. The above-mentioned amount of pellets or granules can be replaced by 3.47 steres of spruce firewood with $W_r = 20\%$ or 3.76 steres with $W_r = 40\%$. The production of 1 kWh of heat from natural gas yields 0.224 kg of carbon dioxide, but in the case of fully combusted wood, from 0.35 to 0.4 kg of carbon dioxide.

Keywords: *fuelwood; chips, heat value of wood species.*

Lai izvērtētu konkrētā primārās enerģijas veida izmantošanu, jāzin ne tikai tā pieejamību un izmaksas, bet arī siltumspēju. Energoresursu racionāla izmantošana Latvijā ir ļoti aktuāla, jo mazāk kā 30 % no patērētiem ir iegūti pašā valstī. Tā, 2000. gada energobilance parāda, ka Latvijā kopējais dažāda veida primāro energoresursu patēriņš bija 159 145 TJ ($T = 10^{12}$). Izmantojot malku, kokapstrādes atliekas un šķeldas, ieguva 34 250 TJ enerģijas, vai 21,5 % no visas Latvijā patērētās primārās enerģijas.

Energoresursu racionāla izmantošana Latvijā ir ļoti aktuāla, jo mazāk kā 30 % no patērētiem ir iegūti pašā valstī. Tā, 2000. gada energobilance parāda, ka Latvijā kopējais dažāda veida primāro energoresursu patēriņš bija 159 145 TJ ($T = 10^{12}$) [1]. Izmantojot malku, kokapstrādes atliekas un šķeldas, ieguva 34 250 TJ enerģijas, vai 21,5 % no visas Latvijā patērētās primārās enerģijas. Izmantotā kūdra, kūdras briketes, kokss nodrošināja tikai 1,8 % no kopējā energopatēriņa. Bet Latvijā saražotās hidroelektrostaciju enerģijas daudzums bija 6,4 % no patērētās primārās enerģijas.

Lai valsts būtu pilnīgi neatkarīga no citu valstu politikas ietekmes, tad viss energopatēriņš būtu jānodrošina bez importēto primāro energoresursu izmantošanas. Jāatzīmē, ka 2000. gadā Latvijā bija patērēta importētā dabas gāze 31,9 % un naftas produkti – 31,7 % apmērā no kopējās izmantotās enerģijas daudzuma. Kā redzams, tad koksne Latvijā ir viens no galvenajiem vietējiem atjaunojamiem energoresursiem. Tā, 2000. gadā Latvijā no kurināmās koksnes ieguva 34,25 PJ enerģijas ($P = 10^{15}$). No tās 24,3 % bija iegūta sadedzinot koksni dažāda tipa katlumājās, 38,93 % – mājsaimniecībā, 19,91 % – rūpniecībā un 16,82 % – dažādi pārējie patērētāji.

Lai objektīvi risinātu jautājumu par konkrēta primārās enerģijas veida izmantošanu vai aizstāšanu ar citu siltuma, elektrības, mehāniskās piedziņas u.c. procesu nodrošināšanu, jāzina

ne tikai enerģijas veida pieejamība un izmaksas, bet arī to siltumspēja. Tāpēc šajā darbā salīdzināti dažāda veida energoresursu siltumspēja un nepieciešamais kurināmā daudzums 1 MJ vai 1 kWh enerģijas ieguvei – 1. tabula [2-5]. Energoresursa kurināmā vērtība aprēķināta izdalot kurināmā zemāko sadegšanas siltumu ar ogļu ekvivalentu $t_{ce} = 29,308$ MJ/kg (t_{ce} – ogļu tonnas ekvivalents). Ja ūdeņradim kurināmā vērtība ir 4,098 un dabas gāzei (kuru piegādā Latvijas patērētājiem saskaņā ar LR Ministru Kabineta noteikumiem Nr. 23, 01.20.1998) ir 1,507, tad sausai koksnei (mitrums $W = 0\%$) tā ir 0,644. Ja koksnes relatīvais mitrums ir 10 %, kāds parasti ir kokskaidu granulām un briketēm, to kurināmā vērtība ir 0,572, vai divas reizes mazāks nekā akmeņoglēm. Bet kurināmām šķeldām un nežāvētai kurināmāi koksnei relatīvais mitrums var būt no 30 % līdz 50 %. Pie relatīvā mitruma 40%, koksnes kurināmā vērtība ir 0,349 un 1 kWh siltuma enerģijas ieguvei nepieciešams 0,376 kg koksnes – skat. 1. tabulu.

1. tabula

Dažāda veida kurināmā salīdzinājums pēc iegūtā sadegšanas siltuma

Nr. p/k	Kurināmais	Zemākais sadegšanas siltums		Kurināmā vērtība* $Q_z/29,308$	Nepieciešamais kurināmā daudzums	
		MJ/kg	kWh/kg		g/MJ	g/kWh
1	Ūdeņradis**	120,1	33,36	4,098	8,33	29,98
2	Sašķidrināta gāze	45,9	12,75	1,566	21,79	78,43
3	Dabas gāze (Latvijā)***	44,17	12,27	1,507	22,64	81,5
4	Benzīns	43,96	12,21	1,5	22,75	81,9
5	Petroleja	43,12	11,98	1,471	23,19	83,47
6	Dīzeļdegviela, krāšņu kurināmais	42,6	11,83	1,454	23,47	84,53
7	Mazuts:					
	T40-mazsērains	40,61	11,28	1,385	24,63	88,65
	T100-sērains	40,40	11,22	1,379	24,75	89,13
8	Ogleklis	33,91	9,41	1,157	29,49	106,27
9	Antracīts	27,21	7,56	0,928	36,75	132,28
10	Ogles	24,86	6,9	0,848	40,23	144,93
11	Koksne:					
	$W_r = 0\%$	18,88	5,24	0,644	52,97	190,84
	$W_r = 10\%$	16,75	4,65	0,572	59,7	215,05
	$W_r = 20\%$	14,57	4,05	0,497	68,63	246,91
	$W_r = 30\%$	12,36	3,43	0,422	80,91	291,55
	$W_r = 40\%$	10,24	2,89	0,349	97,66	346,02
	$W_r = 50\%$	8,11	2,25	0,277	123,31	444,44
	$W_r = 60\%$	6,0	1,67	0,205	166,67	598,8
	$W_r = 70\%$	3,85	1,07	0,131	259,74	934,58
12	Salmi, $W_r = 10\%$	15,05	4,18	0,514	66,45	239,23
13	Kūdra, $W_r = 40\%$	10,72	2,98	0,366	93,28	335,57
14	Dabiskais urāns	485×10^3	134830	16 547	0,00206	0,00742
15	^{235}U	$68,3 \times 10^6$	19×10^6	$2,3 \times 10^6$	14×10^{-6}	52×10^{-6}
16	^{239}Pu	$57,7 \times 10^6$	16×10^6	$1,9 \times 10^6$	17×10^{-6}	62×10^{-6}

Piezīme: * t_{ce} – pēc ogļu tonnas ekvivalenta = 29,308 MJ/kg;

** ūdeņradim $Q_z = 10,83$ MJ/m³ un 3,01 kWh/m³;

*** dabas gāzei $Q_z = 31,8$ MJ/m³ un 8,83 kWh/m³.

Interesanti salīdzināt klasisko kurināmo veidu vērtības ar kodoldalīšanās materiālu siltuma vērtībām. Urānam (^{235}U) tā ir $2,33 \times 10^6$ reizes lielāka par ogļu ekvivalentu un 1 kWh siltuma enerģijas iegūšanai nepieciešams 0,000 052 g kodoldalīšanās materiāla.

Dažādu sugu koksne atšķiras savā starpā ar blīvumu pie vienāda mitruma. Līdz ar to sadedzinot 1 m³ koksnes, iegūstam atšķirīgu siltuma daudzumu – 2. tabula.

2. tabula

Absolūti sausas koksnes siltumspējas salīdzinājums

Nr. p/k	Suga	Blīvums, kg/m ³	1 m ³ koksnes siltumspēja, GJ/m ³ pie W = 0 %.		1 m ³ siltumspēja pret ozolu
			augstākā	zemākā	
1	Ozols	670	13,605	12,652	1,000
2	Kļava	660	13,402	12,463	0,985
3	Osis	640	12,996	12,085	0,955
4	Bērzs	620	12,590	11,708	0,925
5	Lapegle	600	12,184	11,330	0,986
6	Dižskābardis	580	11,778	10,921	0,866
7	Melnalksnis	540	10,965	10,197	0,806
8	Alksnis	495	10,051	9,347	0,739
9	Priede	480	9,747	9,064	0,716
10	Apse	465	9,442	8,781	0,694
11	Liepa	460	9,341	8,686	0,687
12	Papele	440	8,935	8,309	0,657
13	Egle	420	8,529	7,931	0,627

Ja absolūti sausas ozola koksnes 1 m³ siltumspēju pieņem par 1,0, tad salīdzinot ar bērza koksni tā ir par 7,5 % mazāka, bet ar egles koksni – par 37,3 % mazāka. Tas attiecas arī uz tīlpuma (stera) siltumspēju.

Ja siltumenerģijas ieguvei izmanto svaigi cirstu koksni kurināšanas sezonā – no oktobra mēneša līdz marta mēnesim, tādā gadījumā izmantojamās koksnes relatīvais mitrums svārstās no 44 % līdz 54 %. Tas nozīmē, ka 1 tonna svaigi cirstas koksnes satur no 440 līdz 540 kg ūdens. Svaigi cirstās koksnes mitrums atkarīgs kā no sugas, tā arī no ciršanas laika (mēneša), kas ietekmē zemāko sadegšanas siltumu – 3. tabula.

3. tabula

Svaigi cirstas koksnes blīvums (ρ_w) un zemākais sadegšanas siltums (Q_z^d) atkarībā no koka sugas un ciršanas mēneša

Suga	Raksturlielums	Gada mēnesis					
		X	XI	XII	I	II	III
Priede	ρ_w , t/m ³	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84
	Q_z^d , MJ/kg	8,17	7,94	7,94	7,94	7,94	8,05
Egle	ρ_w , t/m ³	0,72	0,75	0,78	0,73	0,79	0,79
	Q_z^d , MJ/kg	8,31	7,88	7,47	8,16	7,34	7,34
Bērzs	ρ_w , t/m ³	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,94
	Q_z^d , MJ/kg	9,33	9,21	9,21	9,21	9,33	9,21
Apse	ρ_w , t/m ³	0,83	0,85	0,82	0,81	0,83	0,83
	Q_z^d , MJ/kg	7,95	7,67	8,04	8,18	7,95	7,95

Ja absolūti sausas koksnes zemākais sadegšanas siltums ir 18,883 MJ/kg, tad no svaigi cirstas bērza koksnes var iegūt apmēram divas reizes mazāk (apmēram 49 % no maksimāli

iegūstamā daudzuma) siltumu. Bet no apses, egles un priedes – tikai no 39 % līdz 44 % no maksimāli iespējamā siltuma daudzuma, skat. 3. tabulu.

Lai malku efektīvi izmantotu, lietderīgi to iepriekš žāvēt 1 – 2 gadus, kamēr relatīvais mitrums nebūtu lielāks par 20 %. Pie šāda mitruma no maklas var iegūt 14,49 MJ/kg siltuma, vai 77 % no absolūti sausas koksnes siltuma.

Ja no 1 kg absolūti sausas koksnes iegūstam 18,883 MJ siltuma, tad koksnei ar relatīvo mitrumu 20 % tāda paša siltuma daudzuma iegūšanai nepieciešams 1,3 kg, ja tā ir svaigi cirsta.- tad apmēram 2 kg. Tāpēc, kurināšanai paredzētai koksnei pēc iespējas jābūt ar zemāku mitruma saturu, kas ievērojami samazinās patērētās koksnes daudzumu.

Tā kā malku piegādā un izmanto sterus, kas apmēram atbilst 0,7 m³ koksnes daudzumam, tad lietderīgi zināt stera blīvumu (kg/sters) un izmantojamās malkas stera zemāko sadegšanas siltumu (GJ/sters) – 4. un 5. tabula.

4.tabula

Dažādu koku sugu koksnes stera blīvums atkarībā no tās relatīvā mitruma (W_r , %)

Suga	Blīvums (kg/sters) pie dažādiem mitrumiem (W_r , %)				
	0	20	30	40	50
Bērzs	434	466	519	605	724
Egļe	294	326	365	426	511
Priede	336	372	416	486	583
Alksnis	346	385	431	503	604
Apse	325	364	407	475	570

5.tabula

Dažādu koku sugu malkas stera zemākās siltumspējas (Q_z^d , GJ/sters) atkarība no tās relatīvā mitruma (W_r , %)

Suga	Zemākā stera siltumspēja (GJ/sters) pie dažādiem mitrumiem (W_r , %)				
	0	20	30	40	50
Bērzs	8,20	6,76	6,42	6,20	5,87
Egļe	5,55	4,73	4,51	4,36	4,14
Priede	6,35	5,39	5,14	4,98	4,73
Alksnis	6,53	5,58	5,33	5,15	4,90
Apse	6,14	5,28	5,03	4,86	4,62

Pēdējā laikā Latvijā vērojama tendence no zāģskaidām ražot kurināmās briketes un granulas. Briķešu un granulu ražošanai izmanto žāvētas zāģskaidas, kuras pēc tam sapresē bez saistvielu izmantošanas, tām piešķirot noteiktu formu (cilindrisku, ķieģeļveida, seškantīgu, ar dobumu vai bez tā un tml.). Izmantojamo zāģskaidu briķešu vai granulu relatīvais mitrums ir 6 – 11 %, kura uzturēšanai, uzglabājot, tās nepieciešams turēt plēvju iesaiņojumā, kas pasargā no mitruma uzsūkšanas un sadalīšanās zāģskaidās. Tāpēc šādu briķešu un granulu siltumspēja ir augstāka nekā malkai, kuras relatīvais mitrums pie tās uzglabāšanas 1 – 2 gadus ir apmēram 20 %. Bet sakarā ar patērēto siltumu zāģskaidu žāvēšanai un elektroenerģiju, kā arī energopatēriņu, 1 tonnas izmaksa ir no LVL 40, – līdz 55, –. Izmaksas atkarīgas no pielietojamās tehnoloģijas, zāģskaidu izejas mitruma, to bioloģiskās sadalīšanās pakāpes un frakcionālā sastāva.

Pareiz dažādu sugu koksnes malkas stera izmaksas ar piegādi svārstās no LVL 6, – līdz 8, –. Lai izvērtētu un atrisinātu jautājumu par pieņemamāka kurināmā veida izvēli, nepieciešams salīdzināt kokskaidu briķetes un granulas ar dažādu koku sugu malku atkarībā no mitruma [6] – 6. tabula.

Redzams, ka 1 tonna kokskaidu brikešu un granulu pie relatīvā mitruma 9 % aizstāšanai nepieciešami 2,44 steri bērza malkas pie relatīvā mitruma 20 % vai 2,63 steri pie relatīvā mitruma 40 %. Tā kā egles malkai stera blīvums ir zemāks, nekā bērza malkai, tad 1 t brikešu vai granulu pie relatīvā mitruma 9 % nepieciešams 3,47 steri egles malkas ar mitrumu 20 % un 3,76 steri ar mitrumu 40 %.

6. tabula

Zāgskaidu brikešu un granulu 1 t sadegšanas siltuma ekvivalentais daudzums, kas atbilst dažādu koku sugu malkas aistāšanai steris

Briekšu un granulu relatīvais mitrums, %	Dažādu koku sugu malkas degšanas siltuma ekvivalentais steru daudzums pie dažādiem relatīvajiem koksnes mitrumiem, kas atbilst 1 t briekšu vai granulu sadedzināšanas siltumam			
	$W_r = 20\%$	$W_r = 30\%$	$W_r = 40\%$	$W_r = 50\%$
B ē r z s				
6	2,53	2,64	2,72	2,89
9	2,44	2,55	2,63	2,80
12	2,34	2,45	2,52	2,68
E g l e				
6	3,59	3,77	3,89	4,15
9	3,47	3,64	3,76	4,01
12	3,33	3,50	3,61	3,85
P r i e d e				
6	3,19	3,31	3,41	3,66
9	3,08	3,20	3,29	3,54
12	2,96	3,07	3,16	3,40
A l k s n i s				
6	3,13	3,22	3,34	3,55
9	3,02	3,11	3,23	3,43
12	2,90	2,99	3,10	3,20
A p s e				
6	3,25	3,39	3,46	3,72
9	3,14	3,28	3,34	3,59
12	3,01	3,15	3,21	3,45

Visu veidu enerģijas ražošana zināmā veidā ietekmē apkārtējo vidi. Kurināmā degšanas procesā rodas skābo vielu izmeši, siltumnīcas efektu izraisošas gāzes, putekļi un pelni. Viena no lielākām problēmām ir siltumnīcas efektu izraisošās gāzes, galvenokārt oglekļa dioksīds (CO_2), kas rodas sadegot organiskas izcelsmes kurināmajam. Zinot oglekļa saturu konkrētā kurināmā veidam, un to, ka tā 1 kg sadegot, rodas 3,667 kg vai $1,855 \text{ m}^3$ ogļskābās gāzes (CO_2) [7], mēs varam aprēķināt, cik ogļskābās gāzes radīsies no 1 kg konkrētā kurināmā sadedzināšanas. Liela daļa no ogļskābās gāzes, kas rodas sadegot biokurināmajam (koksne, salmi, lauksaimniecības produktu atliekas, kūdra u.c.) iekļaujas dabiskajā apritē – tiek izmantota tālākajā fotosintēzes procesā, augu veidošanās procesā. Dažāda veida biokurināmajos ir ūdeņradis, kas sadegot rada ūdeni. Lai sadedzinātu 1 kg ūdeņraža, nepieciešami 8 kg skābekļa, kā rezultātā rodas 9 kg vai $11,116 \text{ m}^3$ ūdens tvaiku. Kurināmajā esošajā 1 kg sēra sadegšanai nepieciešams 1 kg skābekļa, kā rezultātā rodas 2 kg sēra dioksīda (SO_2).

Parasti kurināmā sadedzināšanai izmanto nevis tīru skābekli, bet gaisu. Gais satur skābekli 23,2 % (masas procenti) un 76,8 % slāpekļa. Slāpekļis, kas atrodas izmantojamajā kurināmajā, kā arī gaisā rada slāpekļa oksīdus, tikai pie ievērojami augstas temperatūras.

Lai iegūtu 1 kWh siltuma enerģijas nepieciešams patērēt noteiktu kurināmā daudzumu, kuru sadedzinot, rodas dažāda veida izmeši. Tā, 1 kWh_{th} siltuma iegūšanai no dabas gāzes veidojas 0,224 kg CO₂ gāzes, bet izmantojot krāšņu kurināmo degvielu, rodas 0,27 kg ogļskābās gāzes, ogle – 0,332 kg CO₂ gāzes. Zināms, ka 1 kg CO₂ gāzē ir 0,2727 kg oglekļa. Pie koksnes pilnīgas sadegšanas rodas samērā daudz ogļskābās gāzes, t.i. – no 0,35 kg/kWh līdz 0,4 kg/kWh. Minētā ogļskābā gāze ir neiztrūkstoša fotosintēzes izejviela. Izmantojot kodoldegvielu, ogļskābā gāze, sēra dioksīds vai slāpekļa oksīdi neizdalās.

Interesanti atzīmēt, ka lai apsildītu vienas ģimenes dzīvojamo telpu 100 m² lielumā, vidēji sezonā nepieciešams 25 MWh_{th} siltuma enerģijas. Ja izmantotu dabas gāzi ar 100 % lietderības koeficientu, tad 25 MWh_{th} siltuma enerģijas ieguvei jāsadedzina 2,04 t (2,8 tūkst. m³) dabas gāzes, radot 5600 kg ogļskābās gāzes vai 1530 kg oglekļa.

Secinājumi

1. Ja ogļu vienas tonnas ekvivalenta vērtība (t_{ce}) ir 29,308 MJ/kg, tad kurināmā vērtība dabas gāzei ir 1,507, bet sausai koksnei – 0,644.
2. Ja 1 m³ sausas ozola koksnes zemākā siltumspēja ir 12,652 GJ, tad bērza koksnei tā ir par 7,5 % mazāka, alksnim – par 26,1%, priedei – par 28,4 %, bet eglei – par 37,3 % mazāka.
3. Ja no 1 kg absolūti sausas koksnes iegūst 18,883 MJ siltuma, tad nepieciešams 1,3 kg koksnes ar relatīvo mitrumu 20 % un apmēram 2,0 kg, ja koksne ir svaigi cirsta.
4. 1 tonnas zāgskaidu briekšu vai granulu ($W_r = 9\%$) aizstāšanai nepieciešami 2,44 steri bērza malkas ar $W_r = 20\%$, vai 2,63 steri ar $W_r = 40\%$. Minēto daudzumu briekšu vai granulu var aizstāt ar 3,47 steriem egles malkas ar $W_r = 20\%$, vai 3,76 steriem ar $W_r = 40\%$.
5. 1 kWh siltuma iegūšana no dabas gāzes rada 0,224 kg ogļskābās gāzes, bet no pilnīgi sadedzinātas koksnes – no 0,35 kg līdz 0,4 kg ogļskābās gāzes.

Literatūra

1. Energobalance 2000. gadā. LR Centrālās statistikas pārvaldes statistisko datu krājums. LR CSP, Rīga, 2001, 85 lpp.
2. Равич М.Б. Эффективность использования топлива, «Наука», М., 1977, 344 с.
3. Энергетическое топливо СССР. Справочник. «Энергоиздат», М., 1991, 184 с.
4. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. «Лесная промышленность», М., 1989, 296 с.
5. Головкин С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. «Лесная промышленность», М., 1987, 224 с.
6. Tomsons E., Dolacis J., Hrolis J., Cīrule D. Biofuel: comparison of firewood and pellets. – *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. No 4, 2002, 43 – 50 pp.
7. Osipovs L. Ķīmijas tehnoloģijas pamatprocesi un aparāti. “Zvaigzne”, Rīga, 1991, 680 lpp.

INFO SYSTEM FOR ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE USE OF WOOD FUEL

Kokgāzes izmantošanas tehniski ekonomiskās attīstības analīzes info sistēma

E.F. Dzenajaviciene, V. Sidlauskas

Lithuanian Energy Institute, Breslaujos 3, LT-3035 Kaunas, ph.370-37-401935

Abstract

EU Integration raises new requirements to energy sector, including municipal energy sector and improvement of local planning. Important role is assigned to development of energy infrastructure, use of renewable energy sources and energy efficiency. In order to use financial support from EU Structural funds for regional energy development, qualified applications will have to be developed in adequacy with the requirements for the use and control of EU Structural funds. The latter should be developed in the context of regional development programs (including energy sector development), which should be based on info systems.

The Laboratory of Regional Energy Development at LEI is developing integrated info system "TAUSA" for this purpose. This info system is formed as server of data bases with respective bases and additional analysis modules. Information for the consumers of info systems could be available at Internet website. Besides indicators on district heating, "TAUSA" will accumulate data on distribution and end use of renewable energy sources at regional level, which permits to assess main macroeconomic indicators in the development of this economic activity. Matrix model for economic activity of preparing local fuel will enable to evaluate inter-branch links for district heating sector and the role of local fuel production in Gross Domestic Product (GDP) creating process.

The macroeconomic model under development will help to assess economic benefit from the use of renewable energy sources in the region, including the facts that it improves employment, increases the flow of taxes to municipal budget, paid by the companies employed in this sector, give new business development opportunities.

Keywords: *information systems, renewable energy sources, wood fuel, local planning.*

Introduction

EU Integration raise new requirements for energy sector, including development of municipal energy sector and improvement of local planning. Important role is assigned to development of energy infrastructure, use of renewable energy sources and energy efficiency.

With regard to use financial support from EU Structural funds for regional energy development, qualified applications will have to be developed in adequacy with the requirements for the use and control of EU Structural funds. The latter should be developed in the context of regional development programs (including energy sector development), which should be based on info systems.

The use of Information system IS "TAUSA"

The Laboratory of Regional Energy Development at LEI is developing integrated info system "TAUSA" for this purpose [1]. It is foreseen that this system will be used and developed for a long time by supplementing is with new opportunities, including such ones, which can't be forecasted today. The purpose of IS TAUSA is:

Monitoring and analysis of modernization and efficiency of district heating sector,

Formation of analytical basis for development of state energy development policy in district heating sector.

While the use of renewable fuel is growing in district heating sector, the need for establishment of data basis (DB) on the use of wood fuel and including this data into information system of district heating development appeared. As the amount of accumulated data in IS TAUSA and the number of its' consumers are growing, management system for the IS will be improved with the aim of better use of Internet opportunities for data introduction as well as its delivery to potential customers. This is integrated IS, consisting of already created and now being created modules (NETWORK, CONSUMER, DH SECTOR,

MACROECONOMICS, MUNICIPAL) and respective Data Bases. For the needs of regional planning data on resources, production and consumption of wood fuel are accumulated in module MUNICIPAL.

Application areas for IIS include:

- Activity management and planning for companies,
- Information transfer for higher authorities.

After full implementing of this system it could become one of the main tools for municipal info center for energy sector.

IIS TAUSA is open text program, which can be easily integrated with other Info Systems or Data Bases with respective interface. This IS is formed as server for data bases, including respective Data Bases and additional Analytical modules. It could be available for consumers on Internet Website.

The info unit in DB is DATA, which can be characterised by it's Code, area or any other Dependence code, Measure unit and Date:

$$DATA = f(Data\ code, Dependence\ code, Measure\ unit, Date)$$

Every DATA is linked to Data, Area dependence and Measures Units Vocabularies (Figure 1)

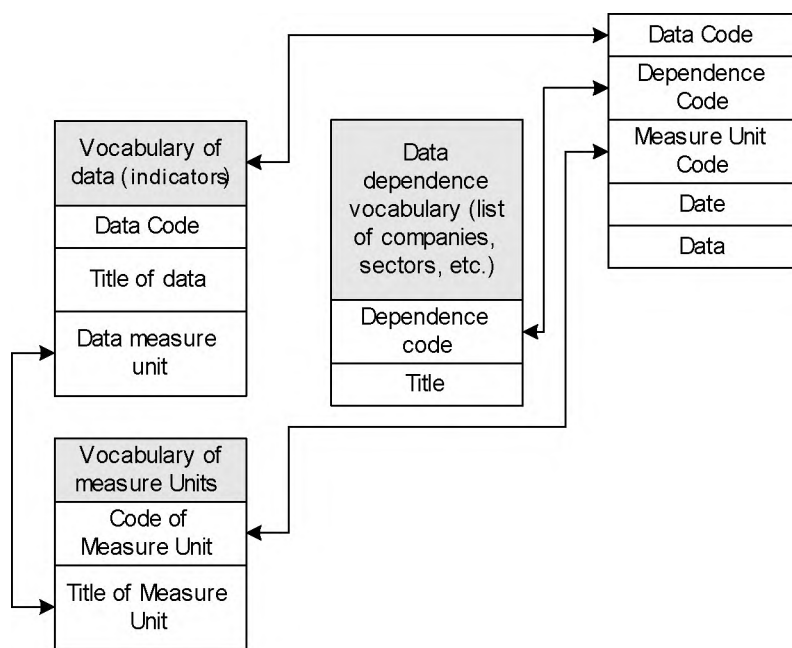


Fig.1. Data (indicators) coding system

On the basis of separate data info lines (vectors), matrixes of lines (matrix) and meta-tables are formed.

Regional distribution of Wood Fuel Sources

Besides indicators on district heating, data was accumulated on distribution and end use of renewable energy sources at regional level, which permits to assess main macroeconomic indicators in the development of the use of wood fuel. According to administrative constitution, Lithuania is divided into 60 municipalities, of which 6 are big cities, several smaller towns of state importance and 44 regions. The following data on wood energy sources is contained in IIS "TAUSA" on Municipal basis:

- The area of the municipality;

- The forests area of the municipality;
- Total felling.

Actually total felling can be characterised by felling structure and wood use structure (Figure 2). In first case main and intermediate felling could be selected. The latter consist of:

- Current felling,
- Sanitary felling,
- Thinning,
- Cleaning.

Final wood consumption, $c_1 = d_1$	Final Fuel consumption				
	Firewood, d_2	Saw-dust and cuttings for sales, d_3	Wood chips, d_4	Residuals, d_5	
	Raw material for production of wood fuel				
	Saw-dust, c_2	Cuttings, c_3	Firewood, c_4	Stems, c_5	Branches, c_6
Liquidated wood			Unliquidated wood, b_3		
Industrial wood, b_1		Firewood, b_2			
Main felling (a ₁)	Intermediate felling				
	Sanitary felling a_2		Current felling, a_3	Thinning a_4	Cleaning a_5
Relative annual rate of felling SMKN (t)					Not used MMTP – SMKN (t)
Annual growth of wood volume (MMTP)					

Fig.2. The use structure for wood volume growth, m³/ha

Following the structure of end use, total felling can be divided into liquidated and unliquidated or firewood. Liquidated wood can be divided into industrial and firewood. Only part of Liquidated wood is used by end-user. The rest parts are: saw-dust, cuttings. All this together with unliquidated wood (stems and branches from main and intermediate felling) is main raw material for wood fuel. The following scheme does not evaluate wood export-import. Using guidelines from Lithuanian forestry Institute Annual Growth of Wood Volume (MMTP) is assumed as the main indicator for planning of felling volumes [2]. In this case depending upon the goals of forests management policy Relative Annual Rate of Felling (SMKN) could be expressed as follows:

$$SMKN = MMTP - NMP. \quad (1)$$

Here:

NMP – Growth of not used wood, m³/ha. In certain cases NMP can be negative (in case of the need to reduce accumulated growth rate, need for sanitary felling, etc.).

However, *SMKN* is one of the main indicators to define the volume of raw material for production of wood fuel, For formation of balance we assume that *MMTP* is constant of 6,1 m³/ha, and *SMKT(t)* is known time function per past period.

Then structural scheme, shown in Figure 2 can be expressed in the following equation:

$$\sum_{i=1}^{N_a} a_i(t) = \sum_{i=1}^{N_b} b_i(t) = \sum_{i=1}^{N_c} c_i(t) = \sum_{i=1}^{N_d} d_i(t). \quad (2)$$

Here:

- a* – Structural shares of felling ($N_a = 5$),
- b* – Structural shares of wood use ($N_b = 3$),
- c* – Distribution of end-use by raw material ($N_c = 6$),
- d* – Distribution of end-use by purpose ($N_d = 5$),
- t* – Year.

There are no full statistical data on the dynamics of mentioned indicators, thus for modelling of wood fuel preparing process we need to use existing data, though not full one.

Rather detailed data structure of wood felling and use by forestry for the period of 1990-1995 was widely used for assessment of wood fuel potential [4]. These data were regrouped for present administrative distribution in Lithuania, and were introduced into DB and used for analysis of wood fuel preparing structure in 52 municipalities. The results of simulation for coefficients *a_i* and *b_i* are given in Table 1. Other coefficients were assessed by expert methodology.

There are no more detailed investigations on the use of industrial wood. Data from MEC shows, that timber makes only 30% of total industrial wood volume. Nearly 10% of industrial wood is used for production of panels and other industrial needs. It is assumed that nearly 12% of industrial wood is transformed into sawdust, and 48% of it are various types of cuttings, which could become potential raw material for firewood or chips. It is assumed that 40% of unliquitated wood are stems, and the rest are branches.

Table 1.

Assessment of structural coefficients for the end-use of wood, based on the data from 1990-1995

Indicator	Coefficient	1	2	3	4	5	6
Felling structure	<i>a_i</i>	0,569	0,232	0,111	0,080	0,008	-
Wood purveyance distribution structure	<i>b_i</i>	0,495	0,247	0,258	-	-	-
Wood End Use Structure	<i>c_i</i>	0,4 · <i>b₁</i>	0,12 · <i>b₁</i>	0,48 · <i>b₁</i>	0,258	0,4 · <i>b₃</i>	0,6 · <i>b₃</i>
End Use of Wood Fuel Consumption Structure	<i>d_i</i>	0,4 · <i>b₁</i>	0,12 · <i>b₁</i> +0,5 · <i>b₃</i>	0,258+0,48 · <i>b₁</i> +0,5 · <i>b₃</i>	0,5· <i>b₃</i>	-	-

It was notified that relative wood purveyance volumes or metric felling rate is separate municipalities, based on mentioned data, were changing in rather wide range. Statistical analysis showed that *SMKN* was distributed following Normal distribution law in most municipalities.

$$\frac{S_r}{\sum_{r=1}^{r=N_r} S_r} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp(-U)^2 \quad (3)$$

Here:

$$\sigma = 1,5883$$

S_r Number of municipalities with deviation U from average relative felling rate.

$$U = (\overline{SMKN}_{m,r} - \overline{SMKN}_m) / \sigma,$$

$\overline{SMKN}_{m,r}$ Average relative felling rate during year m in municipality r .

\overline{SMKN}_m Average relative felling rate during year m all over the country.

Without more precise available information mathematical wood fuel production model assumes that relative annual felling rate for municipality r during year m is as follows:

$$SMKN_{r,m} = \overline{SMKN}_m * (2 \cdot \delta - 1), \quad (4)$$

Here:

$0 \leq \delta \leq 1$ – random number.

The Centre of Forests Economics (MEC) under Ministry of Environment gives systematic information on Lithuanian wood market, volumes of felling and production [3]. On the basis of this data it is possible to elaborate assessment of wood end-use structure in Counties level (Figure 3).

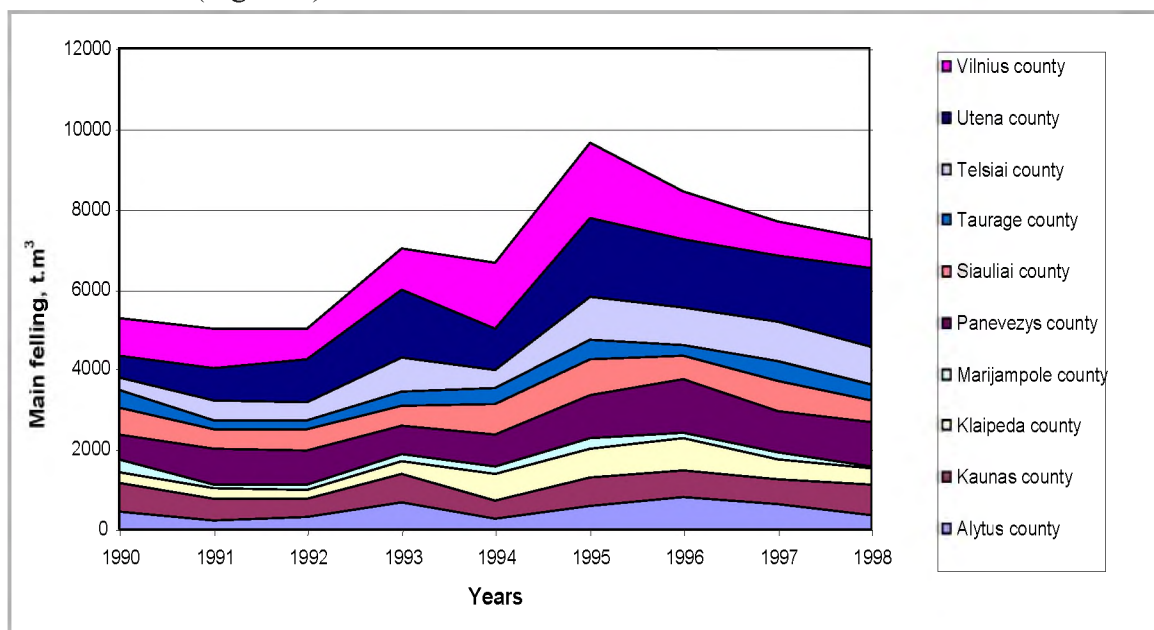


Fig.3. Distribution of annual felling volumes by counties

Development analysis of wood fuel production and use

Bearing in mind rather significant indeterminacies concerning initial information, it is difficult to expect that such model would be adequate to actual wood fuel consumption volumes. On the other hand we should assume also the fact that data of fuel-energy balance during period of 1990-1999 are not very precise, and only this data could enable comparison of simulation results.

Comparison of data from fuel-energy balance with volumes of raw material for wood fuel shows, that at the beginning of investigated period only minor share of possible resources was consumed (Figure 4).

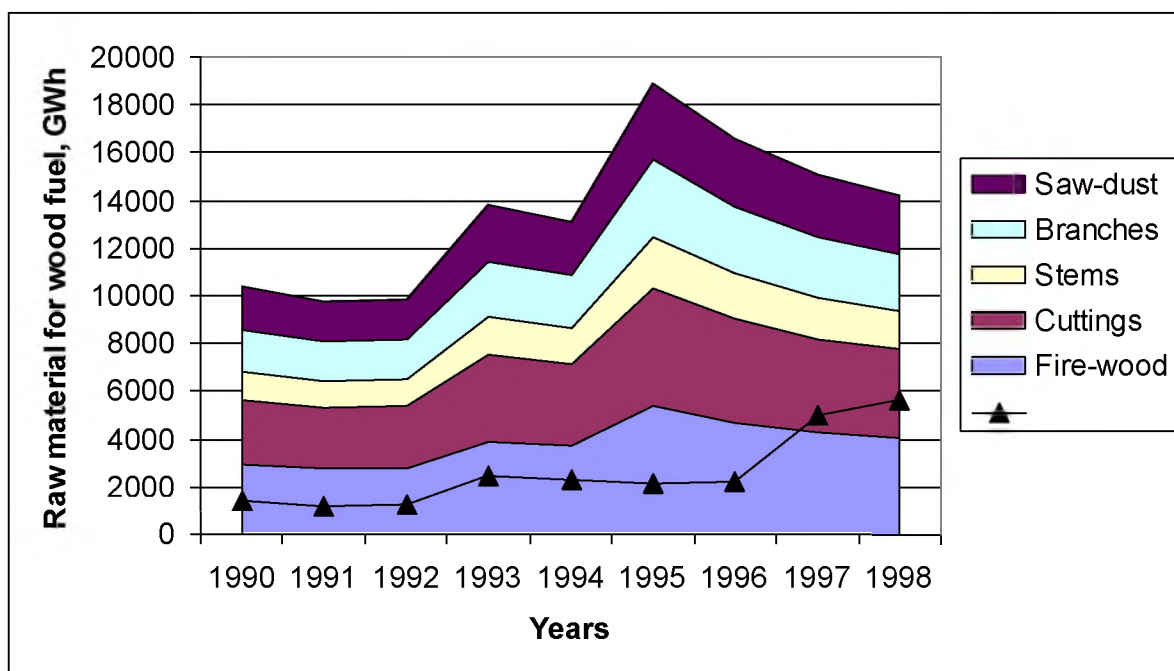


Fig.4. Comparison of raw material volumes for wood fuel vs. the end-use of wood fuel

Clear jump in wood fuel consumption can be partly related to the fact, that fuel-energy balance was revised during this year. While comparing fuel purveyance and raw material structural indicators, one can see that for production of wood chips stems and branches from felling will be used, as the resources of cuttings and firewood are reducing.

Suggested comparison of the results of mathematical simulation with actual wood fuel end-use structure could currently be evaluated as preliminary results. Suggested model is rather flexible and can be adapted for real situation after revising data in fuel-energy balance, as well as data on wood felling and other indicators concerning wood consumption.

References

1. Minkstimas R., Sidlauskas V. Possibilities for establishment of Information Systems for planning needs of energy sector (14) // 2nd International Scientific conference “Decentralization of Energetics: Future of Municipal Energetics” // Klaipeda, Lithuania, May 9-11, 2002 (in Lithuanian)
2. Investigation of the volumes of forests felling residues and fast growing plants and opportunities to use it for fuel. Study of Lithuanian Forestry Institute. Girionys, Lithuania, 1991. (in Lithuanian)
3. MEC News - Info Bulletin of Forests Economics Centre, 1998, Volumes 1-12. Vilnius.
4. Lithuanian Energy. Annual Review of the Ministry of Economy of Lithuanian Republic, Lithuanian Energy Institute. Kaunas, 1990-2000.
5. Fuel and Energy Balance. Annual Review of the Department of statistics at the Ministry of Finances of Lithuanian Republic. Vilnius, 1997-1999.

GEOTECHNICAL PROCESSES AND SOIL-WATER MOVEMENT WITH TRANSPORT OF POLLUTANTS IN THE ESTONIAN OIL SHALE MINING AREA

Igaunijas degslānekļu ieguves reģionā geotehnisko procesu ietekme uz grunts ūdeņu piesārņotību un tās izplatīšanos

K. Erg, E. Reinsalu, I. Valgma

Tallinn Technical University, Department of Mining

82, Kopli Str., 10412 Tallinn, Estonia,

<http://www.ttu.ee/maeinst/>

Phone: +372 620 38 50, Fax: + 372 620 36 96,

E-mail: erg@staff.ttu.ee, ere@cc.ttu.ee, ingoval@cc.ttu.ee

Abstract

One of the most important industries of Northeast Estonia is oil shale mining. Ground movements caused by mining reach the ground surface easily due to shallow location of workings. A new, artificial topography is formed on undermined areas, where the ground surface depressions are alternating with rising grounds. When the Quaternary cover contains loamy sediments, the surface water will accumulate in the depressions. The response of usable lands on undermined areas depends on the degree of changes in the relief and water regime. The accumulation of solid residues by oil shale mines and processing plants has resulted in numerous ash hills, which are polluting the environment. The streams are polluted by phenols, oil products and sulphates. The main source of water supply is groundwater in the oil shale basin. The hydrostratigraphic section is represented by three aquifers. Two (Quaternary and Ordovician) of these aquifers are affected by the human activity. Intensive water consumption has caused a fall in the water level in these aquifers. Due to oil shale production the concentration of Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} and Cl^- contained in the groundwater from the Ordovician deposits is noticeably higher than in the water with a natural background level. The natural water chemical regime is restored at the cessation of mining.

Keywords: Northeast Estonia, oil shale mining, underground oil shale mine, opencast, mines drainage, infiltration of contaminants, chemical composition of water, geotechnical processes, subsided land, ground movements.

Introduction

Estonia is situated on the shore of the Gulf of Finland (Fig. 1) and is characterised by flat topography with only slight differences in elevation.

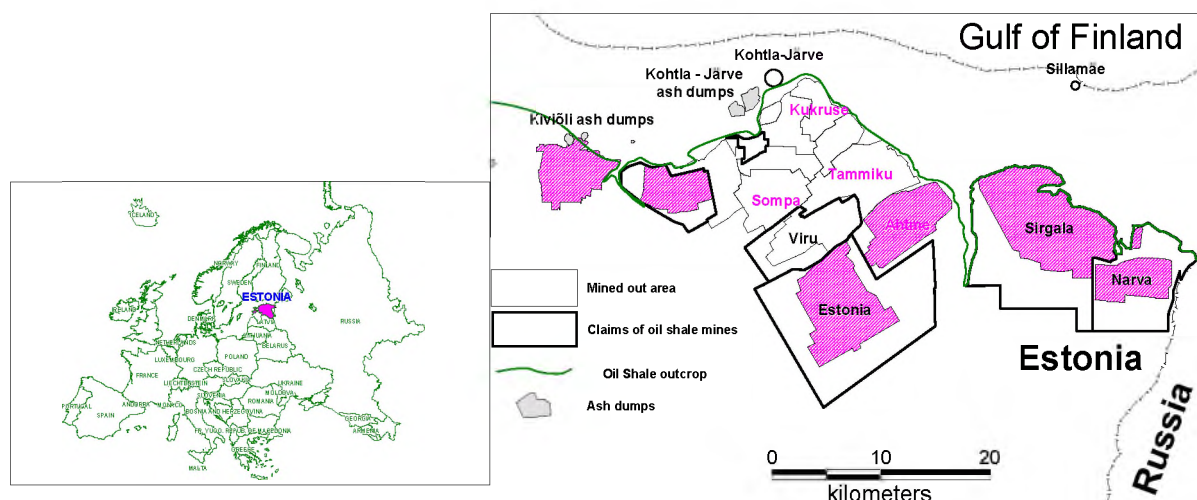


Fig. 1. Location map of Estonian oil shale deposit

Oil shale reserves are concentrated in North-East Estonia (Fig. 1) and make up about 3,8 billion tons, half of which can be mined according to existing technology, economical and ecological criteria. The annually exploitable layers have an average thickness of 2,6 m and the bedding depth increasing in the southern direction. Oil shale consists of 30-40% organic (kerogen) and 60-70% mineral matter (mainly carbonates and sandy-clayey minerals). The sulphur content averages 1,6 %, the net calorific value varies from 6-10 MJ/kg. Oil shale output increased from 2 million tons in 1940 to 31 million t in 1980, and has since decreased to 12 million tons (Fig. 2).

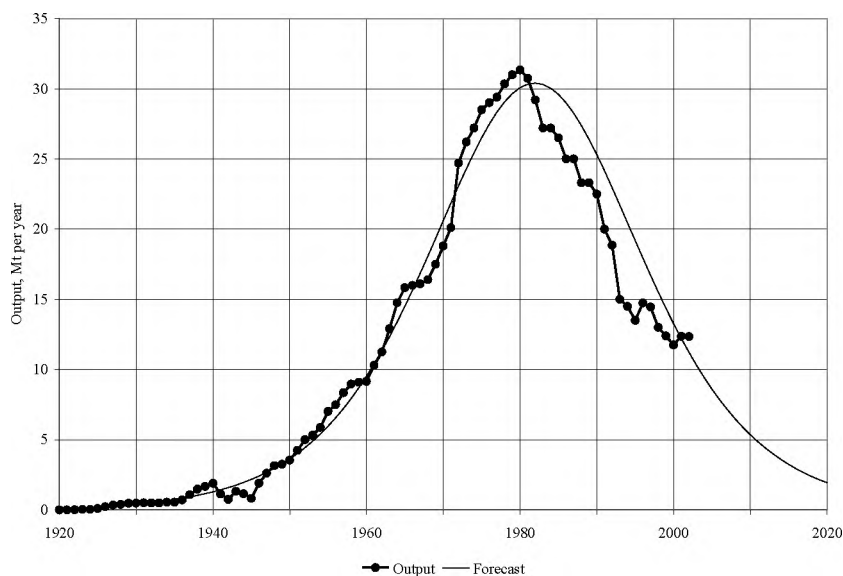


Fig. 2. Estonian oil shale annual production (mining output) and forecast by Enno Reinsalu (Reinsalu, 1998)

The study object was of 290 km² underground and 130 km² strip mined area (Valgma, 2002). Oil shale is presently excavated in two surface and two underground mines. For excavation oil shale the mines must be dewatering. The mine water pumped up the oil shale underground and surface mines and discharged into rivers forms on the average 86% (quantitatively 159-226 millions m³/yr). In the region of oil shale mining on an average 15 million m³ of water is being pumped out of mines monthly (Fig. 3).

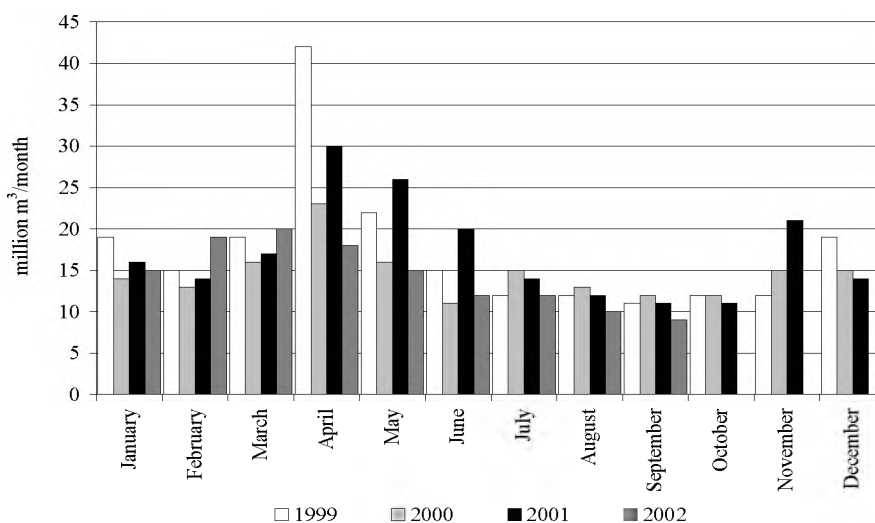


Fig. 3. Water, which pumped out of surface and underground mines monthly

Mines drainage causes the depletion of ground- water, resulting in drawdown of 20 m in the northern and 70 m in the southern part of mining area. The infiltration of contaminants grows and the main aquifers are chemically polluted over a large area. The formation of the chemical composition of water is influenced by considerable variation of hydraulic conductivity, numerous faults in the strata, karst and, in addition, depressions forming during mining. Evidently each singular case represents a plurality of underlying causes and hence a considerable variety of analytical results depending on the location and season of sampling.

Methods

During years 1998...2001 geotechnical processes of closed underground oil shale mines and opencasts were investigated. A digital map of Estonian oil shale mining was created for joining data of technological, environmental, and social limitations in the deposit. The main objective was the stability of underground mined area. The stability was studied with help of aerial photographs, mine drawings, maps of quaternary sediments and mathematical modelling of rock failure.

Water sampling took place during the spring and summer from 1988 to 1990. This period samples were from tectonic faults and karst fissures in mines, and also from pumped public supply or private boreholes. Springs and rivers were also sampled to obtain a reasonably complete hydrochemical understanding of the hydrogeological cycle in this area. The chemical analysis from more than 20 constituents was carried out on water samples from each of the 31 sampling sites.

From Eesti Põlevkivi Ltd. and Estonian Geological Survey were received the official data for the period 1991-2002 and these are following: annual amounts of mine waters, chemical content of water, annual influxes of sulphates with mine waters, data of water regime, the chemical content of ash dumps water.

Results

The main influences of underground mining on the surface are spontaneous collapses and subsidences. Subsided land is located above hand-mined, advancing-and-retreating mining and longwall mining with double-unit-face areas. The relief of subsided land depends on the quantity of the filling material and filling quality, and on roof structure. Information was collected mainly about random spontaneous collapses of drifts and spontaneous collapses of room-and-pillar mining. Some information is collected about induced caving of longwall mining in Kohtla mine. Considering that longwall mining was stopped in the Estonian deposit in the year 2001, the information about induced caving should be collected and analysed as well. The area of subsidence moulds is in average 55600 m² ranging from 2500 to 152500 m² in total. There are 3.1 km² subsidence areas. Some of the spontaneous collapses mentioned by mining surveyors cannot be recognized on the surface and some seen on the surface have not been reported. In these cases the fieldwork was done with GPS device and caving possibilities considered with the help of digital maps. Cavings have been found in the areas where mines operated within the period of 1963...1989.

Surface mining mapping included digitising haulage and mining trenches, loading points, dewatering constructions like ditches, basins and tunnels. Besides, yearly mining ranges were digitised. Created database includes geological characteristics and data of the used technology. Map of yearly mining ranges offers a good overview of the mining period, speed and extent. The present open-cast landscapes can be divided into four classes. The first one is the afforested (mainly with pines) area. The second one is the area with poor vegetation, small trees and bushes, fifty per cent of it being a rocky surface. The third one is a graded area, mainly without vegetation but ready for planting. The fourth area has spoils that are not graded and have no vegetation; their surface angles are reaching the angle of the

repose, maximum 45°. One year stripping equals 1-3 trenches. As an example, the former Narva open-cast has been modelled. Digital elevation model (DEM) was created from geological, topological and mining data.

There are two principal types of spoils in open cast mined areas. First is formed by beginning mining technology in 1925 to 1950. Oil shale layers were mined by handwork and overburden was stripped by 3 m³ steam excavator in cooperation with spreader. The width of the mining pit was 20 m, forming spoils with maximum slopes 20°. The thickness of the oil shale layer was 2.6 m and the overburden thickness varied from 5 to 12 m. Average stripping factor was 1.9 m³ t⁻¹. Due to this, average height of the ground in the mined out area is from 0 to 2 m below original ground surface, forming deeper and higher peaks. Depending on that, the moisture content of spoil might be higher than that of the soil in the same area before mining. Since spreader and mechanical shovel were used for stripping, the estimated swell factor of the material was 1.3. Maximum size of the material could be 1.4 m due to bucket size and average size was 150 mm. Because of low mobility of the spreader and missing reclamation requirements, the unevenness of the spoil varies between 0.5 and 2 m. The content of organic matter in the spoil, originating from kukersite oil shale, is on average 4%–6%. That material is evenly spaced in the spoils due to stripping method. The second type is mined with newer technology beginning from 1950ties. The area was mainly covered with swampy forests and bogs. Oil shale layers were mined by blasting and overburden was blasted and stripped by 15 m³ and 90 m long boom draglines. The width of the mining pit was 50 m, forming spoils with maximum slopes 3°. The thickness of the oil shale layer was 2.0 m and the overburden thickness varied from 11 to 17 m. Average stripping factor was 4.1 m³ t⁻¹. Due to this, average height of the ground in the mined out area is about 2 to 4 m above the original ground surface. Depending on higher surface than natural and water pumping due to operating open cast, the moisture content and seepage of the spoil might be lower than in the first area. Organic part of the left oil shale layers is mostly in bottom. Dragline and in some cases mechanical shovel were used for stripping of blasted overburden rock, therefore the swell factor of the material was 1.4. Maximum size of the material is 3.1 m due to bucket size and average size was 300 mm. Unevenness of the spoil ranges from 0.5 to 1.5 m on average, but it can be up to 6 m in test sections. The content of organic matter in the structure of spoils, originating from kukersite oil shale, is on average 2% being 4% in bottom and 1% in surface of the spoil. Due to stripping method the material is unevenly spaced in the spoils, the estimated swell factor is up to 1.5 in the bottom. This is another reason for water runoff from the spoils.

Because of several mines are being closed during next few years the problems of drowned waste are going to be more actual than before: increase of underground water level, underground water pollution, technogenic water sources and over flooding of reclaimed areas.

The chemical analyses of groundwater divide into two principal groups (Fig. 4):

- a very large group of CaHCO₃ waters;
- a large group of Mg(Ca)SO₄(HCO₃) waters.

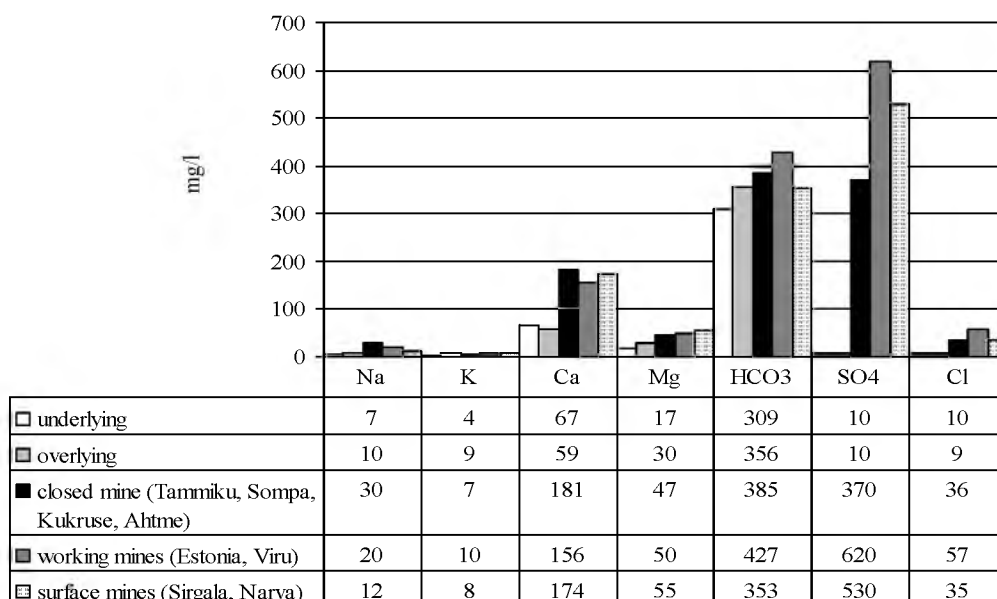


Fig. 4. Chemical compositions of groundwater and mining water

The influence of groundwater consumption, dewatering of surface and underground mines on the groundwater regime was evident. In the course of oil shale mining at the Estonian oil shale deposit three stages of Ordovician aquifer system have been partially or totally drained. The observation data show that all the aquifers are interconnected and oil shale mining exerts a remarkable influence on all of them.

Contamination in this region is mostly due to pollution caused by power and chemical industries. Studies of ash hills demonstrate that the ash may be highly enriched in certain potentially toxic elements, typically semi-volatiles, such as boron, arsenic, antimony etc. The ash dumps water (Table 1) is typically rich in oxides and may have an extremely high (alkaline) pH, which may render some metallic or semi-metallic species highly mobile.

Table 1.

The composition of the ash dumps water

Pollutants	Content, g/m ³	
	Interval	Maximum
Chemical oxygen demand (COD)	4000-8000	18000
Biochemical oxygen demand (BOD)	2500-4000	6400
Phenols	200-580	1400
Volatile phenols	80-110	150
Oil products	30-70	100
Benzo(a)pyrene, g kg ⁻¹	0.05-0.15	0.22
Sulphides	100-230	270
Dry matter	3500-6000	7300
Suspended solids	300-600	1300
Total hardness, eqv m ⁻³	30-47	53
pH	11.4-12.2	12.5

There is increasing evidence that portions of the water infiltrating through the soil surface may move rapidly through the aeration zone along preferred flow paths such as macropores and fractures. This rapid, concentrated flow may also have significant

implications for the transport of pollutants to the groundwater body. Discharge into the macropores and the concentrated groundwater recharge in the vicinity of the macropores occurred in relation to the development of the groundwater mound. Incorporation of the soil-water movement would bring better prediction of the time, location and magnitude of groundwater pollution due to the transport of pollutants by the infiltrating water.

Discussion

The basic processes that determine the chemical composition of water in the samples can be classified as follows:

- chemical composition of water in the structurally undamaged aquifers;
- chemical processes taking place in the sites of tectonic damage and erosion;
- infiltration of groundwater (atmospheric precipitations and extracted water) through loading layers;
- man-made changes in the environment.

As a result of the combined influence of these processes the natural bicarbonate-type water, characteristic of the Ordovician aquifer of the given region, has changed into sulphate-bicarbonate water, having increased from 0,2...0,3 g to 1,0 g/l.

Essential role in the formation of the chemical composition of water, especially in shaping local singularities, is played by tectonic damages and karst; in that case the value of the hydraulic conductivity increases. In the regions where tectonic faults are widespread general mineralization may be twice as high as that usually characteristic of water aquifer. Concentrations of Na^+ , Ca^{2+} and Cl^- are also much higher. Very significant part in the formation of the chemical composition of waters is played by depressions that have sprung up in the course of mining. Their impact is two-fold: infiltration and water exchange increase significantly and with the alteration of aeration conditions a geochemical environment with new physical-chemical properties is formed.

Conclusions

Natural hydrogeological conditions in Northeast Estonia were simple, but they have been disturbed by the mining industry and consumption of the groundwater. Deeply fractured carbonates, together with effects of mining, have facilitated the rapid spread of aquatic pollution. Mineralised mine water extraction is useless, and the reduction of its mineralization level by technological means or natural filter systems is a problem which needs tackling in the near future. Today this water is guided to natural water bodies. As the content of sulphates in mining waters is high, the concentration of sulphates in the bottom sediments of many water bodies has risen sharply. Due to strong eutrophication there is an oxygen deficiency in some places and the reduction of sulphates to toxic H_2S already occurs.

The study was supported by EstSF GRANTS G3403 and G4870.

References

1. Reinsalu, E. Is Estonian oil shale beneficial in future? *Oil Shale*, 15/2, 1998, 97-101.
2. Valgma, I. Estonian oil shale resources calculated by GIS-method. Symposium on Oil Shale., Tallinn, Estonia, 18-21 November 2002

SLUDGE EFFECT ON GROUNDWATER QUALITY

Notekūdeņu dulķu iedarbība uz pazemes ūdeņu kvalitāti

A. Gontaszewska, A. Kraiński

Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Z. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra,
Poland

Abstract

The influence of sludge on the groundwater's quality has been shown on the bases of the agricultural exploitation of the sludge from a sewage-treatment plant. Little thickness of unsaturated zone (8.8 m) is not effective protection against the infiltration of the pollution from the surface. Unsaturated zone consist of sand of permeability coefficient $k=0,68$ m/h. The time of the vertical infiltration into the aquifer has been estimated at $t=14,4$ days. The investigations carried out during fertilization with the sludge have revealed an undoubted increase in the concentration of some ions as well as the increase in pH of the groundwater. The increase in the amount of some ions (e.g. $N-NO_3$, SO_4 , Zn) as well as detergents indicates the possibility (as function of time) of reaching higher values than the ones permissible for drinking water. The phenomenon of the increase in the concentration of the particular ions will be accelerated after depletion of sorption of the soil in the unsaturated zone. The time can be estimated for not more than several years, taking into account a small area of the fertilized fields and high contents of "pollution" in the sludge (the total of the heavy metals reaches up to 1,5 g/kg)

Keywords: *sewage sludge, groundwater quality, pollution, sludge exploitation.*

The sludge of the Gubin-Guben sewage-treatment plant is used in field fertilizing in the area of Brzozów, West Poland (fig.1). To evaluate the influence of the agricultural application of the sludge some geological research has been carried out and a local monitoring network has been made in two stages [7]. The compositions of the underground water and the sludge are analysed within the monitoring of the environment, which includes mainly the influence of the sludge on the underground water quality, each three months. The paper presents the analysis of the relation between the underground water quality and the composition of the sludge.

The geological structure of the region of the sludge application has been recognised in details to the depth of 15m under the ground level. There are sand deposits in the subsoil. It should be connected with the glacial outwash of Weichsel glaciation [4]. The thickness of the outwash series exceeds 15m. It consists mainly of medium and coarse sands and locally fine sand and sand gravel mix. In the southern part of the region there are loamy sands of the thickness up to 3m. down from the surface of the area.

In the bottom of the fluvio-glacial deposits occur glacial drift, which can be connected with Saale glaciation [5,6,8]. The top surface of the glacial drift is irregularly distributed in the geological space (fig.2 and fig.3). This is probably partly the result of the glaciectonical distortions connected with the presence of the glacier front of Brandenburger glaciophase in the northern part of the region.

A single water bearing layer of the Quaternary level occurs in the subsoil of the described area. The water level stabilises at the depth 0.91 – 12.81m. under the ground level. The falls of the water level vary (fig.1), which results from the elevation of the loamy subsoil (and the water level) in the line of the holes VI – IV. The thickness of the aeration zone south from the holes VI-IV increases from about 6–7m to nearly 11-13m. (fig.3) with the mean value (from the piezometers in the fertilized area) $m. = 8.81m$. The values of the filtration coefficient oscillate in the range from $k=0.075m/h$ up to $k=1.98m/h$, with the mean value $k=0.63m/h$ ($\text{forn}=24$). It is also characteristic (in the majority of the holes) that the values of the filtration coefficient increase with depth.

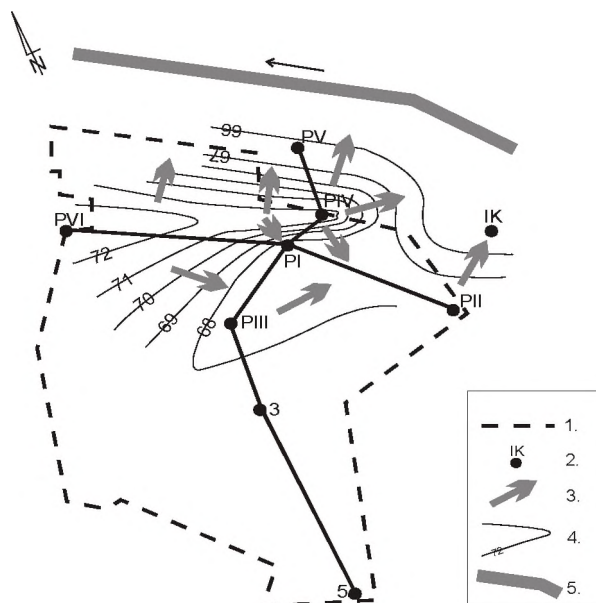


Fig. 1. Situation map of the region of sludge application. Explanation: 1- region's boundary; 2 – point of water uptake; 3 – groundwater flow; 4 – hydroisohypse; 5 - river

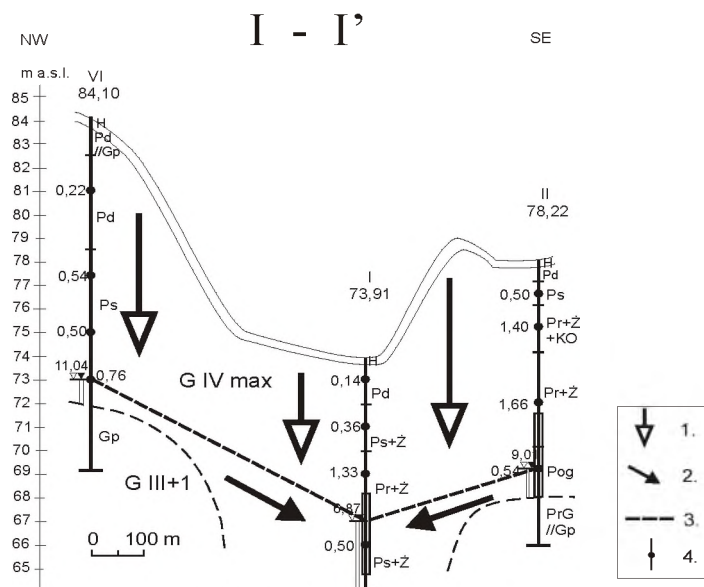


Fig.2. Geological Section I - I'

Explanations: 1 - infiltration of pollution in the aeration zone; 2 - water flow in the water bearing layer; 3 - underground water level; 4 – filtration coefficient (m/h)

The thickness of the aeration zone in the recognised (northern) part of the area amounts from about 1m. (holes II and VI) up to several meters (3 and IV). The values of the filtration coefficient amount from $k=0.14\text{m/h}$ to $k=1.87\text{m/h}$. The mean value $k=0.68\text{m/h}$ (for $n=11$) is congruent with the calculated value of the filtration coefficient for the aeration zone. Periodical variations of the water level depend exclusively on the meteorological conditions (rainfalls) and amount from 0.49m (hole III) to 1.88m. (I).

Assuming the above mean values of the parameters of the aeration zone, the time of vertical infiltration through the zone can be calculated [10] (time of the shift of compounds from the sludge to the underground water level) which means that chemical compounds can be shifted from sludge to water bearing layer within two weeks.

The results of the 2001-2002 research of the sludge of the Gubin-Guben sewage-treatment plant are presented in tab.1

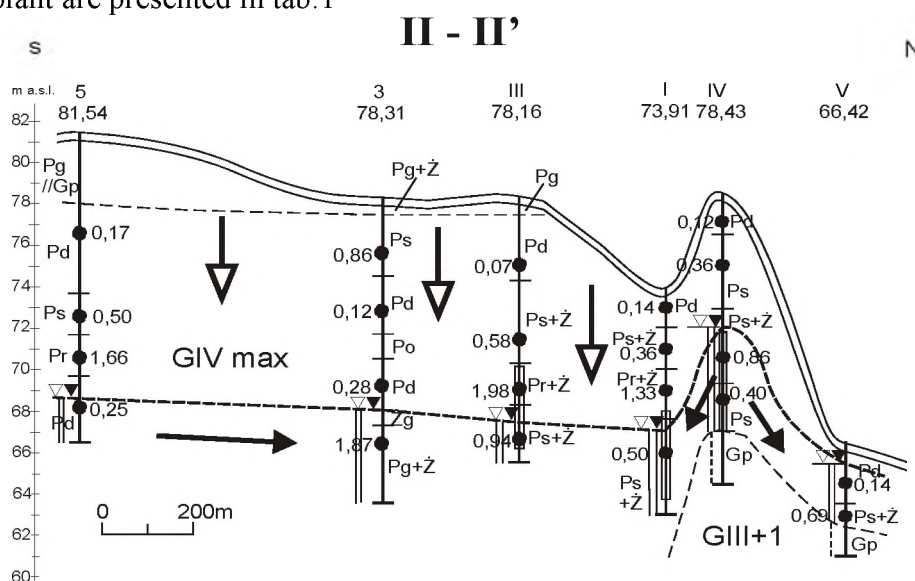


Fig.3. Geological Section II – II. Explanations – see fig.2.

The values of the particular physicochemical parameters vary considerably, e.g. the content of zinc ranges from 3801170mg Zn/kg s.m. High pH of the sludge: from 10.5 to 12.1, which may limit considerably the mobility of metal ions [18]. The typical range given in the table comes from [11] and comprises the results derived from 156 sewage-treatment plants during the years 1993-2000.

Table 1.

The results of the examination of the sludge of the Gubin-Guben sewage-treatment plant

indicator	unit	14.02.01	29.05.01	15.09.01	11.12.01	26.03.02	31.05.02	10.07.02	mean values	typical range
humidity	%	72,6	69,2	73,4	68,8	69,9	48,3	69,4	67,40	-
organic matter	%	48,2	47,0	47,4	36,0	43,4	75,0	49,9	49,56	50,62
reaction	pH	12,1	12,1	10,6	11,9	11,9	10,5	11,3	11,49	6,5-7,5
nitrogen	%	2,39	2,65	2,75	3,00	3,40	4,20	4,7	3,30	3,53
phosphorus	% P ₂ O ₅	1,10	1,3	1,11	1,28	1,50	2,05	2,45	1,54	3,01
calcium	% CaO	6,3	6,1	11,1	6,3	6,20	7,9	8,4	7,47	3,31
potassium	%K ₂ O			0,05			1,20	1,20	0,82	0,4
magnesium	%MgO	0,54	0,6		0,9	0,78	0,9	1,10	0,80	0,72
zinc	mgZn/kg	167	208	1170	688	414	38	187	410	1350
copper	mgCu/kg	95	97	31	250	290	197	81	149	147
lead	MgPb/kg	22	45	200	85	83	60	14	73	47,5
chromium	MgCr/kg	8,2	6,7	13	15	42	23	13	17	175
nickel	mgNi/kg	9,3	11	24	21	22	22	7	17	30
cadmium	mgCd/kg	1,0	0,8	4	8	2	1	1	2,5	3,3

The sorption features of the glacial outwash deposits have been described in [1], as has been the influence of anthropo-pressure on the underground water in [9, 13-15, 17] as well as problems connected with heavy metals in sewage, their migration and forms of occurrence [2, 3, 17, 19]. Data derived from piezometers PI, PII, PIII and a test well (IK), which is localized in the north of the area, have been used for the analysis of variation in the chemical composition of underground water resulting from the sludge fertilization.

The features of the underground water derived from the piezometer PVI have been assumed to be the hydro-geo-chemical background (so, the composition of the underground water corresponding to the composition before the sludge fertilization). It is should be mentioned, however, that the piezometer was produced in 2002.

It results from the comparison of the values that:

- pH of the underground water has increased from 6.7 to 6.8;
- oxidizing abilities of water has decreased from 6.5 – 3.5 mgO₂/dm³;
- the content of ammonia nitrogen has increased from 0.19 – 0.60 mgNH₄/dm³;
- the content of sulphate has increased from 40 – 90 mgSO₄/dm³;
- the content detergents has increased from 0.0015 – 0.0320 mg/dm³;
- the content of zinc has increased from 0.07 – 0.30 mgZn/dm³;

Table 2.

Statement of the mean values of indicators in the water of the local monitoring network

	P I	P II	P III	IK	mean values	P VI	increase (%)
pH	6,6	6,8	6,8	6,9	6,8	6,7	1,2
oxidization	3,8	3,7	2,9	4,2	3,7	6,5	-78,1
basis	1,7	2,4	1,8	2,6	2,1	4,8	-126,3
Ca	80,7	88,3	76,5	102,0	86,9	80,1	7,8
Mg	11,5	17,1	11,6	14,9	13,8	18,2	-32,0
Fe	2,84	1,98	3,35	0,28	2,12	0,61	71,2
Mn	0,36	0,89	0,55	0,17	0,49	0,15	69,4
N-NH ₄	0,64	0,78	0,58	0,26	0,57	0,19	66,4
N-NO ₂	0,06	0,09	0,08	0,08	0,08	0,35	-358,1
N-NO ₃	17,06	12,21	12,19	17,45	14,73	1,13	92,3
PO	0,11	0,08	0,13	0,52	0,21	0,13	38,2
Cl	34,1	34,2	26,4	34,1	32,2	38	-18,0
SO ₄	84,1	97,0	87,1	120,0	97,1	40	58,8
K	17,8	13,2	6,6	20,5	14,5	9,8	32,6
detergents	0,035	0,038	0,023	0,015	0,028	0,001	96,4
Zn	0,416	0,358	0,091	0,508	0,343	0,071	79,3
Cu	0,013	0,012	0,009	0,013	0,012	0,028	-138,1
Pb	0,014	0,010	0,011	0,014	0,012	0,026	-112,7
Cr	0,008	0,007	0,005	0,006	0,007	0,008	-23,1
Ni	0,013	0,013	0,009	0,011	0,011	0,020	-76,9
Cd	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	-21,5

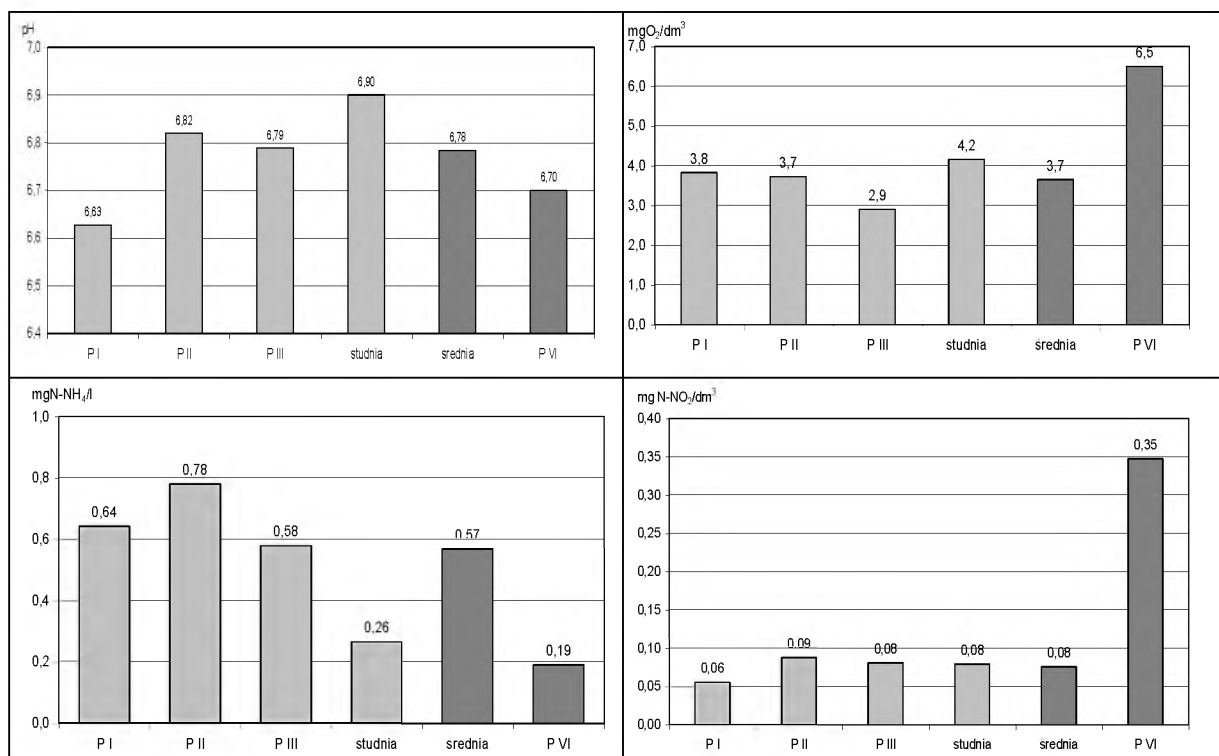


Fig.4. Comparison of mean value of some parameters in piezometers and well with hydrogeochemical background

But there is a slight decrease in the number of ions Cu, Pb, Cd and Ni. It has been probably caused by the improvement in sorption features of the ground because of the increase in pH reaction [18]. The received mean results have been compared to the values derived from the piezometer PVI. The credibility of the comparison is considerably lowered (among others) because of there's only one measurement for piezometer PVI situated at the edge of the fertilized area and a forest and it may not illustrate well the hydro-geo-chemical background. It's remarkable that the contents of: iron, manganese, ammonia, nitrates, phosphates, sulphates and detergents increase in water, with the simultaneous decrease in its alkalinity and the number of magnesium ions, nitrites, sodium and all the heavy metals, except for zinc. The decrease in the content of heavy metals ions may be attributed to the deterioration of their mobility caused by increase in pH. Also compositions between values of the particular physicochemical parameters of the sludge and underground water within fertilized area (fig.5).

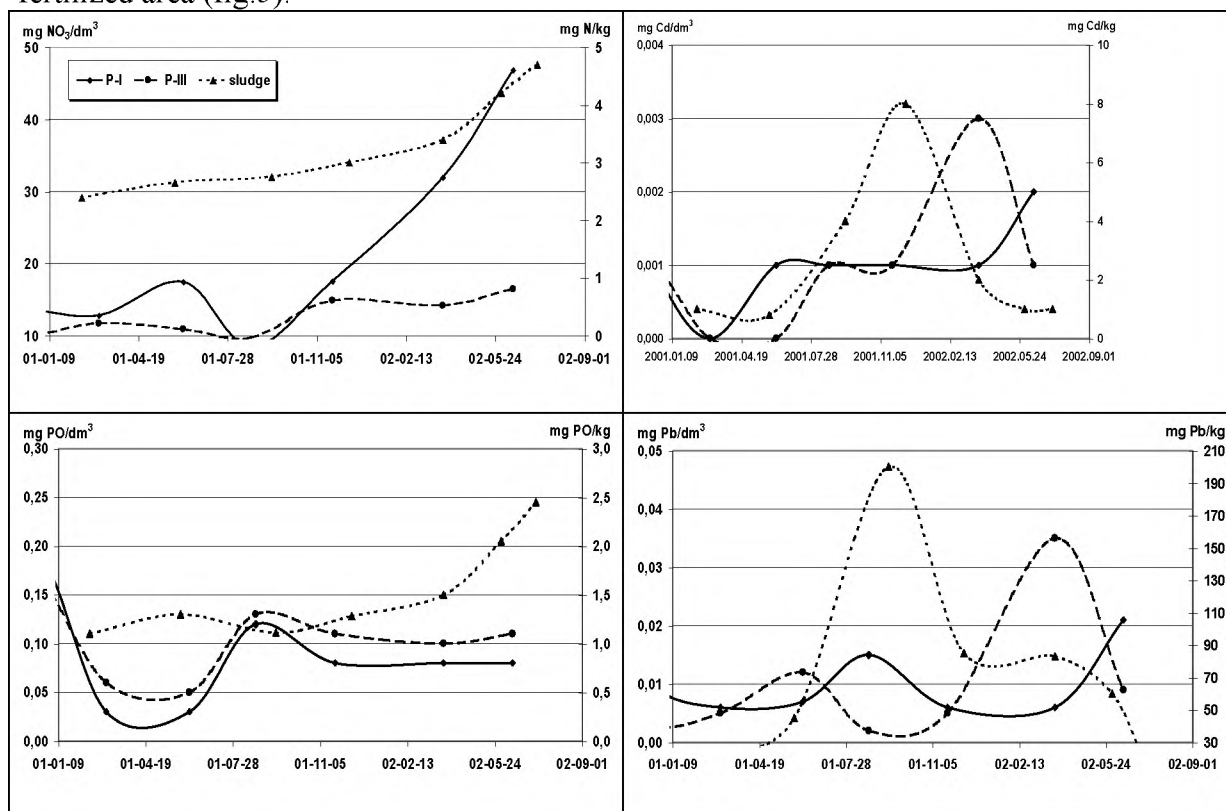


Fig.5. Comparison of contents the selected parameters in the underground water and the sludge

A close relationship between the composition of the sludge and the composition of the underground water is visible in piezometer PI. The highest correlation (r) has been found between the content of the nitrogen in the sludge and the content of the nitrogen nitrate in the underground water (0.95) and between the contents of zinc (0.73) and potassium (0.90) in the sludge and the underground water. Relationships between the contents of the particular ions in underground water from piezometers and the test well, situated in the close neighbourhood of the area fertilized with the sludge, have also been found. The relationships, best visible for piezometer PI, indicate a common source for a considerable part of ions Cl, SO₄, NH₄, Cu, Ni, Cr, Zn and detergents. The values of correlations between the contents of the particular ions in piezometers PI, PII, PII and the test well are presented in tab.3.

It results from the carried out analysis that the examined sludge applied to agriculture has a negative influence on quality of underground water. A recurring several times increase

in content of zinc ions, ammonium nitrate and nitrogen nitrate as well as the content of detergents has been recorded for a number of cases. The increased content of ammonium nitrate exceeds even the standards for drinking water. The pollution with heavy metals has not been found to be hazardous, which may be initially attributed to the high value of the sludge pH. Although, it can be just time delay, until the soil's sorptive capacity is depleted.

Table 3.

Values of the correlation coefficient (r) between the selected ions in the local monitoring network

Ions	PI	PI + PIII	PI + PII + PIII + test well IK
Cl-SO ₄	0.92	0.70	0.60
NH ₄ -NO ₂	0.87	0.69	0.58
NH ₄ -det	0.45	0.27	0.39
NH ₄ -Ni	0.74	0.68	0.51
NH ₄ -Cu	0.94	0.84	0.71
NO ₂ -Cu	0.91	0.84	0.62
Cu-Ni	0.65	0.60	0.49
Cr-Ni	0.77	0.66	0.59
Zn-Cl	-	0.65	0.45

The paper presents only a part of the results of the examinations, which has been carried out for two years now. The short time of the observations does not allow a full evaluation of the influence of the sludge agricultural application on the underground water quality. However, a considerable influence of high pH of the sludge on the content of ions of heavy metals in the underground water is recorded, since the high pH results in a decrease in the number of heavy metals. The variations in the water quality within the mean values of parameters are considerable and may exceed 100%. It may also be concluded that after the depletion of the sorptive capacity of the soil in the unsaturated zone the composition of water does not deteriorate. The essential limitation of the presented analysis is the lack of the reliable data on the hydro-geo-chemical background and the values of the natural variations of the parameters within a year and a couple of years.

References

1. Bagińska B.: Właściwości sorpcyjne osadów sandrowych oraz ich wpływ na kształtowanie chemizmu wód gruntowych w obszarze zagospodarowanym rolniczo. *Przegląd Geologiczny*, No 2, Warszawa, 1994
2. Bartosiewicz S.: Wycieki ze składowisk odpadów zagrożeniem dla wód powierzchniowych i gruntowych. *Odpady i środowisko*, No 4(16) 2002
3. Bojkowska I., Sokołowska G.: Formy występowania Cd, Pb i Zn we współczesnych osadach aluwialnych Polski. *Przegląd Geologiczny*, No 6, Warszawa 1992
4. Cepek A., Hellwig D., Nowel W.: Zur Gliederung des Saale-Komplexes im Niederlausitzer Braunkohlerzeier. *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge* 1, Berlin 1994
5. Jeziorski J.: Osady czwartorzędowe i ich podłoże w SW części Ziemi Lubuskiej. *Kwartalnik Geologiczny* t. 31, zeszyt 2/3, Warszawa 1988
6. Jeziorski J.: Zjawiska glacictoniczne kształtujące podłoże osadów czwartorzędowych południowo-zachodniej części Ziemi Lubuskiej. *Vith Glacitectonics Symposium*, Zielona Góra 1989
7. Kraiński A.: Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne z rozbudowy sieci monitoringu lokalnego (rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych) w Brzozowie. *Archiwum autora*.
8. Lindner L.: *Czwartorzęd*, Wyd. PAE, Warszawa 1992

9. Macioszczyk A.: Zróżnicowania tła hydrogeochemicznego wód podziemnych eksploatowanych na terenie środkowej i północnej Polski. *Przegląd Geologiczny* No 2, Warszawa 1989
10. Macioszczyk T.: Czas przesączania pionowego wody jako wskaźnik stopnia ekranowania warstw wodonośnych. *Przegląd Geologiczny*, vol 47 No 8, Warszawa 1999
11. Maćkowiak Cz.: Skład chemiczny osadów ściekowych i ich wartość nawozowa. *Przegląd Ekologiczny* nr 1, Inst. Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy 2000
12. Mierzwa J., Pawłowski L.: Metale ciężkie w ściekach i osadach miejskich, *Gospodarka Wodna*, No 3, 1986
13. Pleczyński J.: Naturalna odporność struktur wodonośnych na zanieczyszczenia. *Technika poszukiwań Geologicznych*. No 5-6, Warszawa 1988
14. Reuter G.J., Saunders W.R., Dalton R.I., Althoff W.F.: An emergency hydrogeologic evaluation of a chemical dump site. *Ground Water* vol. 21, No 5, 1983
15. Roszak W.: Wpływ antropopresji na wody podziemne. *Współczesne problemy hydrogeologii*, Wrocław 1983
16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 04.09.2000 w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. Dz.U.Nr 82 poz. 937, Warszawa 2000
17. Sikora W., Budek L.: Skład mineralny i właściwości sorpcyjne kilku pospolitych skał ilastych Polski. *Przegląd Geologiczny* vol. 44, No 6, Warszawa 1996
18. Sukreeyapongse O., Holm P., Strobel B., Panichsakpatana S., Magid J., Hansen H.: pH-dependent release of Cd, Cu and Pb from natural and sludge-amended soils. *J. Environ. Qual.* 31, 2002
19. Szymański K.: Migracja metali ciężkich w ośrodku porowatym a ochrona wód gruntowych. *Gospodarka Wodna* nr 7, 1987

DABAI DRAUDZĪGAS BIODĪZEĻDEGVIELAS RAŽOŠANAS IESPĒJAS LATVIJĀ

Environment Friendly Biodiesel Fuel in Latvia

E. Gudriniece, M. Strēle, V. Skujiņš¹

Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, e-mail: gudr@ktf.rtu.lv

¹SIA "Delta Rīga", Naukšēni

Abstract

Biodiesel fuel (RME and REE) are alternative, environment friendly fuels for diesel engines, obtained from rapeseed oil and methanol or ethanol. RME are produced with capacity 2500 t/year at SIA "Delta Riga" experimental factory Naukseni in Latvia. The laboratory method of production biodiesel fuel (REE) from rapeseed oil and ethanol has been worked out at RTU. Blends RME and REE with fossil diesel fuel are applied, as well.

Keywords: rapeseed oil, methanol, ethanol, biodiesel fuel, RME, REE, fossil diesel fuel.

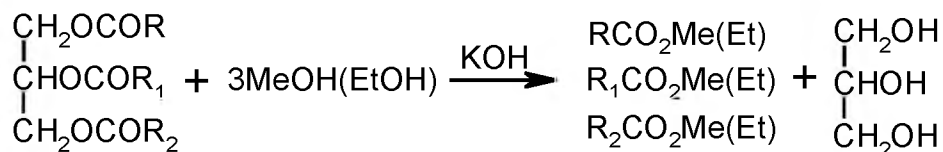
Motoru degvielu iegūšanas avoti – nafta un akmeņogļu krājumi – strauji samazinās. Cik ilgam laikam pietiks šo izejvielu motoru degvielu iegūšanai, skaidri nav zināms. Uzskata, ka naftas pietiks vēl 40-50 gadiem, ja netiks atrasti jauni krājumi. Arvien vairāk tiek domāts par alternatīvajiem enerģijas avotiem (saules, vēja, ūdens), jaunām izejvielām degvielu ieguvei (augu eļļas, tauki, atstrādātās taukvielas u.c.).

Jaunākie pētījumi (pēdējie ~10-15 gadi) liecina, ka augu eļļas ir neaizstājams alternatīvās dīzeļdegvielas ieguves avots. Pie šāda secinājuma nonākuši sevišķi to valstu zinātnieki un tautsaimnieki, kurās nav naftas. Plaši attīstās alternatīvās dīzeļdegvielas ražošana Vācijā, Francijā, Austrijā, Čehijā, arī ASV, Kanādā u.c.

Prognozēts, ka 2003. gadā biodīzeļdegvielas apjoms pasaulē sasniegs ~2,8 milj.t [1]. Arī Latvijā Naukšēnos SIA "Delta Rīga" 2001. gadā biodīzeļdegvielas (RME) ražošanu no rapšu eļļas un metanola nātrija hidroksīda klātbūtnē sāka pirmā Baltijā eksperimentālā rūpnīca.

Pasaulē šī tehnoloģija ir pamatā biodīzeļdegvielas ražošanai no taukvielām.

Latvijā acīmredzot izdevīgāk būtu metanola vietā lietot etanolu, jo tas ir mazāk toksisks un ir vietējā izejviela. Tāpēc RTU Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātē izstrādāta laboratorijas metode rapšu eļļas augstāko taukskābju etilēsteru (biodīzeļdegvielas REE) iegūšanai no rapšu eļļas un absolūtā etanola kālija hidroksīda klātbūtnē [2-5]. RME un REE rašanos var attēlot ar šādu reakcijas shēmu:



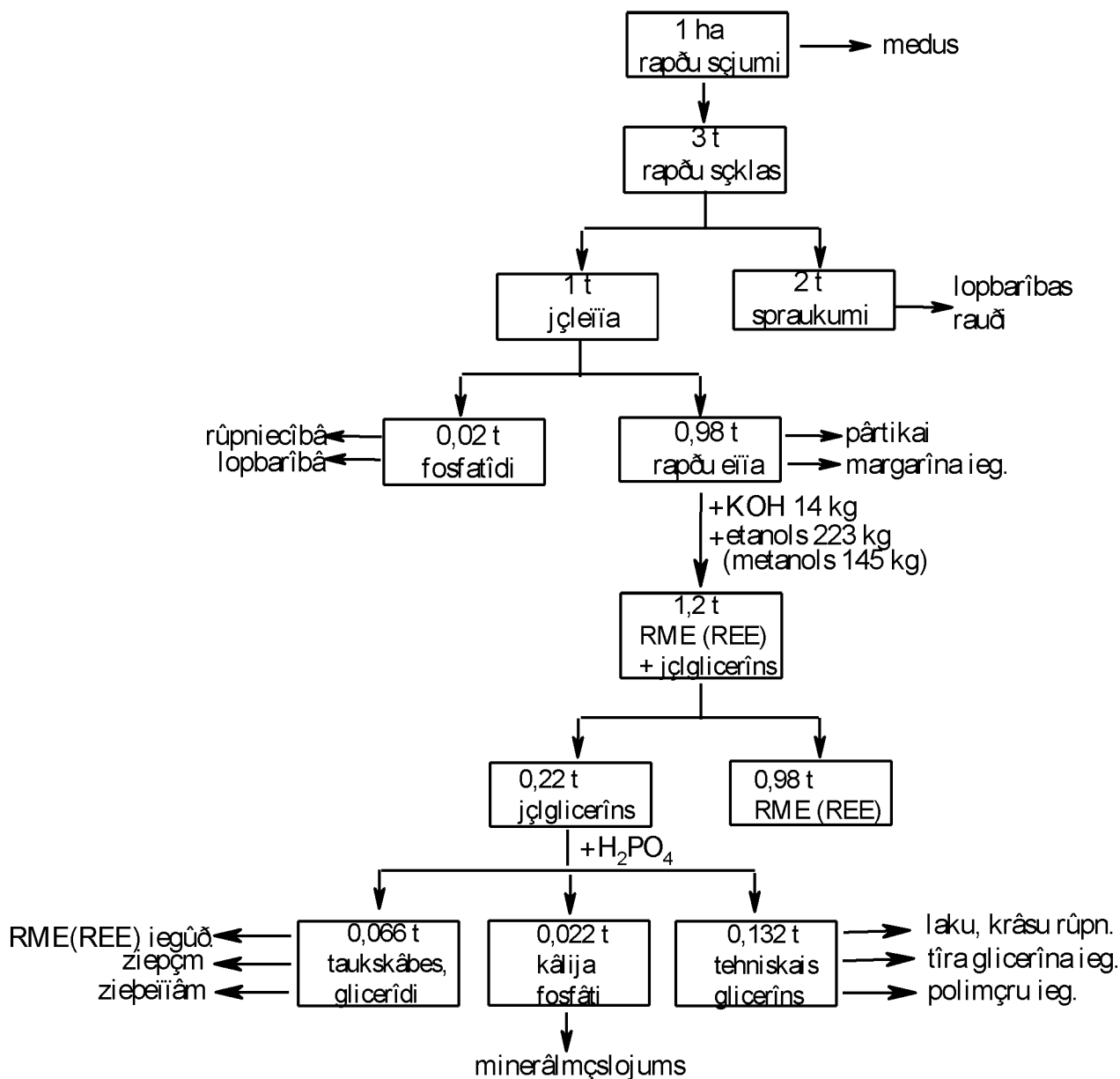
Reakcija norit sārnu klātbūtnē. Literatūrā [6, 7] parādās darbi par enzīmu - lipāžu kā katalizatoru lietošanu RME, REE u.c. biodīzeļdegvielu ražošanai.

RME (REE) ražošana notiek pēc bezatkritumu tehnoloģijas, 1. attēlā parādīts, cik daudz deņģu produktu var iegūt no 1 ha rapšu sējumiem.

Latvijā ražoto biodīzeļdegvielu RME un REE kvalitātes rādītāji visumā atbilst citu valstu standartu prasībām (skat. 1. tab.).

Biodīzeļdegvielas priekšrocības, salīdzinot ar fosilo dīzeļdegvielu, ir: tā nepiesārņo augsni un ūdeni, jo bioloģiski sadalās 21 dienā; tā ir netoksiska, letālā deva LD 50 ir 17,4 g/kg

(nātrija hlorīds 10 reizes toksiskāks). Sadegot motoros, biodīzeļdegviela saglabā oglekļa dioksīda (CO₂) līdzsvaru atmosfērā – nepalielinās siltumnīcas efekts. Izplūdes gāzes nesatur sēra oksīdus, fosfora savienojumus un aromātiskos ogļūdeņražus. Kvēpu daudzums, salīdzinot ar fosīlo degvielu, samazinās no 10 m⁻¹ līdz 0,4 m⁻¹, slāpekļa oksīdu daudzums no 570 mg/m³ uz 494 mg/m³.



1. att. Produkti, ko var iegūt no 1 ha rapšu sējumiem

Kā trūkumu biodīzeļdegvielai (RME, REE) var atzīmēt tās nedaudz mazāko siltumspēju, salīdzinot ar fosīlo dīzeļdegvielu (skat. 1. tab.). Tādēļ pieaug tās patēriņš, aptuveni par 10 %.

Pasaulē arvien plašāk lieto biodīzeļdegvielas maisījumu ar fosīlo dīzeļdegvielu. Biodīzeļdegviela uzlabo fosīlās dīzeļdegvielas kvalitāti. Tās molekulu struktūrā ir skābeklis, līdz ar to degviela motoros pilnīgāk sadeg. Biodīzeļdegviela labi sajaucas ar fosīlo dīzeļdegvielu jebkurās tilpuma un masas attiecībās. Parasti lieto maisījumus ar biodīzeļdegvielas saturu 5-50 % (masas %) [8].

1. tabula

Dažādu biodīzeļdegvielas sastāvu kvalitātes rādītāji

Kvalitātes rādītāji	Mērvienība	REE (RTU)	RME (Naukšēni)	RME ČSN 656507	RME : fosilā degv., 31 : 69 (Naukšēni)	RME : fosilā degv., 31:69 ČSN 656508	RME pr. EN 14214
Blīvums, 15 °C	g/cm ³	0,866-0,885	0,880	0,870-0,890	0,849	0,820-0,860	0,860-0,900
Viskozitāte kinemāt., 40 °C	mm ² /s	4,5-5,5	4,9	3,5-5,0	3,3	2,0-4,5	3,5-5,0
Uzliesmošanas temp. slēgtā tīģelī	°C	198	150	>110	85	>55	>101
Sēra saturs	masas %	0,027	0,026	<0,02	0,022	<0,04	mg/kg <0,001
Cetānskaitlis		56	60	>48	55	>46	>51
Ūdens saturs	mg/kg	238	310	<500	200	<500	<500
Skābes skaitlis	mg KOH/g	0,5	0,4	<0,5	0,4	<0,25	<0,5
Jodskaitlis	g I ₂ /100g	116,2	115,8		34,8		<120
Peroksiskaitlis	% I ₂	0,10	0,07		0,22		
Siltumspēja	MJ/l	33,3	33,9	37,1	33,1	40,5	
Rapšu eļļas taukskābju esteru saturs	masas %	89,4	98,8		41,9		>96,5
Ēsteru skaitlis	mg KOH/g	181,6	187,0	185-190	79,3		
Sārņu metālu saturs	mg/kg	0	0	<10			<5
Duļķošanās sākuma temperatūra	°C	-10	-4	-5		0	+5
Sacietēšanas sākuma temperatūra	°C	-23	-22			-25	-20

RME (REE) ražošana Latvijā veicinās tautsaimniecības un atpalikušo reģionu attīstību, kā arī darba vietu un iedzīvotāju ienākuma palielināšanu. Samazināsies naftas produktu imports, izejvielas iegūstot no ataudzējamiem vietējiem resursiem. Tiks izpildītas ES normas biodegvielu lietošanā un vides kvalitātes rādītāju ievērošanā. Samazināsies gaisa, augsnes un ūdeņu piesārņojums, uzlabosies iedzīvotāju veselība.

Literatūra

1. Pranki H. High biodiesel quality required by European Standards. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 2002, **104**, 371-375.
2. Gudriniece E., Šneps-Šnepe V., Strēle M., Citskovskis J., Seržane R. Biodīzeļdegvielas (REE) iegūšana un īpašības. RTU Zinātniskie raksti. I.sērija. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija, 2001, **2**, 35.
3. Grundulis A., Zihmane K., Gudriniece E. Biodīzelis no rapšu eļļas un tā izmantošana. Konf. EcoBalt-2001, 14.09.2001., Tēzes, Rīga, 50.
4. Gudriniece E., Alksnis A., Rabkēviča S., Seržane R., Skujiņš V., Strēle M., Vīksne A., Zihmane K. Rapšu eļļas pārēsterificēšanas produkti un to lietošanas iespējas. RTU Zinātniskie raksti. I.sērija. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija, 2001, **3**, 38.
5. Гудринице Э., Стреле М., Сержане Р. Исследование рапсового масла в Рижском техническом университете. Латвийas Ķīmijas Žurnāls, 2002, **3**, 277.

6. Simon Fr.G., Brenneis R., Köcher P. Enzymatic production of biodegradable lubricants from waste fat. 6th World Congress on Integr. Resour. Managm., Geneva, 2002, 12.15.02., CD N17.
7. Nelson L.A., Foglia T.A., Marmer W.N. Lipase-Catalyzed Production of Biodiesel. J. Oil Chem. Soc., 1996, **73**, 8, 1191.
8. Andel M. Fuel for compression ignition engines. Czech. Pat. 285470, 1999; C.A., 133, 19936w.

KOKGĀZES IEGUVE UN RACIONĀLA IZMANTOŠANA KOMBINĒTAI ELEKTRĪBAS UN SILTUMA RAŽOŠANAI LAUKU UZŅĒMUMOS

Generation of Woodgas and its Rational Use for Combined Power and Heat Production at Rural Enterprises

V. Gulbis

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Spēkratu institūts

J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, LV-3001, Latvija

tāl. 3080703, e-mail: biodegv@cs.llu.lv, fax: 3027238

Abstract

During the last few years combined production of electricity and heat based on biomass gasification technology and on gas utilization in gas-fired engines has been widely reconsidered. This method is more sustainable and environmentally friendly provision of energy in the future. Latvia is rich in forests and the wood processing industry is developing very fast, giving about 4.5 mill. m³ of woods residue per year. The use of wood residue does not follow the increase of wood production. In Latvia we have abundant biomass resources such as wood harvesting and wood processing residues, waste wood and sawdust. As a first attempt to introduce biomass gasification technology in Latvia some researchers at the faculty of engineering of LUA are developing an integral small scale combined heat and power (CHP) system based on a used Russian-made diesel-alternator set with electrical output 100 kWe. The diesel is converted to dual fuel gas engine, using producer gas as the main fuel and gas oil as pilot fuel. To get sufficiently clean (tar content ≤ 250 mg/m³) woodgas for using in IC engine a downdraft type of gasifier was chosen designed and constructed on the "IMBERT" gasifier principles. The test runs of the first experimental model showed that the engine does not develop expected power because of high resistance of gasifier and gas cleaning system does not work sufficiently enough. There was rather high level of tar content in woodgas because the temperature in the reduction zone was too low. Calculations were carried out and a new technological scheme of gasification system was worked out, introducing innovative ideas aimed on improving the working parameters. The experiments and calculations showed that such a type of CHP plant could be a technologically and economically interesting option for small sawmills and farms in rural areas.

Key words: biomass gasification, woodgas, gas producer, cogeneration

Ievads

Latvijā pēdējos gados strauji attīstās mežizstrāde un kokrūpniecība. Izcērt 8 – 10 milj.m³ koku gadā. No šī daudzuma apmēram puse ir enerģētiskā koksne – zāģskaidas, nomaļi u.c. atgriezumi, kuri lielos daudzumos paliek neizmantoti. Kaut arī šķeldas un zāģskaidu izmantošana kurtuvēs, kā arī brikešu un granulu ražošanai gadu no gada pieaug, tomēr koksnes atlikumi kokapstrādes uzņēmumos vēl arvien pilnībā netiek izmantoti. Turklāt, mežizstrādes procesā daudz nekvalitatīvu koku, galotņu un zaru paliek mežā sapūšanai.

Pārgāzējot koksnes atlikumus, īpaši izveidotā stacionārā gāzģeneratorā, iegūstam kokgāzi, kuru izmanto iekšdedzes motora darbināšanai mazas jaudas (0.1 – 1.0 MW) koģenerācijas stacijā, vienlaicīgi ražojot kā elektrību, tā arī siltumu. Kokapstrādes uzņēmumam ir iespējams pilnībā izmantot koksnes atlikumus un iegūt papildus peļņu, samazinot savus izdevumus elektrības un siltuma iegādei, kā arī pārdodot daļu enerģijas tīklam. Šim risinājumam ir arī ekoloģiska nozīme, jo samazināsies dabas piesārņošana ar pūstošiem koksnes atlikumiem un CO₂ izplūde atmosfērā.

Šī darba mērķis ir zinātniski pamatot tehnoloģisko procesu koksnes atlikumu pārgāzēšanai gāzģeneratorā un iegūtās kokgāzes izmantošanai koģenerācijas motorstacijā. Galvenais uzdevums mērķa sasniegšanai ir tādas koksnes pārgāzēšanas sistēmas izveide, kas spētu nodrošināt pietiekami kvalitatīvu gāzi motora efektīvai darbināšanai. Gāzei jābūt pietiekoši atdzesētai ≤ 60 °C, ar iespējami augstāku siltumspēju ≥ 4.5 MJ/kg, attīrītai no darvas ≤ 250 mg/m³ un putekļiem ≤ 100 mg/m³.

Lai tehniski risinātu šādas sistēmas izveidi, LLU Spēkratu institūtā ir uzbūvēta un izmēģināta eksperimentāla koģenerācijas motorstacija ar elektrisko jaudu 100 kW un siltuma jaudu 150 kW. Izvēlēts fiksēta slāņa atmosfēras spiediena, leļupdedzes tipa gāzģenerators, kura konstrukcija izveidota pēc klasiskā "IMBERT" gāzģeneratora principa, ieviešot vairākus jauninājumus, kas praktiski nodrošina pilnīgu darvas u.c. pirolītisko vielu krekingu. Gāzes atdzesēšanas un attīrīšanas sistēmā ietilpst ciklons, gāzes dzesētājs, skrubers, gāzes susinātāji, filtrs un gāzjaucis.

Koģenerācijas motorstacija izveidota uz lietotas, Krievijā ražotas, pārvietojamas 100kW dīzeļelektrostācijas bāzes. Standarta dīzeļmotors JAMZ-238IM pārveidots par gāzdīzeli, maisījuma aizdedzināšanai izmantojot dīzeļdegvielas padeves daudzumu 15% no nominālā. Gāzdīzeli aprīkots ar siltummaiņiem siltuma noņemšanai no motora atgāzēm, dzeses sistēmas un eļļošanas sistēmas. Koģenerators raksturojas ar augstu lietderības koeficientu 0.85 - 0.9, elektroenerģijā pārvērš 29 - 32% no siltuma daudzuma, ko pieveda ar kokgāzi, bet 55 - 58% - siltuma enerģijā, pārējie 10 - 13% ir zudumi.

Motorstācijas konstrukcija

Spēkratu institūtā 1999.g. uzbūvētās pirmās eksperimentālās koģenerācijas motorstācijas konstrukcijā tika izmantots sūcgāzes princips t.i. sistēmas darbību nodrošināja motora ieplūdes retinājums [1]. Gāzģeneratora un gāzes pievadsistēmas palielinātas pretestības dēļ, cilindru pildījums bija samazināts un stabilā darba režīmā motors spēja attīstīt efektīvo jaudu tikai 70 kW, resp. jauda samazinājās par 30% salīdzinājumā ar dīzeļdegvielu. Bija arī citi būtiski trūkumi: samazināta gazificēšanas intensitāte (217 kg/m²h), pazemināta gāzes temperatūra redukcijas zonā ($\leq 920^{\circ}\text{C}$), palielināts pilotdegvielas patēriņš (par 10 - 15%), nepietiekoša gāzes attīrīšana no darvas u.c. piemaisījumiem [1, 2].

Lai leļupdedzes gāzģeneratorā notiktu pilnīgs gāzes krekinga process, resp. darvas un pirolītisko vielu sadalīšana elementārās gāzēs, degšanas un redukcijas zonās temperatūrai jābūt ne zemākai kā 950°C [3], [4] un gāzei jāatrodas šajā temperatūrā ne mazāk kā 2 s [5]. Lai to panāktu degšanas un redukcijas zonas augstumam jābūt 1 - 1.2 no pirolīzes telpas diametra [8].

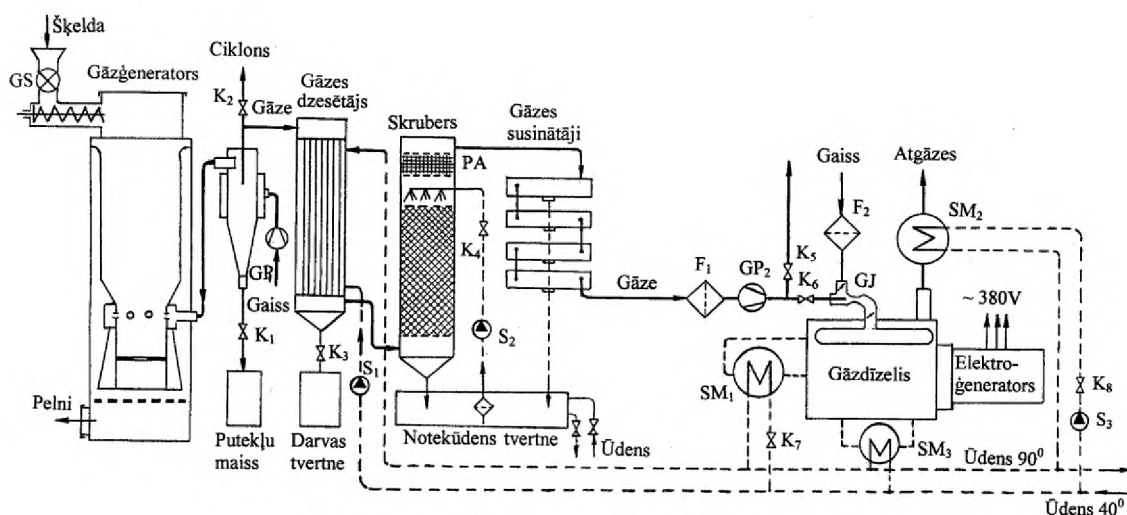
Dažādu autoru pētījumu analīze rāda, ka, lai nodrošinātu ilgtspējīgu iekšdedzes motora darbu, gāzes kvalitātei jāatbilst sekojošām prasībām:

- gāzes temperatūra ieplūstot cilindros $40^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$
- pieļaujama darvas saturs gāzē $\leq 250\text{ mg/m}^3$
- pieļaujama ūdens saturs gāzē $\leq 400\text{ g/m}^3$
- cieto daļiņu (ogļu un pelnu putekļu) daudzums $\leq 100\text{ mg/m}^3$

Praktiski liela daļa no minētajām prasībām pirmajā modelī konstrukcijas nepilnību dēļ nebija izpildīta un plānotie darba parametri netika iegūti. Tomēr eksperimentu rezultāti parādīja, ka principā gāzģeneratora koģenerācijas motorstacija ir darba spējīga, deva iespējas analizēt trūkumus, pētīt un meklēt ceļus šo trūkumu novēršanai un konstrukcijas pilnveidošanai.

Rezultātā uz pirmā modeļa bāzes ir izveidots jauns eksperimentālais modelis, kurā iepriekšējās kļūdas ir mēģināts novērst. Salīdzinot jaunā modeļa principiālo shēmu (1.att.) ar pirmā modeļa shēmu [1], varam atzīmēt sekojošo. Gāzģeneratora augšgalā pierīkots gliemeža tipa šķeldas padevējs, kas apgādāts ar gaisa-gāzes slūžām GS (1.att.) un nodrošina nepārtrauktu gāzģeneratora darbu. Lai nodrošinātu gāzes krekingu, temperatūra degkamerā un redukcijas zonā paaugstināta līdz 1200 - 1300 °C. Tas panākts ierīkojot gaisa papildus uzsildīšanu ārpus gāzģeneratora, iebūvējot garāku, cilindriskas formas redukcijas kameru un piemetinot tās ārpusē metāla plāksņu ribas, kas uzlabo siltuma akumulēšanu. Stacionārā konusa vietā ierīkoti maināmi gredzeni. Gaisa padevi gāzģeneratorā ar nelielu virsspiedienu nodrošina gaisa pūtējs GP₁. Piecas gaisa ievadsprauslas (furmas), kuras pirmajā modelī

degkamerā bija iemontētas radiāli, tagad iemontētas tangenciāli. Tas dod divkāršu efektu. Pirmkārt, gaisa plūsma pilnīgi noklāj visu degkameras šķērsriezuma laukumu, radot vienmērīgu degšanas temperatūru visā šķērsgriezumā un sekmējot pilnīgāku gāzes krekingu un, otrkārt, rada virpuļveda gāzes kustību, kā rezultātā pelni tiek atsviesti uz reaktora cilindriskās telpas iekšējām sienām un pārklāj sienas ar kūstošu šlagas slānīti, kas pasargā metāla korpusu no izdegšanas un ļauj reaktorā uzturēt augstāku darba temperatūru.



1. att. Eksperimentālās gāzģenerators koģenerācijas motorstacijas principiālā shēma:

$K_1 \dots K_8$ – krāni; $S_1 \dots S_3$ – sūkņi; SM_1, SM_2, SM_3 – siltummaiņi; F_1, F_2 – filtri; GS – gaisa – gāzes slūžas; GP – gāzes pūtējs; GJ – gāzjaucis; PA – pilienu atdalītājs

Gāzes atdzesēšanas un attīrīšanas sistēmā veiktas sekojošas izmaiņas. Papildus iebūvēts ciklons karstās gāzes attīrīšanai no cietām daļiņām (pelnu putekļiem). Putekļus, periodiski atgriežot krānu K_1 , savāc hermētiskā maisā. Skrubera augšgalā pierīkots pilienu atdalītājs PA , kas papildus samazina gāzes mitrumu. Gāzes padeves sistēmā iebūvēts gāzes pūtējs GP_2 , kas nodrošina gāzes virsspiediena iepilūdi motora cilindros. Līdz ar to izmainīta gāzjauča konstrukcija, izmantojot Venturi principu, lai nodrošinātu gaisa piejaukšanu gāzei noteiktā proporcijā (skat. shēmu 1.att.).

Metodes un materiāli

Lai nodrošinātu izvirzītā mērķa izpildi, veikts projektējamā gāzģenerators tehnoloģiskā procesa aprēķins. Aprēķins pamatojas uz pirmā eksperimentālā modeļa [1] testēšanas rezultātu un novēroto trūkumu analīzi par doto tēmu. Izejas parametri skaitlisko piemēru risināšanai ņemti no iepriekšējo eksperimentu rezultātiem, tehniskās literatūras datiem un dotā gāzdīzeļa tehniskā raksturojuma. Izveidotā gāzģenerators un koģenerācijas motorstacijas konstruktīvi tehnoloģiskā shēma satur jaunus risinājumus, kuri vēl jāpārbauda eksperimentāli.

Rezultāti

Nepieciešamo gāzes daudzumu dīzelmotora darbināšanai aprēķinam izejot no dotā motora raksturojuma: nominālā jauda 117 kW, griešanās frekvence $n=1500 \text{ min}^{-1}$, cilindru diametrs $D=13 \text{ cm}$, virzuļu gājiens $S=14 \text{ cm}$, degvielas īpatpatēriņš $g_e=226 \text{ g/kWh}$, cilindru skaits $i=8$.

Darba maisījuma (gāze + gaisa) daudzumu $V_m, \text{ m}^3/\text{h}$, kādu motors patērē stundas laikā, aprēķinam pēc formulas:

$$V_m = \frac{60n\pi D^2 Si \eta_v}{4 \cdot 10^6}$$

kur: η_v - pildījuma koeficients, dīzeļmotoram ar virsspiediena ieplūdi $\eta_v = 0.95$. Ievietojot formulā dotos motora datus, iegūstam $V_m = 635 \text{ m}^3/\text{h}$.

Patērētais pilotdegvielas daudzums G_{d_0} , kg/h, (15% no nominālā dīzeļdegvielas patēriņa): $G_{d_0} = 0.15 G_{d_{\text{nom}}} = 0.15 \times 0.001 g_e N_e$; $G_{d_0} = 0.15 \times 0.001 \times 226 \times 117 = 3.96 \text{ kg/h}$.

Dīzeļdegvielas zemākā siltumspēja $Q_z = 42.3 \text{ MJ/kg}$ un $1 \text{ MJ} = 0.278 \text{ kWh}$, gāzdīzeļa lietderības koeficients $\eta_e = 0.325$. Tad jauda, ko motors attīsta darbojoties tikai ar pilotdegvielu $N_{e_0} = 0.278 \eta_e Q_z G_{d_0}$; $N_{e_0} = 0.278 \times 0.325 \times 42.3 \times 3.96 = 15 \text{ kW}$.

Pilotdegvielas G_{d_0} sadedzināšanai motora cilindros jāievada gaisa daudzums

$V_{G_0} = G_{d_0} L_0 \rho$, m^3/h , kur $L_0 = 14.5 \text{ kg gaisa/kg dīzeļdegvielas}$; $\rho = 1.293 \text{ kg/m}^3$ - gaisa blīvums. Iegūstam: $V_{G_0} = 74 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pilotdīzeļdegvielas sadedzināšanai cilindros ievadamais gaisa daudzums $V_{G_0} = 74 \text{ m}^3/\text{h}$ samazina kopējo darba maisījuma iespējamo gaisa daudzumu, tādēļ faktiskais cilindros ievadītais kokgāzes - gaisa maisījuma daudzums būs mazāks. Samazinājumu ievērtē ar gāzes - gaisa maisījuma daļas koeficientu k_d un aprēķina pēc sakarības:

$$K_d = \frac{V_m - V_{G_0}}{V_m}, \quad K_d = \frac{635 - 74}{635} = 0.883$$

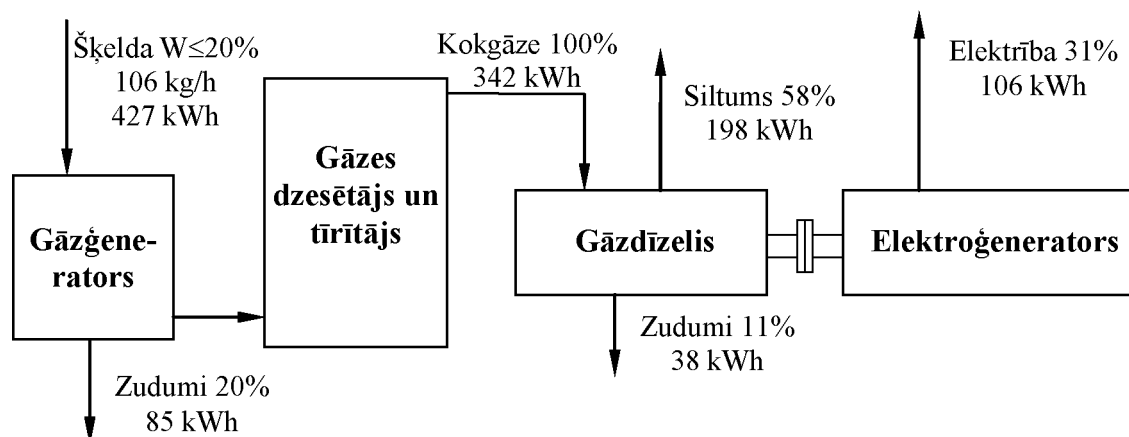
Stehiometriskā gaisa/kokgāzes attiecība $\gamma = 1.17$ (1 m^3 gāzes sadedzināšanai motora cilindros jāievada 1.17 m^3 gaisa), bet gaisa pārums koeficients gāzdīzeļa motoram darbā ar kokgāzi $\alpha = 1.1$ [7]. Pie šiem nosacījumiem motora darbam nepieciešamais kokgāzes daudzums, V_{KG} , m^3/h :

$$V_{KG} = \frac{V_m k_d}{1 + \alpha \gamma}; \quad V_{KG} = \frac{635 \cdot 0.883}{1 + 1.11 \cdot 1.17} = 245 \text{ m}^3/\text{h}$$

un kokgāzes sadedzināšanai nepieciešamais gaisa daudzums V_G , m^3/h ir $V_G = G_{KG} \gamma$; $V_G = 245 \times 1.17 = 287 \text{ m}^3/\text{h}$.

Kopējais cilindros ievadāmais gaisa un gāzes maisījuma daudzums, V_K , m^3/h , ir $V_K = V_{KG} + V_G + V_{G_0}$; $V_K = 245 + 287 + 74 = 606 \text{ m}^3/\text{h}$. Kā redzams $V_K < V_m$, tātad paliek rezerve $635 - 606 = 29 \text{ m}^3/\text{h}$, ko var izmantot motora jaudas koriģēšanai.

Iepriekšējie eksperimenti parādīja, ka no 1 kg gaissausas (mitrums 20%) koksnes iegūst 2.3 m^3 gāzes. Tad $245 \text{ m}^3/\text{h}$ gāzes iegūšanai jāpārgāzē $245 : 2.3 = 106 \text{ kg}$ koksnes stundā. Zinot, ka sausas šķeldas siltumspēja ir 14.5 MJ/kg [6], pārgāzējot šķeldas daudzumu 106 kg/h iegūstam siltumu $106 \text{ kg/h} \times 14.5 \text{ MJ/kg} \times 0.278 \text{ kWh/MJ} = 427 \text{ kWh}$. Ņemot vērā ka gāzģeneratorā un gāzes pievadsistēmā apmēram 20% no šī siltuma daudzuma zūd, gāzdīzelim ar saražoto kokgāzi pievada $427 \times 0.8 = 342 \text{ kWh}$. Pieņemot šo gāzdīzelim pievadīto siltuma enerģiju par 100%, varam aprēķināt visas gāzģeneratora koģenerācijas motorstacijas vienas darba stundas bilanci (2.att.).



2.att. Gāzģenerators koģenerācijas motorstacijas vienas darba stundas enerģijas bilance

1.tabula

Gāzģenerators koģenerācijas motorstacijas eksperimentālie un aprēķinu dati

Parametra nosaukums	Mērvienība	1. modeļa eksperimentālie dati	2. modeļa aprēķinātie dati
Šķeldas masas patēriņš	kg/h	85	106
Šķeldas relatīvais mitrums	%	20	20
Šķeldas zemākā siltumspēja	MJ/kg	14.5	14.5
Gāzģenerators termiskā jauda	kW	332	427
Saražotās kokgāzes termiskā jauda	kW	274	342
Gāzģenerators lietderības koeficients	-	0.825	0.801
Kokgāzes zemākā siltumspēja	MJ/m ³	5.25	5.02
Motoram pievadītais gāzes daudzums	m ³ /h	172	245
Gaisa daudzums gāzes sadedzināšanai	m ³ /h	239	287
Gaisa daudzums dīzeldegv. sadedzināšanai	m ³ /h	109	74
Kopējais degmaisījums (gais + gāze)	m ³ /h	520	606
Pilotdegvielas patēriņš	kg/h	7.35	3.96
Pilotdegviela % no nominālā DD	%	29	15
Jauda, ko iegūst ar pilotdegvielu	kW	28	15
Pārgāzēšanas intensitāte	kg/m ³ h	217	540
Koģenerators elektriskā jauda	kW	70	106
Koģenerators termiskā jauda	kW	126	197
Jaudu attiecība	-	1.8	1.87
Šķeldas patēriņš uz kilovatstundu	kg/kWh	1.2	1.0

Kā redzams, teorētiski koģenerators dod augstu siltuma un elektriskās enerģijas attiecību ($198:106=1.86$). Lai to nodrošinātu, protams, jābūt pareizi aprēķinātiem un precīzi konstruētiem siltummaiņiem. Ja gāzģeneratoram tiek saglabāts iepriekšējā modeļa šķērsgriezuma laukums 0.196 m^2 , tad pārgāzēšanas intensitāte būs $106\text{ kg/h}:0.196\text{ m}^2=540\text{ kg/m}^2\text{h}$.

Aprēķins rāda, ka kokgāzes daudzums $245\text{ m}^3/\text{h}$ atbilst enerģijai 342 kWh jeb $342:0.278=1230\text{ MJh}$. Tātad iegūtās kokgāzes siltumspēja ir $1230:245=5.02\text{ MJ/m}^3$, kas praktiski atbilst citu autoru pētījumiem [5, 6, 8].

Ņemot vērā, ka motora efektīvais lietderības koeficients $\eta_e=0.325$, motora efektīvā jauda no ievadītā siltuma ir $342 \times 0.325=111$ kW, kas ir nedaudz (5%) mazāka nekā motora tehniskajā raksturojumā uzrādītā nominālā jauda (117 kW), bet kā jau iepriekš tika norādīts ir vēl neliela jaudas rezerve. Dotais aprēķins rāda, ka gāzģenerators jaunajā variantā spēj nodrošināt koģenerācijas motorstacijas efektīvu darbību. Par to jāpārliedzinās tālāk veicot eksperimentālus pētījumus.

Aprēķinu rezultātu kopsavilkums, salīdzinājumā ar pirmā modeļa eksperimentālās pārbaudes datiem, dots 1. tabulā.

Secinājumi

Aprēķini un iepriekš veiktie eksperimenti rāda, ka aplūkotā tipa gāzģenerators koģenerācijas motorstacija var būt efektīvi pielietojama nelielos kokapstrādes uzņēmumos un fermās lauku rajonos.

Ja uzņēmuma rīcībā ir agrāka izlaiduma dīzeļelektrostacija ar elektrisko jaudu 50-300 kW, to var samērā vienkārši pārbūvēt darbam ar kokgāzi, izmantojot doto metodiku un tehnoloģiskā procesa shēmu.

Konkrētajā piemērā, pārgāzējot 106 kg/h gaissausu šķeldu (relatīvais mitrums $\leq 20\%$) iegūstam 245 m³/h kokgāzes un koģenerācijas motorstacijā vienlaicīgi saražojam 106 kWh elektroenerģijas un 197 kWh siltumenerģijas. Vienas kilovatstundas elektrības ieguvei nepieciešams 1-1.2 kg šķeldas.

Literatūra

1. Gulbis, J. Plucis, M. Beņķis. Ar kokgāzi darbināma koģenerācijas motorstacija. Simpozija "Alternatīvā enerģija Latvijā" referātu krājums, LLU, Jelgava, 1999, 38.-43. lpp.
- 1.V. Gulbis. Usage of wood processing residue from sawmills for combined energy production. Abstracts of the Scientific Conference, Lithuanian University of Agriculture, Faculty of Engineering, Kaunas – Akademija, 2002, 23-24 pp.
- 2.J. Āboliņš. Automobiļu un traktoru gāzģeneratori. Latvijas valsts izdevniecība, Rīgā, 1950, 168 lpp.
- 3.J. Godiņš. Spēka mašīnas. Autora izdevums, Rīga, 1934, 472 lpp.
- 4.Landen R. Gasification - providing markets for biomass crops. Agricultural Engineer, 1992, Winter, 105-109 pp.
- 5.Energy from biomass thermochemical conversion. Commission of the European Communities, Brussels, 1992, 270 pp.
- 6.Tehniskā rokasgrāmata. V. Ivanovska red., Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 1957, 924 lpp.
- 7.M. Kaltschnilt and A.V. Brigwater. Biomass Gasification and Pyrolysis. CPL Press, United Kingdom, 1997, 550 pp.

**NÄHRSTOFFE IM OBERFLÄCHENWASSER AUF DEM GEBIET
MIT EXTENSIVEM ACKERBAU**
Nutrient Substances in Surface Water of Extensive Agriculture Areas

W. Halicki, A. Szymańczyk

Universität Zielona Góra, Polen

W.Halicki@iis.uz.zgora.pl, A.Szymanczyk@iis.uz.zgora.pl

Abstract

This paper is based on investigation of nutrient substance balance in three lake-basin in West Poland. This investigation are managed since one year and make possible to estimate amount of nutrient substance in each lake. This project can answer how extensive agriculture influences on surfaces water quality.

Keywords: *nutrient substances, extensive agriculture, lake-basin, balance.*

Einführung

Nährstoffe stellen eine große Gefahr für das Oberflächenwasser dar, denn in grösseren Mengen führen sie zu ihrer Eutrophisation. Das gefährdet die Wasserekosysteme und in grossem begrenzt die Wassernutzung für die Menschen und für Industriebetriebe. Es gibt viele biogenische Nährstoffquellen, die zu dem Oberflächenwasser zufließen. Das sind sowohl natürliche als auch anthropogenische Quellen. Zu den natürlichen Quellen gehören Boden, Gestein und Niederschläge. Zu den anthropogenischen gehören dagegen: Kommunal- und Industrieabwasser, Gas- und Staubemission sowie Ackerbau. Wegen verschiedener Methoden des Zuflusses zum Oberflächen- und Grundwasser wird zwischen den Punkt- und Gebietsverschmutzungen unterschieden. Punktverschmutzungen gelangen ins Wasser an bestimmten Stellen, während Gebietsverschmutzungen dringen ins Wasser aus dem ganzen Einzugsgebiet durch oder werden mit dem Grundwasser transportiert. Zu den Gebietsverschmutzungen gehören alle Oberflächenabflüsse und Wasser, die in den Boden aus den Acker- und Baugebieten, aus den nicht kanalisierten Gebieten und aus dem unbebauten Boden durchdringen. Ein Teil davon gelangt direkt zu den Flüssen und Wasserbecken durch Niederschläge. Außerdem werden auch Weg- und Erdkörperabflüsse als Linienverschmutzungen unterschieden. [Chelwicki W.]

Die Exportwerte aus bestimmten Gebieten sind unterschiedlich, am niedrigsten für die Waldgebiete, am höchsten für Gebiete mit intensivem Ackerbau und für Stadtabflüsse. [Allan J. D.] Je höher ist der Anteil des Ackerbaus im Einzugsgebiet, desto größer sind die ins Wasser gelangenden Stoffe und ihre Trophie. Sind keine Pflanzen vorhanden, herrscht es Dürre oder starker Wind, dann ist der Export viel grösser und es kommt zur Winderosion. Nackte Erde erleichtert, z.B. beim Treiben der Hackfrüchte, Wirkung der Wassererosion. Der Phosphor ist schwach löslich aber leicht absorbierbar auf organischen Teilen und chemisch verbindbar. Der wichtigste Prozeß des Exports des Phosphors aus der Erde ist Erosion - Wegnahme durch Wasser und Wind kleiner Teilchen (reichen an Phosphor). Die Menge des weggenommenen Stickstoff hängt dagegen mehr von den hydrologischen Bedingungen ab, denn der Stickstoff ist im Wasser sehr gut auflöslich. [Roman M.]

Die Bestimmung der Exportmengen der Substanzen, die ins Oberflächen- und Grundwasser auf bestimmtem Gebiet gelangen, ist sehr schwierig und hängt von vielen Faktoren ab, z.B.:

- Intensivitätsgrad der Nutzung der Düngemittel und Pflanzenschutzmittel sowie ihre Qualität,
- Saatfolge und Nachernte,
- Baumethoden,

- Größe und Methoden der Tierzucht,
- Gebietsstruktur und System der Wasserabfälle,
- Bodenseigenschaften,
- Zustand der Wasser- und Abfallwirtschaft im Einzugsgebiet.

Alle oben genannten Faktoren bilden eine komplizierte Gesamtheit, die uns die größte Gefährdung für Oberflächen- und Untergrundwasser, nämlich Gebietsquellen, darstellt. Die Orientierungsbestimmung der Menge der Ackerbauverschmutzungen und ihrer Anteil an sämtlichen Verschmutzungen, die ins Wasser gelangen, ist eine sehr schwierige Aufgabe. Das ergibt sich daraus, dass dieses Vorkommen durch viele Faktoren beeinflusst wird. Die unten dargestellten Untersuchungsergebnisse des Einzugsgebiets mit extensivem Ackerbau ermöglichen uns, den Einfluß dieses Ackerbaus auf die Wasserbecken auf bestimmten Gebieten zu zeigen.

Gebiet der Untersuchungen

Die Untersuchungen werden auf dem Gebiet der Gemeinde Pszczew in der Woiwodschaft Lubuskie in Westpolen durchgeführt. Das ist der Naturschutzgebiet. Der genaue Untersuchungsgebiet umfaßt Einzugsgebiete von drei Seen: Pszczewskie, Chłop und Szarcz. Die Seen wurden im Hinblick auf die Wassersauberkeit in die zweite Klasse qualifiziert. Der Pszczewskie - See hat die Fläche von 68,7 ha, sein gesamte Einzugsgebiet beträgt 33,6 km². Der Chłop - See hat entsprechend 227,8 ha und 77,2 km² und der Szarcz - See 169,8 ha und 3,9 km² [Woiwodschaftsamt für Umweltschutz, 2000,2001]. An dem Chłop- und Szarcz- See befinden sich touristische Zentren. Zu den Seen gelangen viele Abflußgraben, die Wasser aus dem ganzen Gebiet sammeln und das gesamte Einzugsgebiet der drei Seen in der Fläche von 114,7 km² bilden [Abb. 1].

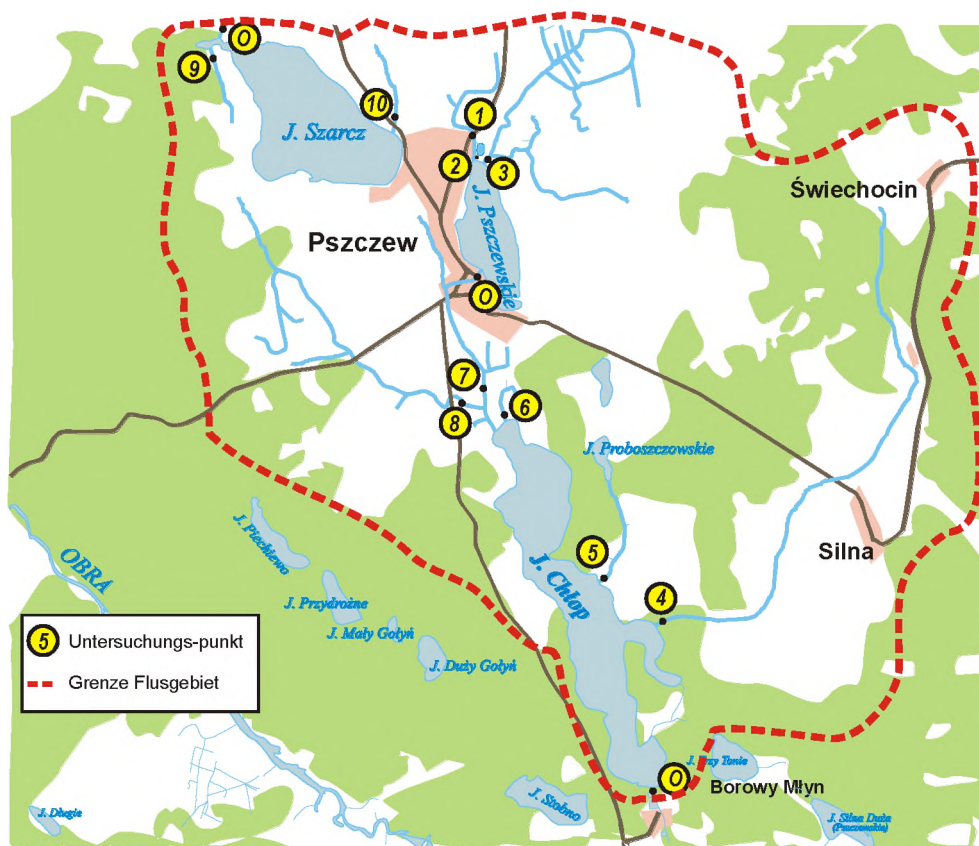


Abb. 1. Situationsplan des untersuchten Einzugsgebiets

Alle drei Seen sind Durchflußseen und gehören zu dem Flußgebiet des Odra - Flusses. Der Pszczewskie - See hat einen Abfluß, der diesen See mit dem Chłop - See verbindet. Auf dem untersuchten Einzugsgebiet gibt es in 75% Ackerfelder und Wiesen und in 25% Waldgebiete. Das ist typischer Ackergebiet, auf dem die Landwirtschaft dominiert. Es gibt dort kein Industrie. Es sind vor allem Kartoffeln- und Getreidebau zu sehen. Wiesen sind regelmäßig gemäht (Heu für Tiere).

Am Ende jedes Abflußgrabens sind zehn Untersuchungspunkte situiert und drei bei den Abflüssen [Abb. 1]. Die Untersuchungen sind ab Dezember 2001 jeden Monat geführt. Gemessen wurden -zweck der Durchflußberechnung- die Abflußschnelligkeit, die Breite des Grabens und der Wasserzustand. In den genommenen Proben untersucht werden: Ammoniumazot, Stickstoffverbindungen, Nitrit, Phosphate, Leitfähigkeit und Bodenreaktion.

In der Tabelle 1 wurden Beispielwerte der technischen Parameter des Grabens vom März dargestellt. Das sind Graben mit ziemlich unterschiedlichen Durchflüssen und in großem Umfang von den atmosphärischen Bedingungen und Jahreszeiten abhängig. Während der Untersuchungen wurden Schwankungen in der Zahl der zufließenden Graben notiert. Manche Graben verschwanden in der Sommerzeit (bei trockenem Zeitraum) und in der Winterzeit (bei großem Frost).

Tabelle 1.

Werte der technischen parameter einzelner Abflußgraben in den Meßpunkten vom 23.04.2002 r.

Datum der Untersuchung	Nummer der Messpunkte	Tiefe des Grabens [m]	Breite des Grabens [m]	Durchflussschnelligkeit [m/s]	Durchfluß [m ³ /s]	Durchfluß [m ³ /d]
23.04.2002	1	0,10	0,50	0,150	0,008	648,0
	2	0,25	0,70	0,100	0,018	1512,0
	3	0,23	1,20	0,450	0,124	10730,9
	4	0,26	1,70	0,330	0,146	12602,3
	5	0,19	1,50	0,260	0,074	6402,2
	6	0,13	0,50	0,143	0,009	802,3
	7	0,44	1,00	0,360	0,158	13685,8
	8	0,29	0,50	0,260	0,038	3257,3
	9	0,10	0,35	0,130	0,005	393,1
	10	0,11	0,60	0,130	0,009	741,3

Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der ganzjährigen Untersuchungen ermöglichten uns, die Mengen von Stickstoff und Phosphor, die zu den einzelnen Seen und zum ganzen Flußbett zufließen, zu bestimmen. In der Tabelle 2 sind Mittel- und Maximalwerte der Konzentration aus allen Proben im ganzen Jahr zusammengestellt. Das Wasser gehört meistens zu der 1. Sauberkeitsklasse, manchmal zu der 2. Infolge des verschiedenen Durchflusses ist die Rinne und ihre Ufer jedes Abflußgrabens anders gebaut. Es gibt Graben mit Sandboden und ohne Pflanzen - diese sind einem Gebirgsbach ähnlich. Es gibt aber auch Graben mit dem langsamen Durchfluß, mit vielen Pflanzen und Schlamm Boden.

Tabelle 2.

Mittel- und maximalkonzentrtion aus dem Zeitraum XII.2001-XII-2002

	pH	Leitfähigkeit [□S]	NH ₄ -N [mg/dm ³]	NO ₃ -N [mg/dm ³]	NO ₂ -N [mg/dm ³]	PO ₄ -P [mg/dm ³]
Mittelwert	7,59	703	0,04	1,4	0,02	0,04
Maximalwert	8,58	1185	0,7	6,7	0,12	0,5

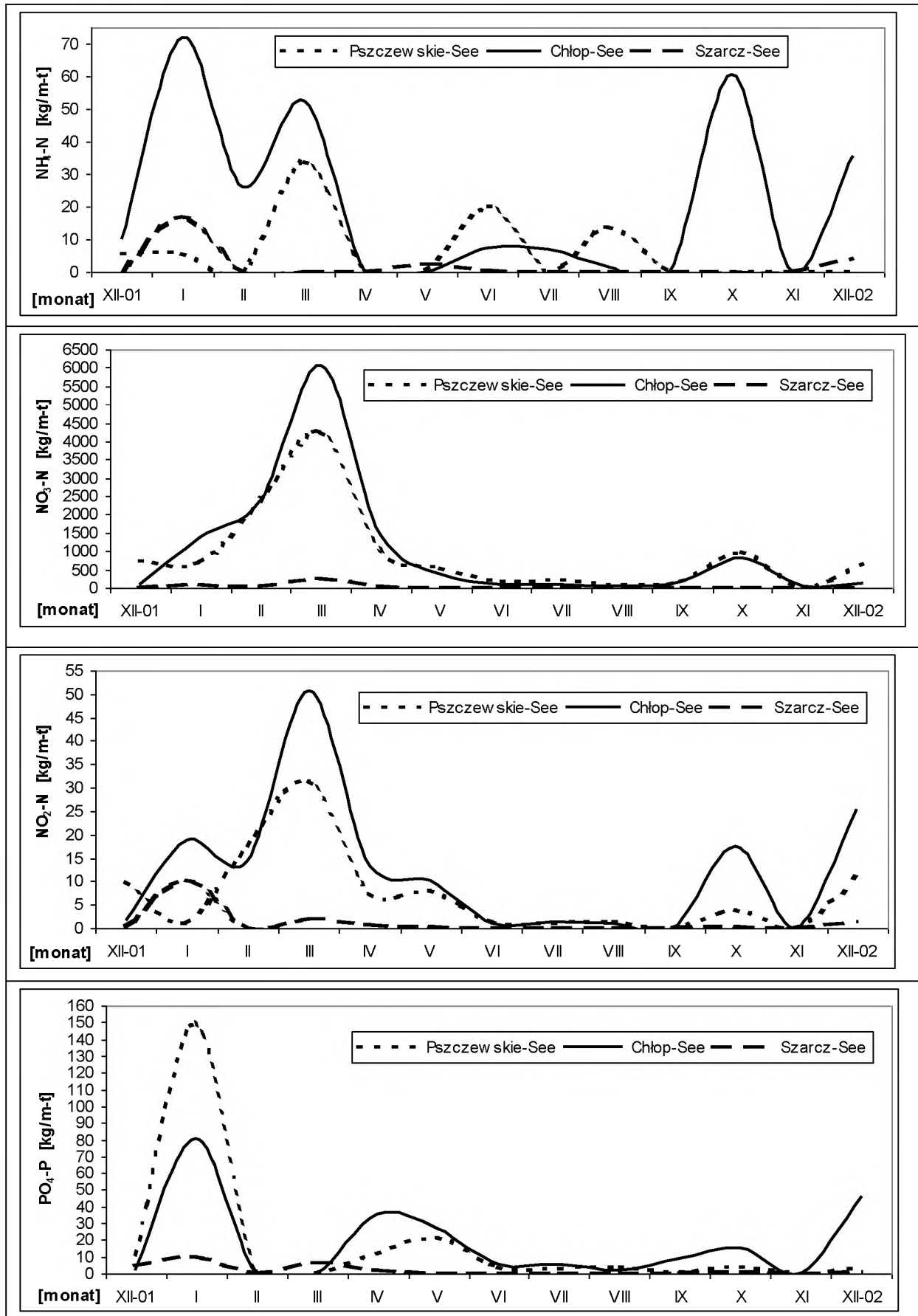


Abb. 3. Monatsmengen NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-P, die im Zeitraum der Untersuchungen zu den einzelnen Seen zufließen

Auf der Abb. 3 wird die Monatsmenge von Stickstoffverbindungen und Phosphate, im untersuchten Zeitraum zu den einzelnen Seen zufließend, dargestellt. Höhere Werte sind im Zeitraum Winter - Frühjahr und Herbst zu sehen. In allen Fällen fließt die größte Menge zu dem Chłop - See zu. Das wird u.a. durch das größte Einzugsgebiet dieses See verursacht. Ursachen für die höheren Mengen von Stickstoff und Phosphor in den Monaten Februar, März und April sind folgende:

- Hauptquellen sind Düngemittel sowie Pflanzen- und Tierreste,
- Schmelzwasser,
- Abfließen ist erleichtert, wenn es noch keine Pflanzen gibt und der Boden teilweise noch zugefroren ist,
- Pflanzen hemmen die Wirkung der Wind- und Wassererosion.

Tabelle 3.

Mengen der zu den Seen zufließenden Nährstoffe (kg/Jahr)

Seename	NH ₄	NO ₃	NO ₂	PO ₄
	kg/Jahr			
Pszczewskie-See	95	12437	101	167
Chłop-See	271	14103	174	216
Szarcz-See	31	559	8	25
Insgesamt	397	27099	283	408

Zwecks der Bestimmung, welchen Einfluß die zufließende Menge auf einzelne Seen hat, wurden in der Tabelle 3 die Mengen der zu den Seen zufließenden Nährstoffe zusammengestellt. Zu sehen ist vor allem eine große Menge von Stickstoffverbindungen. Stickstoffverbindungen sind vom Boden durch das Wasser leicht ausspülbar, insbesondere aus den Ackerbaugebieten.

Tabelle 4.

Seebelastung durch Nährstoffe in kg/ha (Jahr)

Seename	Seefläche [ha]	NH ₄	NO ₃	NO ₂	PO ₄
		kg/ha Jahr			
Pszczewskie-See	68,7	1,4	181	1,5	2,4
Chłop-See	227,8	1,2	62	0,8	1
Szarcz-See	169,8	0,2	3,3	0,1	0,15
Insgesamt	466,3	0,9	58,1	0,6	0,9

Die größte Menge der Nährstoffe fließt zu dem Chłop - See. Dieser See hat jedoch auch die größte Fläche und das größte Einzugsgebiet. Durch die Berechnung der Zahl der zufließenden Mengen auf die Seefläche zeigt es sich, daß der Pszczewskie - See am stärksten belastet ist [Tab. 5], denn 90% seines Einzugsgebiets sind Ackerbaugebiete.

Aufgrund vieljähriger auf ganzer Welt geführten Untersuchungen [nach *Kajak Z.*] wurden folgende Ergebnisse erreicht: Bei mittlerer Seetiefe bis 10 Meter, zulässige und gefährliche Mengen von Stickstoff und Phosphor (die eine verschnellte Eutrophisation hervorrufen) sind folgende:

- Zulässiger Wert: Stickstoff 1,5 g/m² Jahr; Phosphor 0,1 g/m² Jahr,
- Gefährlicher Wert: Azot 3,0 g/m² Jahr; Phosphor 0,2 g/m² Jahr.

Pszczewskie-See: Mitteltiefe - 9,5 m

- Stickstoffbelastung - 18,3 g/m² Jahr, gefährlicher Wert vielmal überschritten;
- Phosphorbelastung - 0,24 g/m² Jahr, gefährlicher Wert.

Chłop-See: Mitteltiefe - 9,0 m

- Stickstoffbelastung - 0,64 g/m² Jahr, Wert 2-mal niedriger als zulässig;
- Phosphorbelastung - 0,1 g/m² Jahr, zulässiger Wert.

Szarcz-See: Mitteltiefe 7,9 m

- Stickstoffbelastung - 0,36 g/m² Jahr, Wert 5-mal niedriger als zulässig;
- Phosphorbelastung - 0,02 g/m² Jahr, Wert 10-mal niedriger als zulässig.

Im Ergebnis, am stärksten durch die Eutrophisation ist der Pszczewskie-See gefährdet, also der See mit dem Ackerbauflußgebiet. Andere Seen sind sogar unter zulässigen Werten belastet, ausgenommen Phosphor im Chłop-See (zulässiger Wert). Bei Berechnung dieser Werte blieb der Durchflußcharakter dieser Seen außer Betracht, was in großem Umfang ihre Trophie verbessern könnte. Außer Betracht war auch der Gesamtazot und -phosphor.

Tabelle 5.

Belastung durch Biogene im Hinblick auf das Einzugsgebiet kg/ha (Jahr)

Seename	Seefläche [km ²]	NH ₄	NO ₃	NO ₂	PO ₄
		kg/ha Jahr			
Pszczewskie-See	33,6	0,03	3,7	0,03	0,05
Chłop-See	77,2	0,04	1,8	0,02	0,03
Szarcz-See	3,9	0,08	1,4	0,02	0,06
Insgesamt	114,7	0,03	2,4	0,03	0,04

Wie oben erwähnt, sind die Einzugsgebiete der Seen Pszczewskie und Szarcz extensive Ackergebiete. Nur der Chłop-See hat in seinem Einzugsgebiet ca. 30% Wälder. In der Tab. 5 wurde Belastung durch die Biogene im Hinblick auf das Flußgebiet zusammengestellt. Zu sehen ist in jedem Fall eine große Belastung der Seen Pszczewskie und Szarcz. Der Chłop-See hat trotz des größten Flußgebiets die niedrigsten Werte. Daraus ergibt sich, daß die Ackerbaugebiete einen viel größeren Einfluß auf das Oberflächenwasser haben als die Wälder.

Diskussion

Die Wassergefährdung wegen des Ackerbaus ist sehr groß und wird immer größer. Die Liquidation kleiner Wälder, Gebüsch und Wasserbecken, die den Wasserabfluss deutlich hemmen, hat dazu ausrücklich beigetragen. Beweis dafür sind oben dargestellte Werte des Flußgebiets mit dem Ackerbau. Eine niedrigere Belastung gibt es auf dem Gebiet des Flußgebiets des Chłop-See, denn dieses Gebiet stark bewaldet ist. Sogar ganz kleiner Anteil der Waldgebiete mindert nämlich die Belastung durch Biogene, die von diesem Gebiet abfließen. Aus der durchgeführten Analyse folgt, daß die Seen Szarcz und Pszczewskie am stärksten gefährdet sind. Und auf den Flußgebieten dieser Seen dominiert der Ackerbau. Der Anteil der Verschmutzungen, die aus dem Ackerbau kommen, ist sehr deutlich. Man könnte auch sagen, daraus kommt der Hauptanteil an Verschmutzungen. Deswegen sollen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, die diesen Einfluß mindern könnten.

Literatur

1. Allan J. D., Ekologia wód płynących; PWN Warszawa 1998
2. Chelmiński W., Woda – zasoby, degradacja, ochrona; PWN Warszawa 2001
3. Kajak Z.; *Hydrobiologia - limnologia, Ekosystemy wód śródlądowych*;
4. PWN Warszawa 2001
5. Roman M., Ochrona wód przed zanieczyszczeniami obszarowymi pochodzenia rolniczego; Materiały konferencyjne „Zanieczyszczenia obszarowe pochodzące z rolnictwa i możliwości ich ograniczania” Warszawa-Bilthoven-Kopenhaga 1995
6. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Zielonej Górze, Stan środowiska w województwie lubuskim w 1999 roku; Biblioteka Monitoringu Środowiska Zielona Góra-Gorzów Wlkp. 2000
7. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Zielonej Górze, Stan środowiska w województwie lubuskim w 2000 roku; Biblioteka Monitoringu Środowiska Zielona Góra-Gorzów Wlkp. 2001

REINIGUNGSLEISTUNG VON NATURNAHEN ZWEISTUFIGEN PFLANZEN-TEICHKLÄRANLAGEN

Purification Performance of Biological Two-staged Plant Sewage Systems

W. Halicki, A. Szymańczyk

Universität Zielona Góra, Polen

W.Halicki@iis.uz.zgora.pl, A.Szymanczyk@iis.uz.zgora.pl

Abstract

In the following article, results regarding purification performance of one of several biological two-staged sewage systems constructed in Poland are presented. The system selected was built for purification of sewage from an environmental center in Pszczew in West Poland. The performance evaluation refers to the elimination of nutrients as well as organic compounds. The results are furthermore compared to legal purification requirements for sewage systems in Poland. Since the purification achieved was so high, the purified sewage water can be used for irrigation purposes of the green area in the grounds of the environmental center all year long. By closing this circle, the ecological effects of the method used for sewage purification are much increased.

Keywords: *sewage purification, biological wastewater treatment, purification performance.*

Einführung

Naturnahe Kläranlagen gewinnen in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Unter diesen Verfahren sind vor allem Pflanzenkläranlagen und im geringeren Maße Teichanlagen sehr positiv zu bewerten. Pflanzenkläranlagen finden immer neue Einsatzmöglichkeiten z.B. Schlammmentwässerung, Straßenabwasserbehandlung, Schwermetallelimination, Behandlung der Industrieabwässern [1,2]. Wie die Literatur mitteilt, haben sich verschiedene Verfahrensvarianten von Pflanzenkläranlagen entwickelt, die immer bessere Reinigungsleistungen erreichen [3,4]. Es hat sich gezeigt, daß manche Pflanzenkläranlagen nicht nur dem Leistungsvergleich mit konventionellen Reinigungsverfahren standhalten, sondern daß Abwasser in diesen Anlagen während des Reinigungsprozesses vielseitig und fast vollständig behandelt werden kann. Aus dem Abwasser werden nicht nur leicht abbaubare organische Stoffe, sondern auch die im wesentlichen schwerabbaubare und eutrophierende Stoffe sowie Keime entfernt.

Seit Mitte der achtziger Jahre haben Teichkläranlagen im Gegensatz zu den Pflanzenkläranlagen an Bedeutung verloren. Vorher waren Teichkläranlagen durch einfache Betriebsfunktion, große Betriebssicherheit und hohe Reinigungsleistung, welche in zahlreichen Untersuchungen festgestellt wurde, bekannt geworden. Deshalb haben sie sehr früh eine breite Anwendungsmöglichkeit mit folgenden Elementen im Klärprozeß gefunden: Absetzteiche (erste mechanische Stufe), unbelüfte- und belüfte Teiche (zweite biologische Stufe) und als Schönungsteiche (dritte Stufe). Diese Teiche, die als nachgeschaltete dritte Stufe dienen, können einen wertvollen Beitrag zur Gewässerentlastung leisten. Insbesondere wenn sie durch ihre entsprechende Gestaltung (flache und tiefe Wasserzone, Bepflanzung oder Einsatz von Fischen) ein naturnahes Ökosystem darstellen. Die Selbstreinigungsprozesse, die in solchen Teichen durchlaufen, führen schließlich zu einer bedeutenden Schönung des gereinigten Abwassers. Alle Nährstoffe, die im Sediment des Teiches oder in Pflanzen akkumuliert werden, können den Vorfluter somit nicht belasten. Da diese Vorteile der Teichanlagen von großer Bedeutung sind, haben sie wie die Pflanzenkläranlagen ihren Platz in den neu entwickelten Verfahren, das den Namen Pflanzen-Teichkläranlagen trägt.

Wie die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, sind nach diesem Prinzip gebaute Anlagen sowohl unter ökologischen als auch der ökonomischen Aspekten für viele Gemeinden in Polen

von großer Bedeutung, da die gebauten Anlagen positive Aspekte im kostengünstigen Bau und Pflegeaufwand zeigen. Außerdem stellen diese Anlagen wertvolle Landschaftsbestandteile dar und z. B. als Feuchtbiotope Pflanzen und kleinen Tieren Lebensraum bieten. Darüber hinaus ist die erreichbare Restkonzentration im Ablauf vergleichbar mit Ablaufanforderungen für zentrale grosse konventionelle Anlagen.

Bau und Prinzip der Pflanzen-Teichkläranlagen

Schema der Anlage wurde auf der Abbildung 1 gezeigt. Das in einer Absetzgrube vorgeklärte Abwasser wird durch das Verteilungssystem (1) auf die Oberfläche des Pflanzenfilters verteilt. Nach dieser Passage gelangt das Abwasser in die Ablaufebene aus Kies (5) und weiter durch das Dränagerohr (7) zum Denitrifikationsteich. Die eingebauten Rohre (6) ermöglichen eine zusätzliche Belüftung der Sandschicht aus der darunter liegender Steinkiesschicht. Im Pflanzenfilter findet vor allem Abbau der organischen Substanz, Nitrifikation und erste Stufe der Phosphorelimination statt.

In der zweiten Klärstufe (Denitrifikationsteich) werden die biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften des Sediments ausgenutzt. Die mikrobiellen Abbauprozesse führen dort zur Sauerstoffzehrung, wodurch die Bedingungen für eine erfolgreiche Denitrifikation geschaffen werden.

Höhere Pflanzen und Algen spielen eine entscheidende Rolle im Denitrifikationsteich. Sowohl die Pflanzen als auch die Algen gewährleisten eine relativ kontinuierliche Menge an organischer Substanz, die im Sediment des Teiches abgelagert und dort weiter durch heterotrophe Bakterien abgebaut wird. Für eine optimale Denitrifikationsleistung muss jedoch gewährleistet sein, dass im Teichkörper nur aerobe und im Sediment anoxische Bedingungen herrschen. Dies wird durch die Photosyntheseleistung im Wasserkörper sowie durch die Einstellung einer hinreichend starken Sedimentschicht erreicht.

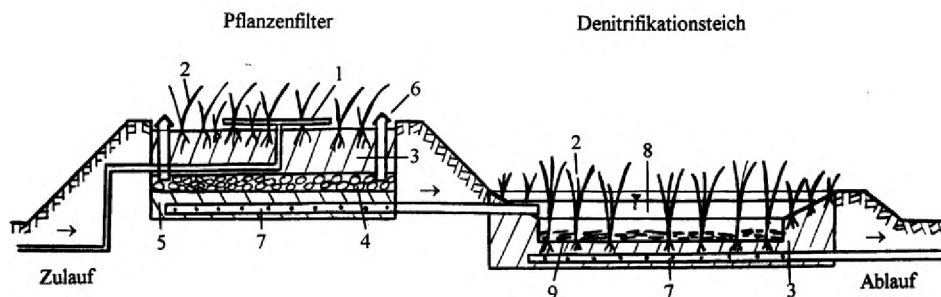


Abb.1. Schema der Pflanzen-Teichkläranlage 1. Verteilungssystem, 2. Sumpfpflanzen, 3. Sandschicht mit Kompost, 4. Steinschicht, 5. Kiesschicht, 6. Belüftungsrohre, 7. Dränage, 8. Wasserkörperzone, 9. Pflanzenteile (Sediment)

Der Pflanzenfilter besitzt eine Fläche von 20 m² und der Denitrifikationsteich nur 9 m². Die Anlagegrösse wurde für 10 Einwohner geplant. In wirklichkeit fließt der Anlage das Abwasser von 0,6 bis 2 m³/Tag (durchschnittlich von 6 bis 20 Einwohner) aus dem Umweltzentrum zu. Die vollständige Besetzung des Zentrums kommt nur in der Ferien- und Freizeit zu. Das gereinigte Abwasser wird zur Bewässerung der Gelände verwendet, wodurch sowohl Wasser als auch Dünger gespart wird.

Erreichte Reinigungsleistung

Da die Anlage bei einem Umweltzentrum gebaut wurde, ist sie nach Inbetriebnahme wegen Umweltbildung und Demonstration regelmässig ein mal im Monat untersucht. Zu

diesem zweck wird das rohe Abwasser nach der Absetzgrube und gereinigte Abwasser nach dem Teich entnommen und im Labor der Uniwersität in Zielona Gora analysiert.

Elimination der organischen Substanz

Die erreichte Reinigungsleistung wurde auf den Abbildungen 2 und 3 gezeigt. Dagegen stellt die Tabelle 1 durchschnittliche Zu- und Ablaufwerte und erreichte Reduktion der Konzentration. Wie den Abbildungen zu entnehmen ist, gewehrleistet diese Anlage trotz unregelmäßigen Belastung sehr stabile Reinigungsleistung. Die in diesem Zeitraum festgestellte durchschnittliche Ablaufkonzentration liegt für BSB₅ um 17 mg/l und für CSB um 93 mg/l.

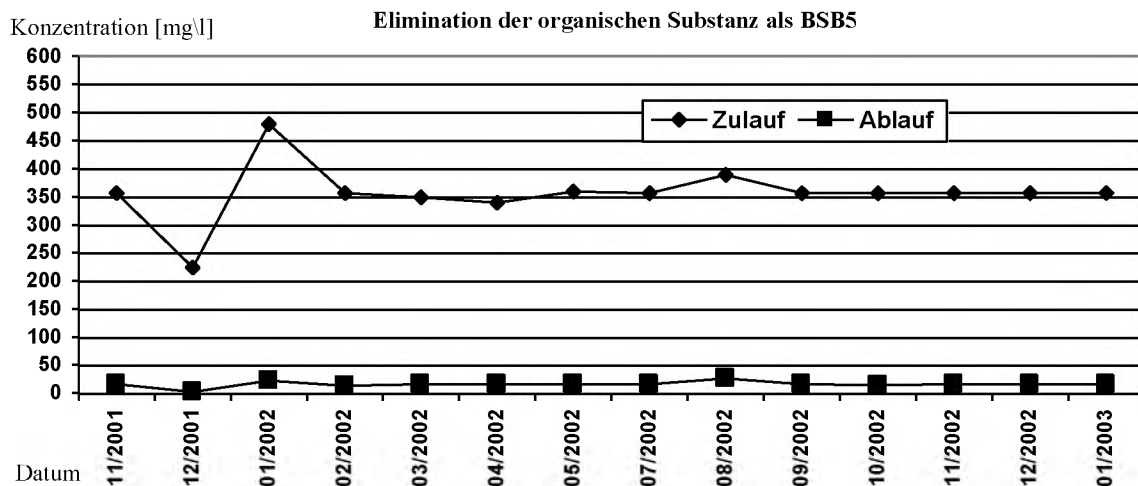


Abb.2. BSB₅ – Abbau in der untersuchten Anlage

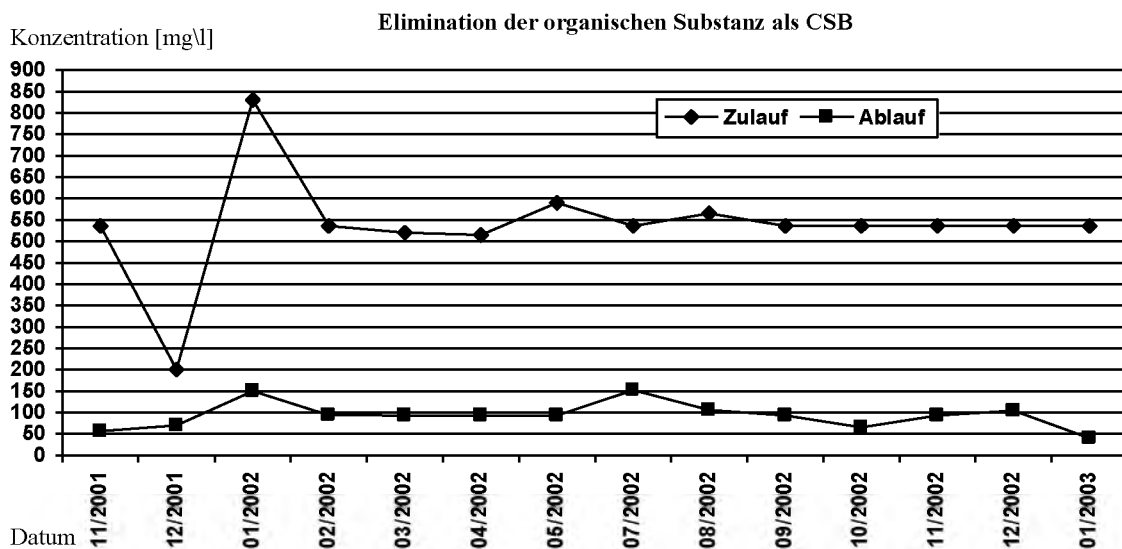


Abb.3.CSB – Abbau in der untersuchten Anlage

Die Reduktion der Konzentration beträgt entsprechend für BSB₅ um 95,1 % und für CSB um 82,6 %. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass im Rohabwasser während der Behandlung in der Absetzgrube schon die BSB₅ zu ca. 50 % und CSB zu ca. 40 % eliminiert wurde und, dass ein Teil des Abwasser durch die Verdunstung und Pflanzentranspiration verloren wurde. Werden diese Faktoren berücksichtigt, so erhöht sich die

gesamte Elimination der organischen Substanz in der ganzen Anlage. Wichtig ist, was die Ergebnisse darauf hinweisen, dass den stabilen Abbau der organischen Substanz auch unabhängig von der Jahreszeit ist. Dies wird sehr oft als Nachteil den naturnahen Verfahren angenommen.

Stickstoffelimination

Um den Stickstoff aus dem Abwasser weitgehend entfernen zu können, muss er von der Ammoniumform über Nitrat zum gasförmigen Stickstoff umgewandelt werden. In dieser Form entweicht er in die Atmosphäre. Die Umwandlung findet auf dem biologischen Weg der Nitrifikation und der Denitrifikation statt. Die beiden Teilprozesse verlangen aber ganz unterschiedliche Bedingungen. In den naturnahen Verfahren wie Pflanzen- und Teichkläranlagen laufen diese Prozesse nebeneinander in einem Boden- oder Wasserkörper ab. Aus diesem Grund verlagern die naturnahe Verfahren große Fläche pro Einwohner um den Stickstoff weitgehend zu eliminieren. In der untersuchten Pflanzen-Teichkläranlage wurden die beiden Teilprozesse getrennt. Im Pflanzenfilter findet vor allem Nitrifikation statt, die Denitrifikation dagegen verläuft im Denitrifikationsteich. Die Trennung sollte zur Intensivierung der Stickstoffumwandlung führen. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, wurde in der untersuchten Anlage weitergehende Stickstoffelimination erreicht. Aus der Abbildung 4 geht hervor, dass die Nitrifikation (Umwandlung des Ammoniums zum Nitrat) mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von ca. 95 % abläuft. Nur im Januar und Februar 2002 fand eine leichte Abnahme der Nitrifikation statt, sie wurde aber durch erhöhte Belastung der Anlage in dieser Zeit verursacht (vollständige Besetzung des Umweltzentrums). Jedoch trotz der Überlastung (statt 10 - 20 Einwohner) und des Winters wurde die Nitrifikation nicht unterbrochen.

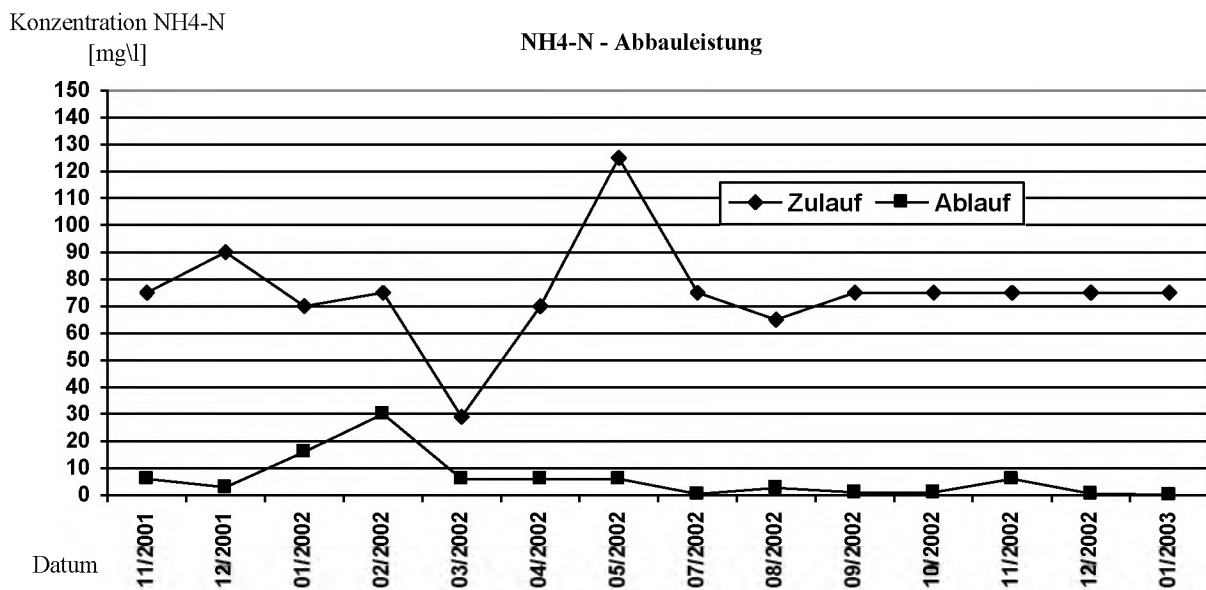


Abb.4. NH₄-N – Abbau in der untersuchten Anlage

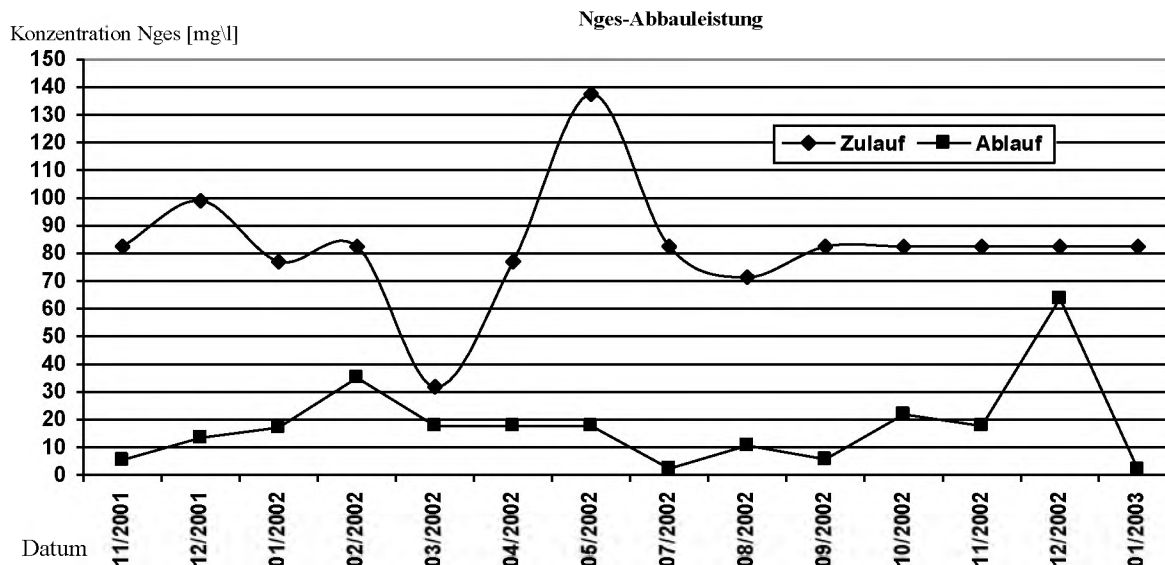


Abb. 5. Eliminations des gesamten Stickstoff

Bei den konventionellen Anlagen wird weitergehende Stickstoffelimination in den Wintermonaten, wenn die Abwassertemperatur unter 12 ° sinkt, nicht verlangt. Dagegen zeigt die untersuchte Anlage, dass der Ammoniumstickstoff auch in den Wintermonaten bei Überlastung der Anlage zu 70 % eliminiert werden kann. Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, wird das Ammoniumstickstoff nicht nur gut nitrifiziert, aber der Nitratstickstoff wird auch weitgehend denitrifiziert. Dies trägt direkt zur Elimination des gesamten Stickstoff bei. Die durchschnittliche Jahresleistung beträgt um 78,5 % und die mittlere Jahreskonzentration liegt um 17,7 mg/l. Zwar wurde im Februar und Dezember 2002 eine Abnahme der Abbauleistung festgestellt, sie ist aber wie bei der Nitrifikation auch auf die Überlastung der Anlage (statt 10 20 Einwohner) zurückzuführen.

Phosphorelimination

Da der Phosphor eine entscheidene Rolle beim Schutz der Gewässer spielt, wurde der Phosphorelimination in diesen Anlagen eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Die Elimination findet sowohl im Pflanzenfilter als auch im Denitrifikationsteich statt. Die Phosphate werden auf dem chemischen Weg im Bodenkörper und in Sedimenten festgebunden. Das wurde erreicht, indem man entsprechende Bedingungen und Bodenzusammensetzung geschaffen hat. Wie sich das auf die Phosphorelimination auswirkt, zeigt Abbildung 6 und Tabelle 1. Die erreichte Reinigungsleistung ist ausserordentlich hoch und sehr stabil. Nur im Dezember 2002 sank die Abbauleistung von über 90 % auf 65 %, was aber auch durch die Überbelastung der Anlage verursacht wurde.

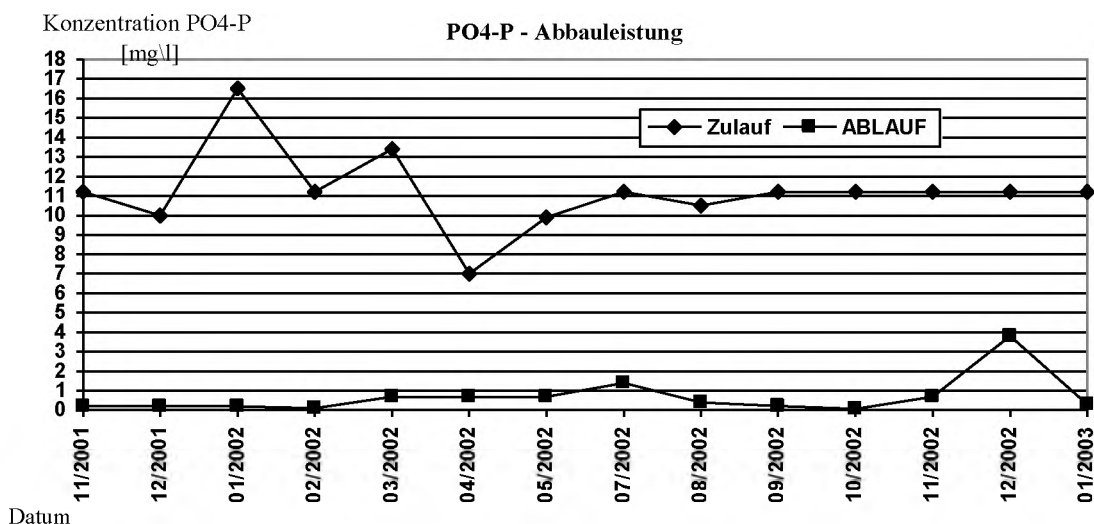


Abb.6. Phosphorelimination in der untersuchten Anlage

Diskussion

Lange Zeit herrschte die Meinung, dass nur zentrale und große Kläranlagen in der Lage sind, Abwasser weitgehen zu reinigen. Seit einigen Jahren wird immer deutlicher, dass auch kleine dezentrale Kläranlagen hohe Reinigungsleistung gewährleisten können. Die gezeigten Ergebnisse beweisen, dass Abwasser problemlos auch am Anfallort erfolgreich gereinigt werden kann. Dies wurde in der Tabelle 1 verdeutlicht. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die untersuchte Anlage solche Leistung bringt, wie von den größten Anlagen in Polen verlangt wird. Vergleich man aber die Jahresmittelwerte mit den Anforderungen für Kläranlagen bis 2000 Einwohner, ist deutlich zu erkennen, dass die Pflanzen-Teichkläranlagen wesentlich höhere Leistung bringen, als es verlangt wird. Niedrige Restkonzentrationen im Ablauf ermöglichen Wiederverwertung des gereinigtes Abwasser zur Bewässerung. Diese Vorteile wurden ausgenutzt und in vielen Gemeinden in Westpolen werden solche Anlagen als Haus- oder komunalen Kläranlagen gebaut.

Tabelle 1.

Ablaufanforderungen in Polen und Reinigungsleistung der untersuchten Anlage

Parameter	Ablaufanforderungen Für Kläranlagen bis 2000 Einwohner	Ablaufanforderungen für Kläranlagen über 100.000 Einwohner (Reduktion)	Jahresmittelwerte in der untersuchten Anlage		Reduktion (%)
			Zulauf	Ablauf	
BSB₅	40 mg O ₂ /l	15 mg O ₂ /l	357 mg O ₂ /l	17,4 mg O ₂ /l	95,1
	-	(90 %)			
CSB	150 mg O ₂ /l	125 mg O ₂ /l	536 mg O ₂ /l	93 mg O ₂ /l	82,6
	-	(75 %)			
N-gesamt	30 ¹ mg N/l	10 mg N/l	82,4 mg N/l	17,7 mg N/l	78,5
	-	(85 %)			
P-gesamt	5 ¹ mg P/l	1 mg P/l	11,2 mg P/l	1 mg P/l	91,1
	-	(90 %)			

1) beim Ablauf zum Seen

Literatur

1. Köcher A.: Chemische phisikalische sowie mikrobiologische Untersuchungen zwei industriell genutzter Pflanzenkläranlagen. Korrespondenz Abwasser 8/1996.
2. Reinhofer M., Berghold H.: Klärschlammverärdung mit Hilfe von Helophyten. Korrespondenz, Abwasser 8/1994.
3. Hagendorf U., Hahn J.: Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungssystemme. Umweltbundesamtt, Texte 60/1994.
4. Halicki W., Ehrnsberger R.: Abbau organischer Verbindungen in vertikalen Pflanzenkläranlagen. Wasser Luft und Boden 3/2000

CŪKU KŪTS MIKROKLIMATA NODROŠINĀŠANAS ENERGOIETILPĪBA

Energy Capacity Required to Ensure Optimal Microclimate in a Pigsty

A. Ilsters, I. Ziemelis

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Ulbrokas zinātnes centrs
Institūta iela 1, Ulbroka, Rīgas raj., LV-2130
tālr. 7910917, e-pasts: uzc@delfi.lv, fakss 7910873

Abstract

Ensuring and maintaining of optimum microclimate in pigsties is an energy intensive process. The paper presents an analysis of the possibilities how to cut the consumption of energy and save the fossil fuel by improving thermal endurance of building structures, returning a part of heat emitted together with the exchanged air during ventilation and by burning biogas produced as a result of the anaerobic processing of manure. It has been clarified that at positive outdoor air temperatures heat recuperators can ensure 75-100 W heat supply per pig of an average live mass of (70 kg), which fully covers the heat deficiency required for normal microclimate. Burning biogas produced as a result of anaerobic processing the manure from pigs of average live mass can ensure average heat energy of 20-30 W for heating the pigsty, which covers only a part of the heat requirements in the cold weather periods. Draft proposals have been elaborated for the anaerobic processing of the production wastes in a pigsty for 4000 sows. The generated energy covers about 60 % of the annual energy consumption in a pigsty. The significance of implementing the draft is emphasized by the effect in an environmental and ecological aspect.

Key words: *microclimate in pigsties, energy, heat recuperator, ventilation, manure.*

Ievads

Mikroklimata nodrošināšanas energoietilpība mājlopu mītnēs, arī cūku kūtīs, ir atkarīga no liela skaita faktoru, ko var iedalīt sekojošās grupās:

- 1- attiecīgās dzīvnieku grupas vajadzība pēc noteiktiem kūts mikroklimata parametriem;
- 2- dzīvnieku izdalījumu intensitāte, kas pasliktina gaisa kvalitāti kūtī;
- 3- meteoroloģiskie apstākļi konkrētā vietā un laikā;
- 4- kūts būvkonstrukciju siltumnoturība.

Divas pirmās faktoru grupas nosaka galvenokārt nepieciešamo gaisa apmaiņas intensitāti. Divas nākošās faktoru grupas nosaka galvenokārt siltuma vajadzību optimālās gaisa temperatūras uzturēšanai kūtī.

Jāatzīmē, ka attiecīgai dzīvnieku sugai vai vecuma grupai noteiktie optimālā mikroklimata parametri dažādās valstīs ir atšķirīgi. Tā, piemēram, kūts gaisa relatīvo mitrumu rekomendē nepieļaut: Latvijā virs 70-75%, Vācijā virs 80%; ogļskābās gāzes saturu kūts gaisā: Latvijā - 0,2%; Vācijā - 0,35%. Līdzīgi atšķirības ir lietošanā pieņemtos cūku izdalītā siltuma, ūdens tvaika un ogļskābās gāzes daudzumos. To izsaka piemērs, kas dots 1. tabulā [1, 2, 3]. Analīze parāda, ka atšķirības izejas datus var būtiski ietekmēt kūts ventilācijas režīma aprēķinu rezultātus un mikroklimata nodrošināšanas energoietilpību.

Latvijā 80-os gados un agrāk būvētās cūku kūtis ar ķieģeļu vai keramzītbetona sienām, vienkārša logiem un lielām divviru durvīm nenodrošina labu siltumnoturību. Aprēķini rāda, ka šādās kūtīs siltuma zudumi uz vienu vidējas dzīvmasas cūku (70 kg) ir 7-10 kJ/h °C. Mūsdienīgu celtniecības un siltumizolācijas materiālu un tehnisko risinājumu pielietošana ļauj siltuma zudumus samazināt līdz 2,5-4 kJ/h °C.

Normatīvie lielumi par cūku izdalītā siltuma, H₂O tvaiku un CO₂ daudzumu

Nobarojamo cūku masa, kg	Valsts	Siltums, kJ/h	Ūdens tvaiks, g/h	Ogļskābā gāze, l/h
60	Latvija	675	107	33
	Vācija	500	59	22
100	Latvija	863	138	43
	Vācija	710	83	33

Pasaulē energoresursu racionālu izlietošanu saista arī ar fosilā kurināmā aizvietošanu ar atjaunojamiem energoresursiem. Vidējas dzīvmasas cūka vielu maiņas procesu rezultātā izdala siltumu ar jaudu 200 W. Daļa šī siltuma zūd caur kūts būvkonstrukcijām. Liels siltuma daudzums no cūku kūts kopā ar piesārņoto gaisu tiek izvadīts ventilācijas laikā. Pielietojot siltuma apmainītājus vidēji 50 % no izplūstošā siltuma var tikt izmantots kūti ievadāmā gaisa sasildīšanai [4]. Izstrādāto siltuma apmainītāju būtiskākais trūkums ir darbīgo virsmu apledošana, tos lietojot pie negatīvām ārējā gaisa temperatūrām.

Arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta kūtsmēslu biotermiskai apstrādei anaerobos apstākļos. Izdalījusies biogāze ar metāna saturu vidēji 60% nosedz ne tikai vajadzības pēc siltuma procesa norisei, bet daļu ir iespējas izmantot kā enerģijas avotu ražošanas tehnoloģiskiem procesiem fermā, tai skaitā mikroklimata nodrošināšanai kūti. Arī Latvijā ir veikti pētījumi un uzkrāta pieredze šajā virzienā. 1983. gadā cūku fermā Jumpravas pagastā sāka darboties iekārta kūtsmēslu biotermiskai apstrādei anaerobos apstākļos. Darbības rezultāti parādīja, ka 40-60% no iegūtās enerģijas ir iespējams izlietot ražošanai [5].

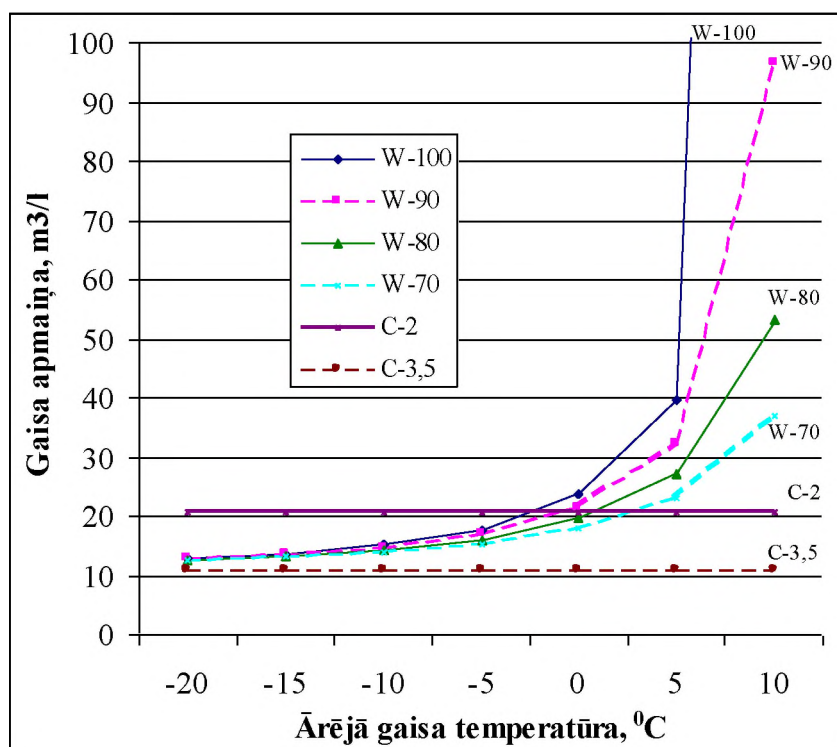
Pētījumu mērķis ir analizēt iespējas enerģijas vajadzības samazināšanai un fosilā kurināmā ietaupīšanai, paaugstinot kūts būvkonstrukciju siltumnoturību, atgriežot daļu no siltuma, ko izvada ar apmaināmo gaisu pie ventilācijas un sadedzinot biogāzi, kas iegūta kūtsmēslu anaerobās apstrādes rezultātā.

Metodika

Izejas dati analīzei par enerģijas izlietojumu mikroklimata nodrošināšanai cūku kūtīs iegūti aprēķinu ceļā, ņemot vērā ilggadīgos vidējos meteoroloģiskos apstākļus Latvijā, dažādas konstrukcijas cūku mītņu siltumnoturību un Latvijā rekomendētos mikroklimata parametrus cūku turēšanai. Pēc vispārzināmām sakarībām noteikts apmaināmā gaisa daudzums, siltuma zudumi caur kūts būvkonstrukcijām, nepieciešamais siltuma daudzums kūti ievadāmā gaisa sasildīšanai un siltuma bilance kūti [6]. Šie lielumi noteikti katrai cūku vecuma un ražošanas grupai. Apjomīgie aprēķini un to grafiskais attēlojums veikts pielietojot datorprogrammu Microsoft Excel 2000. Siltuma deficīts salīdzināts ar enerģijas daudzumu, ko konkrētos apstākļos var iegūt caur siltuma rekuperātoriem un sadedzinot biogāzi. Iegūtie rezultāti rakstā ilustrēti ar piemēru par siltuma bilanci, kas attiecināta uz vidēji smagu cūku ar dzīvmasu 70 kg.

Rezultāti

Klimatiskie apstākļi Latvijā raksturojas ar augstu gaisa relatīvo mitrumu (vidēji 9 mēnešus gadā tas ir virs 80 %) un diennakts vidējo temperatūru zemāku par 15 °C. 1. attēlā doti aprēķinu rezultāti par nepieciešamo gaisa apmaiņas intensitāti, lai izvadītu no kūts lieko mitrumu un uzkrājušos ogļskābo gāzi. Līkņu raksturs parāda, ka pie pozitīvām ārējā gaisa temperatūrām strauji palielinās nepieciešamā gaisa apmaiņas intensitāte, lai no kūts izvadītu lieko mitrumu. To var samazināt, ja vēso kūti ievadāmo gaisu nedaudz uzsilda. Tad tas spēj uzņemt lielāku mitruma daudzumu. Ja pieļaujama ogļskābās gāzes daudzums kūts gaisā ir 0,2 %, tad pie ārējā gaisa temperatūras sākot no 0 °C vai -5 °C apmaināmā gaisa intensitāti



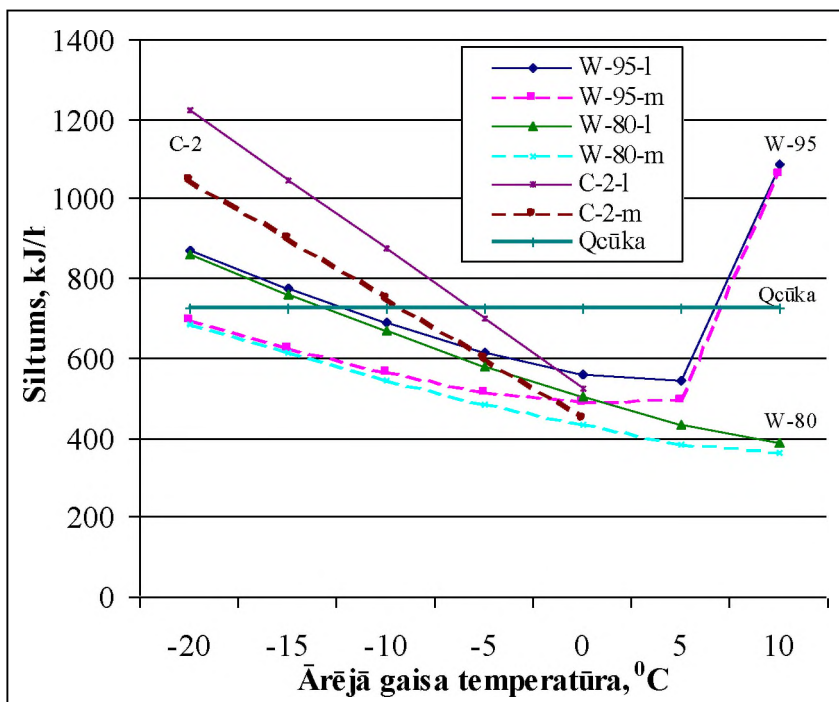
1.att. Nepieciešamā gaisa apmaiņas intensitāte, lai izvadītu no kūts lieko mitrumu pie gaisa relatīvā mitruma W no 70 līdz 100% un uzkrājušos ogļskābo gāzi pie daudzuma 2 un 3,5 l/m³ gaisa

vairs nedrīkst samazināt. Pretējā gadījumā palielināsies ogļskābās gāzes koncentrācija kūts gaisā. Pieļaujot ogļskābās gāzes koncentrāciju 0,3 - 0,35 %, gaisa apmaiņas intensitāti nosaka galvenokārt izvadāmā liekā mitruma daudzums.

2. Attēlā parādīts, kā mainās siltuma bilance kūtī pie dažādas siltuma atdeves caur kūts būvkonstrukcijām. Līkņu daļa virs horizontāles $Q_{cūka}$ norāda uz siltuma deficītu kūtī. Pie gaisa relatīvā mitruma 95 % un nosacīti liela kopējā īpatnējā siltuma vadāmības koeficienta 8 kJ/h °C siltuma deficīts ir atsevišķās pozitīvu un negatīvu temperatūru zonās; pie nosacīti maza - 3 kJ/h °C, siltuma deficīts saglabājas nelielā pozitīvas temperatūras intervālā. Samazinoties gaisa relatīvam mitrumam līdz 80 %, siltuma deficīts sākas pie temperatūras zem -13 °C. Temperatūras intervālā no 0 līdz -5 °C pāriešana uz gaisa apmaiņas regulēšanu pēc ogļskābās gāzes pieļaujamā līmeņa (0,2%) siltuma deficītu palielina. No siltuma zudumu attēlojošo līkņu izmaiņas rakstura labi redzams, kā siltuma bilanci aukstā laikā uzlabo kūts siltināšana.

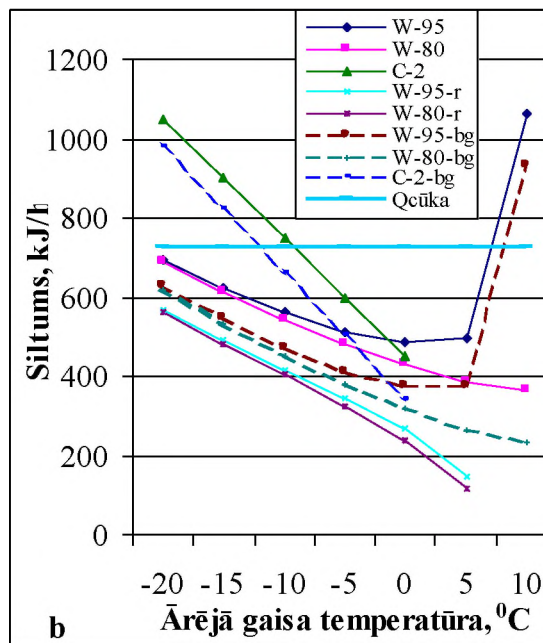
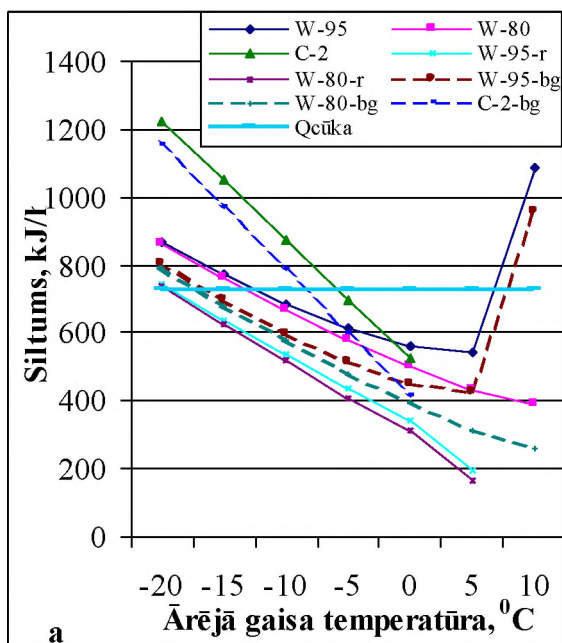
Noskaidrots siltuma daudzums, ko atgūst ar siltuma rekuperatoriem pie lietderības koeficienta 50 %. Rezultāti rāda, ka iegūtais siltuma daudzums dod iespēju likvidēt siltuma deficītu pie pozitīvas un nelielas negatīvas ārējā gaisa temperatūras. Siltuma deficīts saglabājas pie temperatūras zemākas par -15 °C. Ievērojot siltuma rekuperatoru konstruktīvos trūkumus, to praktiska izmantošana lietderīga tikai pozitīvu temperatūru zonā.

Aprēķinot siltuma daudzumu, ko iegūst no kūtsmēsliem anaerobās apstrādes rezultātā, pieņemts, ka procesa uzturēšanai pie ārējā gaisa temperatūras +10 °C izlieto 40% no iegūtās enerģijas, tam pakāpeniski palielinoties līdz 60% pie -20 °C. Līdz ar to siltuma daudzums, ko var izmantot siltuma bilances uzlabošanai kūtī vidējas dzīvmasas (70 kg) cūku grupā pie ārējā gaisa temperatūras +10 °C ir 120 kJ/h, tam samazinoties līdz 70 kJ/h pie -20 °C.



2. att. Siltuma bilance kūfī pie gaisa relatīvā mitruma W 95% un 80%, CO₂ - 2 l/m³ gaisa, siltuma atdeves caur kūts būvkonstrukcijām 8 kJ/h °C (1) un 3 kJ/h °C (m)

Iegūtie rezultāti redzami 3a. attēlā pie nosacīti lieliem attiecinātiem uz vienu cūku siltuma zudumiem caur kūts būvelementiem 8 kJ/h °C un 3b. attēlā pie nosacīti maziem - 3 kJ/h °C.



3. att. Siltuma bilances uzlabošanās kūfī pie gaisa relatīvā mitruma W- 95%, 80% un CO₂ 2 l/m³ gaisa , pielietojot siltuma rekuperātorus (-r) un no biogāzes iegūto siltumu (-bg) pie diviem attiecinātiem siltuma zudumu līmeņiem caur kūts būvkonstrukcijām: a - 8 kJ/h °C un b - 3 kJ/h °C

Siltuma bilances uzlabošanās, izmantojot no biogāzes iegūto siltumu arī būtiski samazina siltuma deficītu pie pozitīvas un nelielas negatīvas ārējā gaisa temperatūras, daudzos gadījumos siltuma deficītu likvidējot vispār. Pie zemākas temperatūras no biogāzes iegūtais siltums ir būtiski nepietiekams siltuma deficīta novēršanai, it īpaši, ja netiek pārsniegts rekomendētais CO₂ līmenis kūtī. Tad optimāla mikroklimata nodrošināšanai enerģija ir jāpievada no ārpusē.

Analīzes rezultāti izmantoti projekta priekšlikumiem par konkrētas cūku fermas atkritumu anaerobo apstrādi ar mērķi iegūt enerģiju fermas vajadzībām un uzlabot vides aizsardzību fermā piegulošā apkārtnē. Fermā notiek rekonstrukcija, lai tajā izvietotu 4000 sivēnmātes. Cūku nobarošana paredzēta citur. Šāda stratēģija palielina attiecināto (vienai cūku vietai) enerģijas vajadzību, galvenokārt siltuma nodrošinājumam cūku atnešanās un atšķirto sivēnu nodalījumos. Ne mazāk būtiska nozīme ir ražošanas atkritumu slodzes kaitējuma samazināšanai blīvi apdzīvotā teritorijā.

2. tabulā dots perspektīvais elektroenerģijas un siltuma patēriņš, saražotā enerģija pie kūtsmēslu anaerobās apstrādes un enerģijas bilance fermā.

2. tabula

Perspektīvais elektroenerģijas un siltuma patēriņš, saražotā enerģija pie kūtsmēslu anaerobās apstrādes un enerģijas bilance fermā ar 4000 sivēnmātēm

Gada periods	Enerģijas veids	Patēriņš fermā, kWh/dienā	Iegūst ar biogāzi, kWh/dienā	Enerģ. atlikums (+) vai iztrūkums (-) kWh/dienā
Siltais (minim. patēriņš jūnijs - augusts)	Elektrība	2700	8000	+3800
	Siltums	6200	5400	- 800
	Kopā	8900	13000	+3000
Aukstais (maks. patēriņš dec. - februāris)	Elektrība	5000	8000	+3000
	Siltums	25000	940	-24060
	Kopā	30000	8600	-21060
Vēsais (vidējais patēriņš pārējos mēnešos)	Elektrība	3850	8000	+4150
	Siltums	15600	3170	- 12430
	Kopā	19450	11170	- 8280
Gadā, pavisam		MWh	MWh	MWh
	Elektrība	1386	2917	+1531
	Siltums	5616	1160	- 4456
	Kopā	7002	4077	- 2925

Iegūtā enerģija nosedz ap 60% no gada kopējās enerģijas vajadzības fermā. Vasaras mēnešos ir paredzams enerģijas pārpalikums. Tādēļ priekšlikumi paredz koģenerācijas iekārtu uzstādīšanu.

Orientējoši aprēķini rāda, ka projekta realizācijā nepieciešams ieguldīt līdz vienam miljonam latu un tie atmaksāsies 12-15 gados.

Secinājumi

1. Auksta laika periodos ogļskābās gāzes rekomendējamā pieļaujamā līmeņa palielināšana līdz 0,3% dod iespējas samazināt gaisa apmaiņas intensitāti kūtī un tās apsildīšanai nepieciešamās enerģijas izlietojumu.
2. Siltuma rekuperatoru izmantošana vēsā laikā pie gaisa temperatūras virs 0 °C likvidē iespējamo siltuma deficītu kūtī.
3. Vidējas dzīvmasas cūkas (70kg) kūtsmēslu anaerobās apstrādes rezultātā iegūtās ražošanas vajadzībām izmantojamās enerģijas jauda ir 20-30 W, ar ko var nosegt vidēji tikai pusi no

gada enerģijas vajadzības. Vasaras mēnešos ir enerģijas pārpalikums attiecībā pret cūku fermā nepieciešamo.

4. Ievērojot kūtsmēslu anaerobās apstrādes nozīmīgumu arī vides aizsardzībā, daļu līdzekļu attiecīgo iekārtu izbūvei pie fermām lietderīgi paredzēt kā valsts subsīdijas.

Literatūra

1. Общесоюзные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий ОНТП 2 - 85. Москва, 1986, 64 стр.
2. Prasības un ieteikumi lopu mītņu tehnoloģiskai projektēšanai un aprīkošanai. (1999) Jelgava, 59 lpp.
3. Koller, Hammer, Mittrach, Sus (1981) Schweinestalle. Munchen, 194 S.
4. Schweineproduktion (1980) , Frankfurt (Main), 308 S.
5. Бабаханов Ю.М., Степанова Н.А. Оборудование и пути снижения энергопотребления систем микроклимата. Россельхозиздат, Москва, 1986. - 231 с.
6. Дубровский В.С., Виестур У.Э. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. Звайгзне, Рига, 1988. - 196 с.
7. Ilsters A. Aprīkojums un izmaksas cūkkopībā. A/s Poligrāfists, Rīga, 2001, 171 lpp.

**ASPECTS AND PROBLEMS OF NATURAL SELF-CLEANING
POTENTIAL EVALUATION FOR URBANIZED ENVIRONMENT**
*Urbanizētās vides dabiskās pašattīrīšanas potenciālā novērtējuma aspekti un
problēmas*

M. Jankauskaitė

Institute of Geology and Geografy
T. Ševčenkos str. 13, Vilnius, LT-2600, tel. 370-5-2-104-692
e-mail rita@geologin.lt

Abstract

The article deals with the concept of natural self-cleaning potential. It contains a description of available urbanized environment natural self-cleaning potential evaluation methodics and specific methods employed. Groups of criteria, producing different influence on self-cleaning geopotential were distinguished. Each criterion was evaluated by grades – related with parameters of impact factors – taking into consideration its rank in the general system of evaluation.

Keywords: *urban ecosystem, self-cleaning geopotential, chemical pollutio.*

Introduction

Seeking to optimize the ecological state of urban ecosystems under the conditions of uncontrollably increasing scale of technogenization, concentration of the population, pollution and other undesired related phenomena, it is very important to obtain a proper notion of dynamic links existing in the natural and technogenic complexes as well as of their autoregulation potential and resistance capacity against different anthropogenic loads.

This work is designed as a presentation of methodological aspects arising in evaluation of natural self-cleaning capacity of urbanized environment subject to chemical pollution. It is based on a preliminary study of many literary sources, devoted to analysis of the functioning of urbanized ecosystems and their components, and on available individual experience.

Methodological aspects of evaluation

In order to evaluate the natural self-cleaning potential of urbanized environment it is necessary, first of all, to reveal the integrated landscape response to pollution. The integrated landscape response depends on the self-cleaning potential of landscape components and on the mechanism of links between landscape components and elementary landscape territorial units. The migration links and conditions predetermining the natural self-cleaning capacity in relatively natural territories are more or less clear and have been many times discussed in research works [1-4]. Whereas, an integrated evaluation of natural self-cleaning potential of urbanized environment in terms of chemical pollution have not been done due to a specific character of the research object and due to a complexity of evaluation itself (an insufficient knowledge of discrete landscape components: no data about aerodynamics – i.e. microclimatic self-cleaning potential – of built up areas; lack of data about physical-chemical properties of urban soils predetermining their buffer capacity against pollution, about biochemical activity and about functioning mechanism of exposed soils; urban territories have been inadequately hydrogeologically investigated).

Nevertheless, on the existing database and after an evaluation of parameters responsible for genetic resistance of urbanized landscape (or ecological potential) it is possible to make on integrated evaluation of the natural self-cleaning potential of urbanized landscape in terms of chemical pollution.

This kind of evaluation may be carried out on two planes:

I. Evaluation of urban natural potential depending on the position of cities on a general sensitivity background of geosystems, which is predetermined by certain properties of a landscape and its components.

Principal of evaluation: distinguishing of cities situated in low sensitivity, sensitive and very sensitive geosystems. The evaluation mechanism of geosystem sensitivity is discussed in detail in 'Assessment of geosystem's sensitivity...' [4]. The map 'Geosystem sensitivity to chemical impacts' (SC 1:300000) included in this work has been compiled on the basis of mentioned methodic.

II. Evaluation of natural potential in terms of sensitivity to anthropogenic pollution in the cities taking into consideration a number of natural and technogenic urbanistic indices.

The first principle is rather clear and related with an evaluation of natural territories geopotential (an area of a certain soil type is the point of departure and emphasis is placed on buffer capacity of soils, which predetermines the self-cleaning potential of the whole system).

Following the second principle the main point of the departure is a territory existent in a certain relief, having a similar spatial character of technogenic cover (the height and density of buildings, the area of built up surface) and functioning as a whole affected by natural and technogenic-urbanistic factors.

As has been pointed out the urban the urban environment is an especially complex system. Its natural self-cleaning potential is disrupted, destroyed, changed or simply artificially sustained. For this reason an integrated evaluation of urban environment sensitivity to pollution (following the first principle of evaluation) is impossible, because an entire natural complex – soil-ground – is buried under a technogenic cover (asphalt-concrete cover, dwelling-houses, industrial buildings) and, virtually, is excluded from the matter and energy circulation. It no longer plays the role of natural biogeochemical barrier because the surface and atmospheric water flows travel to the nearest water bodies through leakage pipes. This kind of environment (built up, screened) is unable to sustain the function of regeneration – i.e., all ecological functions, including the self-cleaning potential, are disrupted. In evaluation of the natural potential of such territories in terms of sensitivity to anthropogenic pollution the following main criteria were distinguished:

- area of technogenic cover (height and density of buildings also are important indices);
- buffer capacity against pollution (granulometric composition, content of humus, capacity to act as a barrier to flows of toxic substances, microorganism activity in decomposing the organic matter) of open territories (without the technogenic cover);
- areas of greeneries. It is a comon knowledge that the contribution of various plants to environment regeneration is different. Therefore, the species composition and the area occupied by vegetation must be taken into consideration;
- relief – directing migration flows of toxic substances or concentrating them – plays an important role in natural and built up territories (important indices: hypsometry, degree of dissectedness of a territory, slope inclinations, river valleys);
- water bedding depth, which may serve as an indicator of possible pollution or flooding of a city. Not infrequently the ground water table rises as a result of engeneering-economic activity. In sections with impermeable rocks covered with a technogenic cover the territory gets flooded. As a result, the chemical composition of the surface and ground waters changes and their aggressiveness increases.
- aerodynamic characteristics of a territory are very important in evaluation of atmospheric self-cleaning potential (predetermining the city air quality) of open and built-up territories;

- actual pollution of deposition surfaces (at high levels of pollution the soil is unable to sorb, the greeneries to purify the air by absorption of dust and heavy metals and by reproduction of oxygen);
- character of technogenic cover (building materials and distribution) in terms of water and air permeability.

The urbanized environment evaluation methodics was worked up following two groups of criteria:

- criteria whose importance may be graded (within a system of 100 grades) depending on the significance of indices. This group includes criteria, which can be measured by different methods (area of technogenic cover, area of greeneries, actual pollution of a territory with heavy metals, oil products and other toxic substances). The area of technogenic cover is regarded as the most important criteria (taking into consideration the height and density of buildings) because it predetermines the ecological potential of the whole urbanized ecosystem (the greater the area of technogenic cover the lower the natural potential of a territory; concomitantly, the grade of chemical pollution is higher;
- criteria which, depending on their importance and character of impact, bring corrections to the sum of grades. They may increase the geopotential of a system by 100 %. This group includes criteria (soil buffer capacity to pollution, aerodynamic characteristics of a city territory, relief, ground water bedding depth, character of technogenic cover) whose importance was determined through examination (the greatest importance was ascribed to soil-ground buffer capacity against pollution and to aerodynamic characteristics of a city territory).

Results of methodology application

The following way of usage of the presented methodology is suggested. Firstly, the self-cleaning potential in respect of chemical pollution is estimated (in grades) for each quarter, microregion, etc. Next, according to every correction criterion the sum of lost grades is calculated. The result of subtraction of “lost grades” sum (theoretically it can reach 100) from the former self-cleaning potential estimation (up to 100 grades, as well) will indicate the final self-cleaning potential grade. Small grade meaning will designate the high geopotential of the territory towards the chemical pollution, large meaning – the low geopotential, i.e., high sensitivity of the territory to chemical pollution.

The methodology presented above was applied for creation of the map of Vilnius city landscape natural self-cleaning potential. Evaluation was conducted in the most detailed level (level of an urban quarter), on the grounds of 4000 technomorphological cells, distinguished by G. Godiene [5] in Vilnius city. As a result, a very patchy structure of Vilnius city landscape in respect of natural self-cleaning potential was defined (Fig. 1): areas of very high self-cleaning potential cover even 54.89%, high – 21.94%, medium – 20.57, and low & very low – 2.61% of city territory.

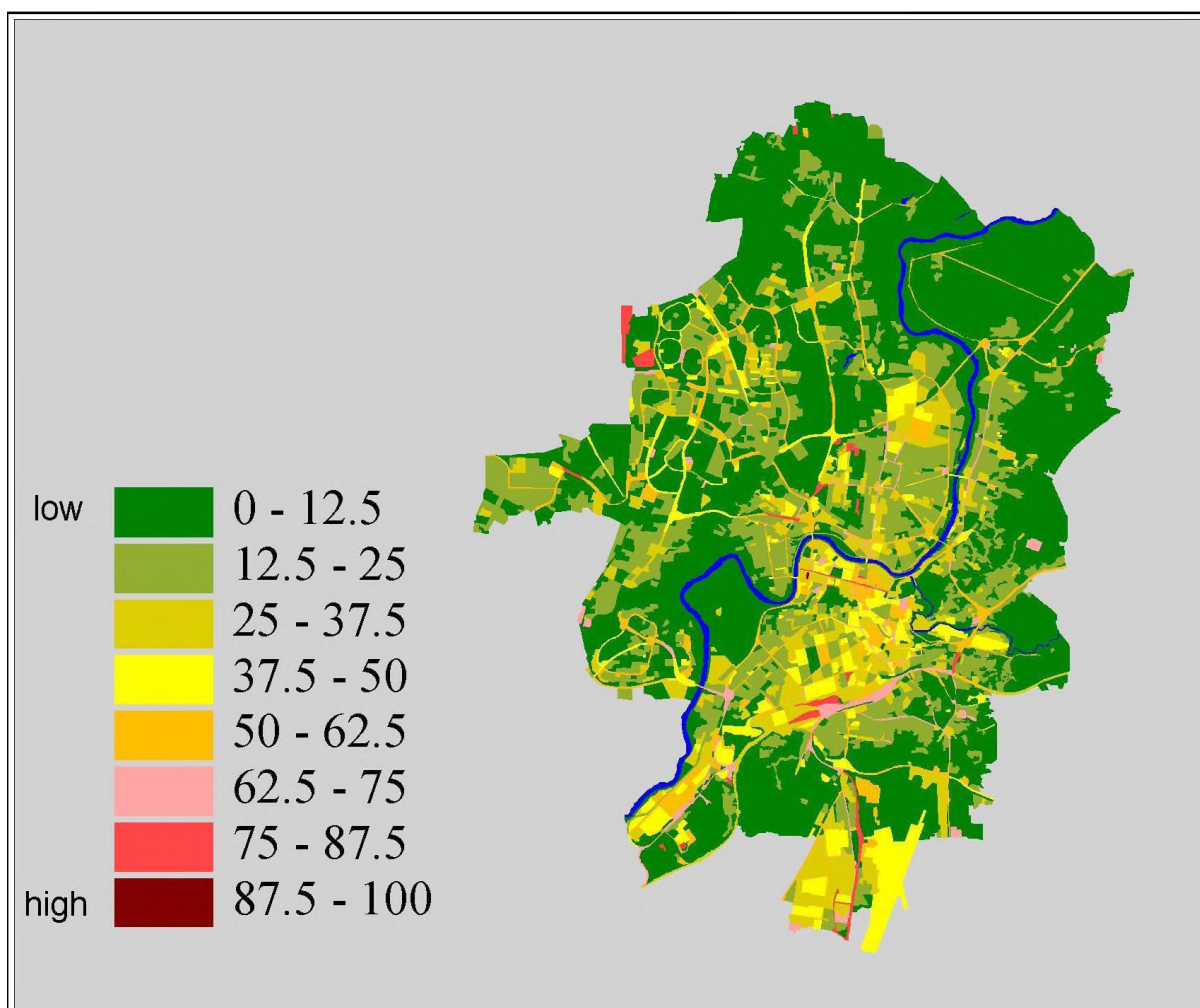


Fig. 1. Vilnius urbo-landscape self-cleaning potential in terms of chemical pollution.

Conclusions

Knowledge of potential genetic resistance of a landscape and reckoning with its natural ecological potential are the main premises of rational use of landscape.

The evaluation of natural self-cleaning potential of urbanized environment in terms of chemical pollution was an attempt to reveal an integrated response of landscape to chemical pollution (without confining to evaluation of self-cleaning potential of landscape components alone).

It was concluded that the mechanism of matter migration links and conditions predetermining the self-cleaning potential of relatively natural territories are rather clear and many times discussed in research works. Yet, an integrated evaluation of self-cleaning potential of urbanized landscape is rather problematic due to a specific character of the studied object and due to complicatedness of evaluation itself (an insufficient database on different landscape components).

In evaluating the self-cleaning potential of urbanized landscape the main point of departure is a territory which exists in a certain relief, has similar character of technogenic cover spatial distribution (height and density of buildings, area of technogenic cover) and is functioning as a whole affected by natural and technogenic urbanistic factors.

The worked up methodics of evaluation of urbanized landscape self-cleaning potential was based on two groups of criteria distinguished according to possibility of being measured, importance and character of contribution to self-cleaning potential. Each of distinguished

criteria was examined for the importance to self-cleaning potential depending on the parameters of active factors and 'weight' of criteria in the general evaluation system.

Presented methodology was applied for creation of the map of Vilnius city landscape natural self-cleaning potential.

References

1. Биогеохимические основы экологического нормирования. Наука, Москва, Россия, 1993, 304 с.
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. Высшая школа, Москва, Россия, 1988, 328 с.
3. Pauliukevicius G., Grabauskiene I. „Methods forecasting the resistance of geosystems to human impact”. Structural, dynamical and functional properties of the Lithuanian landscape. Geografijos institutas, Vilnius, Lietuva, 1993, p.149–171.
4. Jankauskaite M. (1993). Assessment of geosystem's sensitivity to chemical impact, *Geog rafija* 29, 1993, p.78–84.
5. Godiene G. (2001). The tendencies of technogenization changes in th urban landscape (on the example of Lithuanina towns)./Dissertation

CONCENTRATIONS OF THE MAIN NUTRIENTS (N, P, K, B, ZN) IN FLAX SEED, STEMS AND CHAFF

Galvėno barības elementu (N, P, K, B, Zn) koncentracija sėklās, stiebrose un pelavėse

Z. Jankauskienė, A. Endriukaitis, E. Gruzdevienė

Upyte Research Station of LIA

Upyte, Panevezys district, LT-5335 LITHUANIA

tel.: +370 45 555 413, fax: +370 45 555 573

E-mail: s.jankauskiene@post.omnitel.net

Abstract

During 1996-1998 experiments were carried out at the Lithuanian Institute of Agriculture's Upyte Research Station to measure the contents of the main nutrients (N, P, K, B, Zn) accumulated in flax plants (seeds, stems and chaff) at harvesting on the following backgrounds: not fertilized, fertilized with P₂₀ and N₁₅P₂₀K₆₀; applied with ZnSO₄ at the rates from 0,35 to 4,0 kg ha⁻¹.

It was determined that fibre flax seeds accumulated 3.30-4.06 % of N, 0.55-0.78 % of P, 0.69-1.15 % of K, 39.5-68.5 mg kg⁻¹ of Zn, 10.00-27.00 mg kg⁻¹ of B, the stems - 0.32-0.88 % of N, 0.04-0.15 % of P, 0.38-1.45 % of K, 5.0-18.0 mg kg⁻¹ of Zn, 5.16-30.84 mg kg⁻¹ of B, the chaff - 0.94-2.34 % of N, 0.20-0.38 % of P, 0.18-1.40 % of K, 14.5-57.0 mg kg⁻¹ of Zn, 8.55-38.19 mg kg⁻¹ of B.

The obtained data could be used for calculating the amount of main nutrients removed from the soil with flax yield as well as for fixing fertilizer rates more precisely.

Keywords: *concentration, fibre flax, fertilizers, nutrients, seed, stem, chaff.*

Introduction

In order to calculate fertiliser rates, it is necessary to know the contents of main nutrients accumulated in plants. For cereals amount of nitrogen, accumulated in the reproductive parts of plants (seeds) is 2.5-5.0 times higher than that in the vegetative parts (stems). Accumulation of phosphorus in plant seeds is 3-6 times higher than in the vegetative parts. Concentration of potassium in the vegetative parts of plants is higher than that in the reproductive parts /1/. So what is the situation with flax?

According to the investigation of Tichomirova V.J. (Russia), the amount of potassium accumulated in flax seed is in average 1.4 times lower than that of phosphorus and 2.8 times lower than that of nitrogen. At the stage of early yellow ripeness, 3.66 % of N, 1.76 % of P, 1.30 % of K were accumulated in flax seeds, 0.84 % of N, 0.32 % of P, 1.61 % of K in flax stem, 1.07 % of N, 0.46 % of P, 2.21 % of K in the chaff /2/.

According to Belarussian researchers the amount of nitrogen in flax stems at early yellow ripeness stage is 0.50-0.65 %, but could vary from 0.30 to 0.95 %. Their experimental evidence suggests that the concentration of nitrogen in the stems when growing flax without nitrogen was 0.25-0.29 % and 0.32 % when adding N₁₅ nitrogen fertilizers, 0.39 % - when adding N₃₀ nitrogen fertilizers. When applying PK fertilizers, N concentration in the stems was lower /3/.

Canadian flax researchers in flax seeds found following contents of minerals: 622 mg 100 g⁻¹ (0.622 %) of phosphorus, 831 mg 100 g⁻¹ (0.831 %) of potassium, 5 mg 100 g⁻¹ (50 mg kg⁻¹) of zinc /4/.

In Lithuania some investigations were done with linseed. Linseed (cv. 'Lu 5') accumulated in the seeds 3.06-3.93 % of total nitrogen, 0.50-0.84 % of phosphorus, 0.75-0.95 % of potassium; in the stems: 0.39-0.84 % of N, 0.04-0.13 % of P, 0.66-1.41 % of K; in the chaff: 1.34-2.15 % of N, 0.30-0.36 % of P, 0.42-2.26 % of K /5, 6/.

References about the concentrations of micronutrients in flax are very scarce. Some researchers identified high contents of zinc ($44.5-54.7 \text{ mg kg}^{-1}$) in flaxseeds /7, 8/, French researchers found 50 mg kg^{-1} of zinc in flaxseeds /9/. No evidence is available on the content of zinc in flax stems and chaff.

The content of boron (at flax yellow maturity stage) in flax seeds was found to be $5.1-18.7 \text{ mg kg}^{-1}$, when growing flax without boron application and $6.5-31.0 \text{ mg kg}^{-1}$ when applying boron fertilisers, the amount in the stems was $8.2-20.6$ and $10.0-30.0 \text{ mg kg}^{-1}$, respectively /7/. Again we did not any evidence about boron content in flax stem and chaff.

Thus the aim of our investigation was to estimate the contents of the main flax nutrients (N, P, K, Zn, B) accumulated in flax plants, and to determine whether these contents are affected by different fertilisation.

Methods

The trial was carried out during 1996-1998 at the Upyte Research Station. In the field rotation, flax followed winter wheat. The trial was conducted on a sod gleyic sandy loam soil. Granulated superphosphate on phosphorus background and ammonium nitrate, granulated superphosphate, potassium chloride on NPK background were applied before sowing. The size of a record plot was 20 m^2 . The experiment included 4 replications. Randomised plot design was used. Flax cv. Baltučiai was sown by a sowing machine SNL-16 at a seed rate of 22 million viable seed per hectare with 10 cm interrow spacings. Zinc sulphate was applied when flax was 2-4 cm tall.

Flax was pulled at the stage of early yellow ripeness /10/. The concentration of total nitrogen, phosphorus, potassium, zinc and boron was determined in flax seed, stems and chaff: total nitrogen amount – by Kjeldahl method, phosphorus – by the method of vanadate-molybdate, potassium – flame photometry, zinc - by atomic adsorption spectrophotometer, boron - calorimetrically with azometin H.

The numbers 1-21 in the figures 2-6 denote treatments: 1. Without zinc; 2. Spraying at flax seedlings stage $0,35 \text{ kg ha}^{-1}$ of ZnSO_4 ; 3. - $0,35 \text{ kg ha}^{-1}$ of ZnSO_4 +citowett 0,04 %; 4.- 1,0; 5. - 2,0; 6. - 3,0 and 7. - 4,0 kg/ha of ZnSO_4 – all treatments without NPK fertilising; 8.- 14. – the same Zn treatments on P_{20} background; 15.-21. - the same Zn treatments on $\text{N}_{15}\text{P}_{20}\text{K}_{60}$ background.

Meteorological conditions during the experimental years were diverse. The largest amount of precipitation was in 1998 (especially in July), and the least in 1997 (Fig. 1).

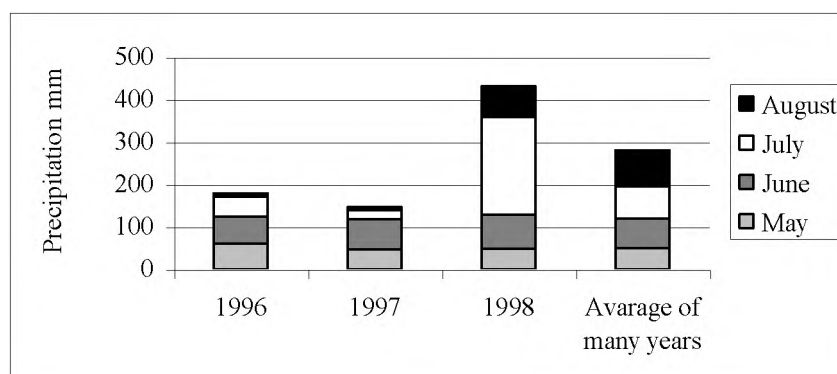


Figure 1. Amount of precipitation in Upyte, 1996-1998.

Results and discussion

Nitrogen. Data analysis suggests that a slightly higher nitrogen concentration in the flax seeds was identified in a very dry year of 1999, but the data were very similar each experimental. Nitrogen content, accumulated in seeds, was lower in the plots without zinc and

without any fertilisation (3.57 %, Treatment 1.) and was higher when adding phosphorus P₂₀ (3.69 %, Treatment 8.) or nitrogen, phosphorus and potassium (N₁₅P₂₀K₆₀) (3.74 %, Treatment 15.). This trend persisted all three years. According to three years' averaged data, an insignificantly higher accumulation of nitrogen in the seeds was found when applying NPK fertilisers, but the effect of increased zinc rates was not determined (Figure 2). Nitrogen concentration in flax stems was 6-7 times lower than that in flax seed. A slightly lower content of nitrogen in flax stems was found in 1997, the amount of nitrogen in the soil in that year was lower also, besides, the weather conditions were dry. However, neither the influence of fertilisation backgrounds nor increased zinc sulphate rates on the concentration of nitrogen in flax stems were established in the trial. Nitrogen concentration in the chaff was twice lower than that in flaxseed and two-three times higher than that in flax stem. The amount of nitrogen in the chaff varied from 0.94 % to 2.34 % and was similar in all three years.

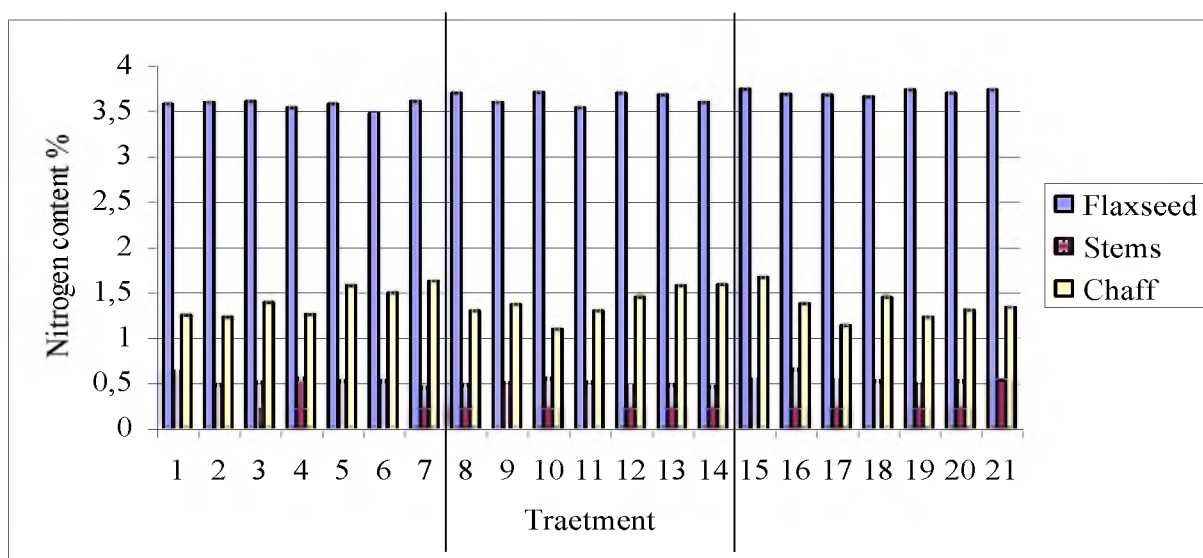


Figure 2. Nitrogen concentration (%) in flax seeds, stems and chaff, 1996-1998 average.

Phosphorus. The lowest content of phosphorus (0.55 %) in seeds was found in 1998. According to averaged data of 3 years, the amount of phosphorus in the seeds was within the limits of 0.61-0.67 % (Figure 3). Neither the influence of fertilisation backgrounds nor increased zinc sulphate rates on the concentration of phosphorus in flax seed were established. Content of phosphorus in the stems was 5-10 times lower than that in the seeds. The amount of phosphorus in the chaff was 2-3 times lower than that in the seeds, but 2-4 times higher than that in the stems. Variation of phosphorus content in chaff was very low - from 0.24 to 0.30 %.

Potassium. Potassium concentration of in flax seeds was very similar each experimental year, the influence of fertilisation was not established (Figure 4). The amount of potassium in the stems was similar to that in the seeds. Higher concentration (up to 1.30 %) was in 1996, lower (up to 1.0 %) in 1997. It was noticed that lower concentration of potassium in the stems was on the not fertilised background (0.54-0.78 %), it was higher (0.63-0.76 %) when adding phosphorus P₂₀ or nitrogen, phosphorus and potassium (N₁₅P₂₀K₆₀) (0.68-0.95 %). Averaged three years' data revealed a similar trend.

The amount of potassium in the chaff was by one third higher than that in the seeds and stems (but not in all cases). The amount of potassium in the chaff differed within experimental years: the highest concentration (0.94-1.40 %) was in 1996 and the lowest (0.18-0.38 %) in 1997.

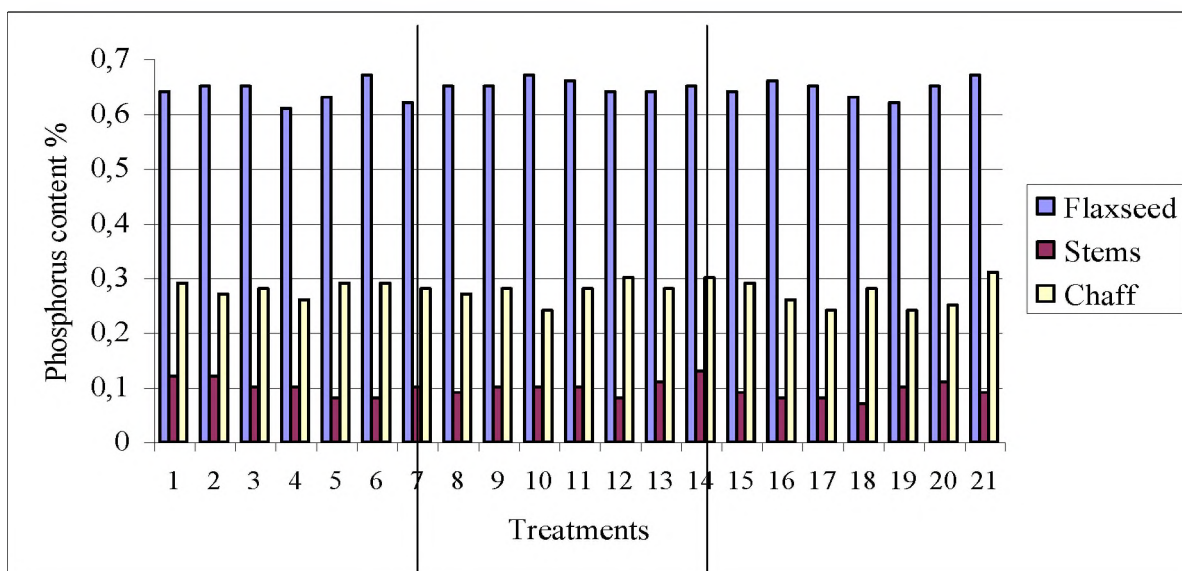


Figure 3. Phosphorus concentration (%) in flax seeds, stems and chaff, 1996-1998 average.

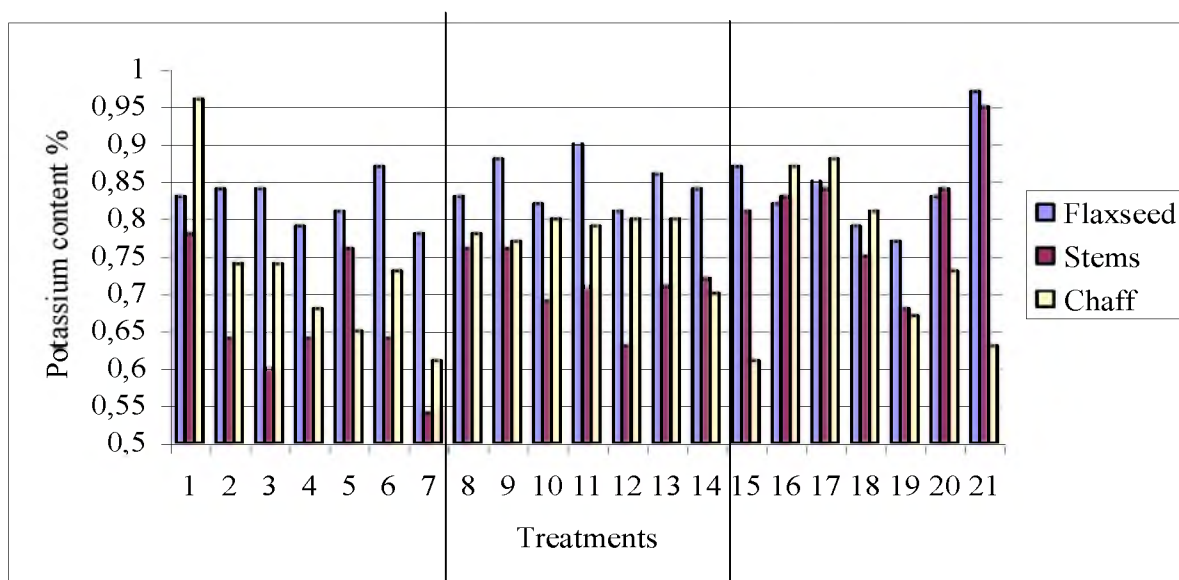


Figure 4. Potassium concentration (%) in flax seeds, stems and chaff, 1996-1998 average.

Zinc. The amount of zinc, identified in the seeds, was close to that (50 mg kg^{-1}) described in the literature sources presented above. In some cases concentration of zinc in the seeds was even higher than 68 mg kg^{-1} . A slightly higher concentration of zinc (0.46-0.88 %) was found in the wet year of 1998 and lower (0.32-0.64 %) in the dry year of 1997. furthermore, in 1997 the ratio between the amount of available phosphorus and available zinc was low in the soil (only within the range of 3-4). Neither the influence of fertilisation backgrounds nor increased zinc sulphate rates on the concentration of zinc in flax seed was established.

Concentration of zinc in the stems was much lower than that in flax seeds (Figure 5). A slightly higher concentration of zinc in the stems was found in the wet year of 1998. The influence of increased zinc sulphate rates or fertilisation backgrounds was established. The amount of zinc in the chaff was by one third lower that that in the seeds, but approximately 3-

5 times higher than in the stems. A lower concentration of zinc was found in the dry year 1997.

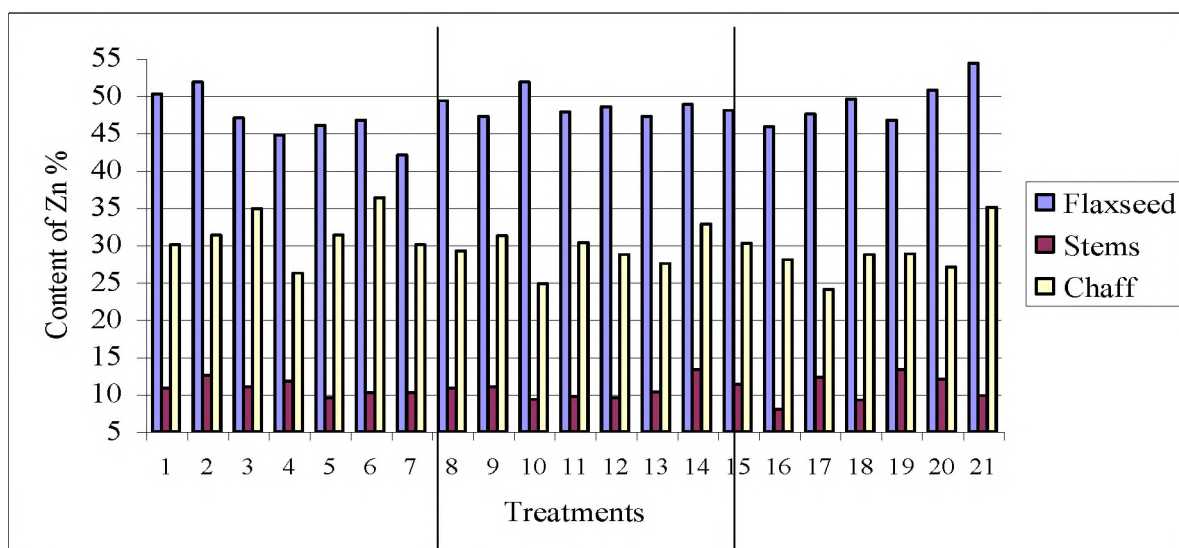


Figure 5. Zinc concentration (%) in flax seeds, stems and chaff, 1996-1998 average.

Boron. Boron concentration in seeds was also lower (10.00-17.58 mg kg⁻¹) in the dry year of 1997 and higher (16.15-27.00 mg kg⁻¹) in the wet year of 1998. The influence of fertilisation was not established, but besides meteorological conditions, concentration of boron in the seeds could be influenced by the level of available boron in the soil, which was lower (1.20-1.88 mg kg⁻¹) in 1997 and higher (2.02-2.58 mg kg⁻¹) in 1998. The amount of boron concentrated in stems was approximately the same as that in the seeds (Figure 6). Much lower concentration of boron in the stems (4.22-13.19 mg kg⁻¹) was found in 1997, higher (15.14-30.84 mg kg⁻¹) – in 1998.

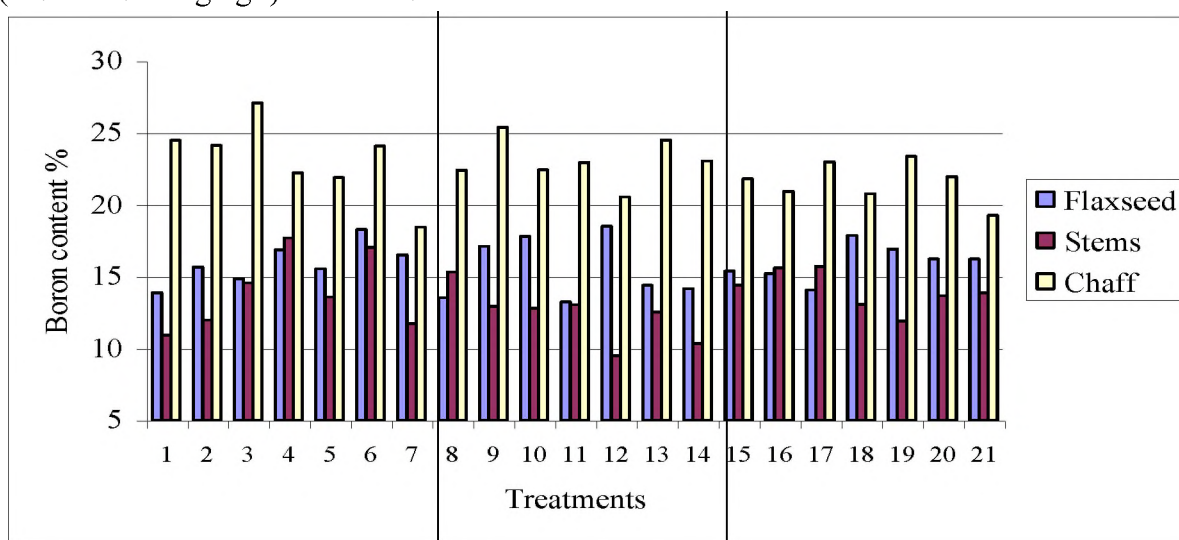


Figure 6. Boron concentration (%) in flax seeds, stems and chaff, 1996-1998 average.

The amount of boron found in the chaff was higher than that accumulated in the seeds and twice as high as that in the stems. Concentration of boron in the chaff varied during the years of trials. The lowest of boron concentration in the chaff (8.55-18.41 mg kg⁻¹) was identified in 1997 as in seeds and stems also.

Conclusions

1. Accumulation of the main nutrients in flax was as follows: 3,30–4,06 % of N, 0,55–0,78 % of P, 0,69–1,15 % of K, 39,5–68,5 mg kg⁻¹ of Zn, 10,00–27,00 mg kg⁻¹ of B - in the seeds, 0,32–0,88 % of N, 0,04–0,15 % of P, 0,38–1,45 % of K, 5,0–18,0 mg kg⁻¹ of Zn, 5,16–30,84 mg kg⁻¹ of B – in the stems, 0,94–2,34 % of N, 0,20–0,38 % of P, 0,18–1,40 % of K, 14,5–57,0 mg kg⁻¹ of Zn, 8,55–38,19 mg kg⁻¹ of B – in the chaff.

2. Nitrogen content, accumulated in seeds, was lower in the plots without zinc and without any fertilisation (3.57 %) and was higher when adding phosphorus P₂₀ (3.69 %) or nitrogen, phosphorus and potassium (N₁₅P₂₀K₆₀) (3.74 %).

3. Lower potassium concentration in the stems was identified on not fertilised background (0.54-0.78 %), the concentration was higher (0.63-0.76 %) when adding phosphorus P₂₀ or nitrogen, phosphorus and potassium (N₁₅P₂₀K₆₀) (0.68-0.95 %).

4. Concentration of boron in flax (seeds, stem, chaff) was lower in the dry year of 1997 when the content of available boron was lower, and higher in the wet year of 1998 when the soil was rich in available boron.

5. Concentration of zinc in the seed and chaff was lower in 1997, concentration of zinc in the seeds and stems was higher in 1998.

6. No effect of increased rates of zinc sulphate was established on the concentration of the main nutrients (N, P, K, Zn, B) in flax seed, stems and chaff.

References

1. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. Ленинград, 1966, с.6.
2. Тихомирова В.Я. “Физиологическая роль и агрономическая эффективность калийных удобрений на посевах льна-долгунца при разной обеспеченности почвы калием” Селекция, семеноводство, агротехника, экономика и первичная обработка льна-долгунца, научные труды ВНИИЛ, Торжок, 2002, вып.30, т.1, с.207-213.
3. Справочник льновода (Под редакцией М.И. Афонина), Минск: Урожай, 1973, с. 41-49.
4. Vaisey-Genser M., Morris D. H. Flaxseed. Health, nutrition and functionality, Canada, Manitoba, 1999, p. 17.
5. Jankauskienė Z. “Makroelementų ir riebalų kiekiai sėmeninių linų sėklose” Augalininkystės ir bitininkystės dabartis ir ateitis (The present and future of crop science and bee keeping), Kaunas, Akademija, 1998, p. 180-186.
6. Jankauskienė Z. “Azoto, fosforo ir kalio koncentracija sėmeninių linų derliuje” Žemdirbystė /LŽI, LŽŪU mokslo darbai, t. 72, Akademija, 2000, p. 148-159.
7. Анспок П.И. Микроудобрения, Ленинград: Агропромиздат, 1990, с. 59, 75.
8. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita. Monografija (sudarė. J. Mažvila), Kaunas, 1998, p. 167.
9. Eyssautier A. “Carence en zinc sur lin” La France Agricole, 1992, 7 Fevrier, p. 51.
10. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом, Торжок, 1987, 72 с.

IEDZĪVOTĀJU SARAŽOTIE ATKRITUMI UN TO SASTĀVS RĪGAS PILSĒTĀ

Waste Generation in the Riga City and Their Composition

S. Jevsejeva, J. Prols, V. Cudečkis

K.Ulmaņa gatve 3, Rīga, LV – 1004; tālr. 7627504; e-mail: gc@parks.lv; fakss 7623512

Abstract

Items on waste generation in the Riga city are analysed. Short presentation of the study methods is provided, and achieved results are presented. Three different dwelling areas have been investigated: multi-apartment houses with and without of waste shoots and private houses. Comparison of obtained results with similar ones have been got abroad is included. It is stated that average solid household waste generation in the Riga city is 199.2 kg / capita / year or 1.52 m³/ capita / year. Morphological composition of waste is analysed, and it is stated that following types of waste are dominating: putrescible waste, paper-cardboard, glass and plastics. Conclusion is done that generated waste amount strongly depends on value of the gross domestic product is done, i.e. increase of waste amount generated per capita maybe expected in the Riga city.

Keywords: waste, putrescible waste, paper-carboard, glass, plastic.

Ievads

Rīgas pilsētā iedzīvotāju saražoto sadzīves atkritumu daudzuma un sastāva noteikšana tika veikta laika periodā no 2002. gada 28. oktobra līdz 2002. gada 27. decembrim. Pētījumu pasūtīja Rīgas domes Vides departaments, un izpildīja - SIA "Geo Consultants", SIA "Hoetika ATU" un SIA "Nehlsen".

Atkritumu svēršana un šķirošana tika veikta 2 ciklos, katrs 2 nedēļu garumā. 1. cikls ilga no 28. oktobra līdz 10. novembrim, un 2. cikls – no 1. decembra līdz 15. decembrim.

Izpētes gaitā tika noteikts sadzīves atkritumu daudzums (m³ un kg) uz 1 iedzīvotāju un atkritumu morfoloģiskais sastāvs, nodalot 17 dažādas frakcijas. Pētījums veikts, ņemot vērā trīs dažādus apbūves tipus:

- daudzdzīvokļu māju apbūve, līdz 5 stāviem ieskaitot, bez atkritumu vadiem;
- daudzdzīvokļu māju apbūve ar atkritumu vadiem;
- privātmāju apbūve.

Pētījuma rezultātus paredzēts izmantot, lai:

- noteiktu vidējo atkritumu daudzumu, ko Rīgas pilsētā saražo 1 iedzīvotājs (m³ un kg);
- pārskatītu tarifu par sadzīves atkritumu apsaimniekošanu;
- aptuveni izvērtētu atkritumu dalītās vākšanas sistēmas ieviešanas ekonomisko izdevīgumu Rīgas pilsētā.

Izvēlēto teritoriju vispārējais raksturojums

Sadzīves atkritumu daudzuma un sastāva noteikšanai tika izvēlētas dažādas vietas Rīgas pilsētas mikrorajonos un sadalītas principiāli atšķirīgos iecirkņos ņemot vērā iepriekšminētos trīs dažādus apbūves tipus. Atkritumu savākšanas un svēršanas vietu novietojums skat. 1. attēlā.

Daudzdzīvokļu mājās, kur ir atkritumu vadi, izmanto 0,9 m³ konteinerus. Atkritumu izvešanas biežums ir atkarīgs no līguma nosacījumiem, ko noslēdz atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumi ar namu pārvaldi. Konkrētajā gadījumā atkritumu izvešanas biežums ir viena reize divās dienās. Apkalpoto iedzīvotāju skaits iecirknī - 620 cilvēki. Atkritumu savākšana un nosvēršana tika veikta Ziepniekkalnā un Pļavniekos.

Daudzdzīvokļu mājās, kur nav atkritumu vadu, izmanto 0,9 m³ un 1,1 m³ konteinerus. Atkritumu izvešanas biežums ir atkarīgs no līguma nosacījumiem, ko noslēdz atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumi ar namu pārvaldi. Konkrētajā gadījumā atkritumus izved katru

dienu vai katru otro dienu. Izpētes 1. un 2. ciklos šajā iecirknī apkalpoto iedzīvotāju skaits bija attiecīgi 1771 un 4989 cilvēki. Izpētes darba 1. ciklā atkritumu savākšana un nosvēršana tika veikta Sarkandaugavā, Imantā un Dzirciemā. Papildus izpētes 2. cikla atkritumu savākšana un nosvēršana tika veikta Ķengaragā un Purvciemā.

Privātmājās izmanto 0,24 m³ konteinerus. Izvēlētajā teritorijā atkritumus izved vienu reizi nedēļā, atsevišķos gadījumos – vienu reizi 2 nedēļās vai vienu reizi mēnesī. Līgumus par atkritumu izvešanu atkritumu apsaimniekošanas firmas noslēdz tieši ar klientu. Šajā iecirknī tiek apkalpoti 55 iedzīvotāji. Pētījums tika veikts Teikā.



Apzīmējumi

- - Daudzdzīvokļu mājas, kur ir atkritumu vads
- - Daudzdzīvokļu mājas, līdz 5 stāviem ieskaitot, kur nav atkritumu vada
- - Privātmājas

1. attēls. Atkritumu savākšanas un svēršanas vietas

Izpētes darbu metodika

Darbu veikšanai izmantota sekojoša metodika:

- 1) atkritumu savākšanas un šķirošanas vietu izvēle tā, lai nedēļas laikā savāktu atkritumu svars būtu ne mazāks par 1t (izņemot privātmāju apbūves iecirkni, kur savāktu un sašķirotu atkritumu daudzums 1. un 2. ciklā bija attiecīgi 355 kg un 294 kg);

- 2) izvēlēto vietu, atkritumu savākšanas un izvešanas no tām saskaņošana ar atkritumu savācējiem uzņēmumiem – A/s “Hoetika” un SIA “Nehlsen”, lai netraucētu šo uzņēmumu darbu;
- 3) informācijas ievākšana no konkrētajām namu pārvaldēm par izvēlētajā iecirknī apkalpojamo iedzīvotāju skaitu;
- 4) konteineru aizpildījuma (% no kopējā apjoma) noteikšana uz vietas un atkritumu apjoma (m^3) aprēķins;
- 5) atkritumu nosvēršana pirms to šķirošanas uzsākšanas. Atkritumu nosvēršanai tika izmantoti A/s “Hoetikas” elektroniskie svāri EX-600 (Nr. 31225) un A/s “Agroapgāde” tiltu svāri YLJK1-500/1000 (Nr. 10397);
- 6) atkritumu transportēšana (konteineros) uz izgāztuvi “Getliņi”, kur veica to šķirošanu. Konkrētas šķirošanas vietas tika saskaņotas ar BO SIA “Getliņi Eko” direkciju;
- 7) atkritumu šķirošana un svēršana, nosakot sekojošas frakcijas:
 - papīrs/kartons,
 - pārtikas atkritumi,
 - stikls,
 - plastmasas, atsevišķi PET pudeles,
 - melnie metāli,
 - krāsainie metāli,
 - kokmateriāli,
 - celtniecības atkritumi (izņemot koksni un bīstamos atkritumus, piem. krāsu bundžas u. tml.),
 - dārzu atkritumi,
 - gumija,
 - tekstilijas,
 - keramika,
 - bīstamie sadzīves atkritumi,
 - smalksne (frakcija, kas diametrā mazāka par 1,5 cm).

Atkritumu frakciju nosvēršana tika veikta, izmantojot platformas elektroniskos svarus, sērija LADOGA, SVP-150;

- 8) atkritumu blīvuma noteikšana (kopējais atkritumu daudzums (kg) dalīts ar kopējo atkritumu apjomu (m^3), kg/m^3);
- 9) 1 iedzīvotāja saražoto atkritumu daudzuma noteikšana (atkritumu daudzums dalīts ar savākšanas ilgumu (dienas, gads) un apkalpoto iedzīvotāju skaitu, $kg/dienā/iedzīvotāju$ un $kg/gadā/iedzīvotāju$);
- 10) atkritumu morfoloģiskā sastāva noteikšana (% no kopēja daudzuma).

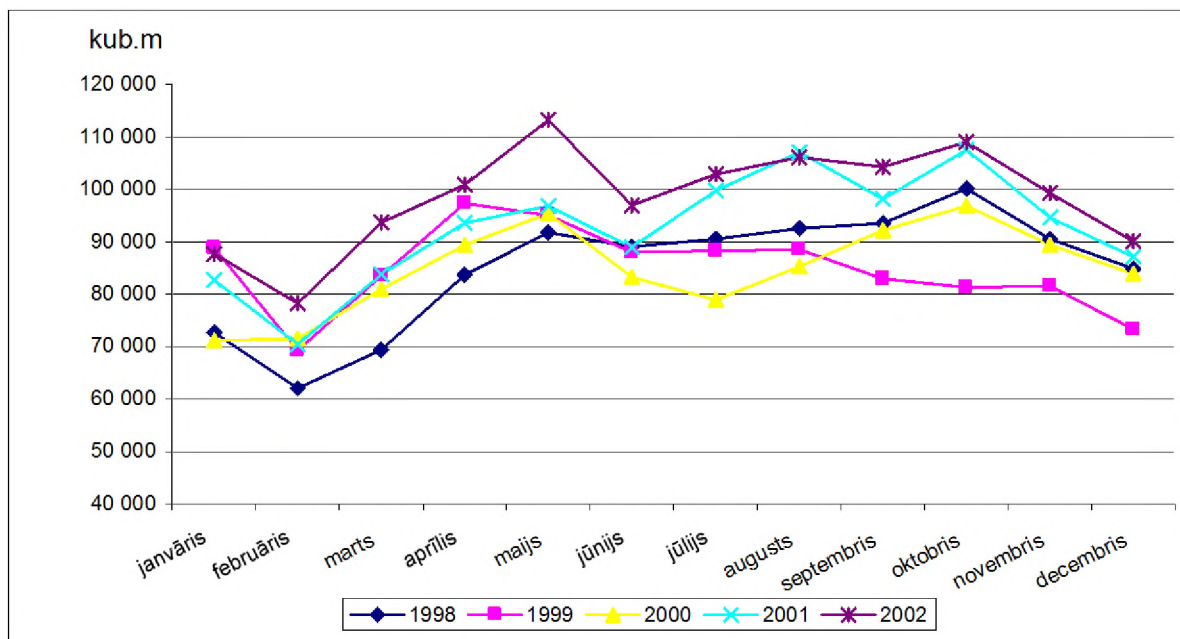
Atkritumu apjoma izmaiņas gada griezumā

Saskaņā ar BO SIA “Getliņi” sniegto informāciju (skat. 1. tab.), izgāztuvē “Getliņi” apglabāto atkritumu daudzums laika posmā no 1998. gada līdz 2002. gadam ieskaitot ir izmainījies no 1020527 m^3 līdz 1182138 m^3 attiecīgi 1998. un 2002. gadā. Apglabāto atkritumu apjoma dinamika sniegta 2. attēlā.

Apglabāto atkritumu daudzums pa mēnešiem ir atšķirīgs katru gadu. Minimālais atkritumu daudzums parasti novērots februārī (4 gados no 5), vienreiz – janvārī (2000. gadā). Savukārt, maksimālais atkritumu daudzums visbiežāk konstatēts oktobrī (1998., 2000 un 2001. gadi). Divos gadījumos maksimālais atkritumu daudzums konstatēts pavasarī: aprīlī (1999. gads) un maijā (2002. gads).

Ņemot vērā minēto faktu, kā arī to, ka atkritumu šķirošana tika uzsākta 2002. gada novembrī un atkārtoti tika veikta 2002. gada decembrī, pētījumu gaitā iegūtie dati nevar tikt

attiecināti uz visu gadu, t.i. nepieciešams korekcijas koeficients, kas ņem vērā atkritumu apjoma sezonālās svārstības.



2. attēls. Izgāztuvē “Getliņi” apglabāto atkritumu apjoma dinamika pa mēnešiem (m³)

Koeficienta aprēķins veikts izmantojot datus par izgāztuvē “Getliņi” apglabājamo atkritumu apjomu, kas raksturots pa mēnešiem. Koeficients tika noteikts sekojošā veidā:

- 1) tika pieņemts, ka koeficients mēnesim, kura laikā apglabāts vismazākais atkritumu daudzums, ir 1,
- 2) vadoties no šī pieņēmuma tika aprēķināts konkrētā mēneša koeficients (k_i), izmantojot sekojošu vienādojumu:

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_{\min}} \quad [1]$$

kur: Q_i – atkritumu apjoms (m³) konkrētajā mēnesī,
 Q_{\min} – atkritumu apjoms (m³) gada mēnesī, kad noglabāts vismazākais atkritumu apjoms,

- 3) šādu koeficientu aprēķins veikts katram mēnesim par laika posmu no 1998. līdz 2002. gadam ieskaitot, t.i. katram konkrētajam mēnesim iegūti 5 atšķirīgi (vai vienādi) koeficienti. Tālāk aprēķināts vidējais koeficients, nosakot aritmētisko vidējo ($k_{\text{vid.arit.}}$). Iegūtie mēnešu koeficienti visos gadījumos ir lielāki par 1. Tāpēc galējie koeficienta lielumi ($k_{\text{vid.}}$) noteikti, izdalot $k_{\text{vid.arit.}}$ ar $k_{\text{vid.arit.},\min}$, kas konstatēts februāra mēnesim.

Iegūtie rezultāti atspoguļoti 1. tabulā. Tie ļauj secināt, ka kopumā ņemot, maksimālais atkritumu apjoms konstatēts rudenī, minimālais ziemā.

1. tabula

Atkritumu apjoma korekcijas koeficienti

Periods	1998		1999		2000		2001		2002		k vid. arit.	k vid.
	Apglabāto atkritumu apjoms, m ³	Korekcijas koeficients	Apglabāto atkritumu apjoms, m ³	Korekcijas koeficients	Apglabāto atkritumu apjoms, m ³	Korekcijas koeficients	Apglabāto atkritumu apjoms, m ³	Korekcijas koeficients	Apglabāto atkritumu apjoms, m ³	Korekcijas koeficients		
Janvāris	72 679	1,172	88 795	1,283	71 114	1,000	82 679	1,174	87 717	1,122	1,150	1,149
Februāris	62 037	1,000	69 228	1,000	71 471	1,005	70 409	1,000	78 197	1,000	1,001	1,000
Marts	69 383	1,118	83 509	1,206	80 933	1,138	83 753	1,190	93 660	1,198	1,170	1,169
Aprīlis	83 642	1,348	97 313	1,406	89 382	1,257	93 555	1,329	100 869	1,290	1,326	1,325
Maijs	91 725	1,479	95 071	1,373	95 413	1,342	96 824	1,375	113 199	1,448	1,403	1,402
Jūnijs	89 038	1,435	88 031	1,272	83 228	1,170	88 951	1,263	96 958	1,240	1,276	1,275
Jūlijs	90 534	1,459	88 262	1,275	78 925	1,110	99 784	1,417	102 880	1,316	1,315	1,314
Augusts	92 551	1,492	88 528	1,279	85 288	1,199	107 114	1,521	106 120	1,357	1,370	1,368
Septembris	93 489	1,507	82 922	1,198	92 196	1,296	98 142	1,394	104 255	1,333	1,346	1,344
Oktobris	100 142	1,614	81 274	1,174	96 823	1,362	107 528	1,527	108 969	1,394	1,414	1,413
Novembris	90 493	1,459	81 552	1,178	89 424	1,257	94 603	1,344	99 262	1,269	1,301	1,300
Decembris	84 814	1,367	73 250	1,058	83 866	1,179	87 076	1,237	90 052	1,152	1,199	1,197
Kopā:	1020527		1017735		1018063		1110418		1182138			

Vidējais saražoto atkritumu daudzums gadā

Ņemot vērā iegūtos rezultātus par atkritumu daudzumu uz vienu iedzīvotāju dažādās izvēlētajās vietās izpētes 1. un 2. ciklos, t.i. novembrī un decembrī, un atkritumu daudzuma korekcijas koeficientu, aprēķināts 1 iedzīvotāja saražotais vidējais atkritumu daudzums diennaktī un gadā katram izvēlētajam iecirknim (skat. 2. tabulu). Aprēķini tika veikti sekojošā veidā:

- atkritumu daudzums konkrētam mēnesim aprēķināts divreiz, ņemot vērā izpētes laikā iegūtus rezultātus (novembrī un decembrī) un salīdzinot tos ar atkritumu korekcijas koeficientiem;
- pamatojoties uz iegūtiem lielumiem, noteikts vidējais, kas pieņemts par atkritumu daudzumu konkrētajā mēnesī;
- zinot atkritumu daudzumu katrā mēnesī, aprēķināts iedzīvotāju saražotais vidējais atkritumu daudzums gadā un diennaktī;
- aprēķini veikti gan m³, gan kg.

2. tabula

Vidējais atkritumu daudzums uz 1 iedzīvotāju gadā

Apbūves tips	Atkritumu daudzums uz iedzīvotāju diennaktī		Atkritumu daudzums uz iedzīvotāju gadā	
	m ³	kg	m ³	kg
Daudzdzīvokļu mājas, līdz 5 stāviem ieskaitot, kur nav atkritumu vadu	0.003999	0.55126	1.460	201.211
Daudzdzīvokļu mājas, kur ir atkritumu vadi	0.005157	0.52398	1.883	191.254
Privātmājas	0.002971	0.45022	1.084	164.328

Atkritumu morfoloģiskais sastāvs

Atkritumu sastāvs raksturots procentos pēc to svara. Analizējot darba gaitā iegūtus rezultātus, jāsecina, ka atkritumos dominē pārtikas atkritumi – 10-12% (izņemot rudens periodu, kad atkritumos ievērojami pieaug dārza atkritumu īpatsvars – vidēji līdz 20%). Nākošā nozīmīgākā frakcija ir papīrs/kartons, kuras īpatsvars mainās no ~9% līdz 12%.

Stikla īpatsvars svārstās no 5% līdz 8%. Plastmasas īpatsvars ir ap 6%. PET pudeles veido apmēram 2%, kokmateriāli - ~2%, metāli - ~3%, tekstilijas - ~3%, āda - ~1%.

Atkritumu šķirošanas rezultāti ļauj secināt, ka atkritumu morfoloģiskais sastāvs daudzdzīvokļu māju iecirkņos un privātmāju iecirkņos atšķiras, galvenokārt, ar dārza atkritumu daudzumu kā rudens, tā arī ziemas periodos. Pārējo frakciju īpatsvars ir līdzīgs, un mainās nenozīmīgi - 3-4% robežās.

Iegūto rezultātu salīdzinājums ar ārvalstīs saražotajiem atkritumu daudzumiem

Ņemot vērā iegūtos rezultātus par vidējo atkritumu daudzumu uz vienu iedzīvotāju dažādās izpētes vietās, var tikt aprēķināts Rīgas pilsētas vidējais atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju gadā. Aprēķinātais vidējais atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju Rīgas pilsētā gadā ir 199,2 kg vai 1,52 m³.

Rīgas pilsētā saražotā atkritumu daudzuma salīdzinājums ar citu valstu pilsētām (90 gadu dati) sniegts 3. tabulā [1.,2.].

3. tabula

Atkritumu daudzums uz 1 iedzīvotāju gadā pasaules valstu galvaspilsētās

Galvaspilsētas nosaukums	Atkritumu daudzums uz 1 iedzīvotāju gadā, kg
Rīga	199,2
Gvatemala (Gvatemalā)	109,5 - 219
Lima (Peru)	109,5 - 292
Riodežaneiro (Brazīlija)	197,10
Džakarta (Indonēzija)	219
Buenosaires (Argentīna)	219 - 365
Mehiko (Meksika)	248,20
Santjago (Čīle)	328,5 - 438
Karakasa (Venecuēla)	332,15
Vīne (Austrija)	430,70
Londona (Lielbritānija)	484
Parīze (Francija)	521,95
Kanbera (Austrālija)	610

Var secināt, ka atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju Rīgas pilsētā, salīdzinot ar citām pasaules valstu pilsētām, ir relatīvi neliels. Tas gandrīz trīsreiz mazāks nekā Kanberā, un apmēram divarpus reizes mazāk nekā Parīzē un Londonā. Neapšaubāmi, ka tas ir izskaidrojams ar atšķirīgajiem dzīves (ienākuma) līmeņiem Rīgā un minētajās pilsētās. Savukārt, pilsētās, kur dzīves līmenis samērojams ar Latviju, novērots līdzīgs atkritumu daudzums (piemēram, Riodežaneiro un Džakarta).

Analizējot datus par sadzīves atkritumu morfoloģisko sastāvu dažādu pasaules valstu pilsētās, var secināt, ka valstīs ar zemiem ienākumiem dominē pārtikas atkritumi (līdz 80%), bet valstīs ar vidējiem un augstiem ienākumiem dominē papīra (20-40%), plastmasas (5-10%), metāla (līdz 13%) un stikla (līdz 10%) atkritumi [3].

Secinājumi

Ņemot vērā izpētes gaitā iegūtos rezultātus par atkritumu daudzumiem (m³ un kg) uz vienu iedzīvotāju un atkritumu daudzuma korekcijas koeficientus, tika aprēķināts vidējais saražotais atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju gadā, un tas ir:

- 1,46 m³ vai 201,21 kg uz 1 iedzīvotāju gadā daudzdzīvokļu māju iecirknī, kur nav atkritumu vadi,
- 1,88 m³ vai 191,25 kg uz 1 iedzīvotāju gadā daudzdzīvokļu māju iecirknī, kur ir atkritumu vadi,
- 1,08 m³ vai 164,33 kg uz 1 iedzīvotāju gadā privātmāju iecirknī.

Vidējais saražotais atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju gadā Rīgas pilsētā sastāda 199,2 kg vai 1,52 m³.

Salīdzinot Rīgā saražoto atkritumu daudzumu ar Rietumeiropu, ir skaidrs, ka Rīgā saražotais atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju ir 2-3 reizes mazāks. Var secināt, ka paaugstinoties Latvijas iekšzemes kopproduktam sagaidāms arī būtisks sadzīves atkritumu daudzuma pieaugums.

Pētījumu rezultāti norādīja, ka atkritumos dominē pārtikas atkritumi, izņemot rudens periodu, kad lielākais īpatsvars ir dārzu atkritumiem. Nozīmīgas atkritumu frakcijas ir papīrs, kartons, stikls un plastmasa. PET pudeļu, kokmateriālu, metāla, tekstiliju un ādas īpatsvars kopējā atkritumu daudzumā ir nenozīmīgs.

Literatūra

1. Luis F. Diaz, George M. Savage, Linda L. Eggerth, Clarence G. Golueke. Solid Waste Management for Economically Developing Countries. CalRecovery, Inc., California 94547, USA, 1996, p. 417
2. Thurgood M. Australia-waste minimisation and recycling. No waste by 2010? Wastes management. 2001 (April), p.64
3. Rusbrook. Ph., Pugf M. Solid Waste Landfills in Middle and Lower Income Countries. A technical Guide to Planning, Design, and Operation. World Bank Technical Paper No. 426. The Word Bank, Washington, USA, 1999, p.248

BIOMASU BRIKEŠU NOTURĪBA *Durability of Biomass Briquettes*

A. Kaķītis, I. Nulle

J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, tālr.: 3080674, fakss: 3005685,

e-pasts: aka@cs.llu.lv

Abstract

The main resources for biomass agro-ecotechnologies are cereal straw residues, energy crops and emergent vegetation from wetlands. The herbaceous biomass is a material of low density (20 – 60kg/m³) therefore new mobile equipment and technologies for biomass comminution and densification have to be worked out. To guarantee the quality of biomass briquettes in the handling and usage process, sufficient durability of briquettes should be provided. National Standards of biomass briquettes should be worked out in accordance with the requirements of International Standards.

Dependence of Ultimate shear stress on wheat stalk material particle size in biomass briquettes was investigated. It was stated that ultimate shear stress increases for particle size in briquettes less than 0.5mm. Peat additive improves the density and ultimate shear strength of briquettes, but peat in combustion process increases the ash content. Therefore it is not necessary to add peat more than 50% in briquetting composition. Durability of reed stalk briquettes ~1.7 times exceeds durability of wheat stalk briquettes. Maximal values of ultimate shear stress (1,5 MPa) and density (1,2 g/cm³) for pure peat (100%) briquettes was obtained.

Keywords: biomass conditioning, biomass briquettes, durability.

Ievads

Nākotnē paredzams atjaunojamo enerģijas veidu, it sevišķi biomasu, izmantošanas pieaugums. Eiropas Baltajā grāmatā tiek prognozēts, ka uz 2010. gadu galvenais ilgtspējīgās enerģijas avots būs biomasas (74%). Lai nākotnē nodrošinātu šādu biomasas enerģijas avotu pieaugumu, lauku apvidos jāpievērš uzmanība jaunu biomasu avotu apguvei - enerģētisko augu audzēšanai un lauksaimnieciskās ražošanas atlikumu utilizācijai enerģijas ieguves vajadzībām. Jāpaplašina un jāoptimizē arī tradicionālo biomasu (koksne un tās atlikumi) izmantošana.

Kā galvenie biomasu enerģijas avoti minami koksnes atlikumi, graudaugu salmu pārpalikums, enerģētiskie augi, mitrāju un ezeru apaugums (niedres), sapropelis un kūdra. Dabiskā veidā minētās biomasas ir ar mazu blīvumu (20–40kg/m³). Tas samazina šo biomasu transportēšanas ekonomisko efektivitāti un apgrūtina to izmantošanu. Biomasu enerģijas avotu efektīvai izmantošanai nepieciešams kompaktēt šīs biomasas, pārstrādājot tās briketēs vai granulās. Pasaulē, un arī Latvijā sekmīgi atrisināta kokskaudu brikešu un granulū ražošana. Iegūtā produkcija ir ar labiem siltumtehnikajiem parametriem un pietiekošu izturību. Saprēstās stiebraugu briketes vai granulās nav ar pietiekošu izturību un nenodrošina nemainīgu produkcijas kvalitāti transportēšanas un uzglabāšanas laikā.

Attīstoties stiebraugu brikešu ražošanai un eksportam, jānodrošina produkcijas atbilstība starptautiskajiem standartiem. Patlaban Eiropā nav izstrādāti vienoti standarti biomasas briketēm un granulām. Cieto bioloģiskās izcelsmes kurināmo īpašību standartizēšanai, tiek pielāgota daļa fosilo kurināmo standartu.

Cieto biokurināmo īpašību normu skaidra definēšana radīs labu vidi tā tirgus paplašināšanai un piemērotu biomasas kurtuvju optimizācijai.

Fizikāli-mehānisko un ķīmiski-vielisko īpašību noteikšana (piem., izturība, mitrums, lielums un forma) un normēšana dos iespēju biokurināmo sadalīt klasēs ar skaidri noteiktām īpašību robežām. Atbilstošu standartu izstrādāšana palīdzēs saprasties ražotājam un patērētājam arī ārpus vietējā tirgus, kur līdz šim sarunas ierobežoja vienotu normu trūkums. Potenciāliem mazo un vidējo kurtuvju īpašniekiem, zināšanas par standartizētu un sertificētu biokurināmo, palīdzēs kurtuves un kurināmā izvēlē.

Nepieciešams izstrādāt biokurināmā terminoloģiju, kā arī definēt praksē pieņemtās kurināmā īpašības, kas nodrošina tā uzglabāšanu, transportēšanu un izmantošanu bez mehāniskiem bojājumiem. Kurināmā brikešu vai granulu izmēriem jābūt noteiktās robežās, lai automātiskās un pusautomātiskās kurtuvēs nenotiktu kurināmā iesprūšana. Sadegšanas produkti nedrīkst būt kaitīgi apkārtējai videi.

Zviedrijā, Austrijā, Vācijā un Itālijā eksistē atšķirīgas normas biokurināmajam, turpretī Somijā, Nīderlandē un Šveicē līdz šim eksistē tikai direktīvas vai rokasgrāmatas, kas domātas atsevišķa kurināmā īpašību aprakstīšanai.

Minhenes Tehnoloģiskās universitātes izstrādātā projekta “Cieto biodegvielu standartizācija Vācijā” atskaites ziņojumā konstatēta jaunu standartu izstrādes nepieciešamība. Ziņojumā konstatēts, ka jāpilnveido kompaktēto biokurināmo blīvuma, noturības, spiediena izturības u.c. īpašību noteikšanas metodikas [1,2].

Vienlaikus ar biokurināmā standartu izstrādāšanu jāveic jaunu kurināmā sastāvu izveidošana, lai iegūtu jaunus sastāvus ar labām degšanas īpašībām un pietiekošu izturību transportējot un uzglabājot. Lai varētu salīdzināt dažāda sastāva biomasas brikešu noturību, jāizstrādā metodes un ierīces brikešu izturības noteikšanai. Materiāla izturību objektīvi raksturo tā izturības robežspriegumi. Ņemot vērā to, ka briketes ir anizotropisks materiāls, jāveic izturības pārbaude gan presēšanas virzienā, gan perpendikulāri tam.

LLU Lauksaimniecības mašīnu mehānikas zinātniskajā laboratorijā tiek veikti teorētiski un eksperimentāli biomasu brikešu sastāva un to noturības pētījumi. Tiek izstrādātas un pilnveidotas metodes un iekārtas brikešu izturības noteikšanai. Iegūtie rezultāti varētu tikt izmantoti biomasu cietā kurināmā standartu izstrādāšanai Latvijā.

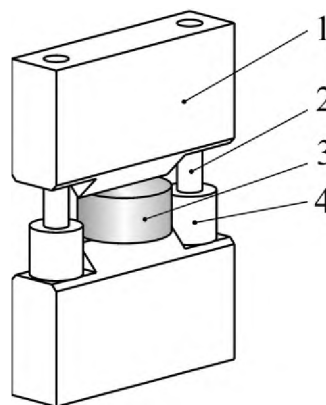
Materiāli un metodes

Salmu, niedru un citu stiebru materiālu brikešu noturība lielā mērā atkarīga no materiāla sasmalcināšanas pakāpes. Lai iegūtu pietiekošu brikešu blīvumu un mehānisko izturību, salmu daļiņu izmēram jābūt mazākam par 1mm. Augsta smalcināšanas pakāpe palielina enerģijas patēriņu brikešu ražošanā un samazina to ekonomisko efektivitāti. Brikešu blīvumu un noturību var ievērojami palielināt pievienojot saistvielas (kūdras, sapropeli u.c.). Dažāda sastāva brikešu noturības salīdzināšanai nepieciešams noteikt normālos un tangenciālos robežspriegumus [3].

Testējamās briketes tika izgatavotas saspresējot ar saistvielām sajauktus dažāda smalcinājuma pakāpes stiebru materiālus. Stiebru materiāli tika sasmalcināti un, izsijājot caur sietiem, sadalīti smalkuma grupās ar daļiņu izmēriem 2_3, 1_2, 0.5_1 un <0.5mm. Pētījumi tika veikti ar salmiem, niedrēm un rapša stiebriem pievienojot kūdras. Eksperimenta rezultātu precizitāte tika nodrošināta izmantojot datorizētu mēriekārtu un nodrošinot pietiekošu mērījumu atkārtojumu skaitu (ne mazāk par 11 atkārtojumiem).

Normālie robežspriegumi tika noteikti slogojot briketi stiepē perpendikulāri briketēšanas virzienam izmantojot ķīļu ierīci (1. att.). Materiāla pārbaude ar ķīļu metodi lietojama gadījumos, kad pārbaudāmā objekta izmēri un konfigurācija nedod iespēju izgatavot stiepes paraugu. Materiālu saspiež starp diviem tērauda ķīļiem, kuru virsotnes leņķis 90°. Pārbaudē nosaka maksimālo slodzi F_{max} , kas sagrauj paraugu.

Stiepes izturības robežu aprēķina pēc formulas:



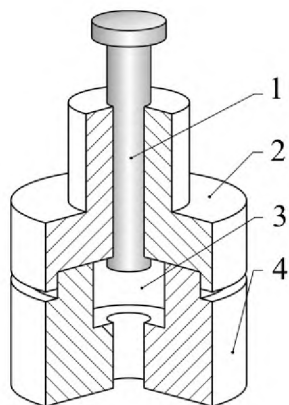
1.att. Ķīļu ierīce

1-kustīgais ķīlis, 2-vadotne,
3-brikete, 4-distances gredzens

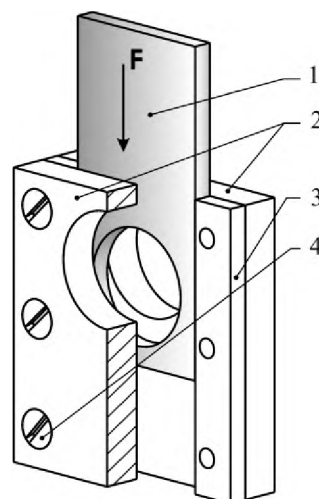
$$\sigma_b = \frac{F_{\max}}{A} \cdot \left(1 - 0,02 \frac{F_{\max}}{A}\right),$$

kur σ_b - stiepes izturības robeža, MPa; F_{\max} - parauga sagraušanas slodze, N; A - šķērsriezuma laukums, mm² [4].

Tangenciālie robežspriegumi tika noteikti divās plaknēs – presēšanas virzienā un perpendikulāri presēšanas virzienam. Abos gadījumos tangenciālie spriegumi tika noteikti, sloģojot paraugu cirpē (bīdē) ar speciālās ierīces palīdzību (skat, 2. un 3. att.).



2. att. Ierīce bīdes spriegumu noteikšanai presēšanas plaknē:
1-bīdnis, 2-vadotne, 3-telpa paraugam, 4-korpuss.



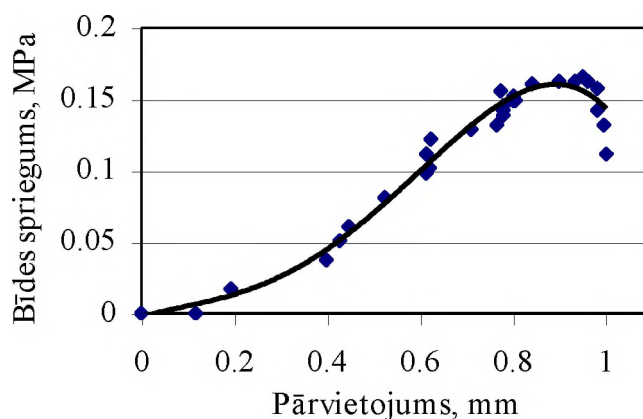
3. att. Ierīce bīdes spriegumu noteikšanai presēšanas virzienam perpendikulārā plaknē:
1-bīdnis, 2-korpuss, 3-distances plāksnes, 4-savilcējskrūves.

Parauga sagraušanas spēks un slīdņa pārvietojums tika pārveidoti proporcionālā elektriskā signālā un ievadīti firmas *Pico technology* virtuālās mērsistēmas interfeisā. Mērījumu dati tika automātiski ierakstīti datora atmiņā un veikta to matemātiskā apstrāde. Rezultātā tika iegūtas paraugu sagraušanas līknes (4. att.).

Mērījumu rezultāti

Patreizējā situācijā, viena no pieejamākām biomasām ir salmi. Pārbaudot salmu briketi ar cirpņa palīdzību, iegūstam līkni, kas raksturo tās robežizturību bīdē starp plaknēm perpendikulāri briketēšanas virzienam (4. att.). Sagrūšanas līknē neparādās materiāla tecēšanas posms, kas norāda, ka parauga īpašības atbilst trausliem materiāliem.

Tika noteikta salmu briketes bīdes robežizturības atkarība no salmu smalkuma pakāpes (5.att.). Katram brikešu veidam tika veikti 11 mērījumi un aprēķināta vidējā vērtība. Eksperimenti parādīja, ka salmu brikešu robežizturība praktiski nemainās paraugiem, kuru daļiņu

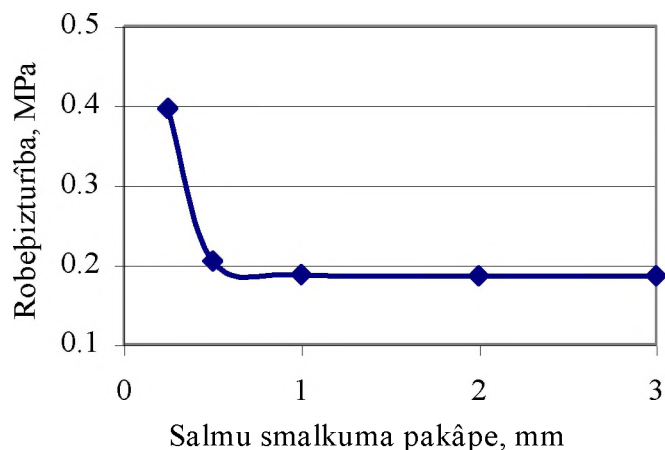


4. att. Salmu briketes bīdes robežizturība perpendikulāri briketēšanas virzienam

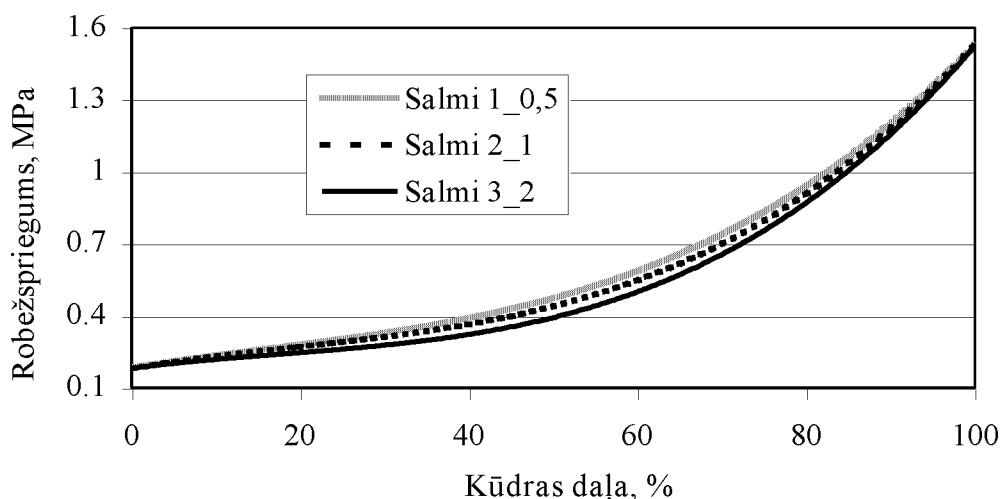
izmērs ir no 0,5 – 3 mm, tā ir ~ 0,2MPa. Paraugi, kuri izgatavoti no salmiem ar smalcinājuma pakāpi <0,5mm, robežizturība pieaug līdz 0,4MPa (5. att.).

Palielinot smalcināšanas pakāpi ievērojami pieaug enerģijas patēriņš, tāpēc jāmeklē iespēja palielināt izturību briketēm ar mazāku smalcināšanas pakāpi.

Pievienojot materiālam saistvielas iespējams palielināt briķešu noturību. Kūdras pievienošana palielina salmu briķešu robežizturību (6. att.) no 0,2MPa (100% salmi) līdz 1,55MPa (100% kūdra). Tā kā Latvijā ir pietiekoši kūdras krājumi, tas varētu būt viens no risinājumiem salmu-kūdras kurināmā gatavošanā.



5. att. Salmu briķetes robežizturības atkarība no smalcinājuma pakāpes

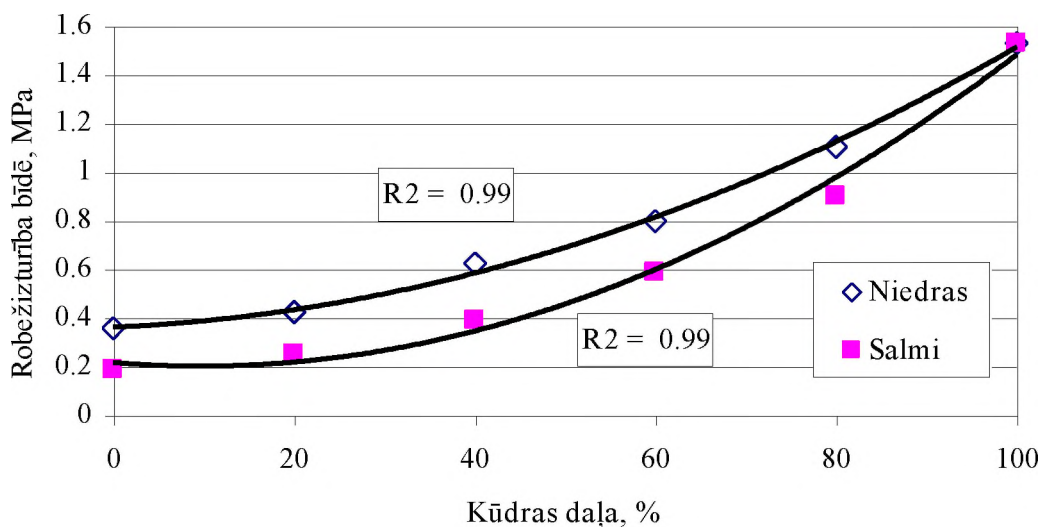


6.att. Dažāda smalkuma salmu briķešu robežizturība bīdē atkarībā no kūdras daļas (deformācija perpendikulāri presēšanas virzienam)

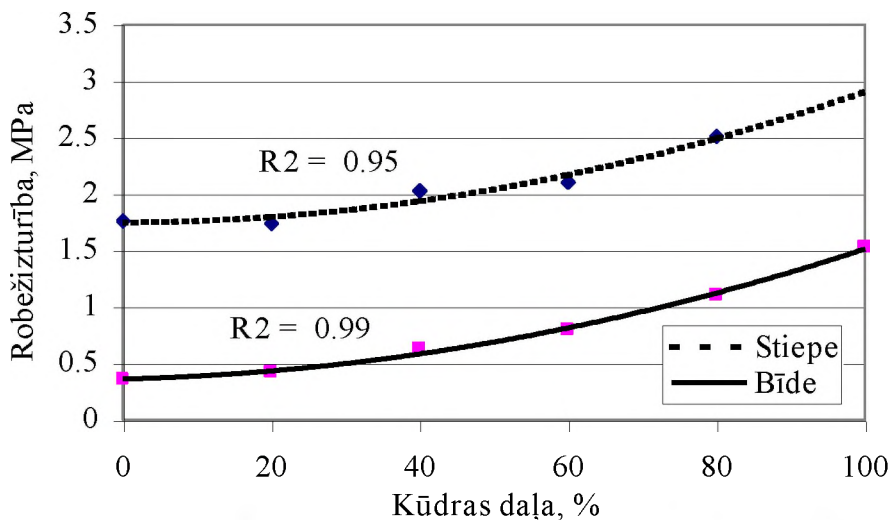
Pievienojot salmiem 50% kūdras, iegūto briķešu robežizturība bīdē pieaug 2.2 reizes. Tas dod iespēju samazināt briķetējamā materiāla smalcināšanas pakāpi. Salmu-kūdras briķetēm smalcinājuma pakāpes palielinājums no 3mm uz 0.5mm palielina briķetes robežizturību bīdē par ~35%, ja kūdras saturs ir 40 – 60%. Ja kūdras daļa ir ~40%, tad briķetes stiprība sasniedz smalko salmu (līdz 0,5mm) briķešu stiprību (6. att.).

Niedru briķešu robežizturība ir augstāka nekā salmiem. Pie kam starp salmu un niedru briķešu Robežizturības izmaiņa atkarībā no kūdras daļas ir līdzīga salmu briķetēm (7.att.). Tīru niedru briķešu (ar daļiņu garumu 1 – 2mm) robežizturība ir tik pat augsta, kā salmu briķetēm ar daļiņu garumu līdz 0,5mm, tas nozīmē, ka niedru briķetēm nepieciešams mazāks enerģijas patēriņš smalcināšanai.

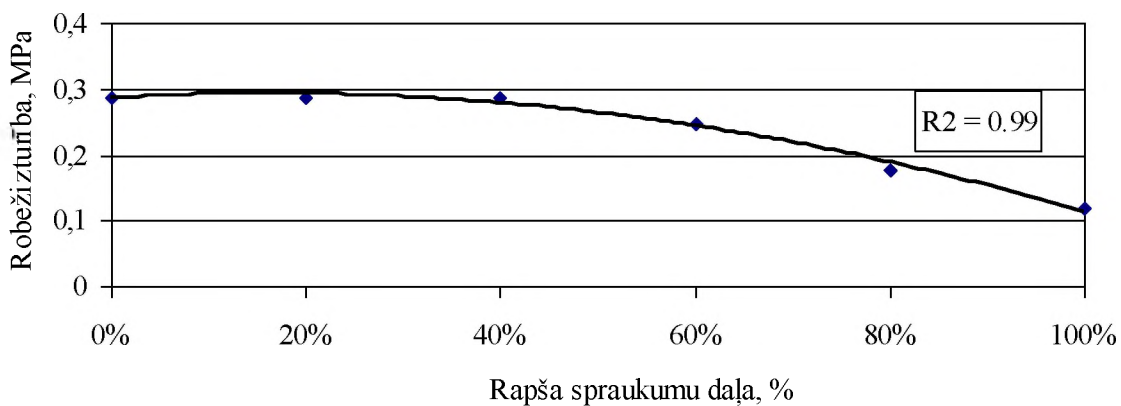
Niedru briķešu stiepes izturības robežspriegums tika noteikts izmantojot ķīļu metodi. Stiepes robežspriegumi ~3.5 reizes pārsniedz bīdes robežspriegumus (100% niedres). Palielinot kūdras daļu briķešu sastāvā, palielinās arī stiepes robežspriegumu vērtība (8. att.).



7.att. Niedru un salmu bīdes robežizturība atkarībā no kūdras daļas



8. att. Niedru briķešu bīdes un stiepes robežspriegumu atkarība no kūdras daļas



9.att. Tehniskā rapša briķešu robežizturība bīdē (perpendikulāri briķetēšanas virzienam)

Pēdējos gados Latvijas laukos attīstās rapša audzēšana eļļas ieguvei. Pēc eļļas izspiešanas pāri paliek rapša spraukumi, kuri labi izmantojami enerģijas ieguvei. Arī rapša salmi var tikt izmantoti siltumenerģijas ieguvei.

Rapša salmu briķešu bīdes robežspriegumi (perpendikulāri briķetēšanas virzienam) ir līdzīgi salmu briķešu izturībai (9. att.). Pievienojot rapšu salmiem spraukumus līdz 40%, briķešu izturība praktiski nemainās, bet pārsniedzot šo vērtību izturība pakāpeniski samazinās līdz 0.12MPa. Tas norāda, ka veidojot briķetes no rapša salmiem un spraukumiem, briķešu izturības palielināšanai jālieto saistvielas.

Secinājumi

1. Jaunu biomasu enerģijas avotu ieviešanai ražošanā, nepieciešams izstrādāt atbilstošus nacionālos standartus, kuri būtu saskaņoti ar starptautiskajiem standartiem. Šim nolūkam jānosaka biokurināmā parametri, kuri būtu iekļaujami standartos.
2. Atbilstoša biomasu briķešu noturība nodrošina kurināmā kvalitāti uzglabāšanas un transportēšanas procesā. Izstrādājot biokurināmā standartus, noturība jāiekļauj normējamo parametru sarakstā.
3. Jāizstrādā metodika un iekārtas, kuras nodrošinātu biomasu noturības noteikšanu atbilstoši standartu prasībām. Noturības noteikšanas metodēm jābūt pietiekoši vienkāršām, lai nepaaugstinātu kurināmā pašizmaksu.
4. Salmu briķešu izturības robežspriegums bīdē (perpendikulāri briķetēšanas virzienam) ir ievērojami mazāks par stiepes robežspriegumu un bīdes robežspriegumu briķetēšanas virzienā. Bīdes robežspriegums (100% salmi) pieaug palielinoties materiāla smalcinājuma pakāpei. Ja daļiņu izmērs ir robežās no 0.5 līdz 3mm, bīdes robežspriegums ir ~0.18MPa. Daļiņu izmēru samazinot zem 0.5mm, bīdes robežspriegums sasniedz 0.4 MPa.
5. Salmu un niedru briķešu izturību var palielināt pievienojot masai kūdru. Izturības robežspriegums bīdē salmu-kūdras briķetēm ar kūdras saturu 50% palielinās 2.2 reizes.
6. Niedru briķešu izturība ir ~1.7 reizes lielāka par salmu briķešu izturību. Tā pieaug pievienojot briķetējamajam sastāvam kūdru.
7. Pievienojot rapša salmiem rapša spraukumus vairāk par 40%, briķešu izturība samazinās. Lai palielinātu rapša briķešu izturību, nepieciešams pievienot saistvielas, piemēram, kūdru.

Literatūra

1. Existing national standards on solid biofuels. CEN Workshop Solid Biofuels. Secretariat: SIS (Sweden). 1999.
2. D.Thrän, M. Kaltschmitt. Normen für biogene Festbrennstoffe in Europa. 2001. Blickpunkt Energiewirtschaft.
3. И.А. Цурпал, Н.П. Барабан, В.М. Швайко. Сопротивление материалов. Киев, «Вища школа». 1978., 190 с.
4. A.Anteins. Metālu mehāniskās pārbaudes. – „Liesma”, Rīga. 1974., 134 lpp.

BIOMASU PĒTĪJUMI KONDICIONĒŠANAS PROCESU MECHANIZĀCIJAI

Biomass Properties for Mechanization of Conditioning Processes

Ē. Kronbergs, M. Šmits

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, TF Mehānikas institūts,
J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV3001,
tel.: 30 80674, fakss; 30 27238, E – pasts: eriks@cs.ltu.lv

Abstract

Substitution of fossil feedstock for energy and raw materials by biomass is important measure for GHG emission mitigation. Development of energy crop production and agricultural residue utilisation for energy are important goals of the rural policy. As chemical fertiliser production and usage corresponds to the consumption of oil fuel, biomass usage directly for energy production or as fertiliser are activities with equal importance. The main rural resources for biomass eco-technologies in Latvia are cereal straw residues, energy crops, emergent vegetation and peat from wetlands and sediments from lakes. Wide range of biomass properties cause necessity of appropriate mechanization equipment for biomass conditioning accordingly collection, conversion and usage technologies. The ecosystem approach means taking into account the interrelationships among land, air water and all living organisms including humans for mechanization equipment design of biomass technologies. Complex mechanisation of biomass technologies is based on implementation of ecosystem approach and investigation of properties of biomass in conditioning processes. For solid biofuel production densification properties of chopped stalk materials with different additives (peat, rapeseed cake) had been determined.

Keywords: *biomass conditioning, complex mechanization.*

Ievads

Enerģija ir viens no stūrakmeņiem dzīves kvalitātes nodrošināšanai lielākajai daļai no industrializētās pasaules. Akmeņogļu, naftas un dabasgāzes izmantošanā tiks sasniegts maksimums tuvākajos gados, jo to resursi nepārtraukti samazinās, bet patērētāju skaits pieaug. Aizvietojojot fosilos kurināmos ar biomasu enerģijas ieguvē samazina oglekļa dioksīda uzkrāšanos atmosfērā, tādējādi novēršot planētas klimata kaitīgās izmaiņas. Tautsaimniecībā nozīmīga ir ne tikai biomasas izmantošana enerģijas ieguvei, bet nākotnē paredzama arī augu biomasas izmantošana par izejvielu avotu biodegradablu polimēru un konstrukciju materiālu ražošanā. Biomasas pielietojums organiskā mēslojuma ražošanā ļauj attīstīt vidi saudzējošas tehnoloģijas tautsaimniecībā un palielina humusa saturu augsnē.

Biomasu ražošana, konversija un izmantošana jārealizē lauku ekosistēmas skatījumā, jo ekosistēmas kvalitātes paaugstināšana ir priekšnosacījums tās ilgtspējīgai pastāvēšanai. Ekosistēmas pieeja atšķiras tieši ar to, ka tiek ņemta vērā mijiedarbība starp augsni, ūdeņiem, gaisu un visiem dzīvajiem organismiem, ieskaitot cilvēkus. Sevišķa nozīme ir augsnes auglības saglabāšanai un vaļējo ūdens baseinu eutrofikācijas novēršanai.

Jaunu biomasu resursu identifikāciju veic attīstot jaunus mehanizācijas līdzekļus to ieguvē un kondicionēšanā, apgūstot līdz šim neizmantotos organisko vielu atlikumus un enerģētisko augu ražošanu. Ekosistēmas pieeja gan biomasu ieguves, kondicionēšanas un izmantošanas tehnoloģiju izvēlē, gan pašu mehanizācijas līdzekļu projektēšanā nodrošina kompleksu pieeju šo jautājumu risināšanā, jo tiek apskatīta lauku ekosistēma kopumā, kurā visi procesi ir saistīti. Mehanizācijas iekārtu projektēšanai nepieciešami ir arī specifisku biomasas īpašību pētījumi, kas nodrošina konkrēto pielietojumu.

Materiāls un pētījumu metodika

Galvenie biomasu resursi Latvijā, kuri var tikt izmantoti enerģijas, rūpniecības izejmateriālu un organiskā mēslojuma ieguvei ir kūdra, sapropelis, koksne, enerģētiskie augi, salmi un dažādi maz izmantoti stiebraugi (piem. niedres), attīrīto notekūdeņu dūņas,

organiskās izcelsmes cietie atkritumi un dzīvnieku ekskrementi. Fizikālie agregātstāvokļi šiem uzskaitītajiem materiāliem pamatā ir divi:

1. daļēji šķidrums - mitra kūdra, sapropelis, notekūdeņu dūņas un dzīvnieku ekskrementi;
2. cieta irdena masa - stiebraugi, sausa kūdra, koksne un citi cietie atkritumi.

Šajā apskatā neietversim biomasu izmantošanu specifisku šķidro degvielu (etanols, biodīzelis) ražošanai, bet aprobežosimies ar mehanizāciju cietā kurināmā iegūšanai. Arī koksnes lietošanā siltuma enerģijas ieguvei un par izejmateriālu rūpniecībā ir jau gadsimtos uzkrāta pieredze, kura nodrošina šo izmantošanas veidu ekonomisko izdevīgumu. Tāpat kūdras ieguve, žāvēšana, briketēšana un izmantošana ir labi attīstīta, tāpēc tālāk apskatīsim citu pārējo minēto biomasu izmantošanu, jo šo procesu mehanizācija ir aktuāla.

Šķidrās biomasas prasa lielu enerģijas patēriņu to mitruma samazināšanai. To pielietojumu racionālāk izmantot tuvāk ieguves vietām, lai neradītu liekus transporta izdevumus ūdens pārvadāšanai. Līdzšinējā pieredze rāda, ka sapropelis, dzīvnieku ekskrementi un notekūdeņu dūņas ir labi piemēroti kompostēšanai un organiskā mēslojuma ražošanai. Galvenā nepieciešamā kondicionēšanas operācija ir mitruma samazināšana. Kompostu mitrums >60% ir nepieciešams mikrobioloģisko procesu norisei, taču sākotnējais šķidro biomasu mitrums parasti ir > 90% sapropeļa un dzīvnieku ekskrementu masai un >85% notekūdeņu dūņām pēc primārās atūdeņošanas. Masas optimālā mitruma un arī sastāva nodrošināšanai ir lietderīgi šīm šķidrajām biomasām pievienot sausas biomasas ar augstu oglekļa saturu (salmus, kūdras u.c.). Šāds sausu šķiedru materiāls ne tikai tieši samazina mitrumu masā, bet arī netieši – uzlabojot masas filtrācijas īpašības. Organiskā mēslojumā blakus galvenajiem augu barības vielu elementiem (N, P, K) ir liela nozīme ogleklim (C), kurš pāriet augsnes humusā, bet vēlāk CO₂ gāzē augu fotosintēzei. Kūdra, salmi un citu stiebraugu biomasas, kuru pievieno šķidrajām biomasām kalpo gan mitruma regulēšanai, gan arī kā oglekļa avots. Galvenie kompostēšanas procesa un organiskā mēslojuma sadalīšanas procesa izpildītāji ir mikroorganismi, kuru darbībai nepieciešams noteikts gaisa padeves daudzums biomasā. Nepieciešamā tehnika organiskā mēslojuma iekraušanai, pārkraušanai iestrādei sekmīgi strādā jau daudzus gadus desmitus. Nopietnas problēmas izraisa dažādu stiebru materiālu (salmu, niedru) transports, jo praksē šķidro biomasu ieguves vietas, salmu un kūdras ražotnes un kompostu ražotnes izvietotas atšķirīgās vietās. Nepresētu salmu, sasmalcinātu niedru un citu enerģētisko augu biomasu blīvums (0,02-0,06 g/cm³) ir pārāk mazs, lai tās transportētu lielos apjomos un attālumos. Arī šādu biomasu uzglabāšanai nepieciešamas lielas, no lietus aizsargātas platības. Tāpēc šķidro biomasu izmantošanā organiskā mēslojuma ražošanai būtiska no kondicionēšanas mehanizācijas viedokļa ir sausu biomasu smalcinātāju (vēlams mobilu) un arī kompaktēšanas iekārtu radīšana un izmantošana.

Enerģētisko augu, salmu un citu stiebraugu izmantošana enerģijas ieguvē ir sevišķi perspektīva, jo tos iespējams mūsu klimatiskajos apstākļos iegūt ar mitruma saturu, kas ir mazāks par 15%. Audzējot enerģētiskos augus (*Phalaris Arundinacea*) praktizē novēloto pļauju pavasarī [1], jo tad barības vielu (P, K) daudzums augā ir samazinājies uz pusi, salīdzinājumā ar pļauju rudenī. Arī augu sausā masa pavasarī sasniedz 85%. Smalcināšana un kompaktēšana ir nepieciešama arī šādai stiebru biomasai, ko paredzēts izmantot par cieto kurināmo. Tādejādi, analizējot gan organiskā mēslojuma ražošanai, gan cietā kurināmā ražošanai nepieciešamos biomasas kondicionēšanas veidus, dominē smalcināšana un kompaktēšana. Lai noteiktu, kādi ir nepieciešamie galvenie parametri šādām iekārtām mehanizētai stiebraugu smalcināšanai un kompaktēšanai, veikti eksperimentāli kompaktēšanas pētījumi. Sasmalcinātu kviešu salmu biomasas ar mitrumu ~10% tika saspiesta slēgtā presēšanas formā kopā ar piedevām ar maksimālo spiedienu 2330 bar. Lai izvērtētu smalcināšanas ietekmi, salmi tika frakcionēti sijājot caur dažāda izmēra sietu bloku. Kompaktēšanai izmantoja miniatūru speciāli izgatavotu hidraulisko presi, kuras piedziņu

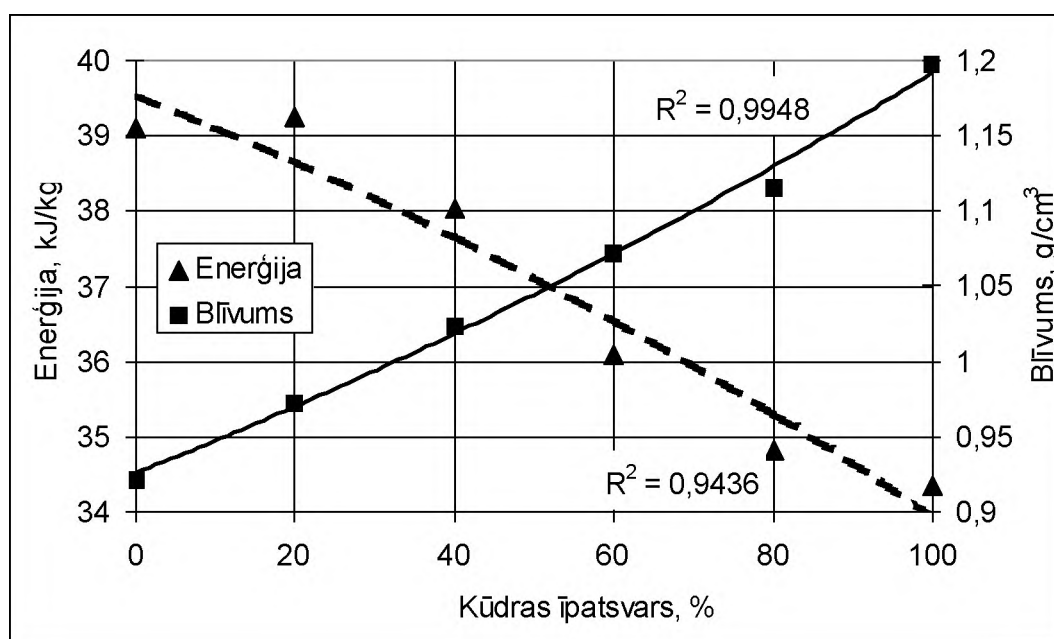
veica no hidrauliskā stenda KI 4815 – 03. Eksperimentos iegūtās briketes mērīja ar mikrometru un to masas noteikšanai izmantoja Sartorius elektroniskos svarus GM 312 ar nolāsīšanas precizitāti 0,01 g. Briekšu blīvumu noteica ar aprēķina palīdzību. Mainot sasmalcināto salmu un piedevu frakcijas, kompaktēšanas eksperimentos ieguva dažāda blīvuma briketes. Par piedevām izmantoja kūdru un spraukumus, ko iegūst rapša pārtikas eļļas un tehniskās eļļas spiestuvēs. Šo piedevu mitrums nepārsniedza 10%. Pārtikas rapša spraukumos bija vizuāli vērojams augstāks eļļas īpatsvars nekā tehniskā rapša spraukumos.

Rezultāti un to iztirzājums

Eksperimentos ar kviešu salmu dažāda smalkuma frakciju kompaktēšanu iegūto briekšu blīvums ir 0,85 – 1,15 g/cm³ pie spiediena 2330 bar bez karsēšanas.

Salmu frakcijai, kura iegūta izsijājot caur sietu ar acs izmēru 0,5 mm pēc kompaktēšanas iegūtais blīvums ir lielāks par 1g/cm³, turpretī lielāka izmēra daļiņu kompaktēšanā blīvums šo vērtību nesasniedz.

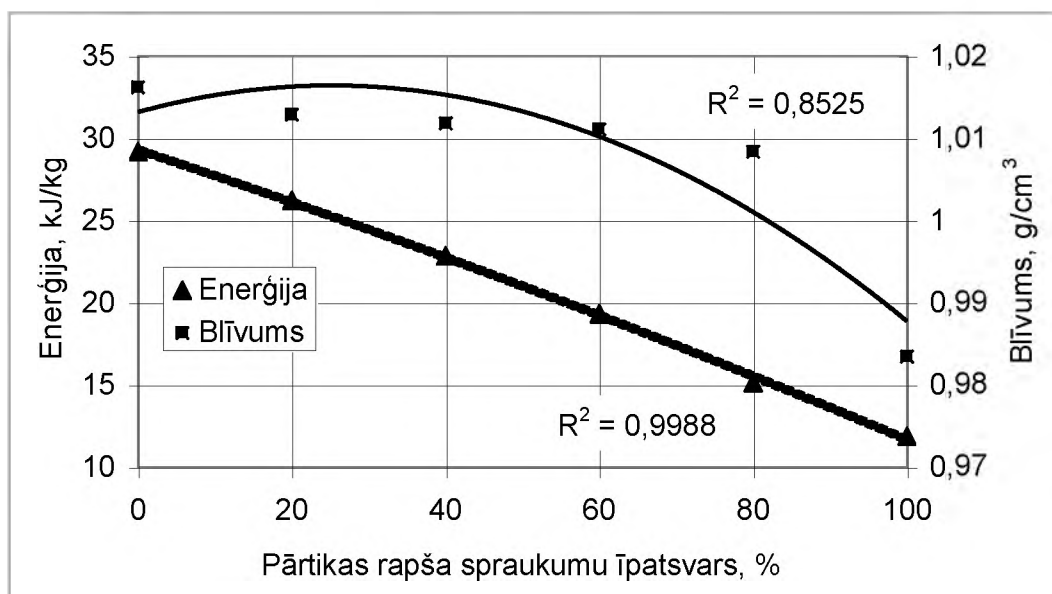
Lai noteiktu to vai kūdras piedeva (< 3 mm) rupjākai salmu frakcijai veicina blīvuma pieaugšanu kompaktēšanā, realizēja kompaktēšanas eksperimentu sēriju maisījumiem ar kviešu salmu frakciju (2 – 3 mm) un kūdras frakciju (< 3 mm). Mainot šo frakciju proporcijas pakāpeniski palielināja kūdras frakcijas īpatsvaru. Eksperimentu rezultāti ir redzami 1. att.



1. att. Kviešu salmu un kūdras maisījuma kompaktēšana

Kūdras piedeva maisījumā vairāk par 30% nodrošina aukstā presēšanā briektes blīvumu, kurš ir lielāks par 1g/cm³. Pēc presēšanas spēka un pārvietojuma datiem aprēķinātā presēšanas enerģija samazinās, palielinoties kūdras īpatsvaram no 39,5 kJ/kg (0% kūdras maisījumā) līdz 34 kJ/kg (100% kūdra).

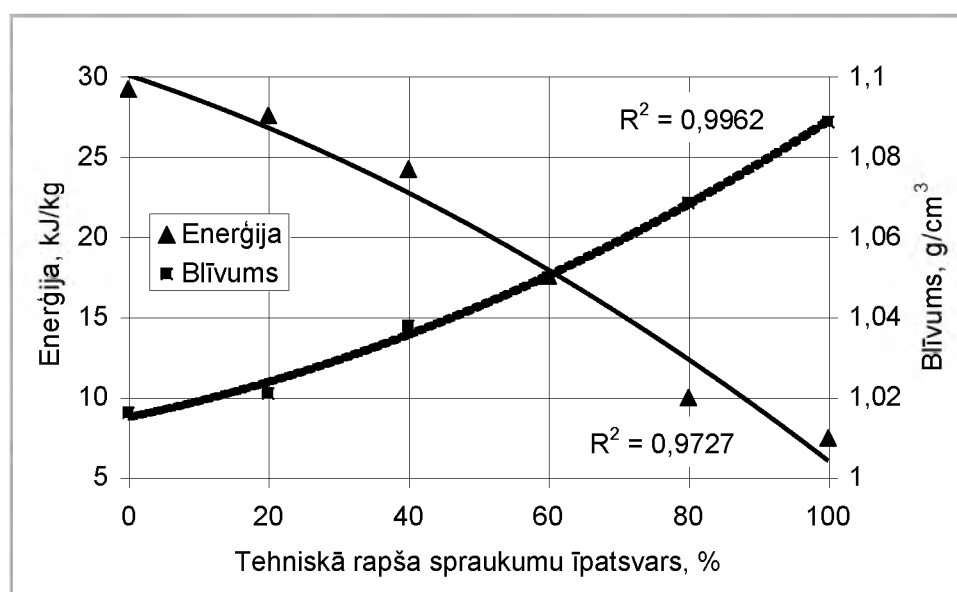
Kompaktēšanas eksperimentu sērijā maisījumiem ar rapša salmu frakciju (2 – 3 mm) un rapša spraukumiem no pārtikas eļļas (< 3 mm) mainīja spraukumu frakcijas īpatsvaru. Līdzīgi, kā iepriekš, noteica patērēto enerģiju. Eksperimentu rezultāti ir redzami 2. att.



2. att. Rapša salmu un pārtikas eļļas spraukumu kompaktēšana

Kaut arī eksperimentos novēroja nepieciešamās presēšanas enerģijas samazināšanos, pieaugot spraukumu proporcijai samazinājās arī iegūto briekšu blīvums un izturība.

Kompaktēšanas eksperimentu sērijā maisījumiem ar rapša salmu frakciju (2 – 3 mm) un rapša spraukumiem no tehniskās eļļas (< 3 mm) pakāpeniski palielināja spraukumu frakcijas īpatsvaru. Presēšanā patērēto enerģiju noteica pēc presēšanas spēka un pārvietojuma datiem. Eksperimentu rezultāti ir redzami 3. att..



3. att. Rapša salmu un tehniskās eļļas spraukumu kompaktēšana

Ekspimentos novēroja nepieciešamās presēšanas enerģijas samazināšanos no 30 kJ/kg (0% spraukumu maisījumā) līdz 7 kJ/kg (100% spraukumu), pieaugot spraukumu proporcijai palielinājās arī iegūto brikešu blīvums. Ir zināms, ka Eiropas valstu standartu [2] prasība ir tāda, ka kokskaidu granulu un brikešu materiāla blīvumam ir jābūt $>1,0 \text{ kg/dm}^3$. Tā būtu rekomendējama arī augu biomasu kompaktēšanā.

Ekspimenti ar spraukumu piedevām pierāda to, ka spraukumi no tehniskās eļļas spiestuvēm ir labāk piemēroti cietā kurināmā briketēm. To īpatsvaru briketēšanas maisījumā ieteicams izvēlēties atkarībā no ekonomiskiem apsvērumiem, jo pašu rapša salmu briketēšanā iegūtais blīvums jau ir $> 1 \text{ g/cm}^3$. Rapša spraukumu piedeva palielina blīvumu ne vairāk par 0,1% (100% spraukumu). Taču, attīstoties dīzeļdegvielas ražošanai no rapša pieaug gan rapša tehnisko spraukumu, gan salmu resursi, kas var tikt izmantoti cietā kurināmā ražošanai. Rapša spraukumus no pārtikas eļļas ražotnēm nav lietderīgi izmantot par briketēšanas piedevu salmiem, jo tie samazina gan blīvumu, gan brikešu izturību.

Ekspimentos iegūtās sakarības un atziņas ir izmantojamas biomasas kondicionēšanas mehānizācijas iekārtu – mobilo smalcinātāju, briketētāju projektēšanā un kondicionēšanas tehnoloģiju izstrādē.

Secinājumi

1. Sasmalcinātu kviešu salmu stiebru materiālu kompaktēšanā iegūtais brikešu blīvums ir atkarīgs no sasmalcināšanas pakāpes. Frakcijai ar daļiņu izmēru $< 0,5 \text{ mm}$ pēc kompaktēšanas iegūtais blīvums ir lielāks par 1 g/cm^3 , turpretī lielāka izmēra daļiņu kompaktēšanā blīvums šo vērtību nesasniedz.
2. Kūdras piedeva vairāk par 30% briketēšanas maisījumā ar kviešu salmu daļiņām (2-3 mm) nodrošina aukstā presēšanā briketes blīvumu, kurš ir lielāks par 1 g/cm^3 . Presēšanas enerģija samazinās, palielinoties kūdras īpatsvaram no 39,5 kJ/kg (0% kūdras maisījumā) līdz 34 kJ/kg (100% kūdra).
3. Rapša tehniskās eļļas ražotņu atlikumu - spraukumu piedeva briketēšanas maisījumam ar rapša salmu daļiņām (2-3 mm) palielina brikešu blīvumu ne vairāk par 0,1% (100% spraukumu). Patērēto presēšanas enerģiju piedeva samazina no 30 kJ/kg (0% spraukumu maisījumā) līdz 7 kJ/kg (100% spraukumu).
4. Rapša spraukumus no pārtikas eļļas ražotnēm nav lietderīgi izmantot par briketēšanas piedevu salmiem, jo tie samazina gan blīvumu, gan brikešu izturību.

Literatūra

1. Landstrom, S. & Olsson, R. 1997. Perennial rhizomatous grasses - Cultivation experiments in reed canary grass for bioenergy in Sweden. Proc. of Int. Conf. on Sustainable Agriculture for food, energy and Industry. Braunschweig, Germany, June 22-28, 1997.
2. HAHN B., U. MALISIUS, H. JAUSCHNEGG, B. NILSSON, S.RAPP, A. STREHLER, H. HARTMANN, R. HUBER, D. KESSLER (2000): Woodpellets in Europe, public report, January 2000. Industrial network on woodpellets - From the production to the marketing of a comfortable biomass fuel, THERMIE-project, Contract no. DIS/2043/98-AT

VIDI SAUDZĒJOŠU OGU AUDZĒŠANAS TEHNOLOĢIJU IZSTRĀDĀŠANA

Development of Ecological Berries Growing Technologies

E. Lāčgalvis, S. Ivanovs

Ulbrokas ZC, Institūta iela 1, Ulbroka, Rīgas raj., LV – 2130, Latvija

Tel.: +3717910945, fax: +3717910873, e-mail: semjons@delfi.lv

Abstract

We consider it a primary precondition to abandon the use of centrifugal spreaders. Since agricultural technology requires multiple application of low fertiliser rations, we investigated the use of the ATD-2 batcher. It turned out that these batchers could not ensure spreading of small rations. In search of an alternative solution we chose reel-type seed distributors. Experiments showed that such a design ensures uniform distribution with the use of upper sowing at the required rate of 20 g/m². By sowing in this way, the granules are exposed to minimum damage. The spreader of this type is mounted upon the strawberry inter-row cultivation unit KIZ-3. It is a multipurpose unit that allows cultivating row-spacings, cutting off tendrils and loosening the cultivated soil. Research was carried out in the placement of mineral fertilisers in the soil. A rate was recognised as an optimum when the fertilisers were applied at the depth of 2-3 cm and 7 cm apart from the centre of the strawberry plant on both its sides. An important condition is that the composition of mineral fertilisers should meet the requirements of agricultural technology, they should be dry and not cloggy. The technology applied gives a great economic effect as well. The economy of fertilising means alone adds up to 20-45 Ls/ha.

Keywords: *strawberries, technology, growing, fertilizing, cultivation.*

Ievads

Lauksaimniecības pārstrukturēšanās, kura iezīmējas pēdējos gados, paver jaunu skatījumu arī uz auglīkopības nozari. Dārzu platības 1996.g. bija 16,2 tūkst. ha. Bet tie bija galvenā kārtā vecie ekstensīvie dārzi, kuri daudzviet pēc kolektīvo saimniecību sabrukšanas vispār netiek apsaimniekoti un tiem arī nākotnē nav nekādas perspektīvas. No jauna ierīkoti intensīvie dārzi ir mērāmi dažos desmitos ha. Taču tas galīgi nesedz valsts pieprasījumu pēc augļiem. Tas nozīmē, ka mums ir jāierīko jauni augļu dārzi, pie tam tie jāveido ar perspektīvu lai to produkcija būtu konkurētspējīga ar importa augļiem. Pēdējos gados, meklējot ejošu precī, plašāk attīstās ogulāju, sevišķi zemeņu platības.

Lai tiktu pie jauniem intensīviem dārzēm jāapmāca tie zemnieki, kuri vēlas tos ierīkot, kā to darīt un ar ko to darīt. Kritiski pavērtējot, vecās zināšanas ir pagrūti pilnvērtīgi izmantot. Ir nākuši klāt jauni mēslošanas, augu aizsardzības un tehniskie līdzekļi. Pašlaik vienīgais izziņas avots ir Dobeles DSIS darbinieku izdots buklets “Intensīvi augļu un ogu dārzi” un “Intensīvas auglīkopības rokas grāmata”. Tā kā darbi augļu dārzos ir ļoti darbietilpīgi, tad no svara ir maksimāli tos mehanizēt, tā atvieglojot roku darbu un pazeminot izdevumus.

Jāatzīmē interesants moments, ka pēdējos gados, kad mūsu valsti ir pārpludinājis ievesto mašīnu klāsts, ko izplata neskaitāmas izplatītāju organizācijas salīdzinoši maz tiek piedāvāta tehnika augļu - ogu dārzu mehanizācijai. To var izskaidrot ar to, ka pieprasījums šai tehnikai pasaules tirgū ir neliels un tāpēc lielām firmām nav izdevīgi šo tehniku ražot. Šim nolūkam tehniku nelielā skaitā ražo mazas darbnīciņas, kādu daudz ir piemēram Polijā. Agrāk dārzu tehniku mūsu reģionam ražoja Moldāvija, Rumānija, Bulgārija. Diemžēl šie kontakti pašlaik ir pārtraukti, tāpēc jārod risinājums uz vietas Latvijā.

Risinot zemeņu audzēšanas mehanizācijas jautājumus, mūsu mērķis ir izvēlēties tādu tehnoloģiju, kura ir videi draudzīga. Mūsu gadījumā, par tādu esam izvēlējušies tehnoloģiju, kur ar agregātu, kurš veic zemeņu rindstarpu kopšanu tiek izstrādāti minerālmēsli lokālā veidā t.i. tieši tajā zonā, kur atrodas stādījumu sakņu sistēma. Šo tehnoloģiju mēs uzskatām par videi draudzīgu, jo esam atteikušies no centrālās klijētāju izmantošanas.

Laboratorijas eksperimentu metodika un iegūtie rezultāti

Darba uzdevums - izstrādāt agregātu, kurš varētu iestrādāt minerālmēslus augsnē noteiktā dziļumā, noteiktā atstatumā no sakņu sistēmas un nelielās devās, jo agrotehniskās prasības paredz vairākkārtēju mēslojuma došanu veģetācijas periodā. Svarīgi bija panākt vienmērīgu mēslojuma padevi nelielās devās.

Lai aizsargātu vidi atteicamies no centrālās sējaparātu izmantošanas. Lai panāktu mēslojuma iestrādi sakņu sistēmas zonā izmantojam kaltveida lemesīti ar piemetinātu piltuvi. Vienmērīgai mēslojuma padevei uz piltuvi izvēlējamies spolišu tipa sējaparātu.

Tika izgatavots makets ar vienu izsējas aparātu un rokas piedziņu.

Eksperimentam izmantoti minerālmēsli NPK 10-10-20 ar granulu lielumu, mm -mazāk pa 1,0 - 3,9%; 1,0-2,5 7,4%; 2,5-3,0 - 9,9%; 3,0-4,5 - 73,0%; virs 4,5 - 5,8%; kopā 100%. Svēršanai izmantoti svāri VLKT-500. Katra mēģinājuma laika spoliņa tika griezta ar frekvenci 60 apgr./min., apgriezību skaits 10.

Tika izdarīti arī salīdzinoši laboratorijas eksperimenti ar lokālo minerālmēslu dozatoru ATD-2. Abos gadījumos sējaparāti tika griezti ar roku ar 60 apgr./min. Tā kā mēs meklējam konstrukciju, kura nodrošina vismazāko izsējas normu 20 g/m^2 vispirms pārbaudījām sējaparātu ATD-2, kuri ir sērijveidā ražotā. Pārbaudes laikā noteicām iespēju no abiem izvadiem saņemt vienādu dozu. Tas izdevās tikai pie padeves 18 g/apgr. Tā ir minimālā padeve, jo vēl pazeminot padevi tā pārtrūkst vispār. Noteicām arī granulā deformāciju (sairšanu). Tā bija 30%. Tos pašus rādītājus noteicām arī spoliņa tipa izsējas aparātiem. Salīdzinājumam eksperiments tika veikts ar augšējo un apakšējo izsēju, granulā sairšana ar apakšējo izsēju – 20%, ar augšējo – 5%. Novirze starp atkārtojumiem vismazākā augšējai izsējai 5%.

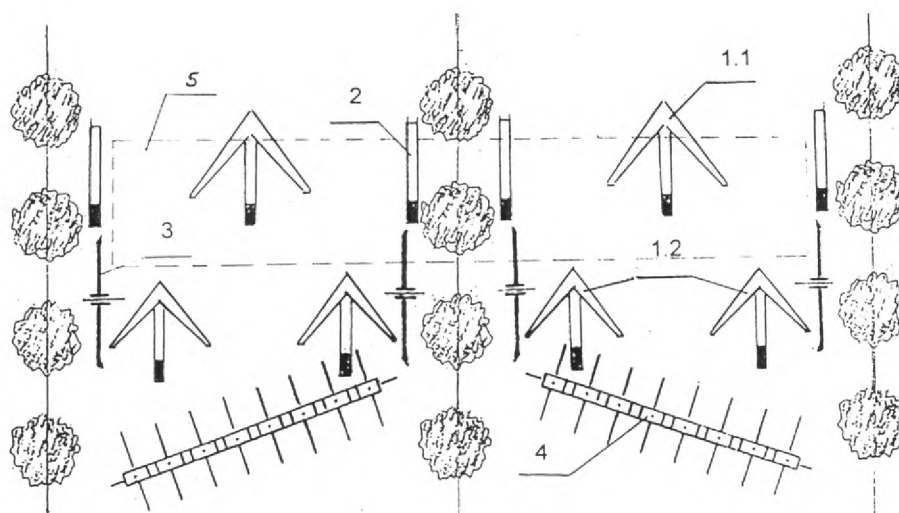
No iegūtiem rezultātiem var secināt, ka:

1. Stabilāko izsējas normu iespējams iegūt padodot granulētos minerālmēslus ar t.s. augšas izsēju.
2. Atkārtojumos vismazākās novirzes sasniedzamas, ja darba vārpsta griežas ar ātrumu tuvu 1 apgr./min.
3. Lai izvairītos no ļoti intensīvās detaļu korozijs spoliņa un bīdmufta jāizgatavo no plastmasas.
4. Vislielākā granulā sairšana notiek pie apakšējās izsējas.
5. Padeves vienmērība atkarīga no spoliņa griešanās ātruma.
6. ATD-2 tipa izsējas aparāti pastiprināti bojā granulas (līdz 30%) un nav iespējams ieregulēt nelielas izsējas normas – 20 g/m^2 .

Darbojošā maketa uzbūve

Pēc eksperimenta nobeigšanas tika izstrādāta lokālās minerālmēslu iestrādes palīgierīces makets uz zemeņu starprindu kultivatora KIZ-2 bāzes. KIZ-2 sastāv no kvadrātcaurules rāmja ar (trijām) divām šķērssiņām, pie kurām ar kronšteinu palīdzību stiprinās bultveida nogriezēj pleznas, stīgu nogriezēj diski un adatu irdinātājveltni. Pie rāmja stiprinās arī divu balstriteņu kronšteini.

Minerālmēslu izsējas palīgierīce ar 4 balstiem nostiprināta uz kultivatora rāmja. Izsējas aparātus piedzen ar ķēdi no monorata ar piešiem. Uz rāmja nostiprināti 4 kalti ar uztvērējiltuvēm, kuras ar gofrētām caurulēm savienotas ar sējaparātiem. Izsējas normas iestādītājs piestiprināts pie minerālmēslu tvertnes.



Att. 1. Darbīgo daļu izvietojums. 1 – bultveida lemesīši; 2 – kalts minerālmēsļu iestrādei; 3 – diska nazis; 4 – rotējošie iridnātāji; 5 – mēslojuma tvertne.

Minerālmēsļu izvietojums augsnē attiecībā pret zemeņu stādījumiem

Viens no svarīgākajiem pamatfaktoriem, kas nosaka minerālmēsļu lokālās iestrādes efektivitāti zemeņu stādījumos, ir to atrašanās augsnē attiecībā pret stādu izvietojumu. Mūsu tehnoloģija balstās uz pieņēmumu, ka minerālmēsli jānober abpus zemeņu stādījumu rindas, bet tie netiek izsēti rindstarpās kur aug tikai nezāles.

Atšķirīgs risinājums ir gadījumos, kad zemeses stādītās divās tuvrindās, kuras otrajā augšanas gadā saplūst kopā. Daži zemeņu audzētāji vienu izsējas aparātu iztukšo paplašinātā stādījuma vidusdaļā, daži laiž izsējas zābaciņam lauzties caur stādījumu.

Svarīgs nosacījums minerālmēsļu novietojumā ir, lai tie tiktu ievadīti augu sakņu sistēmai labi pieejamā zonā. Tāpēc lietderīgi ir minerālmēsļus ievadīt 2-3 cm dziļumā 7 cm atstatumā no stāda centra.

Šī ir arī galvenā lokālās iestrādes priekšrocība salīdzinot ar virszemes izkliedi no centrālās mašīnām.

Daži nosacījumi minerālmēsļu lokālai iestrādei reizē ar rindstarpu iridnāšanu

Strādājot ar rindstarpu iridnātājiem, kuriem ir pierīce minerālmēsļu lokālai iestrādei, lietderīgi ievērot dažus nosacījumus.

1. Minerālmēsļu lokālai iestrādei izmantojami tikai granulētie minerālmēsļi, kuru kvalitāti un augu barības vielu elementu saturu garantē piegādātāja firma.
2. Granulētājiem minerālmēsļiem jābūt sausiem, nedrūpošiem, bez pikām, saķepumiem un piemaisījumiem.
3. Minerālmēsļu tvertnei jābūt ar vāku un attiecīga rupjuma sietu, iespējamo piemaisījumu atdalīšanai.
4. Nobeidzot darbu mašīna jānotīra no minerālmēsļu atliekām.
5. Darbā ar minerālmēsļiem jāievēro sanitārijas un higiēnas noteikumi.

Minerālmēsļu lokālās iestrādes palīgierīču ekoloģiskais un ekonomiskais novērtējums

Vadoties no iepriekš teiktā, mēģināsim dot kopējo ekoloģisko novērtējumu, pielietojot zemeņu stādījumu kopšanai lokālās minerālmēsļu iestrādes ierīces.

1. Minerālmēsli tiek pievadīti tieši auga sakņu sistēmai, optimālās izmantošanas zonā.

2. Minerālmēsli tiek nosegti ar augsnes kārtiņu, kas novērš barības vielu zudumu tiešās iztvaices ceļā.
3. Ar minerālmēsliem netiek piesārņotas lauka malas un tai piegulošā teritorija, kurā nereti atrodas grāvji un citas ūdens krātuves.
4. Minerālmēsli esošās barības vielas netiek pievadītas zonai, kur var augt tikai nezāles, tādējādi bremzējot lauka piesārņošanu ar nezālēm, kuru apkarošana atkal prasa ķīmisko augu aizsardzības līdzekļu pielietošanu, un papildus piesārņojuma veidošanos.
5. Līdz ar to arī novācamā produkcija – ogās nonāk minimāls minerālmēsļu daudzums, un mēs iegūstam ekoloģiski tīru produkciju.
6. Šīs tehnoloģijas vislielāko taustāmo efektu dod izlietoto minerālmēsļu ekonomija. Pēc agroķīmiku pētījumiem lokālās iestrādes metode dod iespēju iestrādājamo minerālmēsļu dozu samazināt par 30 – 50%, nezaudējot uz iegūtās ražas rēķina.

Pašlaik zemeņu audzētāji plaši pielieto kompleksos minerālmēsļus ar NPK saturu 10:10:20. Šo mēslošanas līdzekļu cena Latvijā ir ap 225 Ls/t. Piemēram trešajā audzēšanas gadā virsmēslojuma deva ir divas reizes par 150...200 kg/ha. Kopējā deva gadā 300-400 kg.

Samazinot devu par 30% līdzekļu ekonomija ir Ls 20,25 un samazinot devu par 50% - Ls 45.

Tātad pielietojot šo metodi, praksē iespējams ekonomēt 20-45 Ls/ha.

Šādas palīgierīces izmaksa ir aptuveni Ls 200. Tas nozīmē, ka tikai uz ietaupīto minerālmēsļu rēķina vien, pielietotā palīgierīce pie stādījumu platības 2,5 ha, atmaksājas 2 gados.

Secinājumi

1. Lokālā minerālmēsļu iestrāde zemeņu stādījumos nodrošina optimālos mēslojuma devas un dod līdzekļu ekonomiju 20-45 Ls/ha.
2. Lokālā iestrāde līdz minimumam samazina iespēju minerālmēsliem iekļūt ūdens krātuvēs, tā piesārņojot apkārtējo vidi.
3. Līdz šim plaši pazīstamie lokālās iestrādes dozatori ATD-2 nevar nodrošināt nelielu dozu 20-30 g/m² ievadīšanu augsnē.
4. Ekonomiskāk ir izveidot universālu agregātu, kurš spēj veikt visas kopšanas operācijas un minerālmēsļu došanu kopā ar rindstarpu irdināšanu.
5. Minerālmēsļu ievēšanai piemērotākie ir spolišu tipa aparāti ar augšējo izsēju. Tie nodrošina nepieciešamo precizitāti un nelielas devas.

Literatūra

1. E.Lāčgalvis un c. Augkopības tehnoloģiju mašīnu sistēma. Ubroka, 1996., 25 lpp.
2. Культиватор-растениепитатель УСМК-5,4А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Ростов на Дону, 1980. 32 с.
3. A. Erzvalds, V.Klucis. Lauksaimniecības mašīnas. Rīga, Zvaigzne, 1979. 210 lpp.
4. Intensīvie augļi un ogu dārzi. Dobeles DSIS, 1998. 56 lpp.
5. E.Lāčgalvis, V.Epro. Augļkopības mehanizācijas mašīnas. Ubroka, 1999. 40 lpp.

SABIEDRĪBAS EKOLOĢISKĀ IZGLĪTOŠANA *Ecological Education of Society*

I. Laizāne

Rēzeknes Augstskolas Dabas zinātņu katedra,
Atbrīvošanas al. 76, Rēzekne, Latvija, LV-4600

Abstract

Education has invaluable role in the promotion of sustainable development. Its important task is to promote the formation of understanding the environmental and development issues of every person. It is a necessity to achieve the change of orientation of personal values and to develop their abilities to solve the issues concerning sustainable development.

One of the subjects that can help to perform the task is ecology. Ecology is a subject that could promote the understanding between human being and environment and to create the positive attitude towards the nature.

Tendencies of ecological education in Latvia are recovered in the report. For recovering the tendencies research was done which involved summarizing the results about pupils real knowledge, skills in the sphere of ecology and motivation to study ecology.

Keywords: *sustainable development, ecological education, ecological awareness.*

Ievads

Par to, ka cilvēks vēl joprojām skaidri neapzinās savu vietu dabas vidē apliecināja Johaneshburgā notiekošais samits, kurā piedalījās 189 valstu pārstāvji. Pasaules valstu pārstāvji sanāca Johaneshburgā, lai izsvērtu, kas pēdējos 10 gados – kopš līdzīga saieta Riodežaneiro – padarīts pasaules mēroga ekoloģiskās katastrofas atvairīšanai [1]. Pārsteidzoši ir tas, ka samita rezultāts izrādījās apstiprinājums bēdīgai atziņai, ka visi šādu pasākumu dalībnieki nevienosies par labu tīrai videi kamēr vien ekoloģiskā katastrofa nebūs sākusies [1], tas apliecina globālo ekoloģisko procesu ignoranci, izpratnes, attieksmes trūkumu pret notiekošām izmaiņām dabas vidē un par to, ka no tā atkarīgs ne vien dabas stāvoklis, bet arī cilvēces pastāvēšana un attīstība.

Rio konference, “Agenda 21”, Johaneshburgā notiekošais samits un citas konferences, semināri vides aizsardzības jomā nemaz nenorāda uz cilvēces velmi mainīties, cik norāda uz cilvēces nespēju mainīties.

Lai nodrošinātu ilgtspējīgu un līdzsvarotu attīstību, nepieciešamas radikālas izmaiņas sabiedrības izglītošanā. Svarīgi panākt, lai mainītos cilvēku vērtību orientācija un attīstītos viņu spējas risināt ar ilgtspējīgu attīstību saistītos jautājumus. Tāpēc ir svarīgi domāt par to, lai skolās būtu tāds mācību priekšmets, kas veicinātu cilvēka un dabas vides vienotības izpratni, veidotu pozitīvu attieksmi pret dabu, veicinātu dinamisku un līdzsvarotu sabiedrības sociālo un ekonomisko attīstību. Šīs izmaiņas var sasniegt tikai tad, ja praktiskā darbībā apvienojas un iesaistās visi sabiedrības locekļi, tāpēc ir svarīga visas sabiedrības, bet jo īpaši jaunatnes ekoloģiskā izglītošana.

Vides izglītībā, tai skaitā arī ekoloģiskās izglītības jomā, mūsdienās aktīvi un profesionāli strādā daudzas nevalstiskās organizācijas - Bērnu vides skola, Pasaules dabas fonds, Latvijas Universitātes Ekoloģiskais centrs, Vides izglītotāju asociācija, Daugavpils Universitātes Dabas izpētes un vides izglītības centrs u.c. Neskatoties uz to, izvērtējot padarīto un sasniegto, jāatzīmē, ka sasniegumi ir pieticīgi. Ekoloģiskās izglītības nepieciešamība pamatota jau sen, bet tās aktīva ieviešana krietni kavējas.

Līdz ar to ir aktuāli Latvijā izstrādāt ekoloģiskās izglītības koncepciju, kas tiks realizēta skolas dzīvē. Šo ekoloģisko problēmu risināšanas iespēju formulēja 1977. gadā Tibilisi [2]. Agenda-21 rīcības programmā 21.gadsimtam, ko 1992.gadā Riodežaneiro parakstījušas 179 valstis, arī ir akcentēta sabiedrības ekoloģiskās izglītošanas nepieciešamība [3], bet reāli tas nenotiek.

Aktuāli ir noteikt izglītības prioritātes – izlemēt, kas ir pietiekami svarīgi, lai to būtu vērts mācīt, tas attiecas arī uz ekoloģisko izglītību.

Tāpēc veicot pētījumu tika noskaidroti sekojoši jautājumi: kādai jābūt ekoloģiskās izglītības programmai, pamatojoties uz sabiedrības vajadzībām, un kādas ir ekoloģiskās izglītības tendences Latvijā pašlaik.

Pētniecības process virzījās tā, ka sākumā tika noskaidroti ekoloģiskās izglītības patērētāju un ieinteresēto pušu viedokļi par ekoloģisko izglītību. Pētīti jautājumi, kas atspoguļoja, kādai ekoloģiskai izglītībai (kvalitatīvi, saturiski) ir jābūt, t.i., tika veikta vajadzību apzināšana. Iekļauti arī tādādi jautājumi, kas deva pamatojumu vai noliegumu ekoloģiskās izglītības nepieciešamībai, tātad, tas ļāva noskaidrot, vai pastāv pieprasījums šai izglītībai. Kopumā tika aptaujāti 612 respondenti. Aptauja bija brīvprātīga un anonīma.

Kā otrs pētījuma solis bija esošo izglītības standartu, programmu izvērtējums no ekoloģiskās izglītības aspekta.

Trešais pētījuma solis bija vērst uz to, lai diagnosticētu, kādas zināšanas, prasmes, kādu attieksmju (vērtību) kvalitāti ekoloģijas jomā reāli ir ieguvuši skolēni. Pētīta reālā ekoloģiskās izglītības kvalitāte 375 vispārīzglītojošās skolas skolēniem, kas salīdzināta ar ideālo optimumu, ko pieprasa mūsdienu situācija.

Pētniecības procesa beigās, salīdzinot esošo ar vēlamu, bija apzināts tas, kas būtu darāms ekoloģiskās izglītības jomā nākotnē.

Pētījumā iegūti rezultāti, to analīze un interpretācija

Izglītība, tai skaitā ekoloģiskā izglītība, kā sabiedrisku pakalpojumu veids var iegūt augstu novērtējumu tad, ja tās dažādi lietotāji vai patērētāji ar to ir apmierināti (patērētāji – vecāki, skolēni, studenti, darba devēji utt.). Protams izglītībā, tai skaitā ekoloģiskā izglītībā, ir sarežģīti definēt, ko uzskatīt par patērētāju. Potenciālie patērētāji var būt tādas grupas, kā vietējās un augstākā līmeņa pašvaldības, to institūcijas, sabiedriskās organizācijas, uzņēmēji un turpmākās izglītības pakāpes pārstāvji (augstskola, profesionālās un vidējās izglītības iestādes) [5].

Lai sniegtu ieteikumus un izstrādātu ekoloģiskās izglītības koncepciju, pieja bija sekojoša-vispirms tika iesaistīta sabiedrība un ņemts vērā tās viedoklis, jautājumā par to - kas cilvēkam būtu jāzina ekoloģijas jomā, lai dzīvotu šī gadsimta sabiedrībā.

Pirms sākt izstrādāt ekoloģiskās izglītības koncepciju, pirms sākt veidot ekoloģijas kā mācību priekšmeta programmu, pievērsšanās vērtībām un prioritātēm var dot vērtīgas atklāsmes. Ir svarīgi ņemt vērā cilvēku vērtības, vajadzības ekoloģijas jomā, jo tiem kurus lēmums ietekmē, ir kā tiesības, tā arī iespējas tikt uzklaustītiem pirms šādu lēmumu pieņemšanas. Līdz ar to tika veikts empīrisks vajadzību novērtējums, kas pamatoja ekoloģiskās izglītības nepieciešamību un deva vērtīgas atklāsmes jautājumā – kādai ekoloģiskai izglītībai (kvalitatīvi, saturiski) vajadzētu būt.

Vajadzības šajā pētījumā ir definētas kā nesaskaņa, pretrunas starp pašreizējo stāvokli un labāku stāvokli. Tā ir nesaskaņa starp to, kur izglītojamais ir tagad, un to, kur mēs vai izglītojamais, vai cita persona gribam, lai būtu [4].

Vajadzību novērtēšana bija informācijas vākšanas un analīzes process, kura rezultāts ir indivīdu, grupu, organizāciju, sabiedrības vajadzību noteikšana.

Pirmkārt, tika uzziņāts *speciālistu viedoklis* ekoloģiskās izglītības jomā. Notika pārrunas, konsultācijas ar praktizējošiem ekoloģiem (kuri strādā pašvaldībā, biznesa struktūrās, rūpniecībā u.c.). Praktizējošu ekoloģu viedoklis ir ļoti svarīgs, jo viņiem ir priekšstats par nozares nākotni.

Izzinot iespējamo atbilžu daudzveidību un apkopojot iegūtos datus (piedāvātos principus, komentārus) tika izvērtētas un noskaidrotas pieejas, principi, vajadzības kuras viņi piedāvā ekoloģiskās izglītības realizācijā.

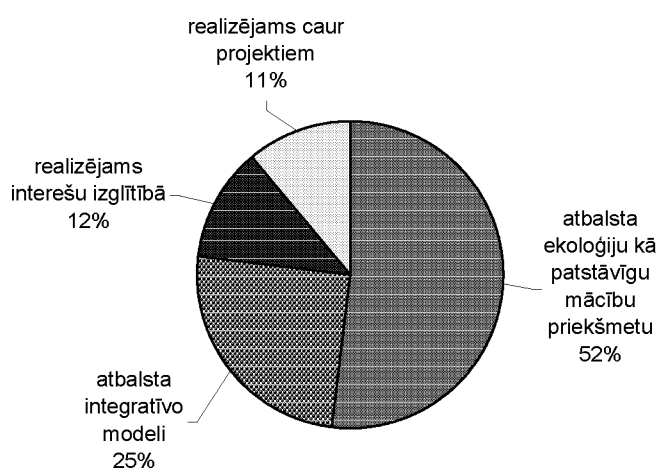
Apkopojot iegūtos datus, var secināt, ka ekoloģiskās izglītības jomā tiek izvirzītas tādas prasības kā izglītība mūža garumā, attieksmes veidošana pret dabas vidi, ekoloģiskās apziņas veidošana. Tiek uzsvērts, ka ir svarīga sabiedrības attieksme pret apkārtējo vidi, jo iedarbība uz dabas vidi balstās uz cilvēka apziņu.

Tradicionāli tiek uzskatīts, ka vides kvalitātes problēmu risināšana ietilpst dabas, tehnisko un sociālo zinātņu darbības sfērā. Humanitāro zinātņu un it īpaši psiholoģijas piesaistes iespējas un nepieciešamība tiek apzinātas galvenokārt tikai nesen, tāpēc pētījumā tika iekļauti tādu zinātņu speciālisti kā **psihologi**. Centāmiem uzzināt viņu viedokli par vajadzībām ekoloģiskās izglītības jomā, par pastāvošām ekoloģiskām problēmām to risinājuma ceļiem. Pētījuma rezultātus apkopojot tika gūtas svarīgas atziņas. Sarunās, konsultācijās ar pētījumā iekļautiem psihologiem izkristalizējās atziņas par pastāvošo ekoloģisko problēmu psiholoģiskiem aspektiem. Pētījumā iekļautie psihologi uzsver, ka joprojām pietiekoši tiek nenovērtēta psiholoģisko faktoru būtiskā loma dabas vides problēmu radīšanā, kā arī šo faktoru izmantošanas potences minēto problēmu atrisināšanā.

Psihologi akcentē to, ka, tā kā ekoloģiskā krīze ir morālas dabas, tad ekoloģiskās izglītības realizācijā svarīgs morāles aspekts. Tiek uzskatīts, ka mūsdienu pasaulē pastāv vērtību krīze, tāpēc ir nepieciešama principiāli jauna uz vērtībām, apziņu vērsta izglītošana ekoloģijas jomā. Tiek uzvērsts, ka uz cilvēka ekoloģiskās apziņas veidošanu un attīstības līmeņa paaugstināšanu jābalstās ekoloģiskai izglītībai. Tādējādi, kā uzsver, piemēram, pazīstamais amerikāņu antropologs K. Kastaneda, situācijas ārējā pasaulē optimizēšanai jāsākās ar cilvēka apziņas transformāciju.

Pētījumā tika uzzināts arī klientu (skolotāju, pašreizējo izglītojamo, bijušo izglītojamo, vecāku, darba devēju, u.c.) viedoklis. **Skolotājiem** ir tiesības izteikt savas domas par tām pārmaiņām izglītības procesā, kuras var ietekmēt viņu darbu. Jautājumā par izglītības saturu, ko mācīt un kā – noteicošais ir praktiķu vērtējums, tāpēc pētījumā tika apkopots skolotāju, kuri ir iedziļinājušies dabas zinātniska rakstura mācību priekšmetu jēgā un nolūkos, viedoklis par ekoloģisko izglītību. Skolotāji pēc būtības ietilpst visās trijās respondentu kategorijās – viņi ir klienti, speciālisti un lēmēji, tāpēc skolotāju viedoklis ir ļoti būtisks. Aptaujā tika iekļauti 56 skolotāji. Kā viedokļu noskaidrošanas metode tika izvēlēta anketa, kurā tika iekļauti jautājumi par ekoloģiskās izglītības nepieciešamību, vajadzībām kā arī cita rakstura jautājumi, pārrunas.

Skolotāji tika aicināti arī atbildēt uz jautājumu, kas saistās ar ekoloģiskās izglītības realizācijas iespējām skolā. Atbildot uz jautājumu, kādas ir ekoloģiskās izglītības realizācijas iespējas skolā, no aptaujātajiem 56 skolotājiem 29, t.i., 52 % norāda, ka ir nepieciešams patstāvīgs mācību priekšmets- ekoloģijā, 14 skolotāji, t.i., 25 % - atbalsta integratīvo modeli, t.i., viņi uzskata, ka ar ekoloģiju saistītiem jautājumiem organiski jāiekļaujas visos mācību priekšmetos, 12 % - iekļaujams kā obligāts interešu izglītībā, 11 %- realizējams caur projektiem (skat. 1. attēlu).



1. att. Skolotāju uzskati par ekoloģiskās izglītības realizācijas iespējām skolā

Šī pētījuma rezultātā ir redzami ceļi, kā ekoloģisko izglītību reāli var ieviest skolas dzīvē. Kā arī tika noskaidrotas, kādas vajadzības ekoloģiskās izglītības jomā kā svarīgas uzskata skolotāji. Tiek uzsvērts tas, ka ir vajadzīgas gan zināšanas, gan prasmes, attieksme, rīcība. Akcentē arī to, ka tos ir svarīgi sabalansēt, realizējot ekoloģisko izglītību.

Tika noskaidrots, ko ekoloģiskās izglītības jomā gaida *skolēni, studenti*? Tātad, tika skaidrotas izglītojamo vajadzības, pētījumā iekļaujot 237 respondentus. Kā viedokļu noskaidrošanas metode tika izvēlēta anketa, pārrunas.

Pētījums par konkrētu mērķauditoriju- skolēniem un studentiem sniedza informāciju, ko viņi uzskata par prioritātēm (vajadzībām) ekoloģiskās izglītības jomā. Apkopojot izteiktos viedokļus var akcentēt, ka respondenti atzīst par svarīgu palīdzēt saredzēt un izprast ekoloģiskās problēmas visos līmeņos, gan savā tuvākajā apkārtnē, gan globāli pasaulē. Skolēni, studenti atzīst, ka katram ir jāizprot sava un citu cilvēku saistība ar šīm ekoloģiskām problēmām un rīcības ietekme uz tām. Ir jāveido prasmes risināt un novērst ekoloģiskās problēmas, lai katrs spētu pieņemt lietpratīgus lēmumus un tos īstenot, jāsekmē apkārtējai videi draudzīgu attieksmju veidošana. Kā svarīgu uzskata ikviena skolēna, studenta iespēju darboties vides stāvokļa uzlabošanā, tādējādi teorētiskās zināšanas izmantojot praksē. Pārrunās respondenti atzīst, ka tikai tad, beidzot skolu, katrs tās absolvents spētu savu dzīvi vadīt videi draudzīgi, saglabājot to nākamajām paaudzēm.

Tika noskaidrots, ko ekoloģiskās izglītības jomā *gaida vecāki*? Kā uzsver Prets, vecākus ir svarīgi aktīvi iekļaut izglītības veidošanā, lai nebūtu tā, ka vecāki domā, ka skola ir atbildīga viņu priekšā. Vecāki mēdz pārāk zemu vērtēt skolotāju pūles, kuras ir veltījuši viņu bērniem, savukārt skolotāji bieži nepietiekami novērtē vecāku ieguldījumu bērnu audzināšanā [4]. Tāpēc pētījumā tika noskaidrots, ko vecāki sagaida no izglītības iestādēm, lai sekmētu bērna pozitīvu attieksmi pret dabu, lai bērns tiktu sagatavots kvalitatīvai dzīvei un labai karjerai.

Kā viedokļu noskaidrošanas metode tika izvēlēta anketa, kurā tika iekļauti jautājumi, par ekoloģiskās izglītības nepieciešamību, prioritātēm. Apkopojot pētījuma rezultātus un izmantojot, kvalitatīvo datu apstrādes metodi, izdalījām viedokļu grupas. Izdarot kopsavilkumu par vecāku izteiktām prioritātēm ekoloģiskā izglītībā, jāatzīmē, ka ekoloģiskās izglītības realizācijā kā svarīgas tiek atzītas zināšanas, prasmes, attieksmes, rīcība, kas ir nepieciešama, lai aizsargātu un uzlabotu dabu. Vecāki uzsver, ka ekoloģiskai izglītībai kā procesam jāaptver visa sabiedrība, bet galvenā uzmanība pievēršama skolai. Atzīst, ka visu

pakāpju izglītības sistēmā vēlams ietvert bērnu un viņu vecāku ekoloģisko izglītošanu. Uzskata, ka ekoloģiskās situācijas uzlabošanas darbā jābūt paaudžu sadarbībai. Vide ir tā sfēra, kurā saskaras dažādu paaudžu intereses. Kopīgi darbojoties vidē un vides labā, pārrunājot ar to saistītās tēmas, bērni viegli un nemanāmi apgūst zināšanas, noteiktas uzvedības normas dabā, viņos veidojas atbildības izjūta. Tādējādi ar ekoloģisko izglītību un darbošanos dabas aizsardzībā iespējams sasniegt arī citus ļoti vēlamus mērķus- ģimeņu stiprināšanu, paaudžu sadarbību dažādās dzīves jomās. Paaudžu sadarbība, dialoga veidošanās starp paaudzēm- tas ir ceļš uz līdzdalību ekoloģisko problēmu risināšanā. Tātad ir svarīgi izstrādāt paaudžu sadarbības modeli ekoloģiskās izglītības jomā. Ekoloģiskā izglītība ir vērsta uz dažādu sabiedrības mērķgrupu izglītošanu un savstarpējās sadarbības veicināšanu, izmantojot dažādas sadarbības formas. Sadarbība, atbalsts un izpratne ir tas, kas ir visnepieciešamākais, lai sekmīgi realizētu ekoloģisko izglītību.

Pētījumā tika noskaidrots, ko ekoloģiskās izglītības jomā gaida *darba devēji*?

Kā atzīmē Dzelme, izglītības sistēmai ļoti svarīga ir saistība ar darba tirgu. Viņš uzsver, ka profesionālās izglītības sistēmas uzdevums ir ne tikai apmācīt izglītojamo noteiktu funkciju veikšanai, dot noteiktai profesijai vajadzīgās zināšanas, prasmes un iemaņas, bet arī sagatavot dzīvei sabiedrībā, dodot nepieciešamo motivāciju. Dažādām profesijām ir diezgan būtiskas atšķirības vajadzīgo attieksmju, vērtību sistēmu ziņā, tādēļ tiek veidoti ētikas kodeksi atsevišķām profesijām.

Pētījumā tika apstiprināts tas, ka darba devēji ir atkarīgi no izglītības iestādēm, jo tās nosaka, cik zinoši cilvēki ienāk darba tirgū. Ir jāatzīst, ka mūsdienās darba tirgus lūkojas pēc speciālistiem, kuri pārziņa jautājumus, kas saistās ar ekoloģiju. Pētījumā atklājās, ka uzņēmēji kopumā izteikuši visnotaļ kritisku viedokli un vērtējumu par ekoloģiskās izglītības kvalitāti.

Kā viedokļu noskaidrošanas metode tika izvēlēta aptauja un pārrunas. Apkopojot darba devēju izteiktās atziņas, var atzīmēt to, ka galvenais uzņēmēju pārmetums ir par ekoloģiskās izglītības neatbilstību darba tirgus prasībām. Pētījumā apsekotie darba devēji atzina, ka iegūtai izglītībai bieži vien nav seguma, jo daudz kas neliecina par izglītības atbilstību darba tirgus prasībām, līdz ar to jāiegulda daudz līdzekļu, lai tālākizglītotu absolventus šajā jomā. Darba tirgus analīze liecina, ka Latvijā ir pārāk maz speciālistu, kas ir zinoši ekoloģijas jomā un vēl ir mazāk tādu, kam ir prasmes, piemēram, lēmumu pieņemšanā, kas saistīti ar dabas vides problēmām. Bet jo īpaši zems attieksmju (vērtību) līmenis, kas sekmētu cilvēka / dabas koevolūciju. Tātad ir svarīgi izglītību saskaņot ar darba tirgus prasībām. Ir skaidrs, ka augstas klases profesionāļu pamatā ir darba tirgus prasībām atbilstoša izglītība.

Kā atzina darba devēji, kopumā izglītības kvalitāte un atbilstība darba tirgum veicina katra Latvijas iedzīvotāja un visas valsts konkurētspēju pasaules tirgū. Tiek atzīts, ka uzņēmums, kurš nespēj nodrošināt videi draudzīgu saimniekošanu, nespēj konkurēt tirgū, jo uzņēmumam jānodrošina ekomenedžments, ekoaudiēšanas sistēma, kas ir ne tikai uzņēmējdarbības pienākums, bet arī izdzīvošanas jautājums. Tātad, tas kļūst par eksistences jautājumu, tas īpaši attiecas uz uzņēmumiem, kuri eksportē, un tādiem, kuri jau strādā un ražo ar rietumu tehnoloģijām. Tie īpaši asi izjūt savu darbinieku kvalifikācijas nepietiekamību ekoloģijas jomā un nereti zaudē konkurences cīņā.

Darba devēji ekoloģiskajā izglītībā akcentē zināšanu, kritiskās domāšanas, aktīvas līdzdalības pieeju.

Pētījums parāda, ka reāli pastāv pieprasījums šai izglītībai, jo dominē uzskats, ka ekoloģiskā izglītība ir nepieciešama. Skaidrojot to, kāda ekoloģiskā izglītība kvalitatīvi tiek pieprasīta, parādījās sekojoša tendence – ka zināmā mērā ir atšķirīgs viedoklis par to, kādai jābūt kompetencei ekoloģijas jomā. Tā kā zināmā mērā nav vienotas ekoloģiskās izglītības kvalitātes izpratnes, tad nav citas izvēles, kā pieņemt atšķirīgu kvalitātes viedokļu līdzaspastāvēšanu. Tādējādi varam secināt – un iespējams, ka tas ir viens no svarīgākajiem

apgalvojumiem, - jo vairāk ekoloģiskās izglītības sistēma spēj apmierināt dažādu sociālo grupu izglītības vajadzības ekoloģijas jomā, jo vairāk tā spēj sasniegt kvalitāti.

Veicot šo pētījumu dažreiz gadījās arī tā, ka patērētājs neprot precīzi definēt savas vēlmes, bet bija diezgan viegli konstatēt vai viņš ir apmierināts ar esošo ekoloģiskās izglītības līmeni.

Tādējādi dodot skolēniem, vecākiem un pārējiem izglītībā ieinteresētajiem iespēju formulēt un izteikt savas vēlmes, mēs atraisām varenu instrumentu ekoloģiskās izglītības kvalitātes mērķu sasniegšanai.

Veicot šāda veida pētījumu faktiski uzzinājām to, ko patērētāji gaida saistībā ar indivīda ekoloģisko izglītošanu.

Vajadzību novērtēšana ļauj ekoloģiskās izglītības koncepciju veidot pārdomātāk, saturīgāk, profesionālāk. Tika iegūti svarīgi argumenti, kas pamato šī mācību priekšmeta iekļaušanu skolas izglītības programmā.

Lai sekmīgi izstrādātu ekoloģiskās izglītības koncepciju, kā otrs solis bija **esošo izglītības standartu, programmu izvērtējums no ekoloģiskās izglītības aspekta**. Tas ir svarīgi, jo kā uzskata Belickis, attīstība vispirms ir produktīvs papildinājums esošajam (labi zināmajam, labi apgūtajam) un tā pārstrukturēšana [6].

Novērtējot vajadzības ekoloģiskās izglītības jomā (tas ir iepriekš veiktais pētījuma solis) un izvērtējot esošos izglītības standartus un programmas no tāda viedokļa, vai tās spēj apmierināt pieprasītās vajadzības ekoloģijas jomā (otrais solis), tika apzināts vai to apmierināšanai ir nepieciešama jauna pieeja ekoloģiskai izglītībai, jauna ekoloģiskās izglītības programma. Pamatā jādoma par to, kā kompensēt trūkumu ekoloģiskās izglītības jomā, nezaudējot nekā no līdzšinējās pozitīvās pieredzes. Izvērtējot esošo, tika iegūta informācija, kas ļauj izdarīt secinājumus turpmākai darbībai, konstatēt, kādos virzienos nepieciešams aktivizēt tālāko darbību ekoloģiskās izglītības jomā.

Noskaidrojot to, kā ir veicies līdz šim – kas ir sasniegts ekoloģiskajā izglītībā, kā informācijas avots kalpoja dabaszinību mācību grāmatās iekļautais saturs, publicētās dabaszinību mācību priekšmetu programmas, kā arī mācību priekšmeta saturu reglamentējošie dokumenti, t.i., standarti. Informācija tika gūta arī iestādēs, kas nodarbojas ar mācību priekšmetu programmu, standartu veidošanu, apstiprināšanu (mācību priekšmetu asociācijas, IZM ISEC u.c.).

Rezultātā tika skatīts tas, kādu ekoloģiskās izglītības kvalitāti (teorētiski) skolēni var gūt esošo izglītības standartu realizācijas galarezultātā. Veiktā novērtēšanas pētījuma rezultātā ir pamanāmas sekojošas tendences:

- ekoloģiskai izglītībai nav atvēlēta pietiekama vieta izglītības saturā;
- ekoloģijas atziņas fragmentāri iekļautas dabaszinību cikla mācību priekšmetos;
- ekoloģiskās izglītības darbs skolās ir epizodisks, nav sistemātisks, līdz ar to tiek sniegta epizodiskas zināšanas ekoloģijas jomā.

Līdz ar to nevar būt runa par to, ka šādā situācijā, kāda pašlaik ir ekoloģiskās izglītības jomā, varētu apmierināt pieprasītās vajadzības ekoloģiskās izglītības jomā, kā piemēram, pietiekams zināšanu līmenis, prasmes, attieksmes, ekoloģiskās apziņas veidošana un citas. Piemēram, pozitīvas attieksmes veidošana pret dabu, kas pēc iepriekš veiktā pētījuma ir viena no aktuālākām vajadzībām mūsdienās, ir jāvaicā ilgstošā procesā un tas jādarā sistemātiski.

Lai noteiktu, **ekoloģiskās izglītības kvalitāti (praktiski), t.i., ko reāli skolēni ir guvuši esošo izglītības standartu, programmu realizācijas galarezultātā,** lielu uzmanību pievēršām mācību sasniegumu (rezultātu) ekoloģijas jomā novērtēšanai un analīzei.

Tika vērtēta un analizēta skolēnu kompetence, t.i., nepieciešamās zināšanas, pieredze, izpratne ekoloģijas jomā un prasme zināšanas un pieredzi izmantot konkrētā darbībā, jo būt kompetentam nozīmē zināt, prast, būt spējīgam, gatavam darbībai.

Skolēnu ekoloģiskās izglītības kvalitāte ir svarīgs personības attīstības rādītājs, kas sevī ietver apgūtās zināšanas, prasmes un iemaņas ekoloģijas jomā, kā arī noteiktu attieksmi pret dabas vidi. Zinot, ka skolēnu ekoloģiskās izglītības kvalitāte balstās uz zināšanām, prasmēm un iemaņām ekoloģijas jomā, kā arī uz noteiktu attieksmi pret dabu, mēs varam runāt par šo zināšanu, prasmju, iemaņu un attieksmes noteikšanas iespējām.

Līdz ar to, lai noskaidrotu indivīda kvalitāti (kompetenci) ekoloģijas jomā tika pētītas:

- indivīda zināšanas ekoloģijas jautājumu kopumā, t.i., kādā līmenī skolēniem ir akadēmiskās zināšanas par mijattiecībām sistēmā “cilvēks –daba” un pašā dabā. Tāda zināšanu sistēma dot iespēju indivīdam zināt, kas un kā notiek dabā kā arī kas un kā notiek starp cilvēku un dabu un līdz ar to ir skaidrs, kā būtu jārikojas no ekoloģiskā aspekta;
- prasmes un iemaņas ekoloģijas jomā, t.i., prasmju un iemaņu sistēma (tehnoloģijas) mijiedarbībai ar dabu, lai varētu ekoloģiski mērķtiecīgi rīkoties. Apgūstot atbilstošas tehnoloģijas tas ļauj indivīdam iespējas rīkoties no ekoloģiskā viedokļa mērķtiecīgi;
- morālais aspekts (attieksmes). Formētās attieksmes pret dabu, jo zināšanas ekoloģijā pašas par sevi negarantē indivīda ekoloģiski orientētu uzvedību. Priekš tam ir nepieciešama atbilstoša attieksme pret dabu. Attieksme tieši nosaka mijattiecību raksturu ar dabu, motīvus, gatavību izvēlēties to vai citu uzvedības stratēģiju, ar vārdu sakot stimulē rīkoties ekoloģiski mērķtiecīgi.

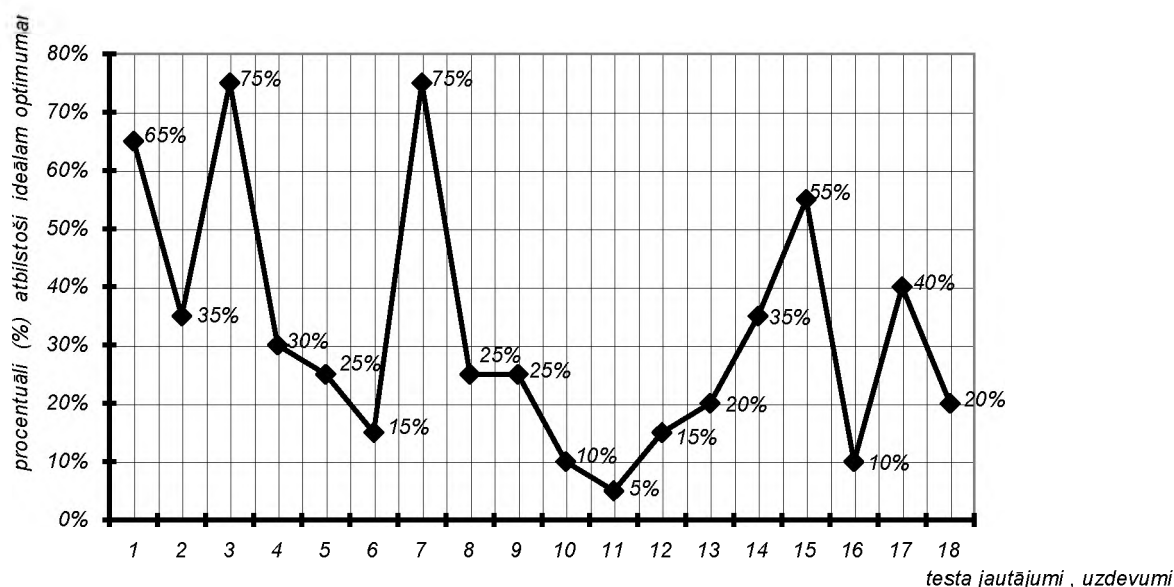
Noskaidrojot ekoloģiskās izglītības reāli iegūto kvalitāti, pētījumā tika iekļauti 375 vispārizglītojošo skolu 9. klašu skolēni.

Lai diagnosticētu zināšanas, prasmes, iemaņas ekoloģijā, tika izstrādāts tests, kurā iekļauta jautājumu, uzdevumu virkne ekoloģijā. Testā tika iekļauti daži radoši un ar iztēli saistīti uzdevumi. Testa 1-8 jautājumi, uzdevumi tika veidoti tā, lai diagnosticētu skolēnu zināšanas ekoloģijā, savukārt 9-13 jautājumi, uzdevumi orientēti uz prasmju diagnosticēšanu, bet testa 14-18 jautājumi, uzdevumi tika orientēti uz iemaņu diagnosticēšanu.

Tests sastāvēja no jautājumiem, uzdevumiem, dažādām aktivitātēm, kuros atklājās izvirzītā komponenta (zināšanu, prasmju, iemaņu) būtība, kā arī no skolēniem izvirzītā ideālā optimuma, kuru būtu vēlams sasniegt, atbildot uz jautājumiem, uzdevumiem utt. Ideālais optimums tika izstrādāts ņemot vērā iepriekšējā pētījuma solī apzinātās vajadzības ekoloģiskās izglītības jomā.

Balstoties uz to tika izstrādāti testa vērtēšanas kritēriji. Atkarība no tā, cik liela mērā skolēnu atbildes uz testa jautājumiem- uzdevumiem sasniedz izvirzīto ideālo optimumu, tās tika iedalītas 5 līmeņos.

Skolēniem bija nepieciešams izteikt domas par 18 testā iekļautiem jautājumiem, uzdevumiem, aktivitātēm. Vērtējot skolēnu atbildes, tika ņemts vērā cik lielā mērā tās sasniedza izvirzīto ideālo optimumu. Ja ideālais optimums tiek sasniegts 100% apjomā, tad skolēna atbilde uz attiecīgo jautājumu, uzdevumu tiek pielīdzināta “A” līmenim, ja ideālais optimums tiek sasniegts apmēram 75% apjomā – “B” līmenim, ja 50% apjomā - “C” līmenim, ja 25% apjomā – “D” līmenim, ja 0% apjomā – “E” līmenim. Tika apkopoti katra respondenta atbilžu rezultāti uz testa jautājumiem, uzdevumiem. Tad izpildes rezultāti tika apkopoti attiecīgi pēc iegūtajiem līmeņiem. Vērtējums tika izteikts procentos, kas parādīja cik lielā mērā ideālo optimumu sasniegušas skolēnu sniegtās atbildes uz testa jautājumiem, uzdevumiem. Rezultātus par katru no testa jautājumiem atspoguļojām grafiski, kas atklāj cik lielā mērā (procentuāli) skolēnu reālās zināšanas, prasmes un iemaņas ekoloģijas jomā sasniedza izvirzīto ideālo optimumu (skat 2 .att).



2.att. Reālās skolēnu zināšanas, prasmes un iemaņas ekoloģijas jomā procentuāli pret izvirzīto ideālo optimumu

Aprēķinot vidējo aritmētisko rezultātu par katru testa jautājumu, uzdevumu, kuri diagnosticēja skolēnu zināšanas, prasmes un iemaņas ekoloģijā, tika parādīta kopaina ekoloģisko zināšanu, prasmju un iemaņu kvalitātes jomā. Zināšanas ekoloģijā, kas ir sistematizēts objektīvo atziņu kopums ekoloģijā, tika diagnosticētas pēc testa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 jautājumiem, uzdevumiem. Aprēķinot vidējo aritmētisko rezultātu par jautājumiem, uzdevumiem (9, 10, 11, 12, 13), kas noteica prasmes ekoloģijā, t.i., tāda zināšanu, darbības paņēmieni apguves pakāpe, kas ļauj apgūto izmantot mērķtiecīgā darbībā [7], mēs ieguvām kopainu par prasmēm ekoloģijā. Atrodot vidējo aritmētisko rezultātu jautājumiem, uzdevumiem (14, 15, 16, 17, 18) ar kuru palīdzību tika diagnosticētas iemaņas, t.i., automatizēta darbība, kas nostiprinājusies, to daudzkārt atkārtojot mēs ieguvām kopainu par ekoloģisko iemaņu kvalitāti.

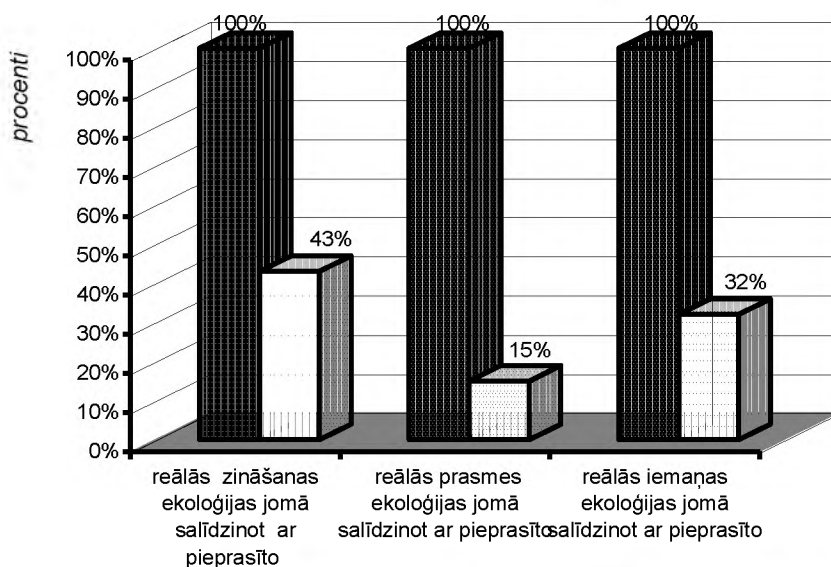
Kā redzam pēc 3.attēlā, tad zināšanu kvalitāte ekoloģijas jomā salīdzinot ar to, kādām tām ir jābūt mūsdienās, tiek apmierināta tikai par 43%. Zināšanas ekoloģijas jomā ir svarīgas, to uzskata daudzi ekoloģiskās izglītības lietotāji vai patērētāji. Kā uzsver daudzi, ka zināšanas protams ir pilnīgi nepieciešams pamats, uz šī pamata daudz kas ir būvējams. Daudzi aptaujātie akcentē, ka ar zināšanām vien nepietiek, taču arī iztikt bez tām nav iespējams.

Testa atbilžu analīze atklāja sekojošu tendenci, lielai daļai respondentu ir teorētiskas zināšanas ekoloģijā, kas nav balstītas praksē, pieredzē. Kā uzskata daudzi zinātnieki, zināšanas cilvēkam nav vajadzīgas pašas par sevi, bet gan tāpēc, lai veiktu tos uzdevumus, kas rodas cilvēka praktiskajā vai teorētiskajā darbībā. Šī pētījuma rezultāti arī kārtējo reizi apliecina to, ka Latvijas izglītības sistēmā nepieciešams vairāk attīstīt skolēnu spējas izmantot skolā iegūtās zināšanas reālās dzīves situācijās. To arī apliecina skolēnu vidējie sasniegumi starptautu salīdzinājumā OECD Starptautiskajā skolēnu novērtēšanas programmā (OECD SSNP), kas liecina, ka Latvija izglītības sistēmā nepieciešams vairāk attīstīt skolēnu spējas izmantot skolā iegūtās zināšanas reālās dzīves situācijās [8].

Reālās prasmes ekoloģijas jomā, salīdzinot ar vēlamo tiek apmierinātas tikai par 15 %. Daudzi aptaujātie uzsver, ka prasmes ekoloģijas jomā ir svarīgas un ekoloģiskai izglītībai ir jāvirzās tā, lai prasmes ekoloģijas jomā tiktu sasniegtas augstā līmenī, to īpaši akcentē darba devēji. Viņi uzskata, ka prasmes, tas ir, māka veikt kādu darbību atbilstoši nepieciešamajai kvalitātei un apjomam darba tirgū ir aktuāla. Tāda zināšanu, darbības paņēmieni apguves pakāpe, kas ļauj apgūto izmantot mērķtiecīgā darbībā realitātē ir zemā līmenī salīdzinot ar to, kas būtu vēlama. Ir saprotams, ka atšķirībā no zināšanām prasmes nevar iemācīt tikai ar mutiska vai rakstiska izklāsta metodēm, jo prasmes var nodrošināt tikai praktiskās metodes. Kā uzsver Deivids Prets, prasmju radīšanu var uzskatīt par iespēju piešķiršanu skolēniem. Prets akcentē to, ka kad mēs esam ieguvuši jaunu prasmī, mums paveras jaunas iespējas un tieši šī cilvēka iespēju paplašināšana ir izglītības galamērķis [4]. Ekoloģiskajā izglītībā ir svarīgi orientēties ne tikai uz noteiktu zināšanu kopumu, bet arī uz dažādu spēju un prasmju attīstīšanu.

Nemazāk svarīgas ir iemaņas ekoloģijas jomā. Protams tas nav panākams pie nesistemātiskas ekoloģiskās izglītošanas, jo iemaņas ir māka, kas iegūta ilgstošā laikā vingrinoties un līdz ar to darbībai kļūstot automatizētai. Zināmā mērā pēc veiktā pētījuma ir redzams, ka uz šodienu, pēc iemaņām ekoloģijas jomā pieprasījums nav īpaši augsts. Bet neskatoties uz to, tās pie pašreizējās izglītības situācijas tiek apmierinātas par 32 %, salīdzinot ar pieprasījumu.

Veiktie pētījumi rāda, ka mūsdienās pastāv nopietnas pretrunas starp objektīvām prasībām pēc noteikta zināšanu, prasmju, iemaņu līmeņa ekoloģijā un reāli vājajām zināšanām, nepietiekamām prasmēm un iemaņām ekoloģijā (skat 3.att.).



3.att. Ekoloģiskās izglītības kvalitātes pamatkritēriju - zināšanu, prasmju, iemaņu attiecība pret pieprasīto kvalitāti

Ļoti svarīgs ekoloģiskās izglītības kvalitāti raksturojošs nosacījums ir skolēnu attieksme pret dabu. Attieksme ir cilvēka saskarsmes raksturs, izturēšanās veids (pret ko), cilvēka rīcības, uzvedības aktīvā saistība, iekšēja sakarība ar apkārtējām lietām. Cilvēka attieksmes raksturu nosaka viņa subjektīvā vērtīborientācija, no kuras viņš atvasina savas uzvedības normas [7].

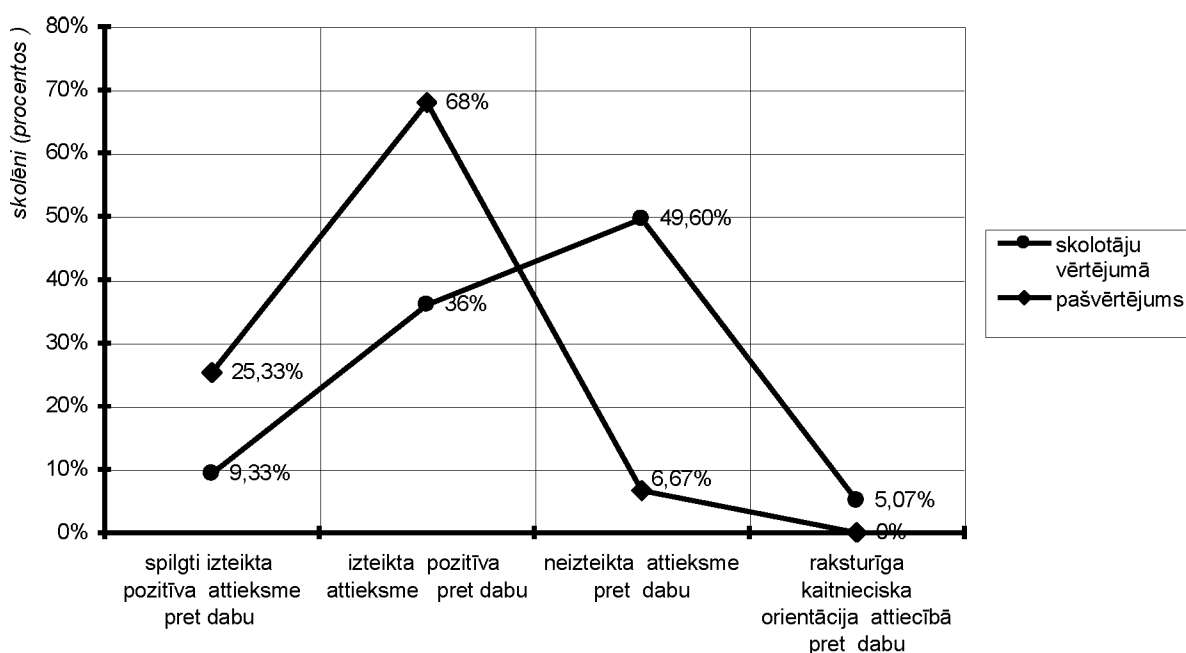
Attieksmes nevar iemācīt (grūti arī izmērīt) kā zināšanas un prasmes. Samērā sarežģīti ir noteikt skolēnu attieksmi pret dabas vidi. Lai varētu runāt par patieso skolu jaunatnes

attieksmi pret dabu, tad nepieciešams ilgstoši pētīt, uzzinot, kāda ir viņu attieksme pret dabu dažādās dzīves situācijās. Attieksme attīstās un pilnveidojas visā cilvēka dzīves gaitā.

Veicot pētījumu par attieksmi pret dabas vidi, izvirzījām galvenos rādītājus, kuru būtību tuvāk atsedz tiem pakārtoti kritēriji, pēc kuriem var spriest par skolēnu attieksmi pret dabas vidi:

- sabiedriski nozīmīga aktivitāte dabas vides jomā;
- atbildības jūtas pret dabu;
- taupīgums pret dabas bagātībām;
- uzvedība dabā;
- pozitīva attieksme pret mācībām, kas sniedz zināšanas par dabu;
- paškritiskā attieksme pret uzvedību dabā, atzīst savus un citu pārkāpumus dabā.

Pamatojoties pārsvarā uz šiem attieksmes pret dabu rādītājiem un tiem pakārtotiem kritērijiem, tika izstrādāta skolotājiem un skolēniem domātā anketa. Ar anketas palīdzību tika noskaidrots klašu audzinātāju viedoklis par savu audzēkņu attieksmi pret dabu, veicot sistemātisku novērošanu. Kā arī izmantojot izstrādāto anketu skolēni paši novērtēja savu attieksmi pret dabu. Apkopojot pētījuma rezultātus, iespējams veidot attēlu, kurā uzskatāmi tiek ilustrēta 375 skolēnu attieksme pret dabas vidi savu skolotāju vērtējumā un pašvērtējumā (skat.4.att.)



4. att. Skolēnu attieksme pret dabu skolotāju vērtējumā un pašvērtējumā

Pētījuma rezultāti atspoguļo to, ka skolotāju novērojumi un vērtējums par skolēnu attieksmi pret dabu ir sekojošs, 9,33% vērtēšanā iesaistītiem skolēniem ir spilgti izteikta pozitīva attieksme pret dabu, jo skolēnu empātijas (līdzījušanas) līmenis pret dabu ir ļoti augsts, viņi prot ieklausīties, iejusties dabas dzīvē, prot saskatīt dabas skaistumu, daudzveidību. 36% skolēnu pēc audzinātāju uzskatiem ir pozitīva attieksme pret dabu, 49,5% skolēniem ir grūti nosakāma attieksme pret dabu, 5,07% skolēniem ir vērojama kaitnieciska attieksme pret dabu, šiem skolēniem bija novērota kaitnieciska, vandāliska

noskaņa pret dabu. 4. attēlā tiek ilustrēta kopaina par skolēnu attieksmi pret dabas vidi viņu pašu vērtējumā.

Salīdzinot to, kā skolēnu attieksmi pret dabu vērtē skolotāji (ilgstoši novērojot skolēnus) un skolēnu pašvērtējumā ir pamanāmas atšķirības. Vai skolēni paškritiski vērtē savu attieksmi pret dabu? Vērojama tendence, ka skolēnu pašvērtējums par attieksmi pret dabu ir augstāks kā skolotāju dotais vērtējums. Piemēram, par kaitniecisku attieksmi pret dabu neviens neatzīstas. Šie un citi fakti apstiprina atziņu, ka attieksmes pētīšana ir sarežģīts process.

Attieksmes pētījumi, kas balstās uz pašu skolēnu aptaujām (arī šajā gadījumā) neatspoguļo reālo patiesību, jo aptaujātie sniedz ziņas par to kā vajadzētu būt, nevis par viņu "patieso" attieksmi pret dabu.

Līdz ar to tiek apstrādātas aptaujāto vēlamās atbildes, nevis to patiesā – attieksme dabā. Šādos pētījumos vērojama orientācija uz "labā bērna" ideālu (vērojama pielāgošanās stereotīpiem un vairākuma viedoklim). Acīmredzot pastāv noteikts sociāls spiediens, kas mudina visos gadījumos izteikties videi draudzīgi, par labu pozitīvam risinājumam.

Zīmīgi, ka audzinātāji par skolēnu attieksmju veidošanās pamatu uzskata ģimeni, protams tiek atzīts, ka vēlāk skolēna attieksmi pret dabu var ietekmēt skola, sabiedrība. Skolotāji uzskata, ka tieši ģimenē sāk veidoties bērna attieksme pret dabu – noteikts uzskats un vērtējums par to, par cilvēku un dabas mijsakariem, iezīmējas atbilstoša izturēšanās un nostāja pret dabu un cilvēku darbību tajā.

Daudzu paaudžu pieredze pārliecinoši pierāda, ka attieksmi nevar veidot ar iebaidīšanu un moralizēšanu[4]. Pēc skolotāju domām, bērnu pozitīvu attieksmi pret dabu var panākt, mācot bērnam ieklausīties un iejusties dabas dzīvē, atklājot dabas skaistumu un daudzveidību, kuru cilvēks ar savu nepārdomāto rīcību var izpostīt. Skolotāji uzskata, ka skola viena pati bez ģimenes un sabiedrības atbalsta šo grūto uzdevumu pilnībā nespēj veikt.

Daudzi pedagogi, psihologi uzver, ka attieksmes veidošana ir ilgstošs un sarežģīts process. Piemēram, Puškarevs runā par attieksmes un uzvedības ietekmēšanas psiholoģiskiem aspektiem [9]. Viņš akcentē to, ka attieksme ir indivīda viedoklis par lietu, parādību un cilvēka rīcību, tā var izpausties saskarsmē un izturēšanās veidā. Cilvēka attieksmes raksturu nosaka vērtīborientācija, no kuras atvasina savas uzvedības normas[9].

Kā uzsver Puškarevs, attieksme un uzvedība iekļaujas personības struktūrā. Attieksmes mainās un nostabilizējas personības attīstības gaitā, līdz ar to viena no izglītības funkcijām reizē ar zināšanu un prasmju apguvi ir audzināšanas funkcija, proti vērtīborientācijas, attieksmju un uzvedības ietekmēšana pozitīvā virzienā.

Tiek uzsvērts, ka attieksmju apguve ir pakāpenisks process, kas sākas ar uztveri (pozitīvi vai negatīvi stimuli). Pēc tam indivīds pieņem jeb veido savu attieksmi. Un tikai tālāk seko attieksmes praktiskā īstenošana darbībā, t.i., uzvedība. Puškarevs uzsver, ka attieksmju apguves mehānisms ietver trīs komponentus:

- emocionālais elements,
- kognitīvais elements,
- uzvedība kā praktiskā reakcija uz attieksmju objektu [9].

Aptaujā iekļautie skolotāji atzīst, ka saudzīgu attieksmi pret dabas vidi nevar panākt ar kognitīvi centrētu pieeju, bet ir nepieciešama šīs attieksmes veidošana. Parasti attieksmi veido nevis informācija ko cilvēki saņem, bet viņu pārdzīvotā nozīmīgā pieredze [4], tāpēc realizējot ekoizglītību svarīgi pajautāt "Kādas jūtas tiek veicinātas skolēnos?", "Vai skolēnos veidosies vēlme darboties vides aizsardzības jomā?" utt.

Protams, vērtējot ekoloģiskās izglītības kvalitāti, svarīgi novērtēt ne tikai rezultatīvos rādītājus attiecīgajā brīdī, bet svarīgi arī vērtēt tos dinamiskajā saistībā ar sākotnējiem rādītājiem (svarīga ir tā saucamā "pievienotā vērtība") šajā reizē tā nav pētīta.

Secinājumi

Apkopojot iepriekš izklāstīto, varam secināt, ka mūsdienās nav tāds ekoloģijas zināšanu, prasmju un attieksmju apguves līmenis, kas atbilstu cilvēka dzīvesdarbības vajadzībām. Pētījumā konstatēts, kādos virzienos nepieciešams aktivizēt tālāko darbību ekoloģiskās izglītības jomā. Svarīgi domāt par to, kādā veidā mācīt ekoloģiju, lai skolēniem tas būtu nepieciešams (rast pārlicinošu atbildi uz jautājumu - kāpēc tas ir jāmācās?), lai interesants un apgūšanas vērts būtu ekoloģijas kurss (rast atbildi uz jautājumu - ko es ar šīm zināšanām, prasmēm, attieksmēm iegūšu?).

Ekoloģijas apgūvē jārespektē viens no būtiskākajiem didaktikas principiem- mācību saistījums ar dzīvi.

Pētījums tika veikts arī ar tādu nolūku, lai ekoloģiskā izglītība, tās veidotā programma būtu vērsta uz nākotni, kas ir ļoti svarīgi. Domājot par ekoloģisko izglītību, protams, ir jāreķinās ar problēmām, kas saviļņo skolēnus šodien, taču pasaule, kurā skolēni dzīvos un kura viņiem ir jāizprot, nav šodienas pasaule. Vēl jo vairāk – tā nav vakardienas pasaule, uz kuru diemžēl centrējas daudzas izglītības programmas. Drīzāk tā ir pasaule, kas šobrīd vēl neeksistē, bet kuru mums ir jācenšas paredzēt, ja mēs gribam, lai ekoloģiskās izglītības programma būtu piemērota dzīvei [4].

Lai ekoloģiskā izglītība būtu kvalitatīva, atbilstu mūsdienu vajadzībām, tad nepieciešams uzskaitīt visus tos sistēmas elementus, kuri veido vai ietekmē kvalitāti, kā arī definēt visu to cilvēku vēlamu darbību, kas var paaugstināt kvalitāti. Tas ir ilgstošs darbs, kas vērsts uz ekoloģiskās izglītības kvalitātes novērtēšanu un pilnveidošanu.

Literatūra

- 1.Lācars A. Alkatība un muļķība appludinās pasauli.//Rīgas Balss.-2002.gada 3.oktobris.20.lpp.
- 2.Феншем П. Образование в области окружающей среды: от Стокгольма до Тбилиси. Перспективы //Вопросы образования.-1982-№4.-33-47 с.
- 3.Agenda 21 in From Words to Action-Environmental Education for Sustainable Development ,The Baltic Sea Project ,Learner's Guide N3., National Agency for Education in Sweden in cooperation with UNESCO , 1998.
4. Prets D. Izglītības programmu pilnveide.-R.:Zvaigzne ABC, 2000.-383.lpp.
- 5.Gripauks Z. Kvalitāte izglītības politikā. //Skolotājs 4(34) 2002., 36.-43.lpp.
6. Beļickis I. Vērtīborientētā mācību stunda.-R.:RaKa,2000-280.lpp.
- 7.Pedagoģijas terminu skaidrojošā vārdnīca. Sastādīta V.Skujīņas vadībā.-R.:Zvaigzne ABC,2000.-248 lpp.
- 8.Kangro A. Izlītības rezultāti Latvijā starptautiskā salīdzinājumā.//Skolotājs.-2002.-Nr.5(35).-20.-21.lpp.
- 9.Puškarevs I. Attīstības psiholoģija .-R.: RaKa , 2001.-88 lpp.

OUTFLOW OF THE BIOGENIC SUBSTANCES IN THE DRAINAGE AREA OF SŁAWSKIE LAKE

Biogēno vielu noplūde Sławskie ezera drenāžas rajonā

A. Malecki

University of Zielona Góra, Department of the Environmental Protection

Abstract

The intent of the author is to familiarize the readers with the results of the research on the anthropogenic eutrophication of the Sławskie Lake where it is impossible or difficult to apply technical measures preventing the pollution. It is a shallow, eutrophic lake where, the structure and functioning – especially the accessibility of easily assimilated biogenic compounds, especially the phosphorus – depends significantly of the fate and speed of decay of the organic matter brought to that ecosystem from the drainage area. For the last several years observed was (in that researched lake) strong blossoming of algae and cyanosis constituting the proof of its periodically sudden eutrophication. A proper description of the volume of the area pollution and determination of the outflow indicators for the water transferring lakes is difficult because the volume of the outflow of the wastes is influenced not only by their diversified contents – being the result of the combination of individual components in varying proportions – but also their influence as a result of certain local conditions. Thus, the results obtained by different authors show big differences and even discrepancies. On the basis of the conducted research it was determined that the most adequate relation (with a similar character of the area) is for the researched drainage area the one between the load of the biogenes and the volume of the indicators of their unit outflow.

Key words: *anthropopressure, area and spot pollution, trophic, biogenes*

Introduction

The area pollution constitute an ever more serious peril for the surface waters. The loads caused by them often significantly exceed the norm in force for individual areas. Especially, the peril results from the fact that they are much more difficult to eliminate than the spot or line pollutions. Thus, the knowledge of the indicators of the outflow of the area pollution from the drainage area and factors that influence its volume is indispensable in the processes of a balanced development in which, just like in all projects related to the environmental protection, the starting point should be a list of pollutants in the water and, what's most important, a list of biogenic substances within the drainage area. The impact of the man on the natural environment is related to the development of agriculture as well as urban and industrial development. The human interference in the natural systems is not limited to the actions that directly modify the contents and structure of ecosystems but includes also indirect actions related to, for example, upsetting the biogeochemical cycles and induction of the changes in the scale of the whole biosphere. Those changes are generated by a complicated system of feedbacks strengthening the effects of the initial factor that upsets the biological balance.

Materials and methodology

The drainage area of Sławskie Lake (208 km²) is located within the drainage area of Obrzyca River (1808 km²) whose waters are used for the needs of the city of Zielona Góra. That system provides approximately 30,000 m³ of treated water daily and covers 70% of the needs of Zielona Góra.

The rest of the drainage area of the Sławskie Lake is located within the communities of: Nowa Sól, Kolsko and Wijewo. Within that drainage area located are typically agricultural and tourism oriented villages. The town of Sława functions as an administrative and service centre.

Within the researched drainage area one can notice a strong anthropopressure. Within it located are 46 vacation centres and approximately 600 cottages and a dense system of settlements (a town and six villages) with an undeveloped water and sewage management. In a direct vicinity of the Sławskie Lake live 4300 persons. During the time of vacations approximately 40,000 people spend their free time there. That means 1.5 persons for 1 meter of the shore, and 1 person for 2 m² of the area of the direct vicinity of the lake.

The arable land constitutes 41.7% and forests 48.3% of the drainage area. Also an improper management of the arable land and animal wastes is visible in a low quality of the surface waters of many lakes (7 lakes of a total area of 989 ha, Table 2) and six water-courses of the total length of 41.2 km (Table 1). The research was conducted within partial drainage areas of the main drainage area of the Sławskie Lake (Dr. 1) within two hydrologic periods: 1999 and 2000.

Table 1.

Water-courses located within the drainage area of the Sławskie Lake [the Author]

No. of the partial drainage area	Name of the water-course	Length of the river [km]	Drainage area [km ²]	Usage (%)		P/L	Exit to
				Agri-cultural land	Forest		
1b ₁	Sarnka - 19	6,8	61,7	41,7	48,3	P	Czernica
1b ₁	Czernica - 20	41,0				P	Sławskie Lake
1c	Radzyńska Struga - 22	3,3	L			Sławskie Lake	
1d ₁	Cienica - 21	12,2	L			Sławskie Lake	
1a	A ditch from Myszków -23	0,7	L			Sławskie Lake	
1a	A ditch from Jezioro - 24	3,0	L			Sławskie Lake	
1e	Dębogóra - 25	7,2	20,5			P	Sławskie Lake
1b ₂	Direct drainage area	27,34* 817,3ha	37,8			-	Sławskie Lake
-	TOTAL	74,2	207,8			-	-
113B - Obrzyca		49,6	1808,4			49,3	35,6

Explanations: numbers of the drainage areas after Podział Hydrograficzny Polski (Stachy, 1983); *, length of the shore line, Jańczak, 1996; P/L, right or left part of the drainage area.

Table 2.

Number and areas of the lakes within the drainage area of the Sławskie Lake [The Author]

Specification	Area in ha					Total
	1-5	5-20	20-50	50-100	>1000	
Number of lakes	-	4	1	1	1	7
% of the total area	-	57,14	14,28	14,28	14,28	100
Total area	-	45,0	35,7	91,6	817,3	989,6
% of the total area	-	4,54	3,60	0,92	82,58	100

The conducted research had the goal to determine, for the partial drainage areas, the indicators of the outflow/runoff of the biogenic substances (nitrogen and phosphorus). The

loads of the total nitrogen and total phosphorus outflowing from the areas of the said drainage areas were determined on the basis of the results of the markings of the contents of those compounds in the waters flowing through the frames closing the said partial drainage areas carried out once a month. During the sampling of the water measured was the volume of the flow (Małacki, 2001). The characteristics of the researched partial drainage areas were determined on the basis of existing materials and own research. The quality of the researched waters and level of their load of biogenes were determined on the basis of the relations between their concentration and volume of flow. The annual load constituting the basis for determination of a unit indicator of the biogenes' outflow/runoff was determined on the basis of an average daily flows through the said frames. The unit indicator of the biogenes' outflow was determined dividing the annual load by the area of the drainage area.

Results

The highest level of agricultural usage is in the partial drainage areas of the rivers of Czernica and Dębogóra. Within the other partial drainage areas the percentage share of the arable land is from 16% to 47%. The location of forest areas is also diverse. The largest forest areas are within the direct drainage area: Rów Myszkowski and Rów Jeziornej.

The load of biogenes in the lake coming from the residential areas, arable land, animal breeding and tourists is: phosphorus, approximately 6.1 t in 1999 and 6.9 t in 2000; nitrogen, approximately 67.4 t in 1999 and 76.2 in 2000. From the whole amount of nitrogen 36.5% constitutes the load inflowing via surface waters; 18% via underground waters and 45.5% via precipitations in 1999. The waters of Czernica river inputted approximately 79% of the nitrogen load. In 2000, 52% constituted the nitrogen inflowing with the surface waters, 19% with the underground waters and 31% with precipitations. The Czernica river brought in approximately 77% of the surface waters' load. When deducting the volumes of loads outflowing in the first year of research what was left in the lake was 42.5 t and in the next year, 45.7 t of the total nitrogen.

The total load of the nitrogen in 85% comes from the surface waters, 6% from the underground waters and approximately 9% from precipitations. In 1999, 93% of the nitrogen came from the Czernica river. In the next year the total load of that biogens in 82% was coming from the surface waters (including approximately 90% from the Czernica river), 7% was from the underground waters and approximately 11% from precipitations. When deducting the volume of the loads outflowing in the first year of research what was left in the lake was 5.0 t and in the next year, 5.5 t of the total nitrogen.

The level of threat for the lake by the nitrogen – basing on the Vollenweider research (1968, 1974) – was approximately 8 g/m²/year in the first year of research and 9.2 g/m²/year in the second year of the research. Those values exceed 4 times and 4.5 times the value considered as critical one.

The load of nitrogen constitutes a load for the lake of the value of 0.75 g/m²/year in the first year and 0.84 g/m² in the second year of research and both exceed 5.7 and 6.5 times the value considered by this Author as a critical one.

The agriculture and residential areas are responsible for most of the total load of the drainage area with biogenes. In that case, one has to take into account also the impact of tourism both for the lake and drainage area.

In the case of nitrogen the biggest load comes from the animal breeding and residential areas. But the researched area is impacted by the precipitations as well 'thanks' to the vicinity of the Głogów and Legnica Coper Mining Complex and mostly south-western winds. The similar conclusions are drawn by Florczyk 1987 and Schmidt 1974.

Summary

A proper determination of the volume of area pollution and determination of the outflow indicators for the water transferring lakes is difficult because the volume of the outflow of pollutants is influenced not only by their complex contents but also by their impact as a result of certain local conditions. Thus the results achieved differ a lot or are even contrary to one another. In Table 4 included are the unit outflows of the biogenes from the drainage areas of differing characteristics (after Florczyk, 1978).

Table 4.

Unit runoff/outflow of biogenic substances from drainage areas with different characteristic

Author	Characteristic of the drainage area	Unit runoff (kg/ha/year)	
		N	P
Florczyk 1997 after Bernhard, Sasen, Husch (1975)	51% arable land, 28% forest, 31% forest	14,5-29,2 4,1-7,0	0,5-0,85 0,03-0,06
Florczyk 1978 after Kolenbrander (1971)	Agricultural drainage areas, silt soils +300kg NPK/ha Agricultural drainage area, sand soils +300kg NPK/ha	over 20 up to 50	average 0,065
Florczyk 1978 after Gachter, Furrer (1972)	Agricultural drainage areas	16-21	0,35-0,69
Juhrma, (1966)	Forests Not fertilised pastures Fertilised meadows	8,4 16,5 19,4	0,04 0,74 1,02
Florczyk 1978 after Dillon, Kirchner (1975)	Forests on volcanic rocks Forests on sedimentary rocks Forests + pastures on volcanic rocks Forests + pastures on sedimentary rocks Agricultural and forest areas on volcanic rocks Agricultural land on sedimentary rocks		0,026-1,07 0,067-0,145 0,081-0,160 0,205-0,370 0,059-0,50 0,11-1,13
Kowalczak at all (1997)	From the point sources From the roads From the areas without sewage systems From the space sources Inputted as a result of bath From precipitations	1,19% 0,10 13,4% 51,49% 0,05% 33,78%	3,06% 0,52% 46,55% 38,11% 0,03% 11,73%
Florczyk(1978) after (Ohle, 1955)	60kg/ha superphosphate and annual precipitation of 650mm		0,24-0,47
Florczyk (1978) after Vollenweider (1968)	The losses are	10-25%	1-5%
Florczyk (1978)		1,02- 38,95%	0,19-3,36%

On the basis of the conducted research it was determined that the most adequate relation at similar character of the surfaces is, for a given drainage area, the relation between the load of the biogenes and volume of the indicators of their unit runoff/outflow.

The research showed that both the volume of the outflowing annual load as well as momentary load of biogenes is for the purposes of the research a function of the flow and it increases with its increase. No correlations given in the literature (Gachter, Firrer 1972; Bernhardt 1973; Omernik, after Kowalczyk 1997) were determined between the percentage share of the arable land and concentration of the researched biogenes, nor between the percentage share of the arable land and indicators of the outflow/runoff of those compounds from the drainage area.

If the grains take from the soil approximately 160 kg of NPK at the harvest of 30dt (average one for Poland) and usage of fertilisers in 2000 – as per the Main Statistics Office – was approximately 87.4 kg/ha, then the load of nitrogen in the surface waters for sure comes to a large degree from the precipitations. The most of the load of nitrogen entering the surface waters comes from the natural contents of the soils and not from the loads introduced in the form of fertilisers. On the other hand it is worth to consider whether it does not mean stalling for the soils and harvesting on credit.

References

1. Florczyk H;1978: Określenie wielkości splywu substancji biogenych ze zlewni o różnej charakterystyce i sposobie zagospodarowania. IMGW. Wrocław, pp.
2. Florczyk H;1980: Współczynniki jednostkowego odpływu zanieczyszczeń obszarowych ze zlewni o różnej charakterystyce zagospodarowania. IMGW. Wrocław, pp.
3. Gołwin S, Florczyk H; 1980: Bilans związków biogenych jeziora Ślawa. Materials for the Scientific Session on the occasion of 100 years of the meteorological observations in Zielona Góra. Warsaw, October 27, pages. 81-89.
4. Jańczak J; 1996: Atlas jezior Polskich. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań, pages 18-19.
5. Kowalczyk P at all;1997: Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. IMGW. Warsaw, pages 16-21.
6. Annual Book of Statistics 2000. The Main Office of Statistics.
7. Stachy J; 1980: Podział hydrologiczny Polski. Wydawnictwo Geologiczne. Warsaw, pages 42-43.
8. Vollenweider R.A;1968: The scientific basis of lake and stream eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Tech. Rep. OECD. Paris. DAS/SCI/68, 27, pages 1-182.
9. Vallenweider R.A, Dillon P.J; 1974: The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. National Research Council Canada. Burlington, pages 1-42.

ELEKTROLĪNIJU BALSTU STIPRĪBAS APRĒĶINU OPTIMIZĀCIJAS IESPĒJAS ELEKTROLĪNIJU PROJEKTĒŠANĀ *The Lasting Calculation Optimization for Wood Poles in Power Lines Designing*

Z. Miklašēvičs

Tukums, Cīruļu ielā1.

T.9118720. E-mail. Ziedonis Miklasevics@energo.lv/ Fax. 3057925

Abstract

Power lines in company „Latvenergo” are designed by program STAAD-111.

Information involved in program contains data about the length of wood poles, wood poles strength rate, space between wood poles, the region of wind where the designed power line is intended to be exploited, the division of wood poles in the investigation stages where the data about strength parameters are needed, the type of wires, the wood pole density, the wood pole module of flexibility.

Following parameters are calculated: the support connection reactions, shear resistance, twist moment, bending tension and combined tension. After the analyses of results the assumptive load is applied on wood poles in three- dimension plane is determined.

For power lines design optimization there are offered:

- *the calculation data based on experimentally obtained wood strength parameters;*
- *the statistical appreciation and strength parameters estimation model which is based on technological process distribution into control points;*
- *the calculation algorithm for the project program STAAD-111 based on experimentally obtained wood strength parameters.*

Keywords: *wood poles, strength parameters, designing.*

Ievads

Elektrolīniju projektēšanā VAS "Latvenergo" izmanto projektēšanas datorprogrammu STAAD-111. Programmā ievadāmā informācija, kas raksturo koksnes strukturālās un stiprības īpašības, pamatojas uz normatīvos noteiktiem un ir sekojoša: stabu koksnes blīvums $q_{0\%}=480 \text{ kg/m}^3$ un stabu koksnes elastības modulis $EM=11000 \text{ N/mm}^2$.

Normatīvie koksnes stiprības parametri atšķiras no eksperimentos iegūtiem.

Eksperimentāli iegūti sekojoši koksnes blīvuma, stabu koksnes un balstu stiprības robežlieluma un elastības moduļa rādītāji, kas ir augstāki nekā normatīvos pieņemtie [1, 2].

- Priedes aplievas koksnei ar vid. gadskārtu skaitu uz 1cm 8.0-8.4 un vēlinās koksnes daudzumu % 38-42, blīvums $q_{0\%}=530-575 \text{ kg/m}^3$
- Priedes kodolkoksnei ar vid. gadskārtu skaitu uz 1cm 6.0-6.8 un vēlinās koksnes daudzumu % 35-37, blīvums $q_{0\%}=500-605 \text{ kg/m}^3$
- Koksnes paraugiem, kuru aplievas daļa (Wapl. $27\pm 2 \%$) bojāta ar koksnes sēni, stiprības parametri uz lieci ir sekojoši:
stiprības robežlielums $\beta_B = 72.01 - 92.93 \text{ N/mm}^2$
elastības modulis $EM = 9700.21 - 12190.90 \text{ N/mm}^2$
- Koksnes paraugiem, kuru žūšanas process ir noritējis kvalitatīvi (Wapl. $27\pm 2 \%$), stiprības parametri uz lieci ir sekojoši :
stiprības robežlielums $\beta_B = 100.14 - 128.04 \text{ N/mm}^2$
elastības modulis $EM = 13150.48 - 20143.76 \text{ N/mm}^2$
- Koksnes paraugiem, kuru žūšanas process ir noritējis kvalitatīvi (Wapl. $27\pm 2 \%$), pēc impregnēšanas stiprības parametri uz lieci ir sekojoši:
stiprības robežlielums $\beta_B = 66.30-96.83 \text{ N/mm}^2$
elastības modulis $EM = 13558.18-19450.37 \text{ N/mm}^2$

Lai objektīvi novērtētu elektrolīniju balstu stiprības parametrus un pieļaujamo slodzi, kas darbojas uz balstu tā ekspluatācijas laikā, tika izvirzīti uzdevumi:

1. noteikt balstu stiprības robežlielumus veicot eksperimentālu testēšanu uz lieci, noteikt stabu koksnes blīvuma parametrus, veikt iegūto rezultātu statistisko novērtējumu;
2. tipveida elektrolīniju balstam veikt stiprības aprēķinus projektēšanas datorprogrammā Staad-111 pie normatīvos noteiktiem un pie eksperimentāli noteiktiem stabu koksnes blīvuma un stiprības parametriem;
3. izstrādāt balstu stiprības aprēķinu pilnveidotu modeli balstoties uz ražošanas tehnoloģiskā procesa kompleksu novērtējumu.

Metodika

1. Balstu testēšana veikta periodā 01.11-09.11.2000. Somijas elektrolīniju balstu ražošanas uzņēmumā "Vierumaki Oy" pārbaudot uz lieci 53.gb. elektrolīniju balstus garumā 8.0-10.1m. Metodika izstrādāta standartos [3,4].

Balsts tika nostiprināts standā un liekts. Slodze tika uzlikta 60 cm attālumā no balsta tievgaļa izmantojot vinčas mehānismu. Vinčas darbības ātrums testēšanas procesā noteikts nemainīgs. Slodze tika lietota nepārtraukti līdz brīdim, kad balsts tika salauzts. Maksimālais slodzes lielums tika aprēķināts ņemot vērā balsta iestrādes dziļumu augsnē.

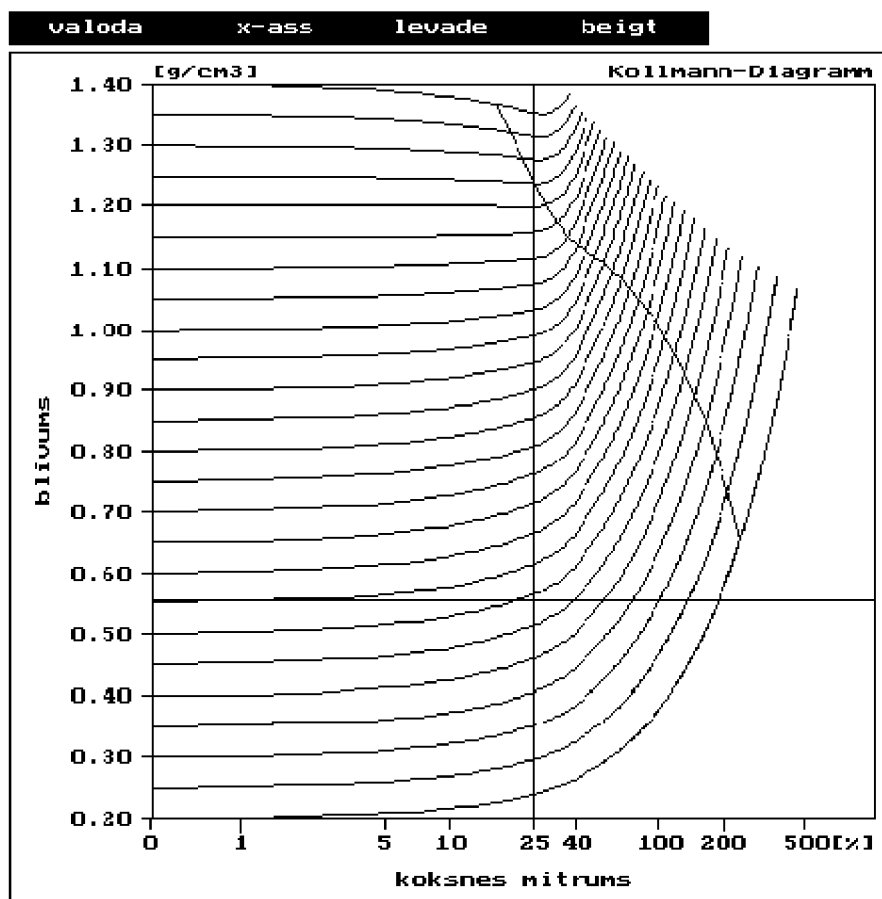
Eksperimentāli noteiktie stabu koksnes stiprības robežlielumi tika salīdzināti ar standartā [3] noteiktiem:

- elektrolīniju balsta stiprības robežlielums uz lieci $\beta B = 53.8 \text{ N/mm}^2$
 - elektrolīniju balsta elastības modulis $EM = 10480 \text{ N/mm}^2$
2. Elektrolīnijas balstu projektēšana veikta atbilstoši "Metodiskie norādījumi darbam ar projektēšanas datorprogrammu STAAD-111. [5]

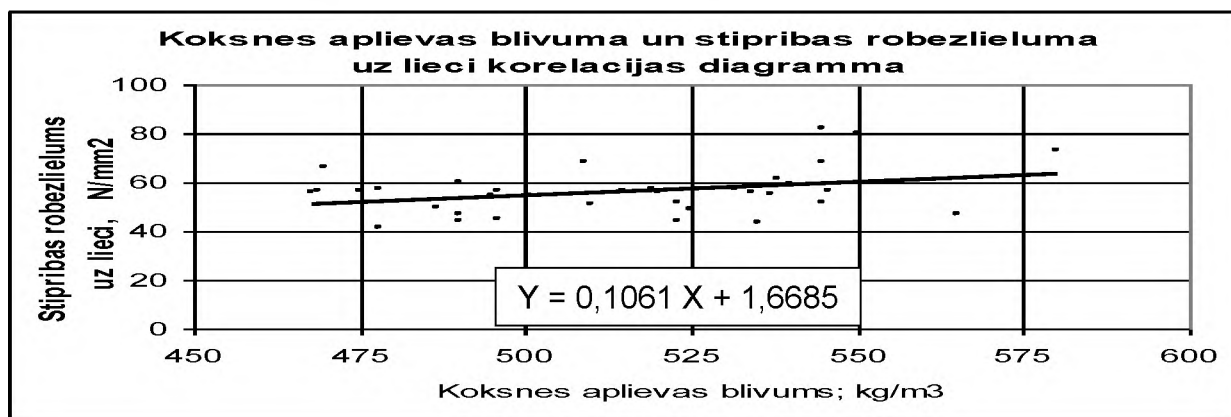
Tika noteikti balstu stiprības rādītāji projektējamai elektrolīnijai pie normatīvos noteiktiem stabu koksnes stiprības parametriem: stabu koksnes blīvums $q_{0\%} = 480 \text{ kg/m}^3$; stabu koksnes elastības modulis $EM = 11000 \text{ N/mm}^2$ un pie eksperimentāli noteiktiem vid. stabu koksnes stiprības parametriem: stabu koksnes blīvums $q_{0\%} = 530 \text{ kg/m}^3$; stabu koksnes elastības modulis $EM = 15000 \text{ N/mm}^2$ [2].

Rezultāti

1. Balstu testēšanā uz lieci noteikti elektrolīniju balstu stiprības robežlielumi.
2. Elektrolīniju balsta stiprības robežlieluma uz lieci normatīvais rādītājs $\beta B = 53.8 \text{ N/mm}^2$ ir zemāks nekā uz lieci eksperimentāli noteiktiem impregnētiem elektrolīniju balstiem $\beta B = 66.30-96.83 \text{ N/mm}^2$ [2]
3. Tika noteikts neimpregnētās stabu koksnes aplievas blīvums $q_{0\%} = 530-575 \text{ kg/m}^3$ pēc sakarību diagrammas starp blīvumu un koksnes mitrumu (1.att.). Eksperimenta norises laikā ($W_{apl} = 27 \pm 2\%$);
4. Tika veikta hipotēžu par koksnes fizikālo īpašību un impregnēšanas tehnoloģiskā procesa rādītāju ietekmes uz impregnēšanas kvalitāti pārbaude daudzfaktoru regresijas analīze [6], kur kā faktoriālās pazīmes tika noteiktas: X1- koksnes aplievas mitrums pirms impregnēšanas, %; X2- balsta vid. koksnes aplievas platums, mm; X3- impregnēšanas dziļums, mm; X4- koksnes s aplievas blīvums, kg/m^3 . Rezultatīvā pazīme – balsta stiprības robežlielums uz lieci, N/mm^2 .
5. Vislabāk balsta stiprības robežlielumu uz lieci raksturo: X1- koksnes aplievas mitrums pirms impregnēšanas, %; X4- koksnes aplievas blīvums, kg/m^3 (2.att.). Determinācijas koeficients (R^2) ir 0.2322 : 23.22 % no balsta stiprības robežlieluma uz lieci izskaidro lineārās regresijas modelis $Y = -67.04 + 1.7660X_1 + 0.1448X_4$



1.att. Sakarību diagramma starp koksnes blīvumu un koksnes mitrumu

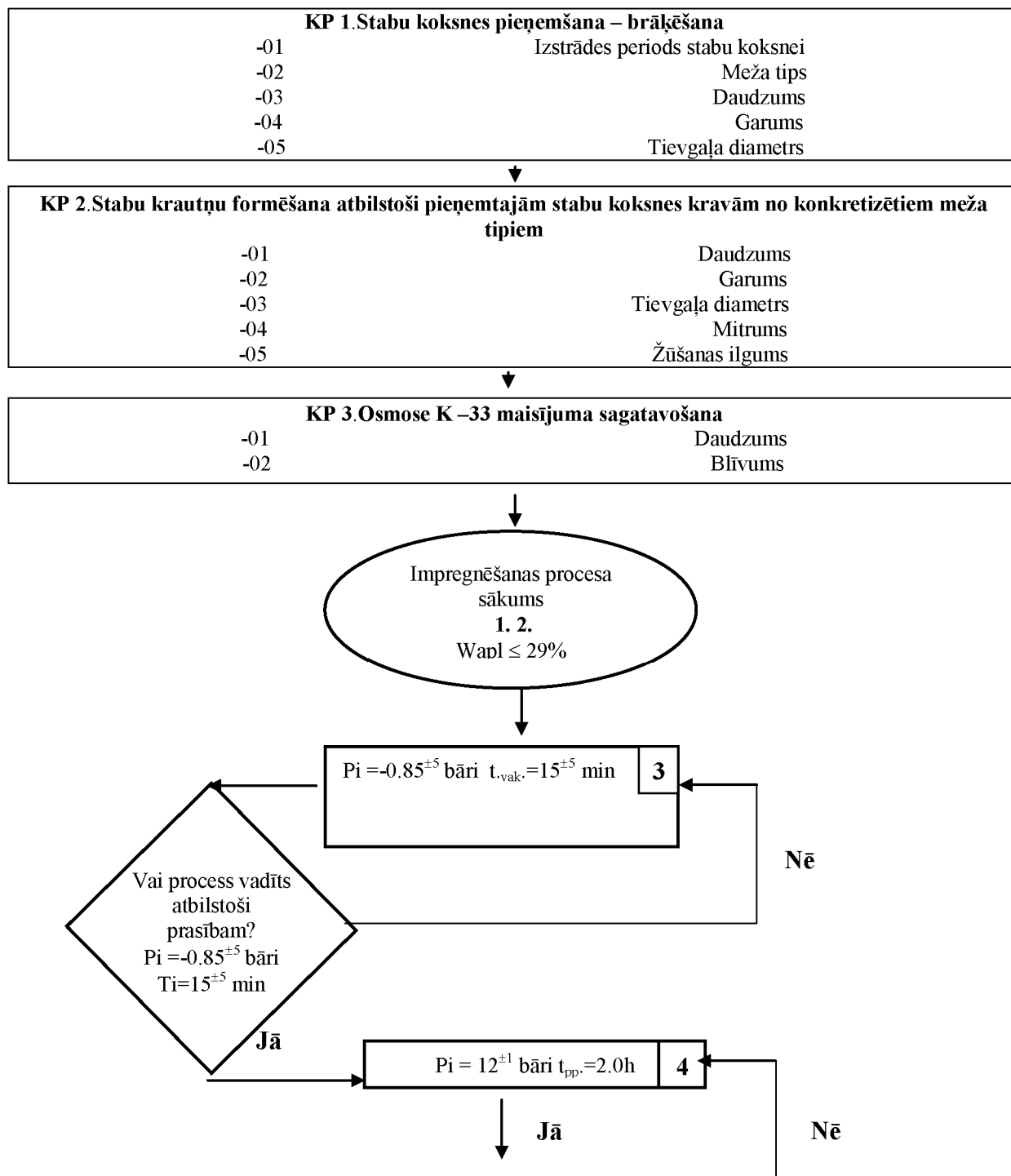


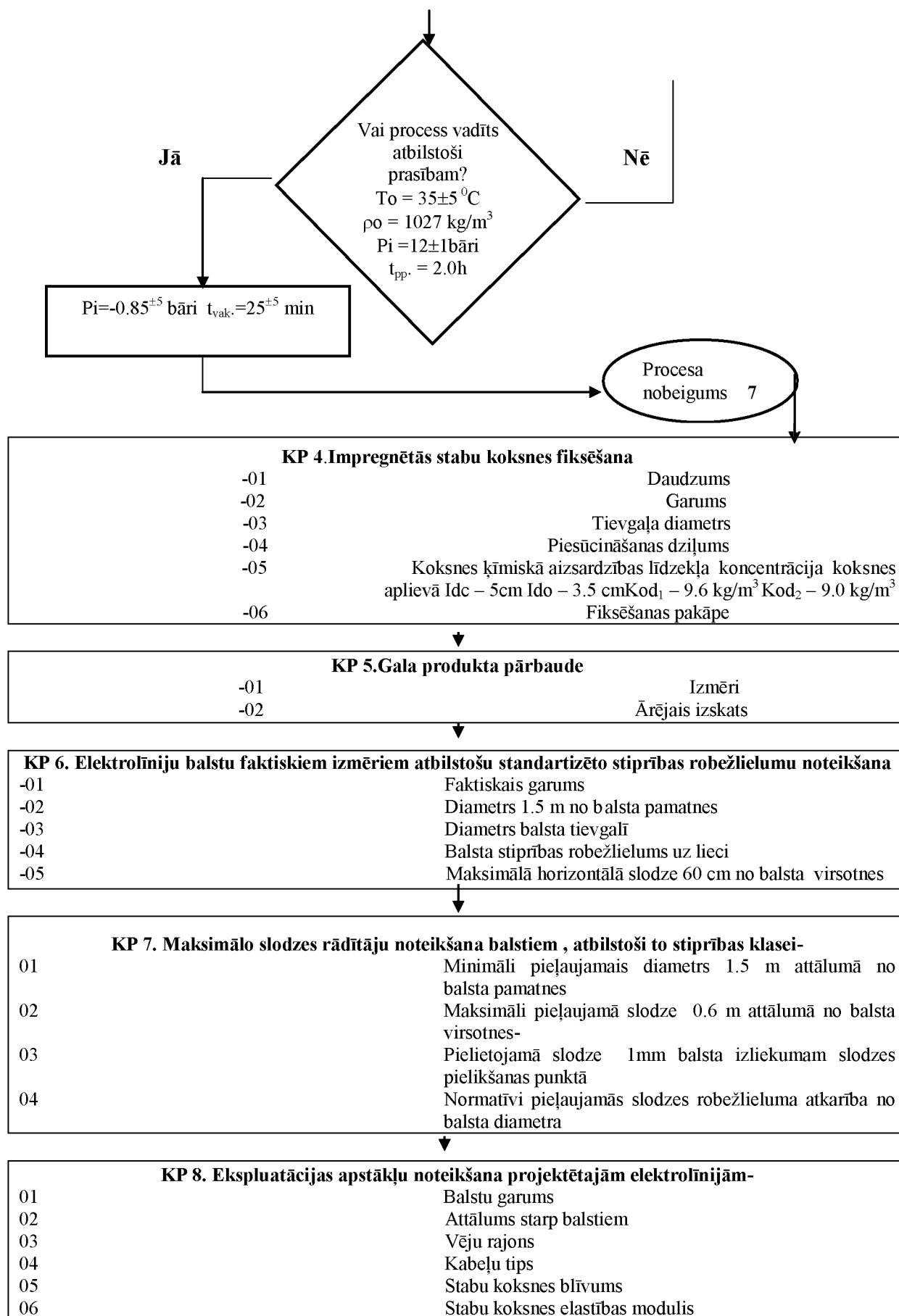
2. att. Koksnes blīvuma un stiprības robežlieluma uz lieci korelācijas diagramma

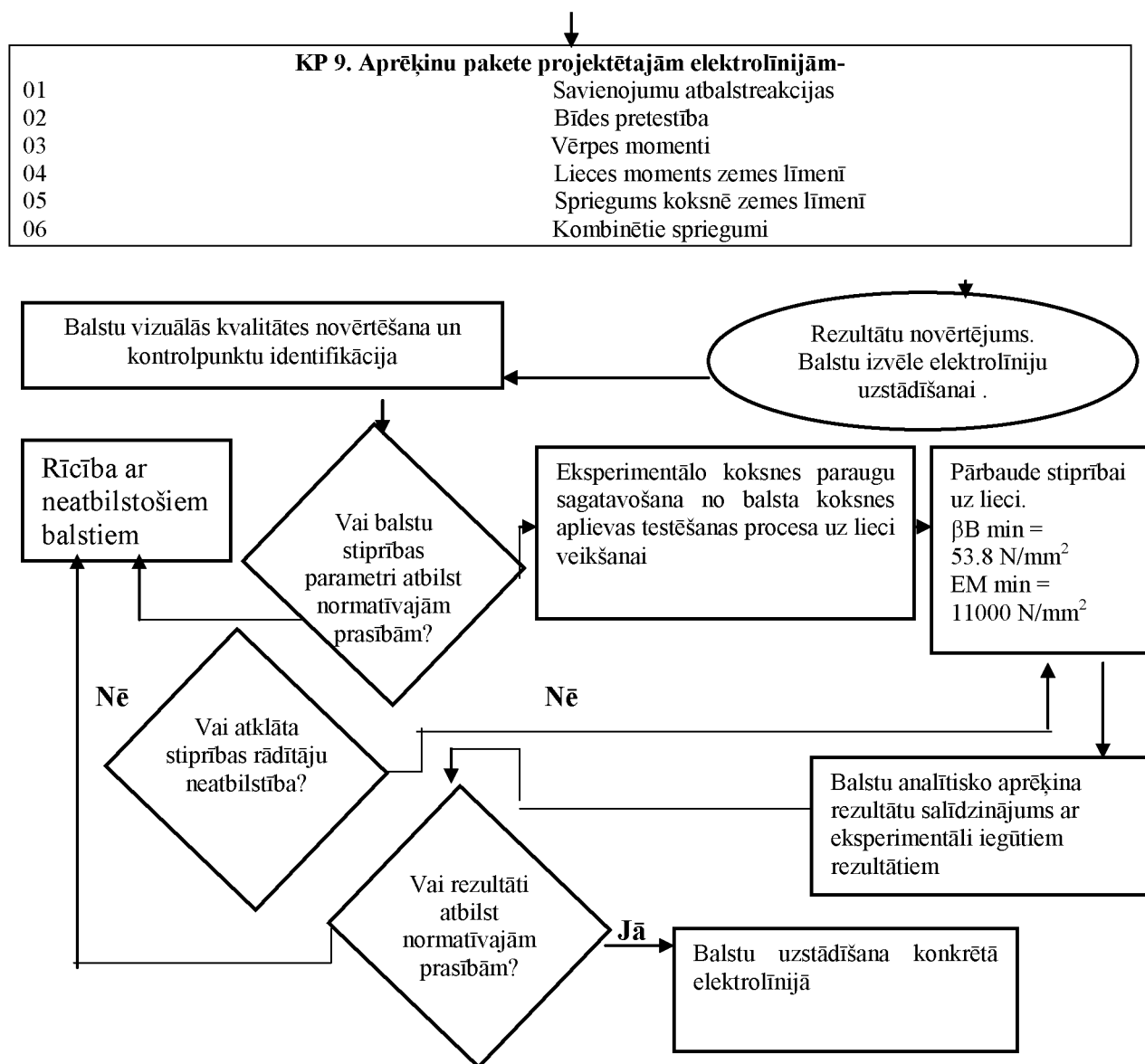
6. Noteikti pieļaujamās balstu slodzes rādītāji projektējamai elektrolīnijai:
 - 6.1. pielietojot datorprogrammā STAAD-111 balstu stiprības rādītājus projektējamai elektrolīnijai (balstu garums –10m; 2 balsta stiprības klase; attālums starp balstiem 79 m; 5.vēja reģions; 29 savienotājposmi) pie normatīvos noteiktiem stabu koksnes stiprības parametriem [5] : stabu koksnes blīvums $\rho_{0\%} = 480 \text{ kg/m}^3$; stabu koksnes elastības modulis $E_M = 11000 \text{ N/mm}^2$, tika noteikti pieļaujamās slodzes rādītāji uz balstu : $X_{\text{max.}} 400 \text{ kg}$; $Y_{\text{max.}} 1000 \text{ kg}$; $Z_{\text{max.}} 258 \text{ kg}$;

6.2. eksperimentāli noteiktiem stabu koksnes stiprības parametriem : stabu koksnes blīvums $\rho_{0\%} = 530 \text{ kg/m}^3$; stabu koksnes elastības modulis $EM = 15000 \text{ N/mm}^2$ noteiktie pieļaujamās slodzes uz balstu rādītāji X; Y; Z koordinātu sistēmā ir sekojoši: X_{max} . 430 kg ; Y_{max} . 1090 kg ; Z_{max} . 265 kg .

7. Lai objektīvi novērtētu elektrolīniju balsta kā būvkonstrukcijas stiprību , izstrādāta balstu kvalitātes novērtēšanas pēc to stiprības parametriem metodikas modeļa shēma, kas balstās uz tehnoloģiskā procesa sadalījumu kontrolpunktos.







3 att. Balstu stiprības aprēķinu metodikas modelis, kur

P_i –spiediens; W_{apl} -koksnē aplievas mitrums; T_o -darba šķīduma temperatūra;
 T_i -koksnē impregnēšanas ilgums; q_o - koksnē aizsardzības līdzekļa šķīduma blīvums;
 t_{vak} -vakumēšanas cikla ilgums; t_{pp} -virsspiediena izturēšanas laiks.

Secinājumi

1. Eksperimentāli iegūtie dati pamato rezultātu ticamību.
2. Pētījumos iegūtie rezultāti norāda, ka elektroliņiju balstu stiprības parametri uz lieci ir atkarīgi no koksnē blīvuma, koksnē aplievas mitruma, stabu koksnē izstrādes perioda, meža tipa, mizošanas kvalitātes, žāvēšanas kvalitātes un impregnēšanas procesa norises [2].
3. Elektroliņiju balstu ražošanas tehnoloģiskā procesa sadale kontrolpunktos ļauj optimizēt tā vadību, elektroliņiju projektēšanā pamatot konkrētu balstu izvēli.
4. Sistematizējot balstu mehāniskās testēšanas rādītājus ir iespējams veidot datu bāzi elektroliņiju projektēšanai.

5. Elektrolīniju balsti, kuriem ir lielāks elastības modulis un koksnes blīvums, spēj uzņemt lielāku slodzi. Pamatojoties uz minēto datu analīzi var tikt noteikti optimālie elektrolīniju balstu izmēru parametri.
6. Izstrādātā metodika ļauj konkretizēt koksnes vainu ietekmi uz balstu stiprības parametriem, ļauj izvēlēties konkrētu elektrolīniju izbūvē konkrētus balstus. Metodi var izmantot kā analītisko balstu stiprības aprēķinu pamatojumu balstoties uz testēšanas rezultātiem.

Literatūra

1. Āboliņš I. Priedes koksnes stiprība šķiedru virzienā atkarībā no vēlīnās koksnes procenta, gadskārtu skaita uz 1 cm un blīvuma: bakalaura darbs / LLU. Meža fakultāte- Jelgava LLU, 1997.-50. lpp.
2. Miklaševičs Z. Stabu koksnes piespiedu žāvēšanas nepieciešamības pamatojums attiecībā pret dabisko žāvēšanu.//Tradicionālais un novatoriskais sabiedrības ilgtspējīgā attīstībā. Vide un sabiedrība: starptautiska zinātniska konference: raksti, 2002.g. 28. febr.-2.marts, Rzekne.- 74.-82. lpp.
3. BS 1990:1984
4. ANSI/ASTM D 1036 – 58
5. STAAD-111”, Research Engineer (Europe) Ltd . Draycott House, Almondsbury Business Centre, Bristol BS32 4QH, England.
6. Arhipova I; Bāliņa S. Statistika ar Excel ikvienam. Datorzinību Centrs 2000.g.-128.lpp

THE ASSESSMENT OF HEAVY METALS POLLUTION OF WATER BODIES AND SOIL IN THE ZONE OF ECOLOGICAL DISASTER (CITY KARABASH)

Smago metālu piesārņotāju ietekmes novērtējums uz ūdens tilpnēm un augsni ekoloģisko katastrofu zonās (Karabahas pilsēta)

V. Morozov, L.Labuntsova, A.Ponomarev, V.Tatarinov
Geophysical Center of Russian Academy of Sciences

Abstract

The report gives intermediate results of research carried out as the start of the INTAS Project "Strategy development for long term pollution control in regions of extreme environmental risk (ENVRISK)" The work on the project is a logical continuation of the research by project INCO-Copernicus TOXICAL (Contract No ICA2-CT2001-0016) [Ref. to preceding Conference] [14]. The major goal of the work is to elaborate a strategy and methods of pollution assessment and monitoring of Argazinskoye water storage basin, which is a reserve of drinking water supply for the city of Chelyabinsk in order to take steps for mitigating the health risk of the population of the region.

The Russian project participants of the United Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, were presented with the following tasks.

- *Grading and summing up the available data on the geological and tectonic structure and heavy metal pollution of the region;*
- *To substantiate field observation stations network and points of sampling of soil, biomass and surface water for laboratory analysis of heavy metal content;*
- *Rating stations of monitoring surface water pollution by neutron logging in relation to ecological conditions of the region;*
- *To obtain data on areal distribution of heavy metals pollution of soils, underground water and biomass;*
- *To elaborate a model of major pollutants spreading with surface runoff and hydrology system of the region on the basis of GIS technologies;*
- *To work out recommendations for local authorities to minimize health risk of the population.*

Currently a map of sampling has been made, sampling techniques have been elaborated in compliance with effective norms (GOST), samples processing and partial chemical analysis have been carried out. Some results of the research are given below.

Keywords: *heavy metals, pollution control.*

The analysis and summarization of existing data on the work area and environmental pollution

At the first stage of work, the available initial data were analyzed and summarized on the pollution of the region and natural environmental features which determine ecologically dangerous elements distribution. The data available at present are structured in the following way (fig.1).

Eight blocks of initial data are presented in various formats. Those are digital data, mapping material, reports, tables and papers. At present, work is being conducted to formalize the collected data on the basis of GIS-technology. A part of the data has already been digitized, transformed into format *ArcView 3.2* and put in the server of GC RAS. The server can be accessed in Internet and the right of using those data is supposed to be given to the authorities and enterprises of the city.

The profiles on which samples were taken had been selected to the task of determining the dynamics of pollution distribution of the area in relation to prevailing direction of smoke emissions of the pipes of Karabash Copper Smelting Plant (Fig. 2). On the basis of the geological structure features, the overlap of the structure with loose sediments, and the

windrose, three profiles were chosen (Fig. 2). It should be noted that in those profiles a great thickness of loose sediments for a major part was composed of technogenic deposits.

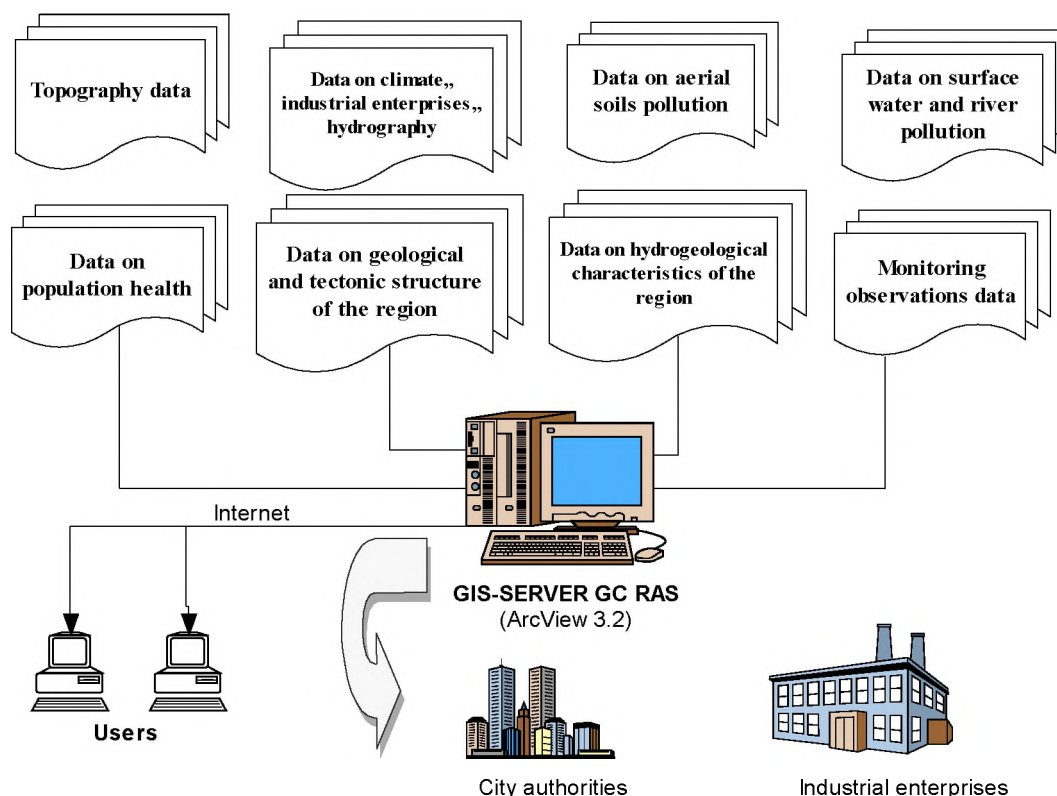


Fig. 1. The structure of data base on the city Karabash area

Selecting a site for sampling

Taking soil and biomass samples for laboratory analysis

For sampling a site is chosen that bounds Serebry lake and the Atkus river in the north, the central area of the city in the west, Bogorodsky pond and the Sal Yelga river in the east and the river Miass and the bank of Argazinskoye water storage basin in the east.

Sampling of soils and biomass (leaves of growing birch trees for biochemical analysis) is planned to be carried out on profiles 1, 2, 3 (See Fig. 2) crossing the investigated area from west to east in the northern, central and southern areas.

Profile 1 starts from Serebry lake dam and runs across the river Atkus up to its flow into Argazinskoye water storage basin. Height differences on the profile are up to 100 m. The length of the profile is ~6.5 km.

Profile 2 starts at the piedmont of the city of Karabash in the KCP pipes area and runs eastwards across the mountain and the abandoned gold mining area to the Argazinskoye water storage basin dam. The height differences of the profile reach 200 m. The length of the profile is ~4.5 km. Along the profile, dunite and peridotite serpentinous to a lesser or greater degree and serpentines with chlorite sericitic carbonaceous schist interlayers of a thickness up to 150 - 200 m are exposed. The area is drained with a series of ravines of latitudinal orientation that were formed by temporary water flows in which bedrocks and rupture tectonics units can be observed. It is a feature of this profile that along the prevailing direction of the smoke of KCP pipes, the profile is located in the head part of the cone of KCP pipes smoke dispersion, that is marked on the ground with a kind of a black crust of a thickness of 0.5 - 0.7 mm overlapping natural outcrops of bedrocks. This crust is apparently a result of the transformation of the initial sulfate carbonaceous aerosol, which is the major component of industrial emissions.

Sulfur dioxide SO₂ makes up from 47 to 93 % of the total KCP emissions and carbonaceous component content varies from 6 to 42%, thus in pipes emissions, the sulfate component is presented only by sulfuric acid and carbonaceous component is presented by a mixture of graphite and polyatomic compounds of hydrocarbon.

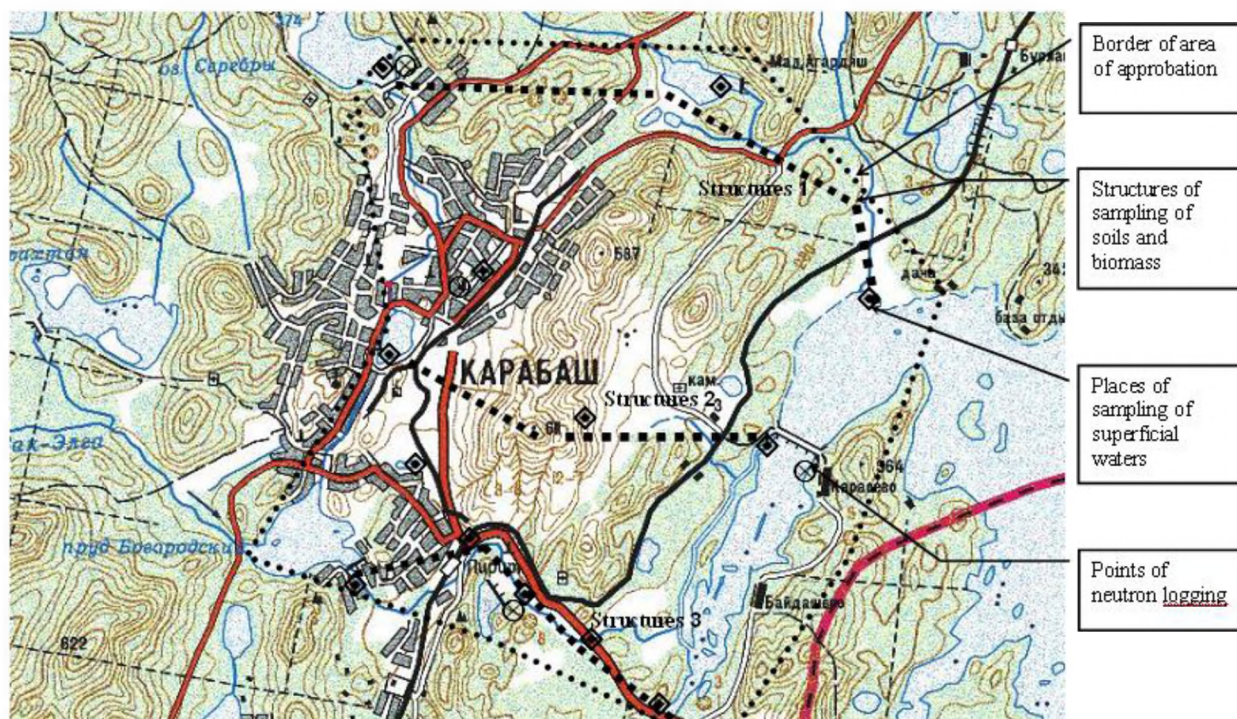


Fig 2. The scheme of procedure of field work and sampling

A copper gold placer Zolotaya gora is located in the east of the profile. This fact should be taken into consideration because recently specialists draw their attention to the contamination of the area with mercury, which from the 20s to 40s of the last century was applied to extract gold by amalgamation.

Profile 3 starts at Bogorodskiy pond and runs along the Sak-Yelga river across the dam of sludge settling pit where solutions from it can be drained to the Sak Yelga river and then by the Miass river to Argazinskoye water storage basin. The profile crosses a man-made pyrite deposit formed as a result of resedimentation of mining production waste.

Samples are taken with a step of 2 - 2.5 km. At the same time, geological and geomorphological observations and measurements of rocks fissuring directions will be conducted on the profiles.

Sampling surface water for laboratory analysis

On the whole, 12 points are planned for taking surface water samples. Samples are proposed to be taken from Serebry lake (1 sample), the river Atkus (1 sample), Argazinskoye water storage basin (1 sample), Bogorodskiy pond (1 sample), the river Sak Yelga (4 samples), acid water bodies (2 samples), springs situated in the Karabash city area.

Neutron logging for the determination of heavy metals content in the water

To determine heavy metals content with the use of neutron logging method four points are planned: Serebry lake, the mine «Tsentral'naya» area, the sludge settling pit, and Argazinskoye water storage basin.

Soil and water sampling

Soil is most complicated substance in ecological analysis, containing a lot of chemical compounds of various nature and especially organic matter. The amount of compounds in soils for which quantitative norms have been worked out in Russia is small as compared to the atmospheric air, the work zone air and water. For a major part those are heavy metals. Eight most dangerous toxic metals, such as cadmium, lead, arsenic, copper, tin and iron are among food components which are subject to control in international trade. The adverse effects of heavy metals on people health are well-known [1-4].

Lead affects blood formation and nervous system, gastrointestinal tract and kidneys. In acute mercury poisoning kidneys and mucous coat are affected. Strong methyl mercury poisoning affects central nervous system, which may result in ataxia, convulsions, speech disorders, blindness, loss of hearing and even death. Cadmium is one of the strongest carcinogens causing lung cancer. Typical diseases caused by cadmium are hypertonia, renal failure, pulmonary emphysema. In difficult cases, mineral composition of bones is affected. Nickel combinations cause diseases of nasopharynx, lungs, malignant tumors, dermatitis and eczema. Chromium and its compounds cause allergic eczema and dermatitis, chronic ulcus, cancer of respiratory tract and lungs. Copper excess may lead to toxicosis, gastroenteric disturbances and kidneys damage. Arsenic causes both sharp and chronic poisonings. Arsenic chronic poisoning causes weight loss, gastrointestinal disturbances, periphery neurosis, conjunctivitis and skin melanoma, which can grow into cancer. Besides metals can interact strengthening or weakening the influence of one another on living organisms.

Data of researchers of Urals showed, that in Karabash, children with increased metal content (lead, arsenic, cadmium) in their hair make 60.26% and 20.6% children show increased content of all the above-mentioned elements.

Table 1.

Metal content in the hair of children of 4 - 5 living at different distance from Karabash Copper Smelting Plant (KCSP) [5]

Element mkg/gm	Distance from the metallurgy workshop of KCSP					
	0,5 km	1km	1,5km	Control city Chebarkul	Allowable level	Background level
Lead	56,6	44,8	28,4	7,16	9	2-4
Cadmium	3,4	2,86	2,12	0,44	1	1-2
Arsenic	2,7	1,4	1,62	1,4	5	0,5-1
Nickel	102.8	104,2	H/o	2,47	10	2
Zinc	58	47	47,4	388,5		
Copper	Not found	Not found	Not found	11,64		

Water quality for household and drinking needs is also a key problem in Karabash, because research carried out by scientists from Urals showed that consuming water from local wells is one of the major factors of oncology risk and the cause of a wide spectrum of other diseases, the level of which is the highest in Karabash. These data were taken as a starting point to set up this research aimed at determining heavy metals content in the water and soils of Karabash.

Soil is one of the most important objects of the environment, giving more than 90% of foodstuffs and raw material for manufacturing various products. As distinct from other objects of the environment like water and air where processes of self-purification go on, the

soil shows insignificant ability of self-purification. The soil is a large-capacity acceptor for heavy metals. They are solidly sorbed and they interact with the soil humus, forming combinations that are difficultly soluble. Thus toxic metals are accumulated in the soil. Besides, in the soil, substances getting into it permanently migrate and are transported at large distances under various effects. Heavy metals polluting the soil may come into the water, plants and organisms of animals.

From literature, maximal metal content is observed at a distance of 1 - 5 km from the source of pollution (near zone). Metal content there may exceed background levels by 1 or 2 orders. As we move farther from the pollution source, metal content decreases and at a distance of 15 - 20 km it approaches background level. The depth to which heavy metals penetrate in the contaminated soils commonly does not exceed 20 cm, if pollution is great the depth is up to 160 cm. Hg and Zn show the greatest ability of migration; commonly they are distributed evenly in the soil layer at a depth of 0 - 20 cm. Lead is accumulated in the surface layer (0-2.5 cm); cadmium fills the intermediate place between them [2].

In the research on the soils, an important stage is sampling that the methods recommend to carry out in compliance with GOST 17.4.4.02.84 [6]. The standard is intended for monitoring the general and local pollution of soils in the areas of various pollution sources. Point samples are taken with the use of envelop method diagonally or in another way on the basis that each sample is a part of soil typical of genetic horizons. The integrated sample is prepared of point samples. To determine matter distributed on surface (heavy metals) point samples are taken in layers at a depth of 0 - 5 cm and 15 - 20 cm and of a weight up to 1.0 kg (0.5 kg is allowable).

Chemical analysis of samples and the discussion of results

Samples were taken on the profiles given above, and partial chemical analysis was carried out to determine the content of hazardous elements in them. At present several methods defined by GOSTs Russia are applied in Russia to determine heavy metals.

The major method is atomic absorption. It is based on extracting metals and their compounds from the soil and measuring atomic absorption with spectrophotometer with the use of lamps with hollow cathode. Metals content was determined with the use of atomic absorption spectrometer Z-8000 produced by Hitachi Company with graphite thermal atomizer in accordance with "The methods of making measurement of metal mass content with the use of atomic absorption spectrometry technique with flameless atomization and Zeeman effect" [10].

To make preliminary chemical analysis 6 samples of soils corresponding to numbers 1, 2, 3, 4, 18 and 16 of profile 2 were selected and chemical analysis of water samples was made as well. The content of copper, zinc, lead, cadmium and arsenic was determined in water and soil samples.

The results of chemical analysis of soil and water samples obtained from atomic absorption spectrometry are given in Tables 2 and 3.

Since maximum permissible cadmium content in soil has not been defined yet, rough permissible concentrations are given in the Table.

Background values of elements content in rocks and soils of Karabash are taken average from data of the Ministry of Ecology (1993) and data by Granovsky (1994). They are related to the peculiarities of rocks composition in Urals. Chemical analysis data on soils taken at a distance of 3 km from KCSP showed that all the samples contain heavy metals in amounts many times exceeding acceptable.

Profile no. 2 starts immediately near the Copper Smelting Plant and soil samples no. 4, 3, 2 and 1 were taken at a distance of 1 km from it. The nearest is sample no. 4, next are samples nos. 3, 2 and 1. Samples nos. 18 and 16 are taken at a distance of up to 2 km from the

Plant. Of all the samples, sample 4 is the dirtiest with all the above-mentioned metals. Chemical analysis data on soils taken at a distance of up to 3 km from the KCSP showed that all the samples contain heavy metals in amounts many times exceeding maximum permissible norms. Immediately near KCSP (Sample 4), soils overloaded with heavy metals (cadmium content exceeds background level 72 times, lead content is 24 times as much, arsenic 140 times, copper 600 times and zinc 90 times exceeds background content) may be considered as industrial raw material of those metals.

Table 2.

Heavy metals content in soil samples of profile 2

Place of water sampling	Copper, Cu mkg/g	Zink, Zn, mkg/g	Lead, Pb, mkg/g	Cadmium, Cd mkg/g	Arsenic, As mkg/g
*Background content in soil	60	80	20	0,2	0,15
Maximum permissible concentrations	3,0	23,0	6,0	-	2,0
Rough permissible concentrations	30-132	110-220	65-130	1-2	
Soil 1	1611,4	666,9	78,7	5,54	4,95
Soil 2	1100,8	985,6	61,78	6,22	1,21
Soil 3	572,6	140,3	38,55	5,16	2,13
Soil 4	3711,8	1778,0	480,6	36,78	207,6
Soil 16	1551,7	604,8	393,9	22,71	90,77
Soil 18	1870,0	612,8	406,2	20,29	101,63

Table 3.

Heavy metal content in water samples

Place of water sampling	Copper, Cu mg/l	Zinc, Zn mg/l	Lead, Pb mg/l	Cadmium, Cd mg/l	Arsenic, As mg/l
Maximum permissible concentrations	1,0	1,0	0.03	0,001	0,05
1 Serebry Lake	0,009	0,292	0,004	0,005	0
2 Mine Central	0	0,178	0,	0,009	0,001
3 Zolotaya Gora	0, 03	0,605	0,	0,007	0,015
4 Ryzhyi Brook	58,68	2,446	0	0,136	0,018
Гx-5, Bridge	0,03	2,47	0,0004	0,058	0,005
Гx-7, water well no. 3	0,02	0,79	0,0012	0,034	0,001
*water pipe	<0,01	< 0,02	<0,01		< 0, 01

On the average (of 6 samples), those metals content exceeds maximum permissible concentrations (MPC) at a distance of 3 km from KCSP as follows: copper makes 579 MPC, zinc is 35 MPC, cadmium makes 16 rough permissible concentrations, arsenic is 34 MPC. Peak excess of lead content is 80 MPC and of arsenic it is 104 MPC.

At present there is no standard value of maximum permissible concentration for cadmium. However even rough permissible values are 37 times exceeded at most (37 rough permissible concentrations).

High content of toxic metals in soils results in their migration into groundwater and water bodies in spring floods, rainfall and snow melt.

Water is a mobile structure. The processes of exchange and self-purification go on much faster in water than in soils. Nevertheless chemical analysis data showed anomalous content of toxic metals in the water bodies of the region.

Previously (*) we carried out chemical analysis of water of the water pipe of city Karabash. The result of the analysis showed iron content of 0.78 mg/l. Physicians made the conclusion that the water is not fit for drinking because iron content is 2.6 times as much as maximum permissible concentration. Cadmium content was not determined in the research.

We consider it significant that in all sampling places cadmium content was in excess ranging from 5 to 136 times. Serebry lake is a water intake of drinking water. However cadmium content there 5 times exceeds MPC.

As it was mentioned above, cadmium is most dangerous of all metal pollutants of food; it is transported with blood and is accumulated in liver and kidneys. The half-cycle of biological life is long, approximately 40 years.

Heavy metals concentrations many times exceeding MPC in soils and water bodies caused a considerable degrading of the population of the region.

Taking into consideration the fact that soils and water bodies of city Karabash are overloaded with metals hazardous for population health, local authorities must start work of cleaning out and reclamation and assign the metallurgists of KCSP with the task of detailed studies of technological processes and introducing new safe technologies.

References

1. Beliaev M. P., Gneushev M. I., Glotov Ya. K., Shamov O. I. Handbook of maximum permissible concentrations of harmful matter in foodstuffs and environment. Moscow, 1993.
2. Dmitriev M. P., Kaznina N. I., Penegina I. A. Sanitary and chemical analysis of pollutants in the environment. M., Khimiya. 1987, p. 368.
3. Yufit S. S. Poisons around us. Lectures. Moscow, Publishing House James. 2001.
4. Drugov Yu. S., Rodin A. A. Preparation of samples in the ecological analysis. S-Pb., Anatolia. 2002.
5. The assessment of changes in population health related to ecological effects in city Karabash. The Center of State Sanitary Epidemiological Surveillance. Chelyabinsk, 1999.
6. GOST 17.4.4.02-84. Soil. Methods of taking and preparing samples for chemical, bacteriological and helminthologic analysis. M. Izd Standartov, 1985, p. 11. GOST 17.4.3.01-83 CMEA standard 3847-82. Soils. General requirements to soil sampling. Official edition. M., Izd. Standartov, 1984.
7. Recommending methods of assessment the pollution degree of the atmospheric air of settlements from pollutants content in the snow cover and in the soil. M., Minzdrav SSSR, 1960, p. 16.
8. Guide of sanitary and chemical research of soil (Norms). M., Minzdrav RF, 1993, p. 145. List of maximum permissible concentrations and rough acceptable quantities of chemical agents in the soil. M., Minzdrav RF., 1993.
9. Control of chemical and biological parameters of the environment. Encyclopedia "Ecometry". Saint Petersburg, State Standard of RF. Publishing House Christmas+", 1998, pp. 260 - 262 and 414 - 430.
10. Methods of defining chemical agents, maximum permissible concentrations (MPC) of chemical agents in the soil. M., Izd. Minzdrava SSSR, 1985, pp. 3 - 31.
11. Prais V., Analytical atomic absorption spectroscopy. Translated from English, Ed. L'vov B. V., M., Mir, 1976, 355 p.
12. Handbook. The control of chemical and biological parameters of the environment. Ed. Isaev L. K., S-Pb., 1988.
13. Karyakin A. V., Gribovskaya I. F. Methods of optical spectroscopy and luminescence in the analysis of natural and waste water. M., Khimiya, 1987, 304 p.
14. Sobolev G.A., Morozov V.N., Ponomarev A.V., Tatarinov V.N. The Development of Technology of Ground Waters Pollution in Real Time Regime. International conference. Traditions and innovations in sustainable development of society. Rezekne. 2002. P.107-114.

MINING BLOCK STABILITY PREDICTION BY THE MONTE CARLO METHOD

Izraktenu bloku stabilitātes prognozēšana ar Monte Carlo metodi

O. Nikitin

Tallinn Technical University, Department of Mining
82 Kopli St., 10412, Tallinn, Estonia

oleg@staff.ttu.ee , web page: <http://www.ene.ttu.ee/maeinst/rock>

Abstract

This paper analyses the stability of the mining blocks by the Monte Carlo method in Estonian oil shale mines, where the room-and-pillar mining system is used. The pillars are arranged in a singular grid. The oil shale bed is embedded at the depth of 40-75 m. The processes in overburden rocks and pillars have caused the subsidence of the ground surface. Visual Basic for Application was used for the modeling. Through Monte Carlo simulation, room-and-pillar stable parameters can be calculated. Model allows determination of the probability of spontaneous collapse of the pillars and surface subsidence by the parameters of registered collapsed mining blocks. Proposed method suits as an express-method for stability analysis and failure prognosis. It is applicable in different geological conditions, where the room-and-pillar mining system is used.

Keywords: *mining block, collapse, environment, pillar, underground excavation, stability prediction method, subsidence, Monte Carlo method, failure prognosis.*

Introduction

The most important mineral resource in Estonia is a peculiar kind of oil shale. It is located in a densely populated and intensely farmed district. The structure of the productive oil-shale bed makes the rocks more difficult to break from the total massive. It is estimated that about 80-90% of the total underground oil shale production is obtained by room-and-pillar method. The method is cheap, highly productive, easily mechanized, and relatively simple to apply. The area mined by this method reaches 100 km². It has become apparent that the processes in overburdened rocks and pillars have caused unfavorable environmental side effects accompanied by significant subsidence of the ground surface. The horizontal bedding and small depth of oil shale seam enables the roof deformations to reach the land surface without essential reduction.

The first spontaneous collapse of the pillars and the surface subsidence in an Estonian oil shale mine took place on 1964. Up to present, 73 collapses have been recorded on the area of 100 km² [1].

Geology and mining

The commercially important oil shale bed is situated in the north-eastern part of Estonia. The oil shale bed lays in the form of a flat bed having a small inclination in southern direction. Its depth varies from 5 to 150 m. The commercial oil shale bed and immediate roof consist of oil shale and limestone seams. The main roof consists of carbonate rocks of various thicknesses. The characteristics of the certain oil shale and limestone seams are quite different.

In Estonian oil shale mines the room-and-pillar mining system is used. The field of an oil shale mine is divided into panels, which are subdivided into mining blocks, approximately 300-350 m in width and from 600-800 m in length each. A mining block usually consists of two semi-blocks. The oil shale bed is embedded at the depth of 40-70 m. The room is very stable when it is 6-10 m wide. The pillars in a mining block are arranged in a singular grid.

Prediction method

There are lots of stability calculation methods, which demand supplementary investigations [2]. Elaborated stability estimation method is suitable for practical application. Visual Basic for Application in Excel was used for numerical modelling. The mining block stability estimation through Monte Carlo simulation model is applicable in different geological conditions, where the room-and-pillar mining system is used.

Monte Carlo Simulation

A useful application of probability and statistics involves sampling by the Monte Carlo method. What is a Monte Carlo Simulation (MCS)? MCS is a computation process that utilizes random numbers to derive an outcome(s). So, instead of having fixed inputs, probability distributions are assigned to some or all of the inputs. This will generate a probability distribution for the output after the simulation is ran. To find the area under a curve, one can use integral calculus. If the curve has no closed form, such as the normal curve, then the area cannot be derived analytically. However, with today's computer technology, one can use Monte Carlo Integration to achieve such task. The area under a distribution is also known as probability [3].

The Monte Carlo Integration procedure is as follow:

- Identify the range of X and Y coordinates where the random number will be placed.
- Compute the area of the rectangle in question, using the X and Y range.
- Run the random process. All the random numbers (X;Y) will land within the rectangle. Count how many points land below the curve.
- Divide the sum of points below the curve by the number of iterations to get the proportion of points below the curve to the total number of points.
- Multiply this proportion by the area to get the probability.

The results of generation can be presented by histogram, like on figure 1.

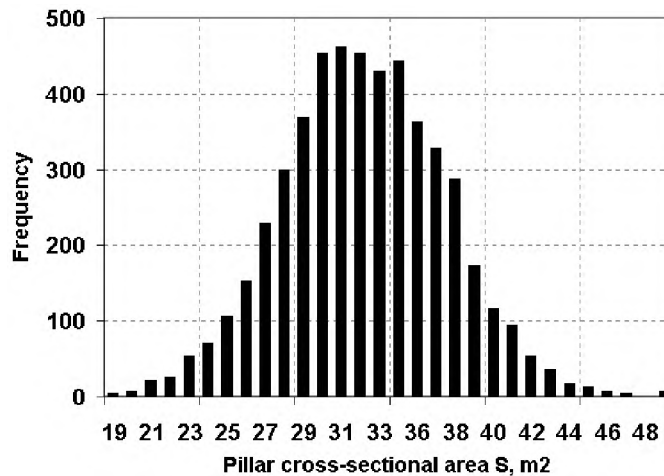


Fig. 1. Pillar cross-sectional areas histogram

If the Monte Carlo sampling procedures were carried to a greater number of samples, then the average of the samples will approach the theoretical average.

On a figure 2. present algorithm, that shows how to create random numbers Rnd from a normal distribution given the standard deviation σ and the mean μ , and then computes the confidence interval x_{max} and x_{min} . given the level of significance, alpha α (%). Upon the completion of this program, the user can type in the alpha level, number of iterations n , mean and standard deviation, and then execute the Macro command to obtain the output.

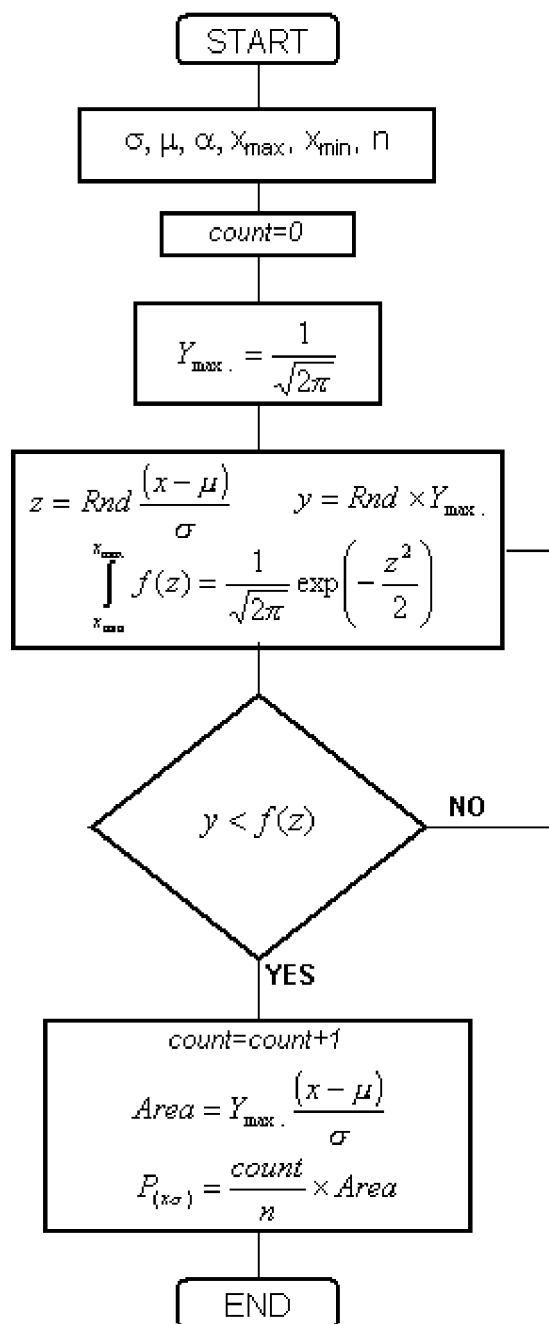


Fig. 2. Algorithm for Monte Carlo Integration Method

plotted for the pillars with safety factor $n=1.2$ and $n=1.3$ for the line IV accordingly, when $t=\infty$ and $A\&B = 8.5 \times 8.5$ m.

It is well known, that the pillar stability depends from his cross-sectional area, scale factor, room sizes and exploitation depth. Therefore, during Monte Carlo Simulation we will generate random numbers for exploitation depth $-H$, pillar cross-sectional areas $-S$, which are computing for calculated maximum room sizes.

It is fairly easy to write computer programs to generate random numbers that are distributed according to some distributions.

The program also can generate a 30-class histogram as shown on figure 1. Classes of frequency will be generated on cells. Users who are familiar with chart generation on Excel can use the data provided on these cells to generate a histogram chart also.

Data preparation

During present study were analyzed 16 spontaneous collapses in 13 blocks plus 26 in 18 blocks received from Talve report [4].

Data analysis showed that the range of the pillars age in the collapsed areas distributed from 4 up to the 57 months. As you can see, the data range is quite great and required correction. In the most of cases, the pillar destruction happens when it is 4-24 months old. So, we have 30 real parameters from total 42 cases. These data you can see on a figure 3.

By our data the average rooms sizes in the collapsed areas $A\&B = 7.5 \times 7.5$ m, pillars safety factor $n = 1.2$ for their life time 24 moths (calculated by the trend line on a Fig. 3). These parameters were calculated by the accepted in Estonian oil shale mines methods [5], based on the tributary area theory using the Sheviakov's and Turners' calculation scheme [6]. Also, by the same formulas [5] we can calculate maximum rooms sizes and receive for our data boundary line II. (see Fig. 4 and table-1). Differently, line II plotted on a figure 4. shows the maximum pillar cross-sectional areas and room sizes $(S=f(A\&B; H); A\&B = 8.5 \times 8.5$ m) on different depths, which are presented on the collapsed mining blocks.

Nowadays, all parameters for room-and-pillar mining are calculated for a long time, $t=\infty$ (see lines III and IV on a Fig. 4). Line III is

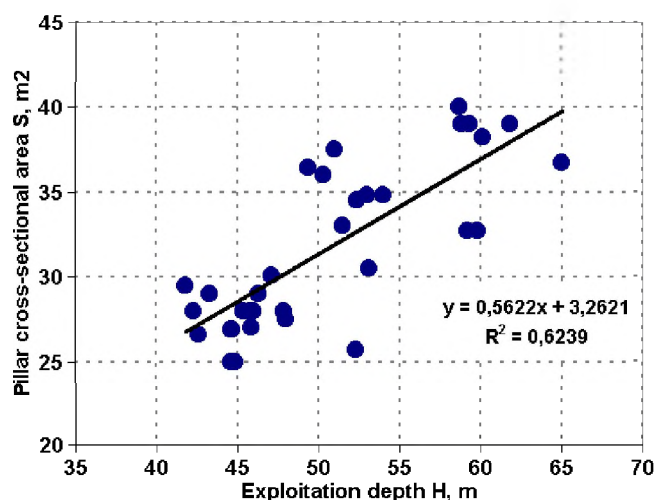


Fig. 3. The pillar cross-sectional areas (30 data points) dependence from the exploitation depth for the pillars (4-24 months old) in collapsed rooms

Monte Carlo sampling

Investigation is based on the following assumption: by normal distribution of the pillars cross-sectional area a potential collapse of a mining block can be expected [2].

Required data for computation:

- standard deviation for pillars square $\sigma_S = 4,5$ and the mean $\mu_S = 32,1$ confidence interval $x_{max}^S = 55 \text{ m}^2$ and $x_{min}^S = 20 \text{ m}^2$
- standard deviation for exploitation depth $\sigma_H = 4,5$ and the mean $\mu_H = 32,1$ confidence interval $x_{max}^H = 70 \text{ m}$ and $x_{min}^H = 35 \text{ m}$ (for significance increasing)
- given the level of significance, $\alpha=1 \%$.

Data for plotting of random numbers of H and S received from normally distributed random values:

- $H_N = R_H \sigma_H + \mu_H$
- $S_N = R_S \sigma_S + (0,5622 H + 3,2621)$

where H_N and S_N = normally distributed variable with mean (see Fig. 3 for S plotting: $\mu_S = f(H) = 0,5622H + 3,2621$) and deviation; R_H and R_S = generated numbers of normalized random deviations.

The application of the Monte Carlo technique to distributions frequently used in mine simulation studies is summarized in table 2. and figure 4. For the practical application were elaborated the special classification of the pillar cross-sectional areas and exploitation depths (see table 2).

From the Monte Carlo Simulation output (fig. 4) and table 2 we can see, that there weren't points above the line indexed -IV. Also, simulation gives probability about 0.6-1% for the line III. It means that our calculated pillar sizes must be between two lines: III & IV, only by this requirement our pillar is calculated for a long time. But there are some limits:

- room sizes $A \& B \leq 8.5 \times 8.5 \text{ m}$;
- oil-shale bed thickness $h \leq 2.8 \text{ m}$;
- exploitation depth $H = 35-65 \text{ m}$;
- pillar safety factor $n = 1.3$;
- absence of nearest karsts zones.

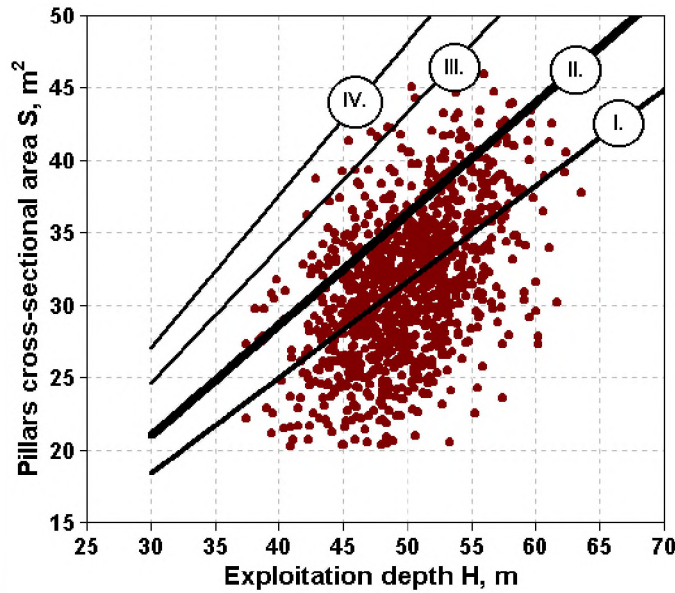


Fig. 4. The Monte Carlo Simulation output

Table 1. Room-and-pillars parameters for Monte Carlo sampling (see Fig. 3)

Parameter	Line number			
	I.	II.	III.	IV.
Room sizes (A&B), m	7.5	8.5	8.5	8.5
Pillar age (t), month	24	24	∞	∞
Pillar safety factor (n)	1.2	1.2	1.2	1.3

Table 2.

Summarized data table for significance $\alpha=1\%$

Depth H, m	Line nr.		Probabilities of pillar destruction, %							
	>IV.	>III.	Pillar cross-sectional areas S, m ²							
			S=20-25	S=25-30	S=30-35	S=35-40	S=40-45	S=45-50	Sum	
30-35	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0%
35-40	----	0,0%	0,6%	0,5%	0,1%	----	----	----	----	1%
40-45	----	0,2%	3,1%	5,6%	3,0%	0,6%	----	----	----	12%
45-50	----	0,3%	4,2%	13,8%	13,3%	4,7%	0,5%	----	----	36%
50-55	----	0,1%	8,1%	20,7%	15,7%	8,4%	1,9%	0,1%	----	36%
55-60	----	----	9,5%	28,1%	32,9%	14,1%	1,5%	0,2%	----	11%
60-65	----	----	----	29,4%	36,8%	17,5%	4,0%	0,0%	----	1%
65-70	----	----	----	----	37,1%	17,9%	4,3%	0,3%	----	0%
MAX	0,0%	0,6%	10%	29%	37%	18%	4%	0%	----	99%

Mining block stability analysis

From the data, presented on table 2, we can find probability (%) of pillar destructions for different H and S data ranges. The main idea of table 2 is based on the following assumption: pillars are stable for a long time when the probability of destruction $P \leq 5\%$, and room sizes doesn't exceeds 8,5 m (A&B = 8.5 × 8.5 m) in width. But, we can't estimate mining block stability by one pillar only. We must calculate the average pillars S inside of rectangle with critical width. The critical width (CW) is the greatest width that the rock above the mine can span before its failure. For Estonian oil shale mines it is presented by the following formula $CW = L \geq 1.2H + 10$, m [7]. In the three-dimensional case, the critical width transforms into the critical area. It determines the center of mining block collapse. For computation sliding rectangle method was used. The results are presented on the map of a mining block by probability contours (Fig.5). The probabilities are indicated corresponding to the above mentioned classification system. The method allows determining the centers of potential collapse of a mining block.

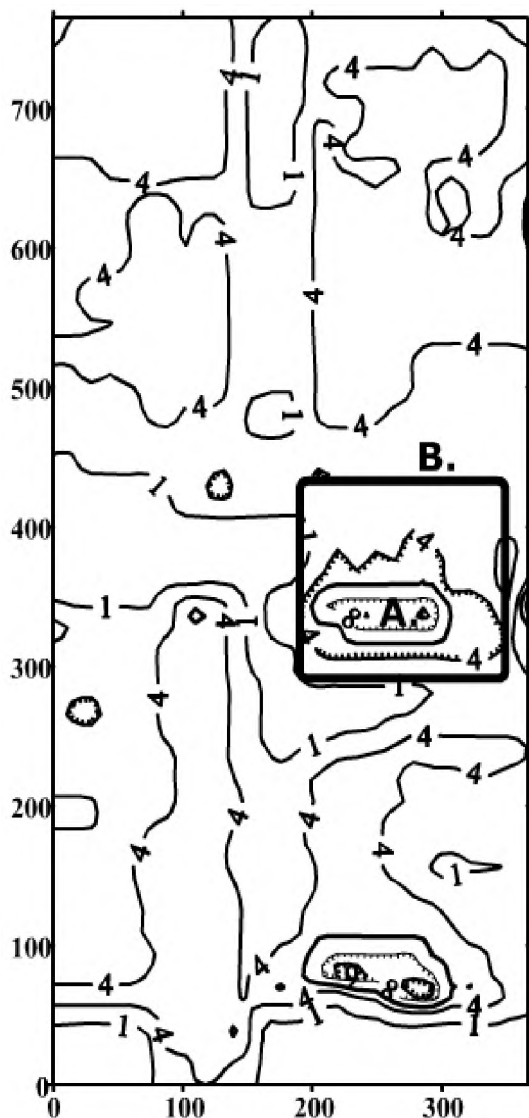


Fig. 5. Probability contours P, % where A.=collapse center; B.= real collapse area

Estonian Science Foundation (Grant No.5164, 2002-2005) supported the research.

Results

The collapse prognosis (mine Viru, mining block No.141) is demonstrated below (Fig.5).

The commercial oil shale bed of the thickness of 2.8 m is embedded on the depth of 43 m. Mining block is bordered by barrier pillars.

The spontaneous collapse in the right semi-block took place 13 months after the beginning of the mining block exploitation. The lifetime of the pillars in the center of potential collapse was 12 months. The area of destruction was about 16500 m². The collapses of the mining blocks reach the surface. Likely enough, the collapses begin in center (A.) with P=6-9% and then extend to the barrier pillars (B.= real collapse area). Analysis showed that the calculation results are close to real parameters of the mining block collapse (Fig.5).

Conclusion and recommendations

As a result of this study, the following conclusions and recommendations can be made:

1. Through Monte Carlo simulation, room-and-pillar stable parameters can be calculated.
2. Model allows determining the probability of spontaneous collapse of the pillars and surface subsidence by the parameters of registered collapsed mining blocks.
3. Proposed method suits as an express-method for stability analysis and failure prognosis. It is applicable in different geological conditions, where the room-and-pillar mining system is used.
4. The method allows determining the centers of potential collapse of a mining block.

References

1. Reinsalu, E. Post technological processes in mined out areas. Estonian Science Foundation, Grant No. 3403. Tallinn, 2001.
2. Pastarus, J.-R., Nikitin, O. Environmental issues prediction methods for Estonian oil shale mines. Proc. of the International Conference "Environment and Society" Rezekne, Latvia, February 28 – March 2, 2002, p.95-101.
3. Monte Carlo Simulation examples by Anthony Sun, web page address: <http://www.geocities.com/WallStreet/9245/>
4. Talve L. 1983. Investigation of the convergence characteristics for room-and-pillar mining method on Estonian oil shale mines "«ESTONSLANEC", TPI, Tallinn, p.53, (in russian).
5. Mining-law and legal regulation acts. Ministry of Environment, Ministry of Economy. Part II, Tallinn, 1998, p.185-205.
6. Parker, I. Mine pillar design in 1993: Computers have become the opiate of the mining engineers. London., Mining Engineering, July and August: 714-717 and 1047-1050. 1993.
7. Stetsenko, V. & Ivanov G. Prognosis of the time depending roof displacements for different span lengths. Oil Shale 11: 13-18. 1981, (EstNIINTI) (in Russian).

Ekotehnoloģija – Pirolīzes procesa parametru fizikāli tehniskais pamatojums

Ecotechnnology – Physical and Technical Foundation of Pyrolyses Parameters

G.Noviks

Rēzeknes Augstskola

Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV – 4600

e-mail: novik@ru.lv, tālr.4625258

Abstract

The paper deals with the environmentally safe waste processing problem. The pyrolysis is one of the most prospective among different utilization methods of residuals. For hearing organic mass in the pyrolysis process up to 550°C author recommends to apply high frequency and high intensity electromagnetic fields. It is necessary to analyze relationships between waste electrical parameters and frequency of electromagnetic field to achieve optimal parameter of electromagnetic heating. For this purpose was worked out a device for measuring dielectric permittivity and dielectric losses in the range of electromagnetic frequencies between 0.05 – 50 MHz. The measurements were accomplished on the samplers composed of different quantity of organic and inorganic (dielectrics and conductors) materials.

The methodology of calculation optimal physical and technical squares for implementation of suggested technology was applied and experimental data were analyzed. The best parameters of electromagnetic field for pyrolysis of solid wastes is frequency $f=1,5 - 4 \cdot 10^6$ Hz and electric intensity $E=180 - 220$ kV/m and $E=390 - 40$ kV/m for waste of different composition.

Keywords: *ecotechnology, waste processing, pyrolysis of residuals.*

Ievads

Ekotehnoloģija ir vidi saudzējošā mazatkritumu resursus un enerģiju taupošā tehnoloģija ekoloģiski drošas produkcijas ieguvei.

Tas nozīmē, ka tā ir saistīta ar vidi draudzīgu atkritumu pārstrādāšanas veidu un metožu izstrādi.

Atkritumu pārstrādes tehnoloģiju izvēle savukārt sākas ar fizikālo un ķīmisko lauku un atkritumu komponentu savstarpējās iedarbības procesu izpēti [1], kuras rezultātā tiek pamatotas iespējamās un vairāk atbilstošās ekoloģiski tehnoloģiskajām prasībām alternatīvās tehnoloģijas. Izvēlētas tehnoloģijas tiek izvērtētas pēc ekonomiskajiem parametriem un rezultātā tiek pieņemta īstenošanai atbilstoši tagadējām ekonomiskajām iespējām un lietderīguma līmenim tehnoloģija.

Ekoloģiskais aspekts šajos aprēķinos ir noteicošais.

Cieto atkritumu pārstrādes realizēto metožu un tehnoloģiju analīze rāda, ka lielāko tiesu tās ir saistītas ar atkritumu organiskās daļas utilizāciju vai neitralizāciju. Viena no perspektīvajām metodēm ir atkritumu pirolīze, kuras rezultātā var iegūt augstvērtīgus produktus – gāzveida un šķidro kurināmo, sveķus, puskoksu [2].

Pirolīzes produktu kvalitāte ir atkarīga no pārstrādājamo atkritumvielu karsēšanas režīmiem un pirmām kārtām no masas sakarsēšanas vienmērīguma un dziļuma.

Tradicionālās tiešās kontakta shēmās tāda režīma nodrošināšana ir apgrūtināta un ilglaicīga, jo procesu limitē atkritumvielu zema siltumvadāmība λ un temperatūrvadāmība α . Toties zināms, ka materiāla ātrai un vienmērīgai visas masas dziļumā sakarsēšanai efektīvi izmanto augstfrekvences elektromagnētiskos laukus. [3]

Šajā gadījumā noteicošie faktori ir vielu elektriskās īpašības – dielektriskā caurlaidība ϵ un dielektrisko zudumu leņķis $\text{tg}\delta$, kā arī elektriskā lauka parametri – frekvence f un intensitāte E . Mūsu pētījumi par augstfrekvences un augstsprieguma elektromagnētiskā lauka

izmantošanu cieto atkritumu pārstrādē [4], pierādīja tādas tehnoloģijas principiālu iespējamību un priekšrocības salīdzinājumā ar tradicionālām karsēšanas metodēm.

Lai tehniski realizētu šo tehnoloģiju, nepieciešams atrast procesa optimālos režīmus un parametrus.

Šim nolūkam var būt izmantota mūsu izstrādātā kompleksā ekotehnoloģiju analīzes metodoloģija [5].

Tehnoloģiju ekoloģizācijas uzdevums teorētiski var būt aprakstīts kā triju komponentu kompleksais risinājums:

- a) tehnoloģiskā procesa teorētiski tehniskās iespējamības lauka S_T noteikšana;
- b) sociāli ekonomiskā lietderīguma lauka S_S noteikšana;
- c) ekoloģiski drošā lauka S_E noteikšana.

Šos laukus var attēlot grafiski kā noslēgtās līnijas koordinātēs “efektivitāte E – stabilitāte t ” (efektivitāte + stabilitāte = ilgtspējīgā attīstība) un analītiski kā šo līniju vienādojumus.

Ekoloģizācijas uzdevuma risinājums sastāv no tā laukuma izmēru un parametru noteikšanas, kas tiek pārklāts vienlaikus ar visiem pārējiem laukiem.

Ja teorētiski tehniskās iespējamības vienādojumi, kas norobežo tās lauku, ir

$$\begin{aligned} E_T' &= \varphi'(t) \\ E_T'' &= \varphi''(t) \end{aligned} \quad (1)$$

tad ar šīm līnijām (t_2 – max; t_1 – min) norobežotais lauks S_T :

$$S_T = \int_{t_2}^{t_1} \varphi'(t) dt - \int_{t_2}^{t_1} \varphi''(t) dt \quad (2)$$

vai

$$S_T = \frac{1}{2} \int_C \left(E_T' \frac{dE_T''}{dt} - E_T'' \frac{dE_T'}{dt} \right)$$

Attiecīgi sociāli ekonomiskā lietderīguma lauks un ekoloģiski drošais lauks:

$$S_S = \frac{1}{2} \int_C \left(E_S' \frac{dE_S''}{dt} - E_S'' \frac{dE_S'}{dt} \right) \quad (3)$$

$$S_E = \frac{1}{2} \int_C \left(E_E' \frac{dE_E''}{dt} - E_E'' \frac{dE_E'}{dt} \right) \quad (4)$$

Efektivitātes rādītājs teorētiski tehniskās iespējamības laukā var būt pieņemts kā teorētiskais procesa lietderības koeficients, sociāli ekonomiskajā laukā – ekonomiskais efekts, ekoloģiskajā laukā – vides kvalitātes indikators.

Stabilitātes rādītājs – laika posms, kurā tiek nodrošināta attiecīgā efektivitāte.

Risinot kompleksā visus trīs vienādojumus, var noteikt lauku S_O un tā ΔE_{opt} un Δt_{opt} robežas.

Analizējamo problēmu izskatīsim tikai ekoloģiski drošā lauka robežās, kuras attiecīgi ir limitētas iespējamo tehnisko risinājumu ietvaros.

Tad

$$S_O^{E_T} = \int_{t_6}^{t_3} [f_1(E_E) dt - f_2(E_E) dt] - \int_{t_3}^{t_5} [f_4(E_T) dt - f_2(E_E) dt] - \int_{t_6}^{t_5} [f_1(E_E) dt - f_3(E_T) dt] \quad (5)$$

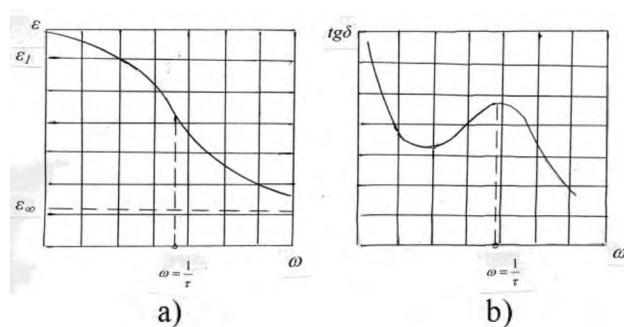
Materiāli un metodes

Vielu elektromagnētiskā lauka iedarbības rezultātā izdalītais siltuma daudzums var būt aprēķināts pēc formulas

$$q=55,6 \cdot \epsilon \cdot \text{tg} \delta \cdot E^2 \cdot 10^{-12} \text{J/m}^3 \cdot \text{sek} \quad (6)$$

Vienlaikus dielektriskā caurlaidība ϵ , tā dielektriskie zudumi $\text{tg} \delta$ mainās atkarībā no lauka frekvences. Tāpēc, lai nodrošinātu optimālos karsēšanas režīmus elektromagnētiskajā laukā, nepieciešams noteikt šī procesa teorētiski tehniskās iespējamības lauku S_T , kas norobežo optimālo un tehniski realizējamo elektromagnētiskā lauka zonu.

Reālās vielās sakarā ar struktūras un sastāva daudzveidību teorētiskās ϵ un $\text{tg} \delta$ līknes atkarībā no f (att.1) diezgan reti atbilst faktiskajām.



1.attēls a) teorētiskā likumsakarība starp dielektrisko caurlaidību ϵ un elektriskā lauka

$$\text{frekvenci } \omega \text{ (} \tau \text{ – materiālu daļiņu relaksācijas laiks) } \epsilon = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_{\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2};$$

b) teorētiskā likumsakarība starp dielektrisko zudumu leņķa tangensu un elektriskā lauka

$$\text{frekvenci } \omega \text{ (} \rho \text{ – materiāla elektrovadītspēja) } \text{tg} \delta = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_{\infty} \omega \tau}{\epsilon_1 + \epsilon_{\infty} \omega^2 \tau^2} + \frac{4\pi\rho}{\omega(\epsilon_1 + \epsilon_{\infty} \omega^2 \tau^2)} \cdot 1$$

Cietie atkritumi sastāv no daudzu vielu maisījuma, kurā ir kā vielas ar augstiem ϵ un $\text{tg} \delta$ radītājiem, tā arī ar zemiem. Līdz ar to arī sakarsēšanas laiks elektromagnētiskajā laukā katrai komponentei būs savs. Tanī pat laikā apstrādāšanas procesam tiek pakļauta visa atkritumu masa.

Pēdējais faktors norāda uz to, ka pētījumiem ir lietderīgi izvēlēties speciāli sagatavotas mākslīgās kompozīcijas, kuras var kalpot kā atkritumvielu modeļi elektromagnētiskā lauka iedarbības pētīšanai.

Atkritumvielu neorganiskā sastāvdaļa tika modelēta ar minerālvielām, kuru elektriskās īpašības aptver visu tipisko cieto atkritumu īpašību diapazonu - marmors, kvarca smiltis – kā tipiski dielektriķi, māla slānekļis – pusvadītājs un magnēīts - vadītājs.

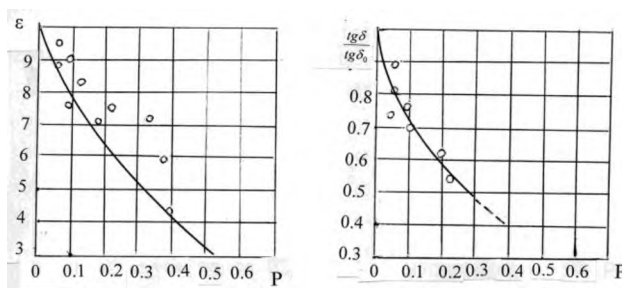
Organiskā sastāvdaļa tika modelēta ar kūdras un brūnogļu maisījumiem. Izejvielas tika sasmalcinātas līdz daļiņu izmēriem 1-2 mm un izveidoti šāda sastāva paraugi (1.tabula).

1.tabula

Kompozīcijas sastāvs

Parauga Nr.	Sastāvs				
	Organiskais maisījums	Māla slānekļis	Marmors	Kvarcs	Magnēīts
1.	100	-	-	-	-
2.	-	100	-	-	-
3.	20	20	40	-	10
4.	40	20	20	10	20
5.	40	30	-	30	-

Paraugi tika izgatavoti no sausā izejvielu maisījuma tos sablīvējot tā, lai to blīvums būtu apmēram 700 kg/m^3 , jo kā to parādīja mūsu pētījumi (att.2) [6], materiālu elektriskās īpašības ir stipri atkarīgas no to porainības.



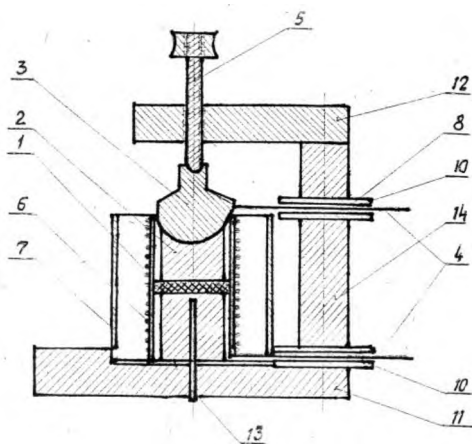
2.attēls. Materiālu ϵ un $\text{tg}\delta$ atkarība no porainības P [6] punkti – eksperimentālie dati;

$$\text{līknes - teorētiskie aprēķini: } \epsilon = \epsilon_0^{1-P}; \quad \frac{\text{tg}\delta}{\text{tg}\delta_0} = \epsilon_0 \frac{1-P}{P(1-\epsilon_0) + \epsilon_0}$$

Paraugu skaits katram mērījumam tika izvēlēts atbilstoši iepriekš aprēķinātam šo īpašību variācijas koeficientam – $k_{\text{var}}=25\%$, kas nosaka atbilstoši varbūtības teorijai nepieciešamo paraugu skaitu 5.

No sablīvētā materiāla tika izveidoti diski ar diametru 42 mm un biezumu 6-8 mm. Paraugu izmēri tika izvēlēti izejot no nepieciešamības izvairīties mērījumos no malas efekta, kas dod nevienmērīgu elektriskā lauka sadalījumu paraugā un līdz ar to pazemina mērījumu rezultātu precizitāti. Mērījumi tika veikti, ievietojot paraugu speciālā turētājā - kondensatorā starp diviem mīkstiem elektrodiem izgatavotiem no svina folijas uzlīmētas uz gumijas pamatnes 5 mm biezumā.

Tā kā paraugi neskatoties uz sablīvējumu ir diezgan irdeni, tad šis kondensators tika ievietots speciālā cilindrā (3.att.), izgatavotā no sitāla, kam piemīt ļoti maza dielektriskā caurlaidība un dielektriskie zudumi.



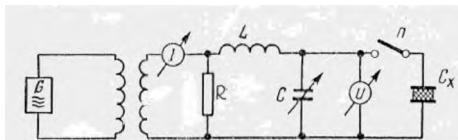
3.attēls. Elektrisko īpašību (ϵ , $\text{tg}\delta$, ρ) mērīšanas iekārta temperatūras diapazonā līdz 300°C .

1 – paraugs; 2 – sitāla paplāksne; 3 – sitāla stienis; 4 – elektrodi; 5 – piespiedējskrūve; 6 – iekšējais cilindrs; 7 – ārējais cilindrs; 8 – sildelements; 9 – kausētā kvarca stieņi; 10 – kausētā kvarca caurulītes; 11 – dielektriskā pamatne; 12 – 14 – kronšteins, 13 – termopāris.

Dielektriskās caurlaidības ϵ un $\text{tg}\delta$ izmērīšanai tika izmantota standarta aparatūra – kumetri E-9-4 un BM-211, kuri strādā uz divu elektrisko kontūru (iekšējā un ārējā) rezonanses pamata (att.4). Kondensators ar paraugu tiek ieslēgts ārējā kontūrā. Pie attiecīgās

izvēlētās elektriskās lauka frekvences ar kumtru nosaka, pirmām kārtām, ārējā elektriskā kontūra rezonanses kapacitāti C_1 un elektrisko labumu Q -faktoru Q_1 , kad kondensators tukšs – starp elektrodiem nav parauga.

Pēc tam kondensatorā tiek ievietots paraugs un izmērīta rezonanses kapacitāte C_2 un Q -faktors Q_2 kontūram ar paraugu.



4.attēls. Q –metra principiālā shēma, σ - frekvences elektriskā lauka ģenerators; C_x – materiāla paraugs

Dielektriskā caurlaidība ϵ tiek aprēķināta pēc formulas :

$$\epsilon = \frac{C_1 - C_2}{\epsilon_0 \cdot S} \quad (7)$$

kur $\epsilon_0 = 8,885 \cdot 10^{-12}$ F/m – vakuuma elektriskā konstante.

Dielektrisko zudumu leņķis $tg\delta$:

$$tg\delta = \frac{C_1(Q_1 - Q_2)}{(C_1 - C_2)Q_1 \cdot Q_2} \quad (8)$$

Mērījumu rezultātu sistemātiskās kļūdas galvenais avots ir parauga kontakta ar elektrodiem apstākļi, jo ļoti grūti ir nodrošināt pilnīgu elektrodu piegulšanu virsmai.

Līdz ar to izmērītie ϵ un $tg\delta$ vienmēr ir pēc mūsu aprēķiniem par 10-17% zemāki par reālajiem.

Tā kā mūsu pētījumu uzdevums bija izanalizēt parametru atkarību no lauka frekvences, šī kļūda ir pilnīgi pieļaujama. Elektriskie parametri tika mērīti elektromagnētiskā lauka frekvences izmaiņu diapazonā no 0,05 līdz 50 MHz.

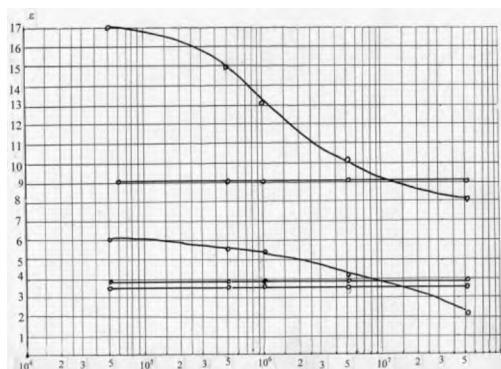
Rezultāti un to analīze

Dielektriskās caurlaidības ϵ un $tg\delta$ mērījumu rezultāti parādīti 2.tabulā. Kā redzams, (5.att) izpētītā frekvenču diapazonā kompozīcijām Nr.3, 4, 5 dielektriskā caurlaidība nemainās, pie tam vismazākā tā ir paraugiem Nr.3 un Nr.5 (3,5-3,8) un vislielākā paraugam Nr.4 (9,0).

2.tabula

Kompozītu dielektriskā caurlaidība un dielektrisko zudumu leņķis

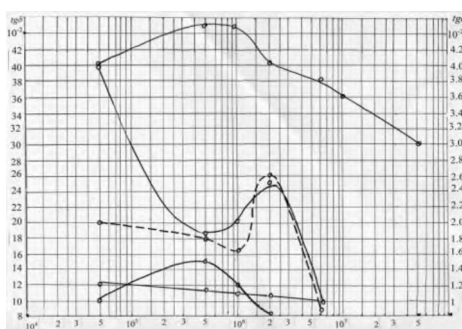
Paraugu Nr.	Parametrs	Elektriskā lauka frekvence, MHz						
		0.005	0.5	1	2	5	10	50
1.	ϵ	6	5.5	5.2	4.9	4	3.7	2
	$tg\delta$	0.1	0.15	0.12	0.09	0.08	0.08	0.085
2.	ϵ	17	15	13	11.5	10	9	8
	$tg\delta$	0.4	0.45	0.45	0.4	0.38	0.36	0.3
3.	ϵ	0.02	0.018	0.016	0.026	0.001	0.001	0.001
	$tg\delta$	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
4.	ϵ	9	9	9	9	9	9	9
	$tg\delta$	0.04	0.018	0.020	0.025	0.008	-	-
5.	ϵ	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-	-
	$tg\delta$	0.012	0.0116	1.1	1.05	0.8	-	-



5.attēls. Dielektriskās caurlaidības ϵ atkarība no lauka frekvences

Toties māla slāneklim (Nr.2) un organisko vielu maisījumam (Nr.1) dielektriskā caurlaidība pazeminās palielinoties elektriskā lauka frekvencei.

Daudz sarežģītākas ir sakarības starp $\text{tg}\delta$ un lauka frekvenci (6.att.).



6.attēls. Dielektrisko zudumu $\text{tg}\delta$ atkarība no frekvences

Visos gadījumos ir vērojami $\text{tg}\delta$ maksimumi, pie tam katram paraugam savā frekvenču diapazonā. Vismazāk izteikts maksimums ir paraugam Nr.5. Pie tam vislielākie dielektriskie zudumi ir noteikti māla slāneklim (0,4 - 0,3) un organisko vielu maisījumam (0,1 - 0,08), desmitkārt mazāki tie ir paraugam Nr.5 (0,012 - 0,008).

Mērījumu rezultāti rāda, ka kompozīcijām piemīt liela elektrisko īpašību daudzveidība, kas nosaka elektriskā lauka parametru un darbības režīmu optimizācijas nepieciešamību katram konkrētajam uzņēmumam.

Vienādojums (6) norāda uz to, ka siltuma izdale materiālā ir tieši proporcionāla abu elektrisko parametru reizinājumam $\epsilon \cdot \text{tg}\delta$. Salīdzinot šos reizinājumus pie dažādām lauka frekvencēm (tab.3) var secināt, ka tie lielākai kompozītmateriālu daļai samazinās, palielinoties frekvencei. Maksimumi uz līknēm ir vērojami tikai paraugiem Nr.3 un Nr.4 frekvenču diapazonā $10^6 - 2 \cdot 10^6$ Hz.

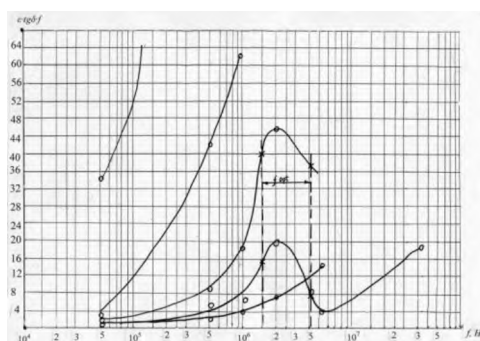
Reizinājuma $\varepsilon \times \text{tg}\delta$ izmaiņu atkarība no frekvences

f, Hz	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	10^6	$2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	10^7	$5 \cdot 10^7$
1.	0.6	0.825	0.624	0.392	0.32	0.296	0.17
2.	6.8	6.75	5.85	4.6	3.8	3.24	2.4
3.	0.076	0.068	0.061	0.099	0.0038	0.0038	0.0038
4.	0.36	0.162	0.18	0.225	0.072	-	-
5.	0.042	0.0406	0.0385	0.0368	0.028	-	-

Tomēr uz šo datu pamata secināt par lielāku siltuma izdalīšanās efektivitāti elektromagnētiskā lauka zemākas frekvences diapazonā nebūs pareizi, jo siltuma izdale ir atkarīga ne tikai no materiāla īpašībām, bet arī no lauku parametriem f un E . Tāpēc bija veikta reizinājuma $\varepsilon \cdot \text{tg}\delta \cdot f$ analīze atkarībā no lauka frekvences. Šajā gadījumā ir vērojama (4.tabula, 7.attēls) kompleksā parametra $b = \varepsilon \times \text{tg}\delta \times f$ strauja izaugsme palielinoties frekvencei. Pie tam paraugos Nr. 1; 2 un 5 šī izaugsme ir nepārtraukta, paraugos Nr.3 un 4 – ar maksimumiem frekvenču diapazonā $1,5 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^6$ Hz. Izejot no šiem datiem ierobežosim teorētiski tehniskās iespējamības lauku cieto atkritumvielu elektromagnētiskajai pirolīzei kā pēc frekvences, tā arī pēc elektriskā lauka intensitātes E .

Reizinājuma $\varepsilon \times \text{tg}\delta \times f$ izmaiņu atkarība no frekvences

f, Hz	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	10^6	$2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	10^7	$5 \cdot 10^7$
1.	$3 \cdot 10^4$	$41.25 \cdot 10^4$	$62.4 \cdot 10^4$	$78.4 \cdot 10^4$	$160.4 \cdot 10^4$	$296 \cdot 10^4$	$850 \cdot 10^4$
2.	$3 \cdot 10^4$	337.5	585	920	1900	3240	$12000 \cdot 10^4$
3.	$0.38 \cdot 10^4$	3.4	6.1	19.8	1.9	3.8	1.9
4.	$1.8 \cdot 10^4$	8.1	18	45	36	-	-
5.	$0.21 \cdot 10^4$	2.03	3.85	7.36	14	-	-

7.attēls. Reizinājuma $\varepsilon \times \text{tg}\delta \times f$ atkarība no lauka frekvences

Mūsu iepriekšējie pētījumi pierādīja, ka nepieciešamais siltuma daudzums, lai sakarsētu atkritumvielas līdz temperatūrai 550°C , sastāda $1,7 \text{ MJ/kg}$ [4]. Sakarsēšanas laiks, nepieciešamais, lai pilnībā norisētu visas materiāla pirolīzes reakcijas, nedrīkst būt mazāks par 20 minūtēm.

Pieņemsim aprēķinos siltuma izdales laika robežas 20 un 30 minūtes.

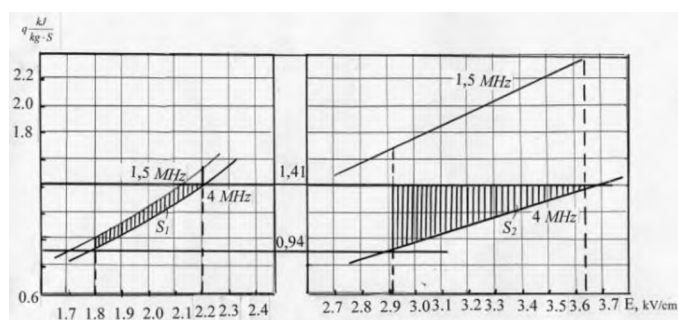
No šejienes aprēķinam nepieciešamo siltuma daudzumu, kam jāizdalās katrā materiāla kg vienas stundas laikā: ja $t=20$ min – $q=1,42$ kJ/sek·kg, ja $t=30$ min – $q = 0,94$ kJ/sek·kg.

Piedāvātā pirolīzes iekārtā [4] tiek projektēts pirolizējamā materiāla slāņa biezums uz konveijera lentes 15 – 20 cm.

Aprēķināsim siltuma daudzumus, kuri izdalās pie $f_{opt}^{min}=1,5 \cdot 10^6$ Hz un $f_{opt}^{max}=4 \cdot 10^6$ Hz.

Paraugam Nr.4 pie $f_{opt}^{min} \varepsilon \cdot tg\delta \cdot f=4 \cdot 10^5$, pie $f_{opt}^{max} - 3,8 \cdot 10^5$, paraugam Nr.3 attiecīgi $1,4 \cdot 10^5$ un $0,8 \cdot 10^5$.

Aprēķinātā tādā veidā likumsakarība starp siltuma daudzumu q , kas izdalās šajos divos materiālos pie attiecīgajām frekvencēm un elektriskā lauka intensitāti E dota 8.attēlā.



8.attēls. Fizikāli tehniskie elektromagnētiskās atkritumu pirolīzes optimālie lauki S_1 un S_2

Tā kā nepieciešamais siltuma daudzums atrodas robežās 1,42 un 0,94 kJ/sek·kg, tad novelkot uz grafika attiecīgās horizontālās līnijas var norobežot uz līknēm maksimālos un minimālos elektriskā lauka intensitātes lielumus, kuri nodrošina siltuma izdalīšanās optimālos režīmus karsējamā intervālā.

Līdz ar to vienādojumi:

$q_1=2,224 \cdot 10^{-5} \cdot E^2$ J/m³·sek un $q_2=2,1128 \cdot 10^{-5} \cdot E^2$ J/m³·sek norobežo paraugu Nr.3 fizikālā lietderīguma lauku, bet vienādojums $q_3=0,7784 \cdot 10^{-5} \cdot E^2$ J/m³·sek un $q_4=0,4488 \cdot 10^{-5} \cdot E^2$ J/m³·sek norobežo paraugu Nr.4 fizikālā lietderīguma lauku.

Otrā vienādojumu grupa, kas norobežo tehniskā lietderīguma lauku, ir horizontālās līnijas $q'=0,94$ kJ/kg·sek un $q''=0,94$ kJ/kg·sek.

Līdz ar to vienkāršojas šo vienādojumu sistēmas risinājums. Racionālais no ekoloģiskā viedokļa elektriskās intensitātes minimālais diapazons, kas spēj nodrošināt tehnoloģiskā procesa normālu norisi paraugam Nr.3 (8.att.) ir 1,8 – 2,2 kV/cm un paraugam Nr.4 – 3,9 – 4.6 kV/cm.

Redzams, ka šajā gadījumā nav nepieciešamības noteikt pilnu, norobežotās ar līnijām virsmas laukumu. Atkarībā no ievadītā uz konteineru materiāla elektriskajām īpašībām elektriskās intensitātes izmaiņas un to izturēšanu optimālajā diapazonā var automatizēt pat bez izmaiņām augstfrekvences ģeneratora darbā – tikai mehāniski regulējot karsējamā materiāla slāņa biezumu uz konveijera lentes.

Secinājumi

Ekotehnoloģijas attīstības nosacījums ir optimāli atrisināt atkritumvielu, kas veidojas tehnoloģiskajā procesā, pārstrādi un utilizāciju. Progresīvās atkritumu termiskās utilizācijas – pirolīzes metode pašlaik nav attīstīta, nedod augstas kvalitātes gala produktus un, ja tiek izmantotas materiāla karsēšanai parastās siltumiekārtas, tā veido papildus antropogēno slodzi uz vidi.

Mūsu pētījumos pierādīts, ka materiāla karsēšanai izmantojot augstfrekvences elektromagnētiskos laukus var novērst uzskaitītos trūkumus.

Tanī pat laikā optimālie iekārtas parametri ir atkarīgi no materiāla elektriskajām īpašībām, un to izmaiņām dažādas frekvences laukos. Lai izanalizētu un noteiktu optimālos elektromagnētiskā lauka režīmus bija veikti pētījumi, izmantojot komplekso ekotehnoloģiju analīzes metodoloģiju.

Uz eksperimentāli noteikto materiālu kompozīciju elektrisko īpašību un to izmaiņu atkarībā no elektriskā lauka frekvences pamata aprēķināti optimālās lauka frekvences un elektriskās intensitātes robežlielumi.

Visām atkritumvielām ar diezgan plašu īpašību svārstībām kā optimālo var rekomendēt frekvenču diapazonu no $1,5 \cdot 10^6$ līdz $4 \cdot 10^6$ Hz.

Atkritumvielām, kurās ir pārsvarā organiskās komponentes (>40%) un zemas elektrotestības minerālkomponenti elektriskās intensitātes E diapazons ir 180 – 220 kV/m.

Atkritumvielās, kur organiskā daļa sastāda 20% un mazāk un ir tikai 10% labi vadošo elektrību sastāvdaļu tiek rekomendēts pirolīzei izmantot elektrisko lauku ar intensitāti 390 – 460 kV/m .

Literatūra

1. Новик Г. Я., Ржевская С. В. Физико-техническое обеспечение горного производства. М.: Наука, 1995, 255 стр.
2. Бобович Б. Б., Девяткин В. В. Переработка отходов производства и потребления. М.: Интернет инженеринг, 2000, 420 стр.
3. Новик Г. Я. Химические основы комплексной переработки минерального сырья. М.: МГИ, 1991, 42 стр.
4. G. Noviks, Cieto atkritumu pārstrādes ekotehnoloģija. Tradicionālas un novatoriskais sabiedrības ilgtspējīgā attīstībā. Starptautiskās zinātniskās konferences materiāli, 2002. g. 28. febr. – 2. marts. Rēzekne, 2002, lpp. 83-95.
5. Ekotehnoloģiju parametru kompleksās analīzes sistēmas pilnveidošana. Rēzeknes Augstskolas Raksti, Rēzekne, 2003.
6. Новик Г. Я., Зильбершмидт М. Г. Управление свойствами пород в процессах горного производства, М. Недрa, 1994, 224 стр.

SOSNOVSKA LATVĀŅA (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) IZPLATĪBA MADONAS RAJONĀ UN TĀ IEROBEŽOŠANAS IESPĒJAS *Spread of Heracleum Sosnowskyi Manden in Madona District (Latvia) and Its Control Possibilities*

A. Oļukalns

Praulienas pagasta "Grāvīšu" māju zemnieku saimniecība, "Grāvīši", Praulienas pag.,
Madonas raj., LV-4825, +371-9427599, olukalns@madona.lv

Abstract

Heracleum sosnowskyi Manden was introduced into Latvia in 1950-1960. That infancy of cultivation happened in Madona district, Barkava parish where it was cultivated from 1965 and gradually infected about 10 300 ha area of district (85% form *H.sosnowskyi* total area in Latvia). In late eighties and early of nineties its spread in Latvia had been going out of control. *H.sosnowskyi* Manden quickly pollutes not only open areas but also those along water reservoirs, roadsides and forest. Basic methods which were used for control of *H.sosnowskyi* in trials were cutting, chemicals (glyphosate, dicamba, MCPA, nicosulfuron), growing of green manure plants (Italian regrass, oil radish, buckwheat) and soil mulch with polythene.

Keywords: *Heracleum sosnowskyi* Manden, herbicide, mulching, soil tillage.

Ievads

Sosnovska latvānis (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) Latvijā ievests kā kultūraugs 20.gs. 50.gados. Uz šo augu lika lielas cerības kā uz lopbarības kultūraugu un nektāraugu. 20.gs. 80.gadu vidū *H. sosnowskyi* sāka strauji izplatīties savvaļā, sevišķi strauji šis process notika 20.gs. 90.gados, kad zemes reformas un lauksaimnieciskās ražošanas straujā krituma dēļ, daudzas lauksaimnieciski apstrādājamās zemes tika atstātas atmatā. Pašlaik *H. sosnowskyi* izplatība ir izgājusi no cilvēka kontroles un tas ir savairojies lielākoties nekoptās zemes platībās, ceļmalās un grāvjos.

H. sosnowskyi ir ļoti bīstami cilvēkiem, jo izraisa ādas un gļotādas apdegumus, īpaši apdraudot bērnus. [2,3,4] Iznīdēt ielaistus *H. sosnowskyi* ir gandrīz neiespējami, tāpēc arī līdz šim individuālie mēģinājumi iznīcināt tos nav noveduši pie vērā ņemamiem rezultātiem. Patreiz iegūtie rezultāti liecina, ka *H. sosnowskyi* iznīcināšanai jālieto viss iespējamais agrotehnisko un bioloģisko paņēmienu komplekss.

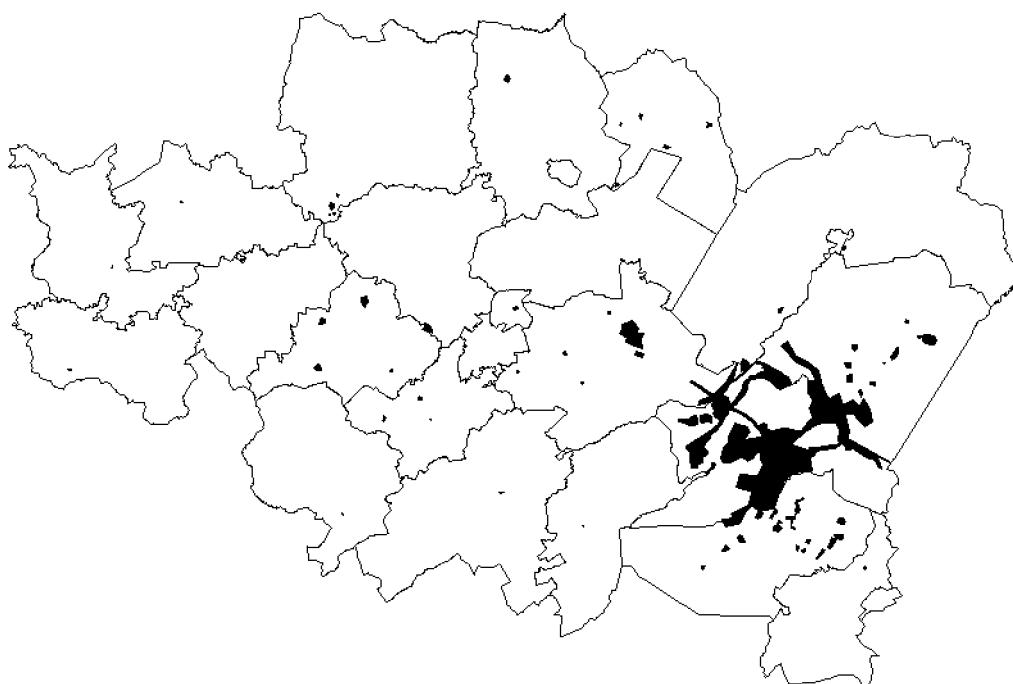
Latvijā 2001.gadā *H. sosnowskyi* bija izplatījies 12182 ha, visvairāk Madonas, Cēsu, Talsu un Rīgas rajonos.

Sosnovska latvāņa izplatība Madonas rajonā

H. sosnowskyi izmēģinājumi Madonas rajona Barkavas pagastā sākti 1965.gadā un lielražošanā tas ieviesās 1968. gadā. Sēkla tika saņemta no PSRS Lauksaimniecības akadēmijas Karēlijas filiāles padomju saimniecības "Barkava" direktors Pēteris Eglons saņēma puskilogramu latvāņa sēklas. Pirmais lauks tika apsēts 0,2 ha platībā, pretī Barkavas-Lubānas ceļam "Jaunzemniekos". Pagājušā gadsimta 70-gadu beigās *H. sosnowskyi* sētā platība Barkavā sasniedza 40 ha platību, tas izvietojās pagasta centrā, "Čērziniekos", "Silauniekos" un "Stalīdzānos". Kopā apsēti 6 lauki, lielākais no tiem bija 15 ha platībā.[1]

Tā audzēšana Madonas rajonā beigta 20.gs. astoņdesmito gadu sākumā. *H. sosnowskyi* laika gaitā ir pārvērties par nezāli, kas agresīvi izplešas tā augšanai piemērotos biotopos. Tā izplatību Madonas rajonā veicina liels neapstrādāto lauksaimniecības zemju īpatsvars un atklāto meliorācijas sistēmu nekopšana.

Madonas rajonā 2001. gadā ar *H. sosnowskyi* bija piesārņoti 10310 ha zemju, pārsvarā lauksaimniecībā izmantojamās zemes un krūmāji. Madonas rajonā atrodas aptuveni 85% no visām Latvijas *H. sosnowskyi* audzēm.



1.att. Ar sosnovska latvāni (*H. sosnowskyi*) piesārņotās platības Madonas rajona pašvaldībās 2001.gadā

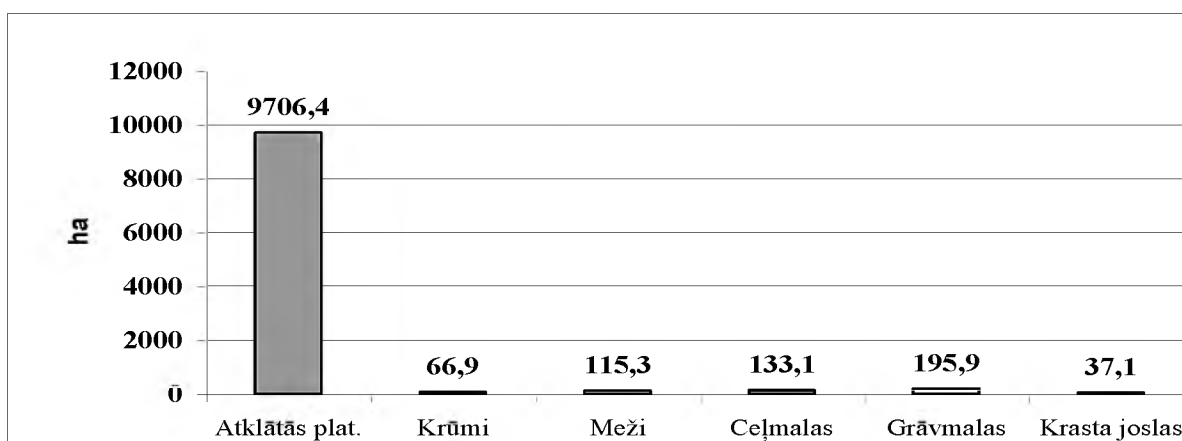
Pateicoties pagājušā gadsimta saimnieciskajām aktivitātēm, vislielākās *H. sosnowskyi* audzes Madonas rajonā ir Barkavas pagasta teritorijā (9450 ha jeb 91% no kopējās *H. sosnowskyi* platības rajonā), kur ir tā vēsturiskais audzēšanas centrs. *H. sosnowskyi* gredzenveidīgi izplatījušies apkārtējos pagastos (Ošupe 399 ha, Murmastiene 330 ha, Prauliena 41 ha), galvenokārt atmatās, gar ceļmalām un ūdens notekām. Pateicoties Teiču rezervāta hidroloģiskajam režīmam, *H. sosnowskyi* nav spējis inficēt tā teritoriju, bet plaši izplatīts tā pierobežas zonā. Atsevišķie *H. sosnowskyi* perēkļi, kas izvietojušies izklaidus pārejā rajona teritorijā, veidojušies: bijušajos skolu kolekcijas lauciņos (Sausnējas pagastā pie Liepkalnes skolas), izgāztuvēs (Varakļānu pagastā), lietojot *H. sosnowskyi* sēklu čemurus dekoratīviem mērķiem. Raksta autors, apmeklējot izmēģinājuma lauku 2002.gada aprīlī pie šosejas Madona- Varakļāni, konstatēja nedēļas laikā divus gadījumus, kad tika ievākti *H. sosnowskyi* stublāji un čemuri dekoratīvām vajadzībām.

Galvenais iemesls, kāpēc *H. sosnowskyi* strauji izplatās, ir lielais neapstrādāto lauksaimniecības zemju īpatsvars Madonas rajona teritorijā.

Sosnovska latvāņa ierobežošanas iespējas

Pašreizējās *H. sosnowskyi* ierobežošanas metodes pamatojas uz izplatības vidi, kur augs tiek kontrolēts, auga lieluma un attīstības stadijas. Ir pieejamas vairākas metodes, ietverot herbicīdu, graužēj dzīvnieku un mehānisko pasākumu lietošanu un to kombinācijas.

Projekta “Latvāņa izplatības ierobežošana Latvijā” Madonas rajona Barkavas pagastā pie Aiviekstes upes Švāna tilta, ceļa Madona- Varakļāni labajā pusē ir ierīkots izmēģinājuma lauks velēnu glejotā podzolētā līdz velēnu glejotā trūdainā augsnē ar granulometrisko sastāvu mālsmilts līdz akmeņainam smilšmālam. Šajā laukā pēc vietējo iedzīvotāju ziņām XX gadsimta 70.gadu beigās tika ierīkots *H. sosnowskyi* lopbarības sējums.



2.att. Ar sosnovska latvāni (*H. sosnowskyi*) piesārņoto platību raksturojums Madonas rajonā

Pirms darbu uzsākšanas tika izvērtēts teritorijā esošo nezāļu segums % - *H. sosnowskyi* tas bija no 65- 90 %, pārējām valdošām nezālēm sekojošs segums: *Urtica dioica* 5- 15%, *Taraxacum officinale* 5- 10%, *Aegopodium podagraria* 2,5- 10%, *Anthriscus sylvestris* 2,5- 5,0%, *Ranunculus acer* 2,5- 5,0%, *Poa pratensis* līdz 2,5 %, *Arctium tomentosum* līdz 2,5%.

Brīvās vietas, starp augstāk minētām nezālēm, aizņēma pavasarī sadīgušie *H. sosnowskyi* dīgsti. Uzskaitot tos pie vidējas biežības konstatēti 720 jaunie augi uz m^{-2} , pie maksimālās biežības - 1260 jaunie augi uz m^{-2} . Turpmāk apskatīsim katru metodi atsevišķi.

Apļaušana

Uzsākot *H. sosnowskyi* apļaušanu maija pirmajā dekādē, tā ir visdrošākā no darba drošības viedokļa, bet šie nopļautie *H. sosnowskyi* vasaras otrā pusē ir jau atauguši un praktiski maz atšķiras no kontroles. Pļaušanas laikā pieliektie, bet nenogieztie *H. sosnowskyi*, guļus vai pusguļus stāvoklī, veido normālus ziedu čemurus un tā centrālajā daļā attīstās pilnvērtīgas sēklas. No sēklām sadīgušo *H. sosnowskyi* dīgstu segums aizņem 25 –30% no platības.

Apļaujot *H. sosnowskyi* divas reizes, to masa ir 40-50 % un garums 50 – 65 % no kontrolē augošiem. Šāda apļaušana veicināja sānu zaru veidošanos pie nopļautā *H. sosnowskyi* pamatnes, daži no tiem veido pat kroplis un samazinātus ziednešus kā tas ir kontrolē. Nopļauto latvāņu *H. sosnowskyi* atmiršanu nevarēja novērot. No sēklām dīgstošo latvāņu *H. sosnowskyi* dīgsti sastāda līdz 40% no platības un kopā ar iepriekšējos gados ataugošiem tie nosedz 90 – 100% platības.

Apļaujot *H. sosnowskyi* trīs reizes, to masa ir 20 - 25 % un garums 20 – 30% no kontrolē augošiem, ziednešu praktiski nav. Nopļautie *H. sosnowskyi* veido spēcīgas rozetes. Labi dīgst un attīstās arī *H. sosnowskyi* no sēklām un tie aizņem 40 – 50 % no platības. Šāda regulāra *H. sosnowskyi* apļaušana aptur tekošā gada sēklu invāziju, bet neiznīcina esošos *H. sosnowskyi* augus. Šādu pašu rezultātu varētu iegūt apļaujot *H. sosnowskyi* vienreiz īsi pirms ziedu čemura atvēršanās, bet šo darbu veikt daudz grūtāk un veselībai bīstamāk. Apļaušanu vēlams kombinēt ar glifosātu tipa herbicīdu lietošanu.

Ķīmiskās metodes

Smidzināts raundaps bio (glifosāts) $5 L ha^{-1}$

Smidzinājuma laikā apstrādātie augi praktiski visi aizgājuši bojā un sakaltuši. Lapas veido tie *H. sosnowskyi*, kuri smidzināšanas laikā vēl nebija izveidojuši lapu virsmu. Spēcīgi sadīguši *H. sosnowskyi* no iepriekšējā gadā izbirušām sēklām un tie aizņem līdz 80 % no platības. To masa ir apm. 10 –15 % no kontroles. Virs *H. sosnowskyi* dīgstiem izaugušas baltās balandas, kas sastāda līdz 50% no platības. Vienreizēja raundapa $5 L ha^{-1}$ lietošana

nodrošina pavasarī sadīgušo *H. sosnowskyi* iznīcināšanu, bet neaiztur no sēklām dīgstošo *H. sosnowskyi* dīgšanu pēc apm.1.5-2 mēnešiem. Tāpat netiek aizturēta citu nezāļu dīgšana iznīcināto *H. sosnowskyi* vietā. Lai radikāli ierobežotu *H. sosnowskyi* un lai samazinātu tiem iespēju augt arī turpmākos gados, pēc raundapa smidzināšanas pavasarī un to atkārtotas sadīgšanas rudenī, jāveic otra smidzināšana rudenī vai augsnes apstrāde ar apvēršanu, pēc tam vislabāk platību apsējot ar augsnes virsmu sedzošu kultūru.

Smidzināts ar raundaps bio (glifosāts) 5 l ha⁻¹ + banvels 4S (dikamba) 0.8 l ha⁻¹

Līdzīgi kā iepriekšējā variantā, smidzinājuma laikā apstrādātie augi praktiski visi aizgājuši bojā un sakaltuši un veido nelielu mulču. Uzskaites brīdī novērojama preparātu antogoniskā pēcdarbība. Saimnieciskā darbība līdzīga kā iepriekšējā variantā.

Smidzināts ar MCPA (metaksons) 3 l ha⁻¹ + banvels 4S (dikamba) 0.8 l ha⁻¹

Smidzināšanas laikā sadīgušie *H. sosnowskyi* bojāti un kropli, it sevišķi kuri apsmidzināti lieli, 90-100%, to masa ap 60 – 65 % no kontroles, to segums 75-90% no kontroles. Izdzīvojušiem *H. sosnowskyi* ziedi (30-40%), ziedu čemuri mazāki kā kontrolē, nedaudz aizkavējusies sēklu nogatavošanās, lapas kroplās, *H. sosnowskyi* dīgsti cietuši, sagriezušies, bet lielākā daļa nav atmiruši. Sekundāri citu divdīgļlapju nezāļu dīgsti variantā maz. Smidzināto herbicīdu lietošana pa jau attīstītu *H. sosnowskyi* audzēm neattaisnojas. Papildus jāveic smidzināšana ar raundapu, jāapļauj vai jāveic augsnes apstrāde.

Smidzināts ar MCPA 3 l ha⁻¹ + banvels 4S 0.8 l ha⁻¹ + applauts 1 reizi (16.07)

H. sosnowskyi būtiski mazāki kā iepriekšējā variantā, reti augi veido ziednešus, pa lielākai daļai tie kropli un mazāki kā iepriekšējā variantā, sēklas neattīstītas. Vērojama izdzīvojušo *H. sosnowskyi* rozešu veidošanās un tās varētu turpināt augt nākošā gadā. *H. sosnowskyi* dīgsti nedaudz bojāti (ap 60%) un izretojušies, jo iepriekš nopļautā masa kalpo kā mulča. MCPA, Banvela lietošanu, kombinējot to ar vienu applaušanu - neattaisnojas.

Smidzināts ar MCPA 3 l ha⁻¹ + banvels 4S 0.8 l ha⁻¹ + applauts 2 reizes (16.07 un 03.08)

Tāpat kā iepriekšējos šā tipa variantos smidzināšanas laikā sadīgušie *H. sosnowskyi* bojāti un kropli. Ziednešu nav, vērojama *H. sosnowskyi* rozešu veidošanās tiem augiem, kas izdzīvojuši un tās varētu turpināt augt nākošā gadā. *H. sosnowskyi* dīgsti, nedaudz bojāti (ap 60%) un izretojušies, jo iepriekš nopļautā masa kalpo kā mulča. Applaušanām - neattaisnojas, vienīgi tiek ierobežota jauno *H. sosnowskyi* sēklu izplatīšanās.

Milagro (Nikosulfons) 1.5 l ha⁻¹ (izsmidzināts 08.06.02)

Preparāts apturējis *H. sosnowskyi* augšanu un izraisa lapu un ziednešu sakalšanu. Aizkavēta *H. sosnowskyi* dīgstu veidošanās un attīstība. Tie ir nelielā skaitā tur, kur smidzināšanas laikā bija lielākie augi un preparāts nenonāca līdz augsnei. Milagro priekšrocība salīdzinot ar raundapu ir tā, ka tas uz *H. sosnowskyi* iedarbojās arī caur saknēm. Milagro smidzināšana, kad *H. sosnowskyi* ir 60-90 cm augsts, nedod pilnīgu un ātru efektu - tā iedarbība ir lēna

Aplikācijas metode ar Raundapu

Aplikācija koncentrācijā 1:2

Nokaltuši visi augi, kurus nosmērēja ar aplikātoru un tie uz kuriem uzpilēja darba šķidrums. Šī metode izmantojama tur, kur ar smidzināšanu nav iespējams strādāt. *H. sosnowskyi* dīgsti spēcīgi sazēlušies. Tie dīgsti, kuriem bija uzpilējis raundaps ir aizgājuši bojā, bet palikuši tie dīgsti un aizņēmuši tukšo vietu un spēcīgi auguši tie, kurus raundaps nav skāris. To garums 35–50 cm. Lai panāktu būtisku *H. sosnowskyi* ierobežošanu strādājot ar

aplikātoru, jārēķinās ar nepieciešanu atkārtot raundapa aplikāciju veģetācijas perioda otrajā pusē.

Aplikācija koncentrācijā 1:3

Variants vizuāli izskatās, līdzīgi kā aplikācijas variantā 1:2, tikai šis variants ir ekonomiskāks.

Aplikācija koncentrācijā 1:5

Vizuāli pie šīs aplikācijas koncentrācijas jūtams neliels iedarbības kritums, tāpēc ar lielāku raundapa atšķaidījumu *H. sosnowskyi* jāatturas aplicēt. Arī *H. sosnowskyi* dīgsti izskatās dzīvīgāki – to garums sasniedzās līdz 50 cm. Praktiski nav starpības starp raundapa un ūdens 1:2, 1:3 un 1:5 aplikācijām.

Segums ar melno plēvi

Šis variants ir viens no veiksmīgākajiem *H. sosnowskyi* apkaršanā. Zem plēves nebija *H. sosnowskyi*, to dīgstu un citu nezāļu. Augsne sīkdrupataina un viegli izmantojama sekojošo kultūru audzēšanai. Šo paņēmieni var izmantot atsevišķu nelielu audžu iznīcināšanai aizsargātās vietās, bet tas ir dārgs un darba ietilpīgs.

Augsnes apstrāde

Arts+kultivēts+sēta viengadīgā airene

Airene ir 70–80 cm gara, vietām spēcīgs piesārņojums ar balto balandu, ir arī dažādas sūrenes, ganu plikstiņi, tūruma nauduļi, panātres u.c. Sējumā esošo *H. sosnowskyi* attiecība pret pārējo masu vērtējama 1:5 (20%:80%). *H. sosnowskyi* šeit ir nedaudz īsāki – 1.6–2.0 m gari, apm.30% no tiem ar ziednešim. 2002.g. apstākļos viengadīgā airene kā starpkultūra sevi neattaisnoja zemās ražības un salīdzinoši lielā piesārņojuma ar platlapju nezālēm.

Arts+kultivēts+sēts eļļas rutks

Eļļas rutka masa pa variantu izlīdzinātāka kā airesnes variantā. Eļļas rutka augums ziedēšanas laikā 80–90 cm. Masa lielāka un biezāka kā airesnes un griķu variantā (vidēji 6 atkārtojumos 26.1 t ha⁻¹). Eļļas rutka dīgsti daļēji cieš no spradžu bojājumiem. Nezāļu mazāk kā airesnes variantā, arī *Poa pratensis* ir mazāki kā pēc seguma, tā masas (apm. 15% no kopējās masas). Atlikušie *H. sosnowskyi* 1.5–1.7 m gari, ziednešus no tiem veido ne vairāk kā 20%, tie ievērojami mazāki kā kontrolē, ar vājāk izveidotām sēklām. *H. sosnowskyi* kopējā sējuma masā izceļas ievērojami mazāk, kā airesnes variantā. 2002.g. apstākļos eļļas rutks uzrādīja labu *H. sosnowskyi* nomākšanas spēju.

Arts+kultivēts+sēti griķi

Griķu augums ziedēšanas laikā 80–100 cm. Griķu masa lielāka kā airesnes variantā. (vidēji 6 atkārtojumos 18.94 t ha⁻¹). Nezāles izceļas mazāk kā airesnes un eļļas rutka variantā. Arī *H. sosnowskyi* ir mazāk kā pēc seguma tā masas, kā tas ir airenē un eļļas rutka variantā (apm.10%), tie mazāk izceļas kā eļļas rutka variantā. Atlikušie *H. sosnowskyi* 1.5–1.8 m gari, no tiem ziednešus veido līdz 10–20%. Tie mazāki un sēklas ir sīkākas. 2002.g. apstākļos griķi sevi attaisnoja kā starpkultūra lopbarībai vai zaļmēslojumam un var tikt izmantota pirmā gadā pēc augsnes uzāršanas.

Secinājumi

1. Madonas rajonā *H. sosnowskyi* visvairāk izplatīts Barkavas, Ošupes, Murmastienes un Praulienas pagastos.

2. Vienreizēja *H. sosnowskyi* applaušana maija mēnesī praktiski nedod rezultātus. Tā obligāti jākombinē ar herbicīda raundapa lietošanu rudenī. 2 un 3 reizēja (*H. sosnowskyi*) applaušana aptur jaunu tekošā gada sēklu invāziju, bet neiznīcina esošos un tie saglabājas nākošiem gadiem.
3. Vienreizēja raundapa 5 l ha⁻¹ lietošana nodrošina pavasarī sadīgušo *H. sosnowskyi* iznīcināšanu, bet neaiztur no sēklām dīgstošo sadīgšanu. Lai radikāli ierobežotu *H. sosnowskyi*, pēc raundapa smidzināšanas pavasarī un to atkārtotas sadīgšanas rudenī, jāveic otra smidzināšana rudenī vai augsnes apstrāde ar apvēršanu.
4. Lietojot herbicīdus raundapu un banvelu 4S maisījumā, novērojām preparātu antogonismu.
5. Herbicīdu MCPA + banvels 4S lietošana pa jau attīstītu *H. sosnowskyi* audzēm neattaisnojas. Tāpat neattaisnojas šo herbicīdu lietošana kombinācijās ar applaušanu
6. Herbicīds milagro iedarbība uz *H. sosnowskyi* jāturpina pēfīt.
7. Segumu ar melno plēvi var izmantot atsevišķu nelielu *H. sosnowskyi* audžu iznīcināšanai aizsargātās vietās, bet tas ir dārgs un darbietilpīgs paņēmieni.
8. *H. sosnowskyi* aplikācijai var ieteikt raundapa atšķaidījumu līdz 1:5, bet, lai panāktu būtisku *H. sosnowskyi* ierobežošanu strādājot ar aplikātoru, jāreķinās ar nepieciešamību atkārtot raundapa aplikāciju rudenī pirms veģetācijas beigām.
9. 2002.g. apstākļos viengadīgā airene kā starpkultūra sevi neattaisnoja zemās ražības un salīdzinoši lielā piesārņojuma dēļ ar dažādām platlapju nezālēm. Eļļas rutks un griķi sevi attaisnoja kā starpkultūra un var tikt izmantota pirmā gadā pēc augsnes uzaršanas. Augsnes apstrāde un starpkultūru audzēšana samazināja *H. sosnowskyi* segumu sējumos par 80 –90 %.

Literatūra

1. Latkovskis P. Sosnovska latvāņa (*Heracleum sosnowskyi*) ekoloģija un kultivēšanas vēsture Barkavā/ kursdarbs. - LU, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Vides zinātnes nodaļa, Rīga, 2000.
2. Dodd F., De Wall L., Wade M, Tiley G. Control and management of *Heracleum mantegazzianum* (Giant Hogweed)// Ecology and Management of Invasive Plants.- John Wiley & Sons Ltd., 1994.
3. Swenson K. *Heracleum mantegazzianum* invasion in Sweden, Ireland, and Scotland <http://www.hort.agri.umn.edu/h5015/99papers/swensen.htm>
4. Tiley G., Philp B. *Heracleum mantegazzianum* (Giant Hogweed) and its control in Scotland// Ecology and Management of Invasive Plants.- John Wiley & Sons Ltd., 1994.

LONG-TERM STABILITY MONITORING OF THE MINING BLOCKS IN ESTONIAN OIL SHALE MINES

Izraktenu bloku ilglaicīgās stabilitātes monitorings Igaunijas degslānekļu raktuvēs

J.-R. Pastarus

Tallinn Technical University, Department of Mining

82 Kopli St, Tallinn, 10412, Estonia

Tel.:+(372)6203850, Fax: +(372)6203696, E-mail: Pastarus@cc.ttu.ee

Abstract

This paper deals with long-term stability prediction and monitoring methods by room-and-pillar mining system. Roof-to-floor convergence and conditional thickness methods suit for calculations. They allow determination of the location, area and time of the collapse in a mining block. The uncertainty in time is less than 10 % at the 95 % confidence level. Roof-to-floor convergence method is preferred; it takes into consideration all the geological and mining feature in the critical area. Conditional thickness method demands supplementary investigations, determination of the influence factors on the process. The applicability of these methods is clearly demonstrated.

Keywords: *larg-term stability, monitoring methods mining blocks.*

Introduction

The mineral wealth of Estonia is located in a densely populated and rich farming district. It is known that the results of mining may suddenly appear on the environment many years later after the end of excavation. The post technological processes of the underground mining caused and will cause in the future a large number of technical, economical, ecological and juridical problems.

The first spontaneous collapse of the pillars and the surface subsidence in an Estonian oil shale mine took place on 1964. Up to present, 73 collapses have been recorded on the area of 100 km². Consequently, the post technological processes continue up to present.

Elaboration of the long-term stability monitoring and prediction methods in the mined out area is the main aim of the present work.

The stability prediction methods by life-time of the pillars (1), statistical methods (2) and rate of the current rock strength (3) are relatively simple and they are not applicable for long-term calculations. For practical application the prediction and monitoring methods by roof-to-floor convergence and conditional thickness are. The uncertainty in time does not exceed 10% at the 95 % confidence level.

Elaborated calculation methods by roof-to-floor convergence and conditional thickness are applicable in different geological conditions. The surface subsidence parameters will be determined by conventional calculation schemes.

The applicability of the roof-to-floor convergence and conditional thickness methods are clearly demonstrated in theory and in situ conditions.

Geology and mining

The commercially important oil shale bed is situated in the north-eastern part of Estonia. The oil shale bed lays in the form of a flat bed having a small inclination in southern direction. Its depth varies from 5 to 150 m. The oil shale reserves in Estonia are estimated approximately at 4 thousand million tons.

The commercial oil shale bed and immediate roof consist of oil shale and limestone seams. The main roof consists of carbonate rocks of various thickness. The characteristics of the certain oil shale and limestone seams are quite different. The strength of the rock increases in the southward direction.

In Estonian oil shale mines the room-and-pillar mining system is used. The field of an oil shale mine is divided into panels, which are subdivided into mining blocks, approximately 300-350 m in width and from 600-800 m in length each. A mining block usually consists of two semi-blocks. The oil shale bed is embedded at the depth of 40-70 m. The room is very stable when it is 6-10 m wide. The pillars in a mining block are arranged in a singular grid.

Mining block stability prediction and monitoring by roof-to-floor convergence

For the analysis, there are two basic approaches to the study the rheological behavior of the materials (4):

1. Macrorheology, which describes the processes and properties of materials phenomenologically.
2. Microrheology, where the attention is focused on the processes and properties of materials at the atomic level, and on how these affect the phenomenological behavior.

For the practical applications, the phenomenological approach for stability calculations is preferred. The analysis is based on the roof-to-floor convergence process of in-situ conditions in a mining block. Roof-to-floor convergence curve takes into consideration all the geological and mining features in the location of the measurement station. Typical roof-to-floor convergence curve (creep) is represented in Figure 1.

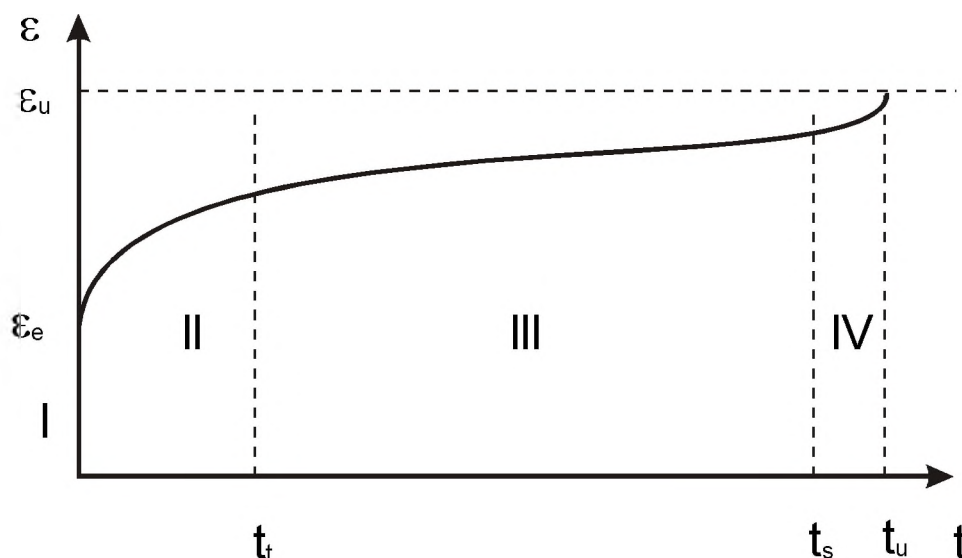


Fig. 1. Roof-to-floor convergence curve

ε – deformation; t – time; ε_u – ultimate deformation at fracture; $\dot{\varepsilon}$ – deformation rate;
 I – elastic deformation ε_e ; II – transient creep $\dot{\varepsilon} < 0$; III – steady-state creep $\dot{\varepsilon} = \text{const}$;
 IV – transient creep before fracture $\dot{\varepsilon} > 0$; t_t – transient creep limit; t_s – steady-state creep limit;
 t_u – time at fracture.

The phenomenological behavior of rocks can be studied using conventional calculation schemes (5, 6). They are cumbersome and time consuming. For practical applications the deformation criterion is suited. If the current deformation $\varepsilon(t)$ reaches the value of ultimate deformation at fracture ε_c for rock ($\varepsilon(t) > \varepsilon_c$), the fracture of the rocks takes place. The applicability of the deformation failure criterion for rocks is demonstrated in the microrheology (7). The deformation criterion is valuable for steady-state creep (5, 6):

$$\frac{d\varepsilon}{dt} t_p = \text{const} \quad (2)$$

where $d\varepsilon/dt$ - deformation rate; t_p - time at the fracture.

Analysis showed that presented method is only applicable for linear rheological model. Investigations of in-situ conditions and laboratory tests have shown that most of rock has linear rheological behavior (5). In the practical application the regions of elastic deformation (I), transient creep (II) and transient creep before fracture (IV) are negligible (Fig.1).

The pillar load and consequently the value of the roof-to-floor convergence depend of the width of the mining block, leading to the concept of the critical width (8). The critical width is the greatest width that the rock above the mine can span before its failure, or, if there are pillars, the width we must mine before the pillars accept the full weight of the overlying materials. For Estonian oil shale mines it is presented by the following empirical formula (3):

$$L \geq 1.2H + 10 \quad (3)$$

where L – critical width, m; H – thickness of the overburden rock, m.

In the three-dimensional case, the critical width transforms into critical area. It means that the influence of the overburden rock on the value of the roof-to-floor convergence is connected with the critical area.

Investigation showed that the life-time prediction of the pillars is possible to perform by two methods:

1. Deformation rate method. It bases on the deformation rate of steady-state creep and it is preferred for the calculations. The uncertainty in time is less than 10 % at the 95 % confidence level. Pillar life-time prediction equation is derived from formula (3):

$$t_p = \frac{\varepsilon_u - \varepsilon_0}{\dot{\varepsilon}} \quad (4)$$

where $\dot{\varepsilon} = d\varepsilon/dt$ – deformation rate; ε_0 – ultimate deformation at stabilized strength.

2. Deformation method at fixed time. Method uses the absolute value of the roof-to-floor convergence at fixed time. Uncertainty in time in this case is larger than by deformation rate method.

The roof-to-floor convergence can be measured of in-situ conditions by means of extensometers in the mining blocks. If a mining block is abandoned, the access in one is closed. In shallow mines (depth less than 100-150 m) it is possible to perform the measurements on the surface, using the conventional or modern (GPS) equipments.

On the other hand the dimensions of the mining block determine the quantity of the measured points (40...50) for determination the roof-to-floor convergence. Only in this case it is possible to catch the collapse center inside a mining block.

Analysis by roof-to-floor convergence deformation rate method was made for 5 mining blocks (the mines Ahtme and Viru). The investigation results for mining block No. 62, mine Viru are presented below. The commercial oil shale bed of the thickness of 2.8 m is embedded at the depth of 45 m. Mining block is bordered by barrier pillars. A spontaneous collapse of the pillars in the left mining semi-block took place 3.8 years after the beginning of exploitation. It reached the surface. The area of destruction was about 3000 m². The deformation rate of the roof-to-floor convergence was 17.1 mm per year. The prediction time of the mining block collapse is 4.1 years. The relative uncertainty in time is 7.9 % at the 95 % confidence level.

Mining block stability prediction and monitoring by conditional thickness method

For the analysis the concept of critical area, methods of conditional thickness and sliding rectangle were used (1, 3). They suit for modeling on PC. Conditional thickness represents the height of a prism whose cross-section equals the pillar cross-section area. It is

related to the load on a pillar. If the load is too much for the pillars, a sudden failure is likely. The concept of the critical area is presented in the chapter 3. By the sliding rectangle method, the average conditional thickness of the critical area must be determined for all positions inside a mining block. The results are presented by conditional thickness contours. The uncertainty in conditional thickness does not exceed 5 % at the 95 % confidence level.

The analysis by conditional thickness method was performed for 14 mining blocks (the mines Ahtme, Viru and Estonia). The investigation results of the mining block No. 101 of the mine Estonia are given below (Fig.2). The commercial oil shale bed of the thickness of 2.8 m is embedded at the depth of 61 m. Mining block is bordered by barrier pillars. Analysis shows that there are three centers of a potential collapse in the case of the conditional thickness $C > 340$ m. Unfortunately, the conditional thickness takes into consideration only the geometrical parameters of the room and pillar.

It is visible that presented stability prediction method is cheaper and simpler for practical application than roof-to-floor convergence one. The method bases on the analysis of the conditional thickness contours on the map of a mining block. By the calculations, it must take into consideration the influence of the geological conditions and rock properties on the stability of a mining block (superposition principle). Elaboration of this method is cumbersome, time consuming and demands exact knowledge about the processes in the rock massive and constructions. For the practical application it is necessary to perform the classification of the influence factors on the conditional thickness parameter.

1. Influence of the barrier pillars and rock massive on the stability of the pillars.
2. Load distribution between the pillars by different cross-sectional area.
3. The layers thickness and strength influence on the stability of the pillars.
4. Influence of the faults on the process.

The results of the investigations are presented below. Theoretical investigations and modeling on PC (FLAC-program) show that the influence zone of the barrier pillars and rock massive is equal to half of the critical width. In this zone the load on the pillars is less than in the center of a mining block. Consequently, the collapse does not begin in this zone.

It is known that the strength of the rock increases in the southward direction. Analysis showed that the strength of the pillars increases 1.4 times by the depth of excavation from 40 to 70 m. For calculation the real value of the conditional thickness, using the pillar strength influence on the process, we can get the following formula:

$$C_r = \frac{C}{K_s} \quad (5)$$

where C_r – real conditional thickness, m; C – calculated conditional thickness, m; K_s – ratio of the strength of a pillar, depending on the excavation depth.

Presented calculation method allows taking into consideration all the influence factors on the conditional thickness parameters. It gives the real situation of a mining block and suits for monitoring. Method is applicable for practical purposes.

In the future it must determine all the influence factors on the stability of the pillars and take they into consideration by calculation the conditional thickness parameters. Method demands supplementary investigations.

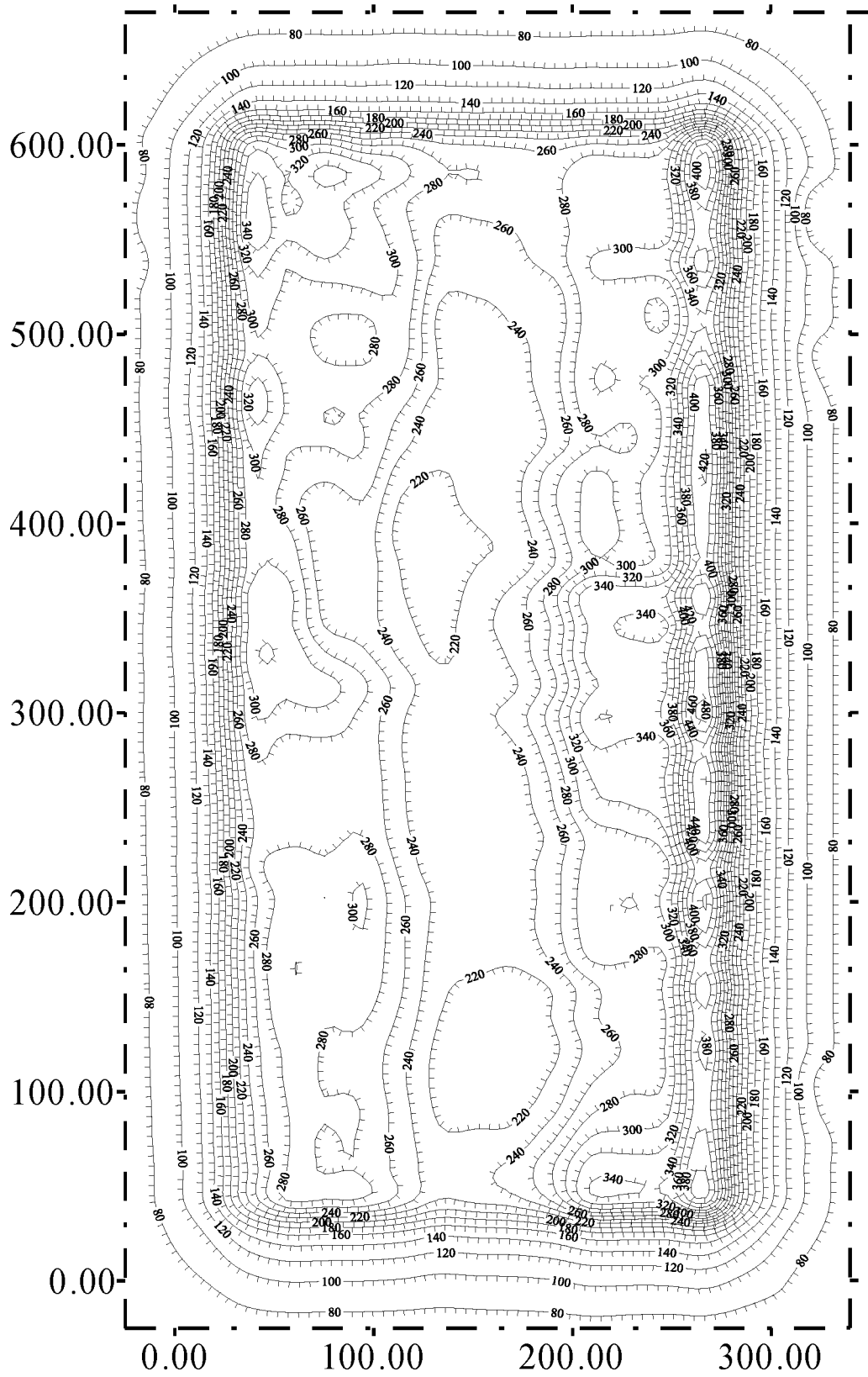


Fig. 2. Conditional thickness contours of the Estonia mine, block No. 101

Conclusions and recommendations

1. The problem of the post technological processes on the environment is very actual in a densely populated and intensely farmed district, like NE Estonia.
2. The applicability of the roof-to-floor convergence and conditional thickness methods for long-term mining block stability prediction is demonstrated in theory. The practical application of these methods is demonstrated of in-situ conditions. The uncertainty in time is less than 10 % at the 95% confidence level. These methods are of particular interest for practical purposes.
3. Methods allow determining the mining block collapse time, location, and area. The surface subsidence parameters can be calculated by conventional calculation schemes.
4. Prediction methods by roof-to-floor convergence and conditional thickness are applicable in different geological condition, where the room-and-pillar mining system is used. Roof-to-floor convergence method is suited for underground constructions monitoring.
5. Further investigations are aimed at the roof-to-floor convergence deformation method at fixed time and modification of the conditional thickness method.

Estonian Science Foundation (Grant No. 5164, 2002-2005) supported the research.

References

1. Pastarus, J.-R., Nikitin, O. Mining block stability estimation in Estonian oil shale mines. Proc. of the International Symposium on Geotechnical Issues of Underground Space Use for Environmentally Protected World. Dnipropetrovsk, Ukraine, 26-29 June 2001, NMUU/Dnipropetrivsk, 2001, p.121-125.
2. Pastarus, J.-R., Tomberg, T. Mining block stability analysis in Estonian oil shale mines by statistical methods. . Proc. of the 3rd International Conference "Environment. Technology. Resources." Rezekne, Latvia, June 19-21, 2001, p.132-137.
3. Pastarus, J.-R., Toomik, A. Roof and pillar stability prognosis in Estonian oil shale mines. Rock Mechanics. Proc. of the ISRM Regional Symposium EUROCK 2001 "Rock Mechanics a challenge for society". Espoo, Finland, 4-7 June 2001, A.A.Balkema/Lisse/Abingdon/Exton (PA)/Tokyo, 2001, p.849-853.
4. Ranalli, G. Rheology of the Earth. Chapman & Hall. London/Glasgow/New York, Tokyo/ Madras. 1995, 413 p.
5. Erganov, G.S., Saginov, A.S., Gumenyuk, G.N., Veksler, Y.A., Nesterov, G.A. Creep of the sedimentary rocks. Nauka. Alma-Ata, 1970, 208 p. (in Russian)
6. Bulychov, N. Mechanics of underground constructions. Nedra. Moscow. 1989. (in Russian)
7. Rosenbeg, V.M. Creep of metals. Metallurgia. Moskow. 1967, 157 p. (in Russian)
8. Parker, I. 1993. Mine pillar design in 1993: Computers have become the opiate of the mining engineers. Mining Engineering, London, July and August 1993: 714-717 and 1047-1050.

KOMBINĒTO MAŠĪNU AUGSNES APSTRĀDEI, MĒSLOŠANAI UN GRAUDAUGU SĒJAI EKONOMISKAIS UN EKOLOĢISKAIS NOVĒRTĒJUMS

Technical, Economical and Ecological Estimation of Up-To-Date Combined Soil Tillage, Fertilising and Sowing Machines

U. Pinnis, Ā. Ruciņš, A. Vilde, S. Cēsniņš

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Ulbrokas Zinātnes centrs,

Institūta iela 1, Ulbroka, Rīgas rajons, LV-2130, Latvija

tālrunis: +371-7910987, +371-7910879; fakss: +371-7910873; E-mail: uzc@delfi.lv

Abstract

Comparative studies have been carried out to estimate the possibilities, purposefulness and efficiency of combine soil tillage, fertilising and sowing machines and units for field crops used on peasant farms under the Baltic conditions. It is found out that most widely used machines and units are aggregates combining pre-sowing tillage of soil (combined cultivators, or revolving power harrow), mineral fertiliser application (pneumatic distributors) and grain sowing (pneumatic, or mechanical sowing machines). As to the agrotechnical terms, the ploughing-sowing aggregates may have limited application. The most suitable are tractor-mounted machines. For combined aggregates preference should be given to more powerful tractors having frontally mounted equipment as well. In contrast to single-operational machines, the use of combined aggregates removes the weather risk, improves the quality of work, raises their efficiency, reduces the consumption of energy and fuel (accordingly, the amount of harmful exhaust gases) and cuts the total costs by 10-18 %.

For agrotechnical, energetic, economical and ecological considerations the up-to-date combined aggregates of soil tillage; fertiliser application and sowing are efficient and should be widely introduced on the farms of Latvia.

Keywords: soil tillage, fertiliser application, grain sowing, combined machines, classification of machines.

Ievads

Analizējot tradicionālas graudaugu audzēšanas tehnoloģijas vairuma zemnieku saimniecību nākas konstatēt, ka augsnes sagatavošana, kas ietver nezāļu iznīcināšanu, augu atlieku un mēslojuma iestrādi, augsnes iridnāšanu ar vai bez apvēršanas, augsnes virskārtas izlīdzināšanu un pievelšanu tiek veikta pakāpeniski ar vienkāršām lauksaimniecības mašīnām. Līdz ar to agregātu braucienų skaits, lai sagatavotu augsni sējai un iesētu, parasti ir ne mazāks kā 5 reizes, bet atsevišķos gadījumos (piemēram, nelabvēlīgu metroloģisko apstākļu ietekmē) tas ir pat lielāks.

Tas nelabvēlīgi ietekmē graudaugu ražību, jo palielinās augsnes sablīvēšana pakāpe, īpaši lauka galos uz pagriezienu joslām, un sablīvētās platības daļa no kopējās platības, kuru izraisa ar traktora riteņiem. Ir pētījumi, kuri pierāda, ka riteņu sablīvējuma vietas aizņem līdz 40 % no kopējās lauka platības, bet graudaugu raža sablīvējuma vietās ir 15-20 % mazāka [1].

Otrkārt, pielietojot graudaugu audzēšanā vienkāršās lauksaimniecības mašīnas ievērojami palielinās degvielas patēriņš, kuru izraisa augsnes papildus pretestība sablīvētās lauka vietās, lai to apstrādātu. Degvielas patēriņu palielina katra lieka traktora pārvietošanās, īpaši, apstrādājot irdeni augsni. Bez tam, agregējot traktoru ar nelielas vilces pretestības lauksaimniecības mašīnām (piemēram, lobītājiem, ecēsām, izklīdētājiem utt.), parasti, dažādu faktoru dēļ, to darba platums vai tilpums ir mazāki par optimālajiem un līdz ar to nepietiekoša dzinēja noslodze palielina degvielas patēriņu.

Treškārt, pielietojot vienkāršās augsnes sagatavošanas un sējas mašīnas, ja ir ierobežots traktoru skaits, ne vienmēr ir iespējams veikt augsnes sagatavošanu labā kvalitātē un iekļauties sējas optimālajos agrotehniskos termiņos. Pētījumu rezultāti ir apliecinājuši, ka katra nokavēta sējas diena samazina graudaugu ražu par 0.05 t/ha [2].

Tā kā augsnes sagatavošana un labības sēja aizņem līdz 43% no kopējās darbietilpības labības audzēšanā tehnikas un tehnoloģijas attīstība šī virzienā ir vērsta uz darba ražīguma paaugstināšanu, energoietilpības un degvielas patēriņa samazināšanu. Darba ražīgumu paaugstina, pielietojot lielākas jaudas traktoros un komplicētākas lauksaimniecības mašīnas, kuras vienā vai pāris agregātu braucienos veic pilnīgu augsnes sagatavošanu un sēju.

Pēc tehnoloģiskām operācijām un agrotehniskās savietojamības visas zināmās kombinētās mašīnas var iedalīt piecās grupās (sk. 1. att.). Kombinēto mašīnu varianti vienā grupā ir vairāki, bet tie atšķiras ar tehnoloģiskām operācijām. Piemēram, pirmajā grupā ir kombinētās mašīnas, kas veic aršanu un pievelšanu, šļūkšanu ar irdināšanu, kultivēšanu ar irdināšanu, bet visas tās veic tikai augsnes apstrādi.

Efektīvākās ir trešās grupas kombinētās mašīnas, kuras veic augsnes apstrādi, mēslošanu un sēju. Šīs grupas kombinēto mašīnu ekspluatācijas izmaksas, darbietilpība un degvielas izlietojums atkarībā no sējplatības lieluma ir aplūkotas pētījumu turpmākajā daļā.

Metode

Ekspluatācijas izmaksu noteikšanai pielieto formulu, kura ir pārveidota tā, lai lauksaimniecības mašīnu un traktora gada noslodzē ievērtētu sējplatības lielumu.

$$I_{ek} = \frac{B_t a_t}{TW_{ek}} + \frac{B_m a_m}{L} + \frac{1}{W_{ek}} (S_t + N_e k q C_d), \quad (\text{Ls/ha}), \quad (1)$$

kurā, W_{ek} – darba ražīgums ekspluatācijas laikā, ha/h,

B_t , B_m – traktora, mašīnas cena, Ls,

a_t , a_m – Atskaitījuma % traktora, mašīnas atjaunošanai,

T – Traktora kopējais izmantošanas laiks gadā, h,

L – sējplatības lielums, ha

S_t – traktorista darba samaksa, Ls/h,

N_e – traktora dzinēja efektīvā jauda, KW,

k – traktora dzinēja jaudas izmantošanas koeficients,

q – traktora dzinēja īpatnējais degvielas patēriņš, kg/kw h,

C_d – degvielas kompleksā cena, Ls/kg (ievērojot eļļas patēriņu 7,5 % no degvielas patēriņa).

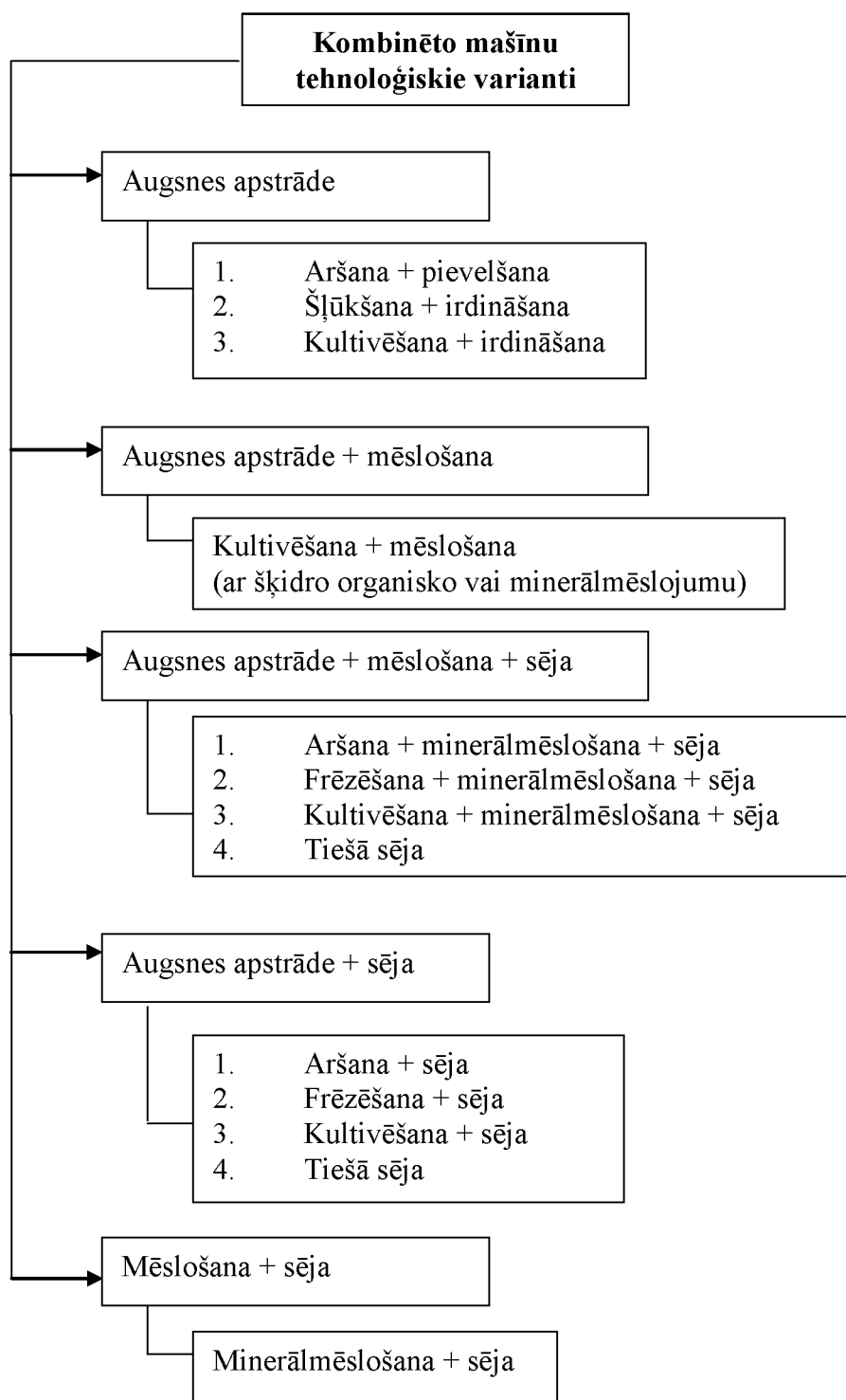
Traktora kopējo izmantošanas laiku var aprēķināt summējot tā izmantošanas laiku atsevišķos darba veidos:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i, \quad (\text{h}), \quad (2) \quad T_i = \frac{Q_i}{W_{i.ek}}, \quad (\text{h}), \quad (3)$$

kurā, Q_i – i -tā darba apjoms,

$W_{i.ek}$ – agregāta ekspluatācijas darba ražīgums i -tā darba veikšanā.

Traktora kopējā izmantošanas laikā T ieskaita arī laiku kurā ar traktoru veic darbus, kuri nav saistīti ar augkopību, piemēram, transporta darbus, ceļu tīrīšana vai remontu, mežu izstrādi utt. Ja tas nav zināms, tad to aprēķina (formula 3).



1.att. Kombinēto mašīnu tehnoloģiskie varianti augsnes sagatavošanai un sējai

Par bāzes variantu pieņemta augsnes sagatavošanas un sējas tehnoloģija, kad visus darbus veic ar vienoperāciju mašīnām: Par salīdzināšanas objektiem izvēlētas sekojošas augsnes apstrādes un sēšanas tehnika:

1. Augsnes aršana - maiņvērsējarkls ES-80-5k ar "Packomat", pamatmēslošana - minerālmēslu izklieģētājs DS-M, augsnes irģināšana - kultivators TLA ar 6m darba platumu un sēģana - pneimatiskā sējmaģģina DA ar 4m darba platumu. Visas maģģinas agregģtģ ar CASE traktorģ, kura dzinģģja jauda ir 135 ZS.

Par izpētes variantiem izvēlētas tādas augsnes sagatavošanas un sējas tehnoloģijas, kurām nepieciešams minimāls kombinēto mašīnu pielietojums.

2. Augsnes aršana reizē ar augsnes virskārtas blīvētāju un sēšanu pielietojot arklus/sējmašīnu "Packomat Seeder" ar četrkorpusu maiņvērsējarklu ES-80-4k. To agregātē ar CASE traktoru ar dzinēja jaudu 150 ZS
3. Augsnes aršana ar maiņvērsējarklu ES-80-5k ar "Packomat" un sēšana reizē ar augsnes pirmssējas apstrādi un pamatmēslojuma iestrādi pielietojot kultivatoru/sējmašīnu KLA ar darba platumu 4m. Agregātē ar CASE traktoru ar dzinēja jaudu 135 ZS

Tehnikas cenas ir ņemtas no tehnikas kataloga [3].

Visi agregātu varianti parādīti tabulā 1.

Tabula 1.

Agregāti

	Bāzes agregāti	Perspektīvie agregāti	
	Arklis Izkliedētājs Kultivators Sējmašīna	Arklis/sējmašīna	Arklis Kultivators/sējmašīna
Varianta Nr.	1	2	3
Traktors Jauda, ZS	Case 135	Case 150	Case 150
Lauksaimniecības mašīnas	Kverneland Arklis ES-80-5k Izkliedētājs DS-M Kultiv. TLA-6 Sējmašīna DA-4	Kverneland Arklis ES-80-5k Packomat/Seeder	Kverneland Arklis ES-80-5k Kultiv/sējmašīna KLA
Sējmašīnas darba platums, m	4	1.6	4
Sējmašīnas darba ražīgums, ha/h	2.8	0.96	2.6
Pamatlīdzekļu vērtība, Ls	64900	63500	63600

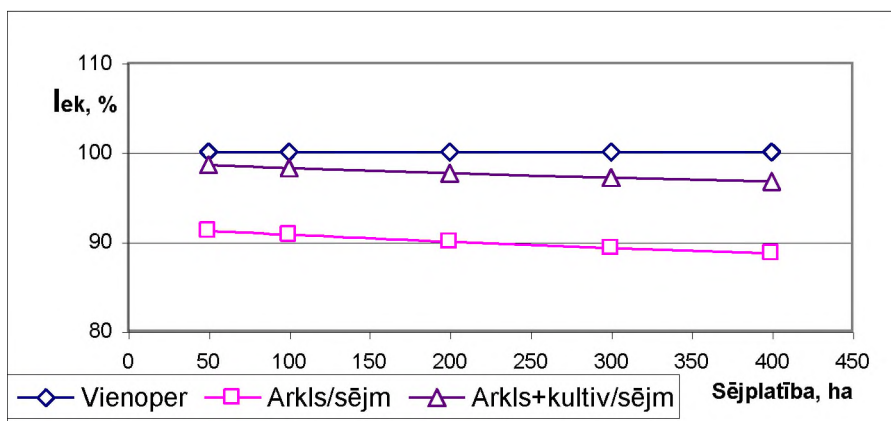
Rezultāti iegūti izmantojot datortehniku ar atbilstošu programmu.

Šo pētījumu metodikā nav ietvertas mūsdienu sēšanas kvalitātes ietekme uz ražu un izmaksām.

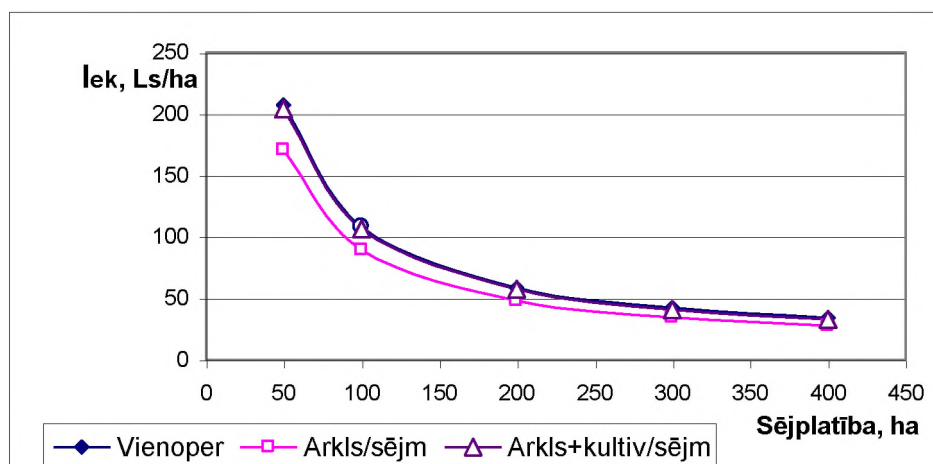
Rezultāti

Ja arklus/sējmašīnu agregātē ar tādas pat jaudas traktoru kā pārējās mašīnas, tad ekspluatācijas izmaksas ir par 18 % zemākas salīdzinājumā ar vienoperāciju mašīnu pielietošanu, bet no tehniskā viedokļa piemērotāks ir traktors ar dzinēja jaudu 150 ZS. Tā kā šī traktora cena ir par 7300 Ls lielāka, tad arī ekspluatācijas izmaksas ir lielākas, tāpēc vidēji tās ir par 10 % zemākas salīdzinājumā ar vienoperāciju mašīnu pielietošanu (sk. tab. 2, un 2 a. att.).

Pielietojot arklus un kultivatorus/sējmašīnu ekspluatācijas izmaksas ir par 3-4% zemākas salīdzinājumā ar vienoperāciju mašīnu pielietošanu. Šī agregāta ekspluatācijas izmaksas ir samērā augstas sakarā ar kombinēto mašīnu augsto cenu attiecībā pret vienoperāciju mašīnām.



a



b

2.att. Eksploatācijas izmaksu izmaiņa atkarībā no sējplatības lieluma; a - relatīvā, b - absolūtā

Tabula 2.

Agregātu darba rezultāti

Sējplatība ha	Vienoperāciju mašīnas		Arkls/sējmašīna		Arkls+ kultiv/sējmašīna	
	Ls/ha	%	Ls/ha	%	Ls/ha	%
50	207.2	100	188.9	91.2	204.3	98.6
100	108.1	100	98.1	90.7	106.3	98.3
200	58.6	100	52.7	90.0	57.3	97.7
300	42.1	100	37.6	89.3	40.9	97.1
400	33.9	100	30.0	88.7	32.7	96.7
	Darbietilpība					
	h/ha	%	h/ha	%	h/ha	%
	1.58	100	1.11	70.2	1.29	81.8
	Degvielas izlietojums					
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
	27.9	100	23.1	82.9	25.7	92.3

Būtiska kombinēto agregātu pielietošanas priekšrocība ir tā, ka ievērojami samazinās darbietilpība. Pielietojot arklu/sējmašīnu darbietilpība samazinās par 30 %, bet

kultivatoru/sējmašīnu par 18 % salīdzinājumā ja pielieto vienoperāciju mašīnas. Tas ir ļoti būtisks faktors pavasara sējas laikā, lai to paveiktu labākos agrotehniskos termiņos.

Analizējot ekspluatācijas izmaksu izmaiņu atkarībā no sējplatības lieluma, konstatējam, ka palielinoties sējplatībai tās samazinās. Sējplatības lielumu ierobežo sējas agrotehniskie termiņi, kurā ar vienoperāciju vai kombinēto mašīnu komplektu var iekļaut augsnes sagatavošanu un sēju. Optimālās sējplatības lielums sējai ar kultivatoru/sējmašīnu ir 300-400 ha, arklu/sējmašīnu – 250-300 ha pavasarī.

Ja sējplatība ir mazāka par 200 ha, tad ievērojami pieaug ekspluatācijas izmaksas un šo agregātu pielietošana var kļūt neekonomiska.

Kombinēto augsnes sagatavošanas un sējas agregātu pielietošana samazina dīzeļdegvielas patēriņu. Salīdzinot minētos kombinētos agregātus ar vienoperāciju agregātu pielietošanu dīzeļdegvielas izlietojums ir par 18-23 % mazāks (sk. tab. 2.). Līdz ar to ievērojami samazinās ekoloģiskais piesārņojums.

Secinājumi

1. Kombinēto agregātu tehnoloģisko variantu klasifikācija pielietojama optimālo augsnes sagatavošanas un graudaugu sējas tehnoloģiju un tehnikas izvēlei.
2. Kombinēto mašīnu pielietošana samazina ekspluatācijas izmaksas līdz 18 %, darbietilpību augsnes sagatavošanā un sējā līdz 30 % un degvielas izlietojumu par 18-23%.
3. Ja sējplatība ir mazāka par 200 ha arkla/sējmašīnas vai kultivatora/ sējmašīnas ekspluatācijas izmaksas ievērojami pieaug.

Literatūra

1. Межалс Г.В., Курчин А.А. Уплотнение почв и вопросы мелиорации.- Сб.н.т. Вопросы мелиорации избыточного увлажнения земель в Латвийской СССР. Елгава: 1982, с. 107-115.
2. Graudkopja rokasgrāmata / Sast. O. Sīviņš. R./Avots, 1984.-307 lpp.
3. Katalogs. Lauksaimniecības tehnika Latvijā 1997/1998. Ozolnieki. 1998. 80 lpp.

KOMPOSTĒŠANAS TEHNOLOĢIJU ENERĢĒTISKAIS NOVĒRTĒJUMS

Energy Effectiveness Assessment of Composting Technologies

I. Plūme

Latvijas Lauksaimniecības universitāte,
Tehniskā Fakultāte, Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV-3001
Tel: 30-80674, fax: 30-27238, E-mail: imants@cs.llu.lv

Abstract

The incorrect biomass composting improperly results in considerable emission of greenhouse gases, loss of effluent and composting heat into environment. The composting heat and gases utilisation is especially suitable for plant enrichment and heating of greenhouses. The mathematical model is worked out for assessment of energy effectiveness and sustainability of biomass composting process. Coefficient of energy effectiveness for traditional litter manure composting technologies is 0.45 and can be increased up to 1.50 if the effluent, composting heat, carbon dioxide and ammonia were utilised during the composting cycle.

Keywords: *composting, energy utilisation, effectiveness assessment.*

Ievads

Cilvēka dzīves kvalitātes nodrošināšanai no ekosistēmas nepieciešams iegūt noteiktu pārtikas, izejvielu, enerģijas un citu resursu daudzumu. Pieejamo fosilās enerģijas avotu straujais izsīkums potenciāli samazina nākamo paaudžu enerģētisko nodrošinājumu. Pēc ANO Vides Programmas novērtējuma zemes nevērīgas apsaimniekošanas un ūdens trūkuma rezultātā pasaulē katru gadu 10 miljoni hektāru auglīgas augsnes pārvēršas tuksnesī un augšņu degradācija pasaulē ietekmē 2.3 miljardus cilvēku. Augsnes degradācijas problēmas ir aktuālas arī Latvijā, jo vidējais humusa saturs augsnēs ir tikai 1.2-1.8 %. Nemainīgas augsnes auglības uzturēšanai augsnē gadā būtu jāiestrādā ne mazāk kā 10 tonnas svaigu kūtsmēsli vai 7 tonnas daļēji sadalījušās organiskās vielas [1]. Pēdējo gadsimtu laikā ražošanas koncentrācijas un urbanizācijas procesu rezultātā arvien lielākas biogēno elementu plūsmas ar notekūdeņiem noplūst zemāk esošajās ūdenstilpēs un tiek koncentrētas atkritumu izgāztuvēs. Ekosistēmas ilgtspējības palielināšanai nepieciešams ieviest kompostēšanas tehnoloģijas biomasu konversijai un iestrādei augsnē ar vismazāko enerģijas patēriņu. Daudzas valstis ir izvirzījušas par tuvāko gadu uzdevumu atgriezt aprites ciklā 25–50 % no kompostējamās biomasas plūsmas, kas patreiz nonāk izgāztuvēs.

Kompostēšana ir videi draudzīga un resursus saglabājoša organisko vielu konversija un stabilizācija bioloģisko procesu rezultātā. Baktērijas, sēnes un augsnes dzīvnieki sadala organisko vielu izmantojot biomasā esošo slāpekli, oglekli un citus elementus. Kompostēšanas procesā izdalās zemas temperatūras siltums un augu barības vielas saturošas gāzes. Aerobās kompostēšanas process efektīvi norisinās pie maisījuma temperatūras 35–60 °C, mitruma 40–60 %, blīvuma 300–700 kg/m³, oglekļa:slāpekļa (C:N) attiecības 20–30:1 un skābekļa koncentrācijas lielākas par 5 %. Skābekļa piegādei pielieto komposta aktīvo, pasīvo aerāciju vai arī to regulāri pārjauc pēc katrām 2-6 nedēļām. Komposta C:N attiecību, mitrumu un blīvumu regulē sajaucot atšķirīga ķīmiskā sastāva, mitruma un blīvuma izejmateriālus. Komposta ķīmisko īpašību (C:N attiecība, minerālvielu sastāvs, vides reakcija u.c.) uzlabošanai izmanto minerālmēsli, mikroelementu un kaļķošanas materiālu piedevas. Komposta bioloģisko īpašību (mikroorganismu sastāvs, skaits) uzlabošanai pielieto mikroorganismu preparātu piedevas augu aizsardzībai, augsni, vitamīnu ražošanai un gaisa slāpekļa piesaistīšanai. Kompostā un minerālmēslis ietvertu augu barības vielu (slāpekļa, fosfora un kālija) cenu salīdzinājums nedod pilnīgu priekšstatu par kompostēšanas tehnoloģiju

priekšrocībām, jo ekosistēmas maksimālu ilgtspējību visvairāk ietekmē kompostēšanas cikla kopējā energoefektivitāte.

Energoefektivitātes novērtēšanas metodes

Kompostēšanas energoefektivitāte izmantojama tehnoloģiju savstarpējai salīdzināšanai un to ietekmes uz vidi novērtēšanai. Iespējami objektīvam kompostēšanas tehnoloģiju raksturojumam nepieciešams sastādīt enerģētisko bilanci visam komposta ražošanas un izmantošanas ciklam. Kompostēšanas process no ekosistēmas ilgtspējas viedokļa ir izvērtējams ilgstošā periodā no komposta izejvielu ieguves līdz komposta izmantošanas beigām, t.i. līdz augi ir izmantojuši kompostā ietvertās augu barības vielas un beigusies komposta stimulējošā ietekme uz augu attīstību. Pilna kompostēšanas cikla enerģētiskās efektivitātes koeficients R ir kompostēšanas procesā un komposta izmantošanā iegūtās enerģijas attiecība pret kompostēšanas ciklā patērēto enerģiju:

$$R = \frac{Q_q + Q_c + Q_a}{E_z + E_t + E_e + E_d} \quad (1)$$

kur, Q_q - kompostēšanas procesā izdalītais siltuma daudzums, MJ; Q_c - kompostā, izmantotajās notecēs un gāzēs ietvertu augu barības elementu ekvivalentā enerģija, MJ; Q_a - komposta pielietošanas rezultātā neiestrādāto augu aizsardzības un augu augšanu veicinošo līdzekļu ekvivalentā enerģija, MJ; E_z, E_t, E_e, E_d - enerģijas patēriņš kompostēšanas ciklā attiecīgi izejvielām, tehniskajiem līdzekļiem, energoresursiem un darbaspēkam, MJ.

Kompostēšanas ciklā patērētā enerģija

Komposta izejvielu enerģiju var izteikt kā izejmateriālos ietvertu augu barības vielu un bioloģiski aktīvo komposta piedevu rūpnieciskai ražošanai patērēto enerģiju summu:

$$E_z = \sum_{i=1}^n e_{mi} M_{mi} + \sum_{j=1}^m e_{pj} M_{pj} \quad (2)$$

kur, $i = 1, 2, \dots, n$ un $j = 1, 2, \dots, m$ - attiecīgi i -tās augu barības vielas un j -tās bioloģiski aktīvās piedevas kārtas numuri; e_m, e_p - attiecīgi augu barības vielas un bioloģiski aktīvās piedevas rūpnieciskai ražošanai patērētā ekvivalentā enerģija, MJ/kg; M_m - augu barības vielas masa komposta izejmateriālos, kg; M_p - bioloģiski aktīvās piedevas masa komposta izejvielās, kg.

Enerģijas patēriņu tehniskajiem līdzekļiem (būvēm, iekārtām, inventāram) kompostēšanas procesa nodrošināšanai aprēķina:

$$E_t = \sum_{i=1}^n e_{ti} M_{ti} \Theta_{ti} \quad (3)$$

kur, $i=1, 2, \dots, n$ - tehniskā līdzekļa kārtas numurs; e_t - tehniskā līdzekļa izmantošanas enerģētiskais ekvivalents, MJ/h·kg; M_t - tehniskā līdzekļa masa, kg; Θ_t - tehniskā līdzekļa izmantošanas laiks, h;

Energoresursu patēriņš biomasas kompostēšanas ciklā:

$$E_e = \sum_{i=1}^n e_{fi} M_{fi} + \sum_{j=1}^m E_{fj} \quad (4)$$

kur, $i = 1, 2, \dots, n$ un $j = 1, 2, \dots, m$ - attiecīgi degvielas un elektroenerģijas patērētāja kārtas numurs; e_f - degvielas enerģētiskais ekvivalents, MJ/kg; M_f - patērētās degvielas masa, kg; $E_l - j$ -tā patērētāja elektroenerģijas patēriņš, MJ.

Darbaspēka ekvivalentā enerģija:

$$E_d = \sum_{i=1}^n e_{di} c_{di} \quad (5)$$

kur, $i = 1, 2, \dots, n$ - darbaspēka kārtas numurs; e_d - darbaspēka enerģētiskais ekvivalents, MJ/h; c_d - cilvēkstundu skaits, h.

Kompostēšanas ciklā iegūtā enerģija

Tehnoloģiju energoefektivitātes paaugstināšanai daļu no compostēšanas procesā radītās siltuma enerģijas ieteicams lietderīgi izmantot grīdu apsildīšanai, ražas žāvēšanai, siltumnīcu apsildei un citām vajadzībām. Compostēšanas procesā izdalītais siltums Q_q :

$$Q_q = k_m m_o k_q q_c \quad (6)$$

kur, k_m - komposta sausnas samazināšanās koeficients; m_o - komposta sausna compostēšanās perioda sākumā, kg; k_q - komposta siltuma enerģijas lietderīgas izmantošanas koeficients; q_c - compostēšanās procesā izdalītais siltuma daudzums uz vienu kilogramu sadalītās sausnas, MJ/kg.

Composta sausnas samazināšanās koeficients compostēšanās periodā:

$$k_m = \frac{m_{sov}}{m_0} \quad (7)$$

kur, m_{sov} - bioloģiski sadalītās organiskās vielas daudzums compostēšanās periodā, kg. Compostēšanas periodā sadalīto sausnu var aprēķināt, ja zināms maisījuma pelnu saturs compostēšanas perioda sākumā un beigās:

$$m_{sov} = m_0 - m_{p(\theta)} \left(\frac{100}{\% p(\theta)} \right) \quad (8)$$

kur, $m_{p(\theta)}$ - komposta pelnu masa compostēšanās perioda sākumā, kg; $\% p(\theta)$ - pelnu saturs procentos pēc compostēšanās laika θ .

Composta siltuma enerģijas izmantošanas koeficients:

$$k_q = \frac{q_l}{q_l + q_g + q_z} \quad (9)$$

kur, q_l - lietderīgi izmantotā compostēšanas siltuma enerģija, J; q_g - gaisa uzsildīšanai un ūdens iztvaikošanai patērētā siltuma enerģija, J; q_z - siltuma enerģijas zudumi caur komposta tīlpnes sienām, J.

Siltuma zudumi gaisa uzsildīšanai un ūdens iztvaikošanai compostēšanās procesā:

$$q_g = m_g [(C_{p_a} + C_{p_v} x_1)(T_2 - T_1) + r(x_2 - x_1)] \quad (10)$$

kur, m_g – patērētā gaisa masa kompostēšanas periodā, kg; C_{p_a} , C_{p_v} – īpatnējā siltuma enerģija attiecīgi gaisam un ūdens tvaikiem patstāvīgā spiedienā, J/kg·K, ($C_{p_a} = 1005$ J/kg·K, $C_{p_v} = 1968$ J/kg·K); T_1 , T_2 , – gaisa temperatūra attiecīgi kompostēšanas tilpnes ieplūdē un izplūdē, K; x_1 , x_2 – ūdens tvaiku masa gaisā attiecīgi kompostēšanas tilpnes ieplūdē un izplūdē, kg/m³, r – ūdens iztvaikošanas īpatnējais siltums, J/kg, ($r = 2491000$ J/kg). Kompostēšanas siltuma izmantošanas koeficienta paaugstināšanai daļu no iztvaikotā mitruma kondensē un radušos šķidrums kopā ar komposta sulu izmanto kā vērtīgu mēslojumu.

Siltuma zudumi q_z caur tvertnes sienām pie vienādas siltuma plūsmas caur katru tilpnes sienas laukuma vienību:

$$q_z = \frac{\Delta T \sum S_i}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad (11)$$

kur, ΔT – temperatūru starpība starp kompostēšanas tilpnes iekšpusi un ārpusi, K; S_i – tilpnes sienas iekšējās virsmas laukums, m²; δ_i , δ_{iz} , δ_a – biezums attiecīgi iekšējam, siltuma izolācijas un ārējam tilpnes sienas slānim, m; λ_i , λ_{iz} , λ_a – siltuma vadīšanas koeficients attiecīgi iekšējam, siltuma izolācijas un ārējam tilpnes sienas slānim, W/m·K; α_i , α_a – siltuma pārvades koeficients attiecīgi no komposta uz tilpnes iekšējo virsmu un no tvertnes ārējās virsmas uz apkārtējo vidi, W/m²·K.

Siltuma zudumu samazināšanai piemērotākā ir biomasu kompostēšana siltumizolētās tilpnēs, piemēram, konteineros vai arī siltumnīcās. Augu barības elementu enerģiju kompostā, lietderīgi izmantotajās notecēs un gāzēs var aprēķināt kā enerģijas patēriņu augu barības vielu rūpnieciskai ražošanai:

$$Q_c = \sum_{i=1}^n e_{mi} (m_{ki} + m_{ni} + m_{gi}) \quad (12)$$

kur, m_c , m_n , m_g – i-tās augu barības vielas masa attiecīgi kompostā, lietderīgi izmantotajās notecēs un gāzēs, kg.

Augu barības vielu daudzums kompostā vienmēr ir mazāks par šo vielu daudzumu komposta izejmateriālos, jo daļa augu barības elementu iztvaiko vai noplūst ar noteci biomasas pirmapstrādes, uzglabāšanas un kompostēšanas laikā. Augu barības vielu zudumus var būtiski samazināt, ja noteces no biomasas uzkrāj tilpnēs un vēlāk tās izmanto komposta mitrināšanai vai augu mēslošanai. Kompostēšanās procesā izdalītās gāzes, piemēram, ogļskābo gāzi, iespējams izmantot siltumnīcu augu barošanai.

Komposta pielietošanas rezultātā samazinās pesticīdu lietošana vai arī tie nav nepieciešami. Tā, piemēram, kompostētu municipālo atkritumu pielietošana līdz 20 % no augsnes tilpuma samazināja mikroorganisma *Phytophthora nicotianae* izraisītās citrusaugu sakņu puves izplatību no 95 % līdz 5 % [2]. Savukārt komposta pielietošana ik pēc trīs nedēļām samazināja zālāju lapu plankumainības izraisītāja *Sclerotinia homoeocarpa* bojājumus līmenī, kas pēc iedarbības bija ekvivalents zāles apsmidzināšanai ar ražotāja noteikto minimālo fungicīda devu vienu reizi divās nedēļās [3]. Kompostu labvēlīgo ietekmi

augu aizsardzībai no slimībām un to stimulējošo ietekmi uz augu attīstību aprēķina kā līdzvērtīgas iedarbības neieštrādāto rūpnieciski ražoto preparātu ekvivalento enerģiju:

$$Q_a = \sum_{i=1}^n e_{si} m_{si} + \sum_{j=1}^n e_{vj} m_{vj} \quad (13)$$

kur, e_{si} , e_{vj} – attiecīgi i -tā augu slimības ierobežojošā un j -tā augu augšanu veicinošā preparāta enerģētiskais ekvivalents, MJ/kg; m_s , m_v – komposta pielietošanas rezultātā neieštrādātā rūpnieciski ražotā i -tā augu slimības ierobežojošā un attiecīgi j -tā augu augšanu veicinošā preparāta masa, kg.

Ja nav pieejami dati par rūpnieciski ražotiem preparātiem ar kompostam ekvivalentu iedarbību, kompostu stimulējošo ietekmi uz augu attīstību var novērtēt ar papildus ražas ekvivalento enerģiju:

$$Q_a = \sum_{i=1}^n e_{ri} m_{ri} \quad (14)$$

kur, $i = 1, 2, \dots, n$ – ražas novākšanas gads pēc komposta iestrādes, e_r – papildus ražas enerģētiskais ekvivalents, MJ/kg; m_r – papildus iegūtās ražas masa, kg;

Piemēram, saskaņā ar M.Vīnkālnes pētījumiem bakterizēta komposta pielietošanas rezultātā pirmajā gadā kāpostu raža palielinājās par 2640 kg/ha, otrajā gadā kartupeļu raža palielinājās par 1320 kg/ha un trešajā gadā miežu raža par 360 kg/ha salīdzinājumā ar nebakterizēta komposta pielietošanu [4]. Bakterizēta komposta ietekmes ekvivalentā enerģija ir aprēķināma kā trijos gados iegūto papildus ražu summārā enerģija. Šajā gadījumā komposta izmantošanas pilnā cikla ilgums ir trīs gadi un energoefektivitātes novērtējumā netieši (caur ražu) tiek iekļauta arī meteoroloģisko apstākļu ietekme, konkrētās augsnes un kultūraugu īpašības, mēslošanas un augsnes apstrādes tehnoloģiju ietekme.

Neievērtējot kompostēšanas pielietošanas rezultātā iegūto enerģiju, praksē nereti aprēķina komposta ražotāja enerģijas patēriņu vienas komposta masas vienības ražošanai:

$$e_k = \frac{E_z + E_t + E_e + E_d}{m_k} \quad (15)$$

kur, e_k – enerģijas patēriņš vienas tonnas komposta ražošanai, MJ/t; m_k – komposta masa, t.

Iekārtas kompostēšanas procesa enerģētikas pētījumiem

Kompostēšanas tehnoloģiju energoefektivitāti ietekmējošie faktori (biomasu īpašības, biomasu sadalīšana enerģija, kompostēšanas siltums u.c.) ilgstošā laika periodā pētīti LLU Mehānikas zinātniskajā laboratorijā un Lauksaimniecības enerģētikas institūtā. Biomasu enerģētikas pētījumiem laboratorijas un lauka apstākļos izmantoti svārsta tipa stends [5], iekārta ezera apauguma griešanai [6], kompostēšanas kameras un apsildāmas grīdas panelis [7], [8], lauka iekārta noteču no kompostiem pētījumiem [9] un citas iekārtas.

Rezultāti

Pētījumos noteikti augu barības vielu zudumi ar notecēm no kompostējamās biomasas un aprēķināta to ekvivalentā enerģija, kas vienāda ar enerģijas patēriņu konkrētā minerālmēsli veida rūpnieciskai ražošanai (Tabula 1).

Tabula 1.

Augu barības vielu zudumi notecēs no kompostiem

Kompostējamais materiāls	Kompostēšanas periods, diennaktis	Organiskās vielas samazinājums %	Noteces no sākuma masas %	Augu barības vielu saturs notecēs, %			Augu barības vielu zudumu ekvivalentā enerģija, MJ/t		
				N	P	K	N	P	K
Pakaišu kūtsmēsli	150	56	35	0.167	0.020	0.137	50.62	0.15	0.04
Virtuves atlikumi	92	56	43	0.019	0.005	0.134	7.14	0.27	4.81
Virtuves atlikumi + salmi (5 %) + zāģu skaidas (5%)	102	43	14	0.020	0.007	0.290	2.42	0.12	3.37

Noteikts, ka 5 mēnešu laikā notecēs no pakaišu kūtsmēsliem aizplūst 13% slāpekļa, 8.5% fosfora un 10.2% kālija, kuru ekvivalentā enerģija ir 0.98 % no kopējās izejvielu enerģijas. Kompostēšanas procesā sadaloties kūtsmēsli organiskajai vielai ar gāzēm apkārtējā vidē aizplūst 55 % oglekļa un 25 % slāpekļa (amonjaka formā), kuru kopējā enerģija ir 41.4% no kopējās izejvielu enerģijas. Minerālmēsli rūpnieciskās ražošanas enerģētiskais ekvivalents ir 86.6 MJ/kg, slāpeklim 12.6 MJ/kg fosforam un 8.3 MJ/kg kālijam [10]. No katras tonnas ar sākotnējo augu barības vielu ekvivalento enerģiju 5199 MJ gatavajā kompostā tiek pārņemts 2389 MJ jeb 57.6% no sākotnējās izejvielu augu barības vielu ekvivalentās enerģijas. Noteces iespējams samazināt vai novērst pievienojot kompostam mitrumietilpīgus materiālus. Izpēfīts, ka pievienojot virtuves atlikumiem (mitrums 88 %) 25 % gaissausu (mitrums 12%) ezera apaugumu, noteces netiek novērotas visā 21 dienu ilgajā kompostēšanās periodā.

Biomasu kompostēšanās laikā izdalītā siltuma enerģija pieaug uzlabojoties komposta aerācijai, piemēram, glikozei aerobā procesā izdalītā teorētiskā enerģija ir 6.8 reizes lielāka par anaerobā procesā izdalīto siltuma daudzumu. Kompostēšanas kamerā noteiktais īpatnējais izdalītais siltuma daudzums (enerģētiskais ekvivalents) nedrēm aerobos kompostēšanās apstākļos ir 15.91 MJ/kg, bet daļēji aerobos kompostēšanās apstākļos sienam 14.47 MJ/kg un svaigai zālei 13.97 MJ/kg sadalītās organiskās vielas, kas ir attiecīgi 83.7 %, 76.2 % un 73.5 % no vidējā organiskās vielas sadegšanas siltuma - 19 MJ/kg [10]. Var pieņemt, ka nodrošinot kompostu aerāciju, aptuveni 90 % no sadalītās organiskās vielas pārvēršas ūdenī un ogļskābajā gāzē. Radušos ogļskābo gāzi iespējams sekmīgi izmantot siltumnīcās augu piebarošanai un tādējādi palielināt kompostēšanas tehnoloģiju energoefektivitāti. Piemēram, izmantojot siltumnīcās kūtsmēsli kompostēšanās procesā izdalīto ogļskābo gāzi 50 kg uz tonnu izejmateriāla, var ietaupīt dabas gāzi ar ekvivalento enerģiju 4266 MJ, ja dabas gāzi sadedzina tikai lai ražotu ogļskābo gāzi un neizmanto tās degšanas procesā radušos siltumu.

Izdalīto amonjaka gāzi iespējams daļēji saistīt siltumnīcas augsne vai to uztvert ar biofiltrā (piemēram, komposta un zāģu skaidu maisījums) aktīvi darbojošos mikroorganismu palīdzību. Pēc amonjaka koncentrācijas samazināšanās komposta gāzes augu piebarošanai caur lapām bez var ievadīt tieši siltumnīcā. Izmantojot lietderīgi 90 % no pakaišu kūtsmēsli kompostēšanās procesā izdalītā amonjaka, iespējams ietaupīt 1 kg slāpekļa uz tonnu izejmateriāla, kura rūpnieciskās ražošanas ekvivalentā enerģija ir 87 MJ.

Ar kompostēšanas konteinerā ievietotā siltummaiņa un siltumnesēja kontūra palīdzību grīdas paneļa apsildīšanai iespējams lietderīgi izmantot 43-69 % no kompostēšanas procesā izdalītās siltuma enerģijas [6]. Pieņemot, ka lietderīgi tiek izmantots 60 % no kūtsmēsli kompostēšanās siltuma, ietaupītā enerģija ir 1716 MJ uz tonnu izejmateriāla.

Enerģijas patēriņu kompostu ražošanai iespējams būtiski samazināt pilnveidojot esošās iekārtas biomasu pirmapstrādei un kompostēšanai. Tā, piemēram, izveidojot kombinētu agregātu stiebru biomasu smalcināšanai, iekraušanai un transportam ar uzlabotiem smalcinātāja parametriem un pilnveidojot komposta stirpu veidošanas tehnoloģiju iespējams

samazināt kompostu gatavošanas tehnoloģiju energoietilpību no 229 MJ/t uz 181 MJ/t komposta jeb par 21 % [11].

Pieņemot, ka materiāliem, tehniskajiem līdzekļiem un darbaspēkam patērētās enerģijas tradicionālai un uzlabotai kūtsmēslu kompostēšanās tehnoloģijām ir vienādas - 5638 MJ, iegūtā enerģija tradicionālai kompostēšanās tehnoloģijai ir vienāda ar kompostā ietverto augu barības elementu ekvivalento enerģiju – 2667 MJ, bet uzlabotai tehnoloģijai (izmantojot kompostēšanas siltumu, noteces un gāzes) – 8792 MJ. Energoefektivitātes koeficienti tradicionālai tehnoloģijai ir 0.45, bet uzlabotai potenciāli iespējams ir 1.5 (ja neņem vērā papildus aprīkojuma izmaksas uzlabotai tehnoloģijai). Energoefektivitātes koeficienta pieaugums parāda potenciālās iespējas ietaupīt enerģiju, minerālmēslus un samazināt siltumnīcas gāzu izmešus kompleksi izmantojot noteces no biomasām, kompostēšanas siltumu, gāzes un augu barības elementus. Kompostēšanas pilna cikla (ievērtējot arī ražu pieaugumu) energoefektivitātes precīzai novērtēšanai nepieciešami papildus agronomiski pētījumi, kas veicami katrai lauksaimniecības kultūru augu sekai atsevišķi. Aprēķinot pilna kompostēšanas cikla energoefektivitāti pie patērētās enerģijas jāpieskaita arī komposta iestrādes ekvivalentā enerģija.

Enerģijas patēriņš papildus kompostēšanas aprīkojumam var būtiski atšķirties atkarībā no biomasu resursiem, to piegādes attāluma, komposta, noteču, gāzu un siltuma enerģijas izmantošanas iespējām. Enerģijas patēriņu var samazināt optimizējot kompostēšanas tehnoloģijas, piemēram, ierīkojot kompostēšanas laukumus (tilpnes, konteinerus) jau esošo potenciālo komposta un to blakusproduktu izmantotāju tiešā tuvumā, tilpnēm izmantojot lietotus konteinerus, neizmantotas ēkas, siltumnīcas un izmantojot no otrreizējiem materiāliem gatavotus izstrādājumus.

Secinājumi

1. Izveidotais matemātiskais modelis ļauj novērtēt pilna kompostēšanas cikla vai tās atsevišķu posmu energoefektivitāti.
2. Kompleksi izmantojot kompostēšanās procesā radušās noteces, gāzes un siltuma enerģiju pakaišu kūtsmēslu komposta ražošanas tehnoloģijas enerģētiskās efektivitātes koeficientu iespējams palielināt no 0.45 līdz 1.5.

Literatūra

1. Кива А., Рабштина В., Сотников В. Биоэнергетическая оценка и снижение энергоёмкости технологических процессов в животноводстве. Агропромиздат, Москва, 1990.-176 с.
2. Widmer T. Composted municipal waste reduces infection of citrus seedlings by *Phytophthora nicotianae*. Plant disease. June 1998. v. 82 (6), p. 683-688.
3. Boulter J. Evaluation of composts for suppression of dollar spot (*Sclerotinia homoeocarpa*) of turfgrass. Plant disease. Apr 2002. v. 86 (4). p. 405-410.
4. Švalkovska Dz. Bakteriālie mēslošanas līdzekļi. R., LVI, 1964, 56 lpp.
5. Plūme I. Pre-treatment of lake overgrowth. Proceedings of International Conference "Traditions and innovations in sustainable development of society. Environment and society. Information technologies". Rēzekne, RA, 2002., pp.145-152.
6. Kronbergs Ē, Plūme I un Kaķītis A. "Niedru sakņu apauguma izmantošana". 3-ās Starptautiskās konferences "Vide. Tehnoloģijas. Resursi " materiāli, 19-21. 06. 2001.g., Rēzekne, RA 2001. 54-60 lpp.
7. Kronbergs Ē. un Plūme I. (2000). Kompostēšanas racionāla izmantošana. Starptautiskā zinātniskā konference "Baltijas reģiona valstu integrācijas problēmas ceļā uz Eiropas Savienību", 2.-3.marts 2000., Rēzekne, RA, 2000, 59-63. lpp.
8. Plūme I. Heat utilisation from aerobic composting of agricultural wastes. Proceedings of International Conference "Trends in Agricultural Engineering" (TAE-'99), September 15-17.1999. Prague, Czech Republic, p. 509-513.
9. Plūme I. Noteču no organiskajiem mēsliem samazināšana. 3-ās Starptautiskās konferences "Vide. Tehnoloģijas. Resursi " materiāli, Rēzekne, RA 2001. 138-144 lpp.
10. Базаров Е., Широков Ю. Агрозооэнергетика. Агропромиздат, Москва, 1987.-156 с.
11. Plūme I. Ilgtspējīgas tehnoloģijas lauksaimniecības ražošanas blakusproduktu uzkrāšanai un pārstrādei. II starptautiskās zinātniski praktiskās konferences "Vide. Tehnoloģija. Resursi" materiāli, 25-27.06. Rēzekne, RA, 1999. 47-51 lpp.

АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ *Evaluation Aspects for Ecological Risk in Operation of Field Sprayers*

П. Пунцулис, И. Закис

ООО «Центр сертификации и тестирования сельскохозяйственной техники»,
ул. Дарза 12, Приекульская волость, Цесисский район, Латвия, LV-4126.

Телефон - 371 4130730, e-mail: andris@vbmis.apollo.lv

Abstract

Intensive agricultural production is closely linked with the application of plant protection means, as well as use of field sprayers. When intensive technologies are used, crops are treated with pesticides several times during the vegetation period. All chemicals applied for plant protection are more or less dangerous to human health and environment. Particularly dangerous is the use of unchecked and defective field sprayers, non-observance of the stated rates of pesticides, agrotechnical treatment terms, as well as wrong adjustment of the sprayers.

Standard ISO 14001 states the basic measures for establishment and maintenance of environmental management system. In the article is presented the model of environmental management system for field sprayers based on given standard. The evaluation system includes technical and organizational measures having an influence on the pollution of environment and human health. This system includes the analysis of the factors, planning, regular inspection of field sprayers, training of serving staff and the corrective measures.

During the operation of field sprayers the local atmospheric, ground, and water pollution is to be observed that in its turn is conducive to the choking up of agricultural field crop and animal products. The levels of ecological risk include the accumulation of pesticides into environment, as well as ecological risk connected with the increased human morbidity and disappearance of individual species of plants and animals.

Proposed environmental management system for field sprayers can serve as a basis to develop and introduce the system of periodical inspections for field sprayers. The environmental management system for field sprayers will promote more effective protection of people and environment.

Keywords: *field sprayer, intensive technologies, environmental management system, levels of ecological risk.*

Введение

Неотделяемой частью современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур является обработка посевов и насаждений средствами защиты растений. Обычно для данной цели используются полевые опрыскиватели. При использовании интенсивных технологий для получения более высоких урожаев культурных растений, посевы несколько раз в период их вегетации обрабатывают средствами защиты растений. Одновременно интенсификация сельскохозяйственного производства способствует применению средств защиты растений и опрыскивателей для их внесения. В связи с этим в Латвии увеличивается как предложение опрыскивателей разных марок так и применение ядохимикатов. Нами проведена сравнительная оценка полевых опрыскивателей [1]. Препараты используемые для химической обработки растений более или менее опасны как человеку, так и окружающей среде. Особенно большой вред среде и человеку может причинить несоблюдение норм внесения ядохимикатов, а также использование неисправных и неотрегулированных полевых опрыскивателей.

Во многих странах Европы введена система периодических проверок полевых опрыскивателей. При вступлении в Евросоюз обострится вопрос об введении в Латвии периодических проверок полевых опрыскивателей. В настоящее время в республике отсутствуют методики и стандарты для решения данного вопроса. В статье рассматриваются вопросы направленные на обсуждение данной проблемы.

Методы

Для оценки качества работы полевых опрыскивателей применяется стандарт ISO 5682-1 “Машины для защиты растений и опрыскивания, часть 1. Методы испытания распылителей”, использованный нами для оценки опрыскивателей [1]. Однако для создания и поддержания системы управления среды служат стандарты серии ISO 14001 [2], разработка которых началась с 1993 года. Стандарты данной серии разработаны с целью образования эффективных систем управления среды а также для достижения эффективной защиты среды. На основе данных стандартов в статье проводится анализ экологического риска полевых опрыскивателей.

Результаты

Под экологическим риском полевых опрыскивателей подразумевается как вероятность возникновения загрязнения продуктов растениеводства и окружающей среды так и потенциальный объем вызванных им нежелательных последствий.

Экологическому риску подвергнуты не только индивиды непосредственно работающие с полевыми опрыскивателями, но и другие, которые употребляют пищу, полученную из продукции обработанной средствами защиты растений. Таким образом можно утверждать, что экологический риск появляющиеся при работе полевых опрыскивателей не ограничивается только его индивидуальным характером, но у него есть и признаки обобщенного риска [3, 4].

Политика защиты среды должна обеспечивать соблюдение законодательства и непрерывное снижение загрязнения окружающей среды. Нами предлагаемая модель системы управления защиты среды при использовании полевых опрыскивателей приведена на рис.1. Система разработана в соответствии с требованиями стандартов серии ISO 14001.



Рис. 1. Модель системы управления защиты среды при использовании полевых опрыскивателей.

Основной целью является снижение загрязнения окружающей среды, что в какой то степени достигается усовершенствованием конструкций опрыскивателей и оптимизацией норм опрыскивания (1. этап) [1].

Система управлением среды включает:

1. Принятие политики защиты среды – *Законодательство направленное на снижение загрязнения среды.*
2. Определение охраняемых аспектов среды – *Окружающая среда и население. Эксплуатация полевых опрыскивателей создаёт несколько существенных аспектов с негативным воздействием на среду и человека:*
 - ✓ использование ресурсов природы и среды,
 - ✓ загрязнение продукции полеводства и скотоводства,
 - ✓ загрязнение воды,
 - ✓ загрязнение почвы,
 - ✓ локальное загрязнение воздуха.
3. Определение целей и задач защиты среды – *Выделение общих и локальных целей, учитывая технологические и финансовые возможности страны в данный период.*
4. Разработку программ защиты среды.
5. Принятие правовых актов и других требований и их выполнение – *Законодательство регламентирующее периодическую проверку полевых опрыскивателей.*
6. Создание организационных структур и определение ответственности при нанесении вреда среде.
7. Обучение персонала на разных уровнях включая обучение преподавателей в ВУЗах и ПТУ, инспекторов а также крестьян – *В пределах Латвийско-Датского проекта в 2000 году в Дании проведена обучение специалистов.*
8. Документацию системы управления среды и управление документацией.
9. Регулярную проверку полевых опрыскивателей и выполнение коррективных действий.

Определяя аспект (причину) воздействия среды, одновременно необходимо анализировать последствия (воздействия) данного аспекта.

Экологический риск вызванный воздействием ядохимикатов на растения и окружающую среду разделяется на аккумулированный риск и экологический риск. Степени и сфера появления данного риска приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Степени экологического риска вызванные воздействием средствами защиты растений

Вид риска	Сфера проявления риска	Вид проявления риска	Потери в случае воздействия риска
Аккумулятивный риск	Окружающая среда	Болезни и деградация флоры и фауны	Вред среде, невозвратимое изменение среды
	Загрязнение грунтовых и поверхностных вод и почвы.	Болезни людей	Ухудшение состояния здоровья человека. Повышение смертности
	Загрязнение атмосферы		
	Воздействие на людей		
	Загрязнение продовольствия		
Экологический риск	Локальная среда	Болезни флоры и фауны. Вымирание отдельных видов. Болезни людей	Вред среде. Невозвратимое изменение среды. Ухудшение состояния здоровья людей.
	Глобальная среда	Климатические изменения	Повышенная смертность

Взаимодействие опасных аспектов и воздействий на среду можно описать следующим образом:



Процедуру оценки риска полевых опрыскивателей можно описать следующими этапами, приведенными на рис. 2



Рис. 2. Процедура оценки риска полевых опрыскивателей.

Факторы опасности эксплуатации полевых опрыскивателей разделяется на:

- ✓ степень опасности средств защиты растений, использованных при обработке растений – их токсичность, воздействие на окружающую среду и человека и т.д.,
- ✓ совершенство использованного технологического процесса обработки растений – обеспечение попадания на растения максимального количества средств защиты растений,
- ✓ совершенство использованного технологического оборудования – соблюдение правил хранения средств защиты растений, промывки оборудования и др.,
- ✓ надзор (руководство) технологического процесса,
- ✓ обучение обслуживающего персонала.

Все неисправности полевых опрыскивателей повышающие риск их эксплуатации можно разделить на:

- ✓ случайные повреждения (изгиб штанг опрыскивателя, разрыв трубопроводов, течь, и т.д.),
- ✓ прогнозируемые повреждения (износ форсунок).

Риск при эксплуатации новых опрыскивателей можно оценивать методами качественной и количественной оценки или методом расчета. Метод качественной оценки основывается на опросе и статистическом анализе. Метод количественной оценки риска основывается на оценке вероятности происхождения аварии и численной оценке возможности последствий.

Для определения срока службы форсунок полевых опрыскивателей нами разработана методика проверки и проводятся ресурсные испытания. Целью наших исследований является выявление безопасного периода работы опрыскивателей.

Степень износа форсунок в зависимости от срока службы описывает функция:

$$F(t) = q(t), \tau < \tau_p, \text{ где}$$

$q(t)$ – среднее квадратическое отклонение неравномерности распыла форсунок по ширине захвата опрыскивателя;

τ - величина, характеризующая срок службы форсунок ($\tau < \tau_p$);

$F(t)$ – функция безопасного периода работы опрыскивателя, которая характеризует период экологически безопасной эксплуатации опрыскивателя.

На рис. 3 приведены кривые изменения коэффициента вариации и пропускной способности форсунок F-03-110 при ресурсных испытаниях.

Проведённые испытания долговечности форсунок F-03-110 фирмы “Hardi” показывают, что с комплектом форсунок (ширина захвата опрыскивателя 12 метров) можно в среднем обработать 800 – 1 200 га посевов.

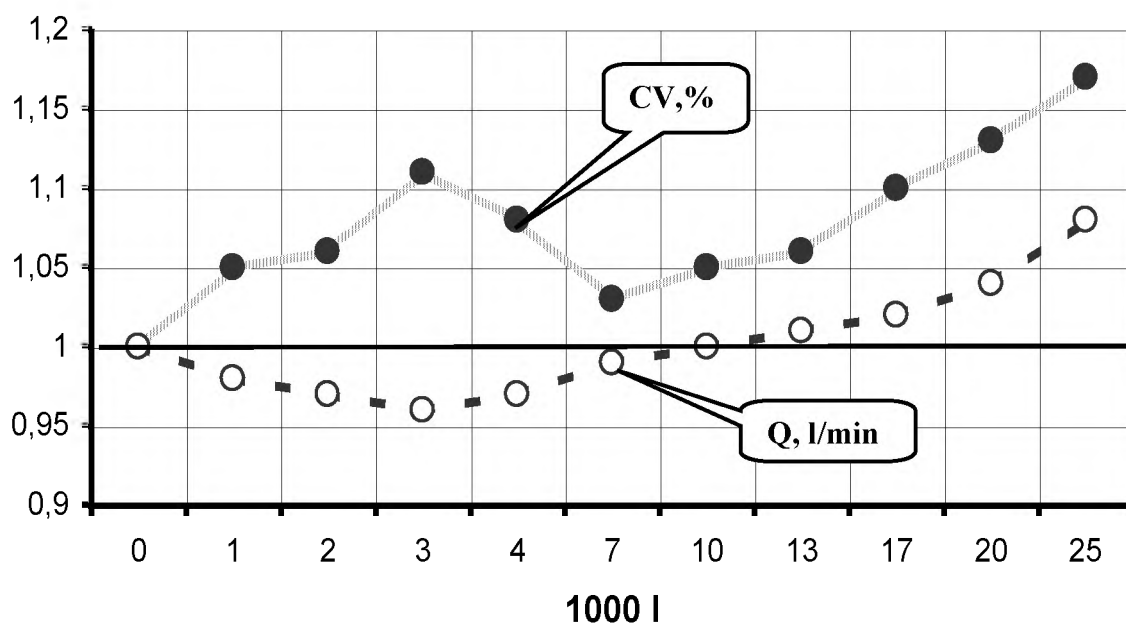


Рис. 3. Изменение коэффициента вариации (CV) и пропускной способности (Q) форсунок F-03-110 при ресурсных испытаниях.

Выводы:

1. Предложенная система управления среды при эксплуатации полевых опрыскивателей может служить основой для разработки и внедрения системы периодических проверок полевых опрыскивателей, что будет способствовать более эффективной защите человека и окружающей среды.
2. Проведенные испытания долговечности форсунок F-03-110 показывают, что с комплектом форсунок, при рабочей ширине опрыскивателя 12 метров, можно обработать 800 – 1 200 га посевов.

Литература

1. P.Punculis, D.Viesturs "Ecological and Economical Aspects of Agricultural Sprayers Operational" VII International symposium "Ecological Aspects of Mechanization of Plant Production", Warszawa, 2001, 205-210 pp.
2. ISO 14001:1996 Environmental management systems – Specification with guidance use.
3. В.Шахов. Экология. Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели. изд. "Финансы и статистика", 2001 г., 208 стр.
4. А.Потапов. Экология. изд. "Высшая школа", 446 стр.

SLĀPEKĻA MĒSLOJUMA EFEKTIVITĀTE ZIEMAS KVIEŠU IZMĒĢINĀJUMOS

Nitrogen Fertilizer Use Efficiency in Winter Wheat Trials

A. Ruža, Dz. Kreita¹, M. Krotovs², S. Maļecka², V. Stramkale³

Lielā iela 2, Jelgava tel. 3005629, fakss 3005629, aruza@cs.llu.lv, dzintrak@cs.llu.lv

²P/n Dižstende, Talsu rajons, tel. 3292289, fakss 3281288, stende.selekcija@apollo.lv

³Viļāni, Rēzeknes rajons, tel. 9465004, strzin@apollo.lv

Anotācija

The field experiments with ten diverse varieties of winter wheat were laid down according to uniform scheme during 2001 – 2002 at three locations having different soils and agroclimatic conditions: study and research farm “Pēterlauki” of the Latvia University of Agriculture on sod – calcareous medium loam soils, humus content 19 – 21 g kg⁻¹ of soil; at the Stende Plant Breeding Station on sod – podzolio soils, humus content 18 – 19 g kg⁻¹ of soil and at Latgale Science Centre in Viļāni on humus – podzolic gley soils, humus content 65 – 95 g kg⁻¹ of soil. There was observed sharp variation in meteorological conditions during experimental years and quite variable weather conditions between the trial sites.

The average results obtained in the experiments suggest that stable increase of winter wheat grain yield was reached increasing fertilizer N rates from N₉₀ to N₁₂₀ (split application) thus ensuring grain yield increase 1 to 20 kg per 1 kg N applied. The crude protein yield 2,8 – 3,47 kg per 1 kg N applied was obtained from trial plots at the study and research farm “Pēterlauki” and at the Stende Plant Breeding Station.

The mineral N use efficiency was considerably lower in humus – rich soils in Viļāni. The increase of fertilizer N rate up to N₁₈₀ (split application) resulted in gradual decrease of nitrogen use efficiency, and utilization coefficient was to a great extent depended on meteorological conditions during vegetation period.

Keywords: *winter wheat, yield, nitrogenfertilizer, protein.*

Ievads

Pēdējos gados Latvijā pēc straujā ziemas kviešu platību samazinājuma 1994. gadā (72.9 tūkst. ha) vērojams pakāpenisks platību pieaugums – 1999.g. 95.0 tūkst. ha, 2000. gadā 117.4 tūkst. ha un 2001. gadā 131.3 tūkst. ha. Lai gan ražības rādītāji nav īpaši izmainījušies (attiecīgi 2.77; 2.01; 2.86; 2.79 t ha⁻¹), kviešu graudu kopievākums ievērojami palielinājās (attiecīgi 151.1, 247.9, 336.0 un 366.2 tūkst. t). To, galvenokārt, ietekmējusi Latvijas apstākļiem piemērotu intensīvu ziemas kviešu šķirņu izvēle un tām atbilstošu audzēšanas tehnoloģiju izmantošana. Ļoti būtiski graudu ražības un kvalitātes rādītāju paaugstināšanos ietekmē atbilstoša mēslojuma un augu aizsardzības līdzekļu pielietojums. Pie tam visu barības elementu nodrošinājumam jābūt sabalansētam t.i., pareizās attiecībās, pietiekošā daudzumā plānotās ražas un kvalitātes ieguvei, kā arī ziemas kviešiem izmantojamā veidā visos intensīvas uzņemšanas periodos. Barības elementu trūkumu nekādi citi agrotehniskie pasākumi nespēj kompensēt. Graudu ražības palielināšanas un vajadzīgās kvalitātes nodrošināšanas būtisks faktors ir slāpekļa mēslojums, it īpaši papildmēslojums pavasarī laikā no ziemas kviešu veģetācijas atjaunošanās līdz vārpošanas fāzei. Tāpēc daudzu valstu zinātnieki pēta slāpekļa ietekmi uz ziemas kviešu ražas un tās kvalitātes izmaiņām, it īpaši nokrišņiem bagātos reģionos [1-7]. Jāatzīmē, ka slāpekļis ir viens no dinamiskākajiem barības elementiem, tādēļ iespējami arī tā zudumi no augu sakņu zonas.

Daudzos pētījumos pierādīts, ka slāpekļa mēslojuma lietošana būtiski palielina ziemas kviešu ražu, iestrādājot mēslojuma normu dalītā veidā, dažādās, it īpaši agrīnās augu attīstības fāzēs. Savukārt mēslojums vārpošanas fāzes sākumā, ražas lielumu ietekmē salīdzinoši mazāk, bet palielina galvenokārt graudu kvalitāti. [1, 2, 5, 8, 9]

Proteīna saturs kviešu graudos var svārstīties robežas no 7 – 20 %. To nosaka gan šķirnes ģenētiskās īpašības, gan audzēšanas tehnoloģija, kā arī meteoroloģiskie apstākļi, īpaši graudu veidošanās un nogatavošanās laikā. Proteīna saturs ir rādītājs, kuru izmanto, lai

noteiktu graudu piemērotību atbilstošam izmantošanas veidam [3]. Maizes cepšanai piemēroti graudi, kuros proteīna saturs ir ap 12 – 13 %, graudus ar augstāku proteīna saturu izmanto kā uzlabotājus zemākas kvalitātes graudiem. Konditorijas izstrādājumiem vēlamais proteīna saturs graudos ir 8 – 10 % robežās, bet lopbarībai izmantojami dažāda proteīna satura kviešu graudi, taču vērtīgāki ir ar augstākiem rādītājiem. Daudzos izmēģinājumos konstatēts, ka proteīna saturs kviešu graudos ievērojami palielinās, pieaugot slāpekļa mēslojuma normai [3, 10, 11, 12]. Proteīna uzkrāšanos graudos sekmē arī augstākas temperatūras un mitruma deficīts veģetācijas perioda otrajā pusē [1, 13]. Ievērojams proteīna satura pieaugums graudos novērots, ja mēslojums dots vēlākās attīstības fāzēs (stiebrošanas beigās – vārpošana), kad augi visintensīvāk uzņem barības vielas [1, 10, 14]. Pētījumi liecina, ka augstražīgām šķirnēm, atbilstoši to prasībām zemāka mēslojuma apstākļos ir zemāks arī proteīna saturs, salīdzinot ar vidēji ražīgām šķirnēm. Taču pie augstākām slāpekļa normām un optimālos augšanas apstākļos proteīna saturs graudos ir mazāk atšķirīgs [3, 4, 15].

Slāpekļa mēslojuma efektivitāti, kā atzīmēts daudzu pētīnieku publikācijās, ietekmē ne tikai agroklimatiskie apstākļi, mēslojuma došanas normas un laiks, bet arī augsnes iekultivēšanas pakāpe. Labi iekultivētas augsnes ir ar labākām agroķīmiskām un agrofiziskām īpašībām, kas sekmē mēslojuma efektīvāku izmantošanu. V. Kidīns konstatējis, ka slāpekļa mēslojuma efektivitāte pieaug, ja slāpekļa mēslojuma iestrādes laiks sakrīt ar periodu, kad augos norisinās intensīva slāpekļa uzņemšana. Pārāk agrīna vai novēlota mēslojuma lietošana mazina auga iespējas to izmantot. Slāpekļa mēslojuma izmantošanas koeficientu ietekmē arī mēslojuma normas lielums, iestrādes laiks un mēslojuma forma. Augstāku izmantošanas koeficientu var panākt, mēslojot ziemas kviešus dalīti – pavasarī no veģetācijas atjaunošanās līdz stiebrošanas fāzei. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu virs optimālās, parasti samazinās augsnes slāpekļa izmantošana ziemas kviešu graudu ražas un kvalitātes formēšanā. Optimālos augšanas apstākļos mēslojuma izmantošanas koeficients ir salīdzinoši augsts, taču samazinās paaugstinātas gaisa temperatūras un mitruma deficīta (apgrūtināta uzņemšana) vai bagātīgu nokrišņu (notiek N izskalošanās) ietekmē. Slāpekļa izmantošanas koeficients ir tieši atkarīgs no slāpekļa kopējās iznesas ar ražu.

Daudzu iepriekšējo gadu pētījumos Latvijā ar vidēji intensīvām šķirnēm noskaidrots, ka ziemas kviešiem nepieciešamais slāpekļa mēslojums ir vismaz N_{90} kg ha⁻¹, taču pēdējos gados Latvijā arvien vairāk ienāk Rietumeiropas intensīva vai ļoti intensīva tipa šķirnes ar augstām vai pat ļoti augstām rekomendētām slāpekļa mēslojuma normām.

Tāpēc mūsu izmēģinājumos viens no uzdevumiem bija skaidrot palielinātu slāpekļa mēslojuma normu un devu efektivitāti, dažādos augsnes un agroklimatiskos apstākļos audzētu ziemas kviešu sējumos.

Metodika

Lauka izmēģinājumi ar ziemas kviešiem pēc vienotas shēmas tika iekārtoti agroklimatiski un augšņu ziņā trijās atšķirīgās vietās - LLU mācību pētījumu saimniecībā "Pēterlauki" Jelgavas rajonā (LLU), Stendes selekcijas izmēģinājumu saimniecībā Talsu rajonā (Stende) un Latgales lauksaimniecības zinātnes centrā Rēzeknes rajonā (Viļāni).

LLU augsnes ir vidēji smags smilšmāls raksturīgs ziemas kviešu galvenajam audzēšanas reģionam – Zemgales zonai. Trūdvielu saturs – 19 – 21 mg kg⁻¹ augsnes, vidējs līdz augsts fosfora un kālija nodrošinājums, pH_{KCl} – 6,9 – 7,1. Stendē izmēģinājums iekārtots velēnu podzolētā un velēnu gleja smilšmāla augsnēs, trūdvielu saturs – 18 – 19 mg kg⁻¹ augsnes, pH_{KCl} – 6,6 – 6,9, vidējs līdz augsts fosfora un vidējs kālija nodrošinājums. Viļānos izmēģinājumu laukā ir trūdaina podzolētā glejaugsne ar Latvijas apstākļiem neraksturīgi augstu trūdvielu saturu – 65 – 95 mg kg⁻¹, augsnes pH_{KCl} – 7,2 un vidēju līdz augstu fosfora un kālija nodrošinājumu.

Visās vietās abos gados ziemāju sēja veikta septembra pirmajā pusē ar izsējas normu 500 dīgtspējīgas kodinātas sēklas uz 1 m², četros atkārtojumos. Pirms sējas iestrādāts kompleksais minerālmēslojums NPK 6:20:30 2,5 – 3,0 c ha⁻¹, papildmēslojumā iestrādāts amonija nitrāts (N₃₄) atbilstoši shēmai:

1. reizi – veģetācijai atjaunojoties visām šķirnēm reizē N₉₀;
2. reizi – cerošanas fāzes beigās – stiebrošanas sākumā (29.- 31.etapi), N₉₀₊₃₀ (N₁₂₀);
3. reizi – stiebrošanas beigās – vārpošanas sākumā (49. – 51. etapi).

Slāpekļa mēslojuma kopējā norma N₁₅₀ un N₁₈₀ pa gadiem bija nedaudz atšķirīgā, taču visās izmēģinājumu vietās vienādā kombinācijā.

Izmēģinājumā lietoti retardanti cikocels – 26. – 29.etapā un terpals 45. – 49.etapā, herbicīdi un divas reizes fungicīdi, attiecīgi alegro un tango super.

Aprēķinos iekļauti visās izmēģinājumu vietās vienādu desmit ziemas kviešušķirņu vidējie rādītāji.

Meteoroloģiskie apstākļi ziemāju veģetācijas periodā bija krasi atšķirīgi ne tikai pa gadiem, bet arī dažādās audzēšanas vietās. Galvenokārt tas izpaudās nevienādā nokrišņu sadalījumā pa ģeogrāfiskām zonām attiecīgās augu attīstības fāzēs. Taču, pateicoties salīdzinoši agrajam veģetācijas atjaunošanās laikam pavasarī, it īpaši 2002.gadā, augi varēja labi izmantot pavasara augsnes produktīvo mitrumu un gala rezultātā nodrošināt salīdzinoši augstas graudu ražas.

Rezultāti

Labi iekultivētās augsnēs, kādas tās ir veikto izmēģinājumu vietās, abos gados iegūtās ziemas kviešu dažādu šķirņu vidējās graudu ražas bija no 6,35 līdz 10,31 t ha⁻¹. 2001.gadā LLU MPS “Pēterlaukos” slāpekļa mēslojuma normas palielināšana no N₉₀ uz N₁₂₀ graudu ražu palielināja par 0,47 t ha⁻¹ jeb 15,7 kg graudu uz 1 kg izlietotā slāpekļa (1.tab.)

1.tabula

Slāpekļa mēslojuma efektivitāte MPS “Pēterlauki”

Rādītāji	2001.g.				2002.g.			
	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀
Graudu raža, t ha ⁻¹	6.35	6.82	6.80	7.03	8.55	9.15	9.35	9.74
Iegūts graudu, kg uz 1 kg izlietotā N	70.6	56.8	45.3	39.1	95.0	76.3	62.3	54.1
Iegūts graudu, kg uz 1 kg N palielinājumu	-	15.7	-0.7	7.7	-	20.0	6.7	13.0
Proteīna saturs, %	13.37	13.68	13.75	13.95	12.50	12.70	13.30	13.60
Proteīna ieguve, kg ha ⁻¹	849	933	935	981	1069	1162	1244	1323
Iegūts proteīns, kg uz 1 kg izlietotā N	9.43	7.78	6.23	5.45	11.88	9.68	8.29	7.37
Iegūts proteīns, kg uz 1 kg N palielinājuma	-	2.80	0.07	1.53	-	3.10	2.73	2.71
N pieauguma izmantošanas koeficients	-	0.49	0.01	0.27	-	0.54	0.48	0.47

Taču tālāks slāpekļa mēslojuma normas pieaugums jūtami ražas lielumu neietekmēja. Zināmā mērā tas skaidrojams ar neraksturīgi bagātīgo nokrišņu daudzumu maijā, jūnijā un jūlijā, kad atsevišķās vietās uz lauka bija vērojama sējumu applūšana, kā rezultātā, acīmredzot, notika arī slāpekļa izskalošanās no augsnes. Līdzīga sakarība graudu ražībā vērojama arī Stendē. Slāpekļa mēslojuma normas palielinājums no N₉₀ uz N₁₂₀ paaugstināja

graudu ražu par $0,46 \text{ t ha}^{-1}$ jeb $15,3 \text{ kg}$ graudu uz 1 kg slāpekļa, taču turpmākais slāpekļa normas pieaugums, arī Stendē, ražas lielumu vairs būtiski neietekmēja (2.tab.).

2.tabula

Slāpekļa mēslojuma efektivitāte Stendes SIS

Rādītāji	2001.g.				2002.g.			
	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀
Graudu raža, t ha^{-1}	6.94	7.40	7.56	7.58	7.17	7.66	8.10	8.08
Iegūts graudu, kg uz 1 kg izlietotā N	77.1	61.7	50.4	42.1	79.7	73.8	54.0	44.9
Iegūts graudu, kg uz 1 kg N palielinājumu	-	15.3	5.3	0.7	-	16.3	14.7	-0.7
Proteīna saturs, %	11.3	12.0	12.7	13.4	11.8	12.3	12.9	13.6
Proteīna ieguve, kg ha^{-1}	784	888	960	1016	846	942	1045	1099
Iegūts proteīns, kg uz 1 kg izlietotā N	8.71	7.40	6.40	5.64	9.40	7.85	6.97	6.11
Iegūts proteīns, kg uz 1 kg N palielinājuma	-	3.47	2.40	1.87	-	3.20	3.43	1.80
N pieauguma izmantošanas koeficients	-	0.61	0.42	0.33	-	0.56	0.60	0.32

Nedaudz atšķirīga situācija veidojās Viļānos, kur sējums vairāk izjuta mitruma deficītu, nevis tā pārbagātību. Slāpekļa mēslojuma normas pieaugums no N₉₀ uz katriem nākošajiem N₃₀ palielināja graudu ražu par $0,34 - 0,43 \text{ t ha}^{-1}$. Līdz ar to uz katru papildus izlietotā slāpekļa kilogramu tika iegūti $11,3 - 14,3 \text{ kg}$ graudu (3.tab.).

2002.gadā veģetācijas periods raksturojās ar salīdzinoši mazāku nokrišņu daudzumu it īpaši veģetācijas sākumā un beigās un augstām gaisa temperatūrām, kā rezultātā augi dažkārt izjuta mitruma deficītu. Taču kopumā veģetācijas periods bija labvēlīgs ziemas kviešu augstu ražu ieguvei. LLU, atkarībā no mēslojuma, vidējās ražas bija robežās no $8,55$ (N₉₀) līdz $9,74$ (N₁₈₀) t ha^{-1} . Augstākais ražas palielinājums iegūts paaugstinot slāpekļa mēslojuma normu no N₉₀ uz N₁₂₀ – $0,60 \text{ t ha}^{-1}$ jeb 20 kg graudu uz 1 izlietotā slāpekļa kg . Tālāks slāpekļa normas palielinājums tā efektivitāti samazināja. Stendē slāpekļa mēslojuma pieaugums no N₉₀ līdz N₁₅₀, palielināja ražu uz katriem nākošajiem N₃₀ par $0,49$ un $0,44 \text{ t ha}^{-1}$ graudu vai attiecīgi $16,3$ un $14,7 \text{ kg}$ graudu uz 1 kg N. Tālāka slāpekļa normas palielināšana līdz N₁₈₀ pozitīvu rezultātu nedeva. Viļānos, trūdvielām ļoti bagātās augsnes, jau slāpekļa mēslojuma N₉₀ nodrošināja ļoti augstu graudu ražu – $9,86 \text{ t ha}^{-1}$. Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana, graudu ražu palielināja vidēji vairs tikai par $0,15 \text{ t ha}^{-1}$ uz katriem nākošajiem 30 kg slāpekļa mēslojuma vai 5 kg graudu uz 1 izlietoto slāpekļa kg .

Slāpekļa mēslojuma efektivitāte Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs (Viļāni)

Rādītāji	2001.g.				2002.g.			
	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀	N ₉₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀
Graudu raža, t ha ⁻¹	8.51	8.85	9.20	9.63	9.86	10.03	10.14	10.31
Iegūts graudu, kg uz 1 kg izlietotā N	94.6	73.7	61.3	53.5	109.6	83.6	67.6	57.3
Iegūts graudu, kg uz 1 kg N palielinājumu	-	11.30	11.70	14.30	-	5.67	3.67	5.67
Proteīna saturs, %	-	-	-	-	14.4	14.5	15.0	15.0
Proteīna ieguve, kg ha ⁻¹	-	-	-	-	1420	1454	1521	1546
Iegūts proteīns, kg uz 1 kg izlietotā N	-	-	-	-	15.78	12.12	10.14	8.59
Iegūts proteīns, kg uz 1 kg N palielinājuma	-	-	-	-	-	1.13	2.23	0.83
N pieauguma izmantošanas koeficients	-	-	-	-	-	0.20	0.39	0.15

Slāpekļa mēslojuma efektivitāti lielā mērā var raksturot ar iegūtā proteīna daudzumu no platības vienības. Kā liecina 1 tabulā apkopotā informācija LLU iegūtā raža 2001.gadā bija ar salīdzinoši labu proteīna saturu 13,37% (N₉₀) līdz 13,95% (N₁₈₀). 2002.gadā proteīna saturs graudos bija nedaudz zemāks (12,5 – 13,6%), taču, tāpat kā iepriekšējā gadā, vērojama līdzīga sakarība, pieaugot slāpekļa mēslojuma normai, palielinās proteīna saturs graudos. Proteīna saturs un ražas lielums nosaka kopējo proteīna ieguvu no platības vienības. Lai gan proteīna saturs 2002.gadā bija nedaudz zemāks salīdzinot ar iepriekšējo gadu, taču pateicoties augstākām ražām arī proteīna ieguve bija augstāka un abos gados pieaugoša līdz ar slāpekļa normas palielināšanu. Tajā pat laikā proteīna ieguve uz 1 kg izlietotā slāpekļa samazinās līdz ar slāpekļa nomas palielināšanu: 2001.gadā no 9,43 (N₉₀) līdz 5,45 (N₁₈₀), bet 2002.gadā no 11,88 (N₉₀) līdz 7,37 (N₁₈₀) kg proteīna uz 1 kg izlietotā slāpekļa.

Gandrīz pilnīgi identiskas sakarības konstatētas arī Stendē iegūtajos rezultātos, tikai ar nedaudz atšķirīgām skaitliskām vērtībām (2.tab.). Viļānos proteīna saturs graudos noteikts tikai 2002.gadā un vidējie rādītāji ir ļoti augsti – 14,4 – 15,0% (3.tab.). Līdz ar to arī proteīna ieguve no 1 ha pārsniedz pat 1,5 t. Taču slāpekļa mēslojuma izmantošanas kopējās sakarības ir līdzīgas iegūtajām LLU un Stendes izmēģinājumos.

Secinājumi

1. Lielāks ziemas kviešu graudu ražas pieaugums ir slāpekļa mēslojuma normu palielinot līdz N₁₂₀. Ar katru nākošo palielinājuma pakāpi slāpekļa mēslojuma atdeve samazinās.
2. Proteīna saturs un tā ieguve uz platības vienību pieaug līdz ar slāpekļa mēslojuma normas palielināšanos, taču pakāpeniski samazinās iegūtā proteīna daudzuma uz patērētā minerālā slāpekļa vienību.
3. Minerālā slāpekļa izmantošanas koeficients lielā mērā atkarīgs no meteoroloģiskās situācijas veģetācijas periodā, taču pieaugot slāpekļa mēslojuma normai slāpekļa izmantošanas koeficients samazinās.
4. Iekoptās augsnes, atkarībā no veģetācijas perioda rakstura, slāpekļa mēslojuma normu virs N₁₂₀ – 150 (LLU, Stende), bet augsnes ar ļoti augstu trūdvielu saturu (Viļāni) virs N₉₀ lietošana praktiski neattiecas – strauji samazinās iegūto graudu un proteīna daudzums uz patērētā minerālā slāpekļa vienību un samazinās slāpekļa izmantošanas koeficients.

Literatūra

1. Кидин В. В., Замараев А. Г., Дмитриев Н. Н., Урожайность озимой пшеницы и коэффициент использования азота удобрения в зависимости от срока подкормки аммиачной селитрой, Известие ТСХА, выпуск 2, 1990, с. 55 – 61.
2. Baethgen W. E., Alley M. M., Optimizing Soil and Fertilizer Nitrogen Use by Intensively Managed Winter Wheat. I. Crop Nitrogen Uptake, Agronomy Journal, Vol. 81, January - February, 1989, p. 116 – 120.
3. Terman G. L., Yields and Content Of Wheat Grain as Affected by Cultivar, N, and Enviromental Growth Factors, Agronomy Journal, Vol. 71, May – June, 1979, p. 437 – 440.
4. Cox M. C., Qualset C. O., Rains D. W., Genetic Variation for Nitrogen Assimilation and Translocation in Wheat. I. Dry Matter and Nitrogen Accumulation, Crop Science, Vol. 25, May – June, 1985, p. 430 – 435.
5. Z. Gaile, J. Kopmanis, Pētījumi par ziemas kviešu graudu ražību un kvalitāti atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma veida un normas (1999. – 2001.), Agronomijas vēstis, Nr. 4, LLU, Jelgava, 2002, 74 – 78 lpp.
6. Ruža A., Katamadze M., Liniņa A., Krotovs M., Maļeckā S., Beināre A., Vītoliņš U. Ziemas kviešu slāpekļa virsmēslojuma diagnostikas vērtējums/Agronomijas Vēstis, Nr.2.-2000.-48.-56.lpp.
7. Ruža A. Linina A. Influence of nitrogen fertilizers on winter wheat varieties zeleny sedimentation volume. Book of proceedings. VII Congress of the European Society for Agronomy. Spain. 2002.- p.371.-374.
8. Strazdina V., S.Malecka, M.Krotovs, A Ruza, Dz.Kreita, A.Linina, M.Katamadze. Winter wheat productivity and grain quality in Latvian agro-climatical conditions. Agriculture Research works of biomedical sciences, agronomy. Lithuanian University of Agriculture.- 2002.-p 35.- 41.
9. Augkopība // Rokasgrāmata / A.Ružas redakcijā.-Latvijas Lauksaimniecības konsultāciju un izglītības atbalsta centrs.-2001.-324 lpp.
10. Johnson J. W., Hargrove W. L., Touchton J. T., Yamazaki W. T., Influence of N Fertilization on Wheat Milling and Baking Quality, Crop Science, Vol. 24, September – October, 1984, p. 904 – 906.
11. G. D. Jackson, J. R. Sims, Comprehensive Nitrogen Fertilizer Management Model for Winter Wheat, Agronomy Journal, Vol. 69, May – June, 1977, p. 373 – 376.
12. V. A. Johnson, A. F. Dreier, P. H. Grabouski, Yield and Protein Responses to Nitrogen Fertilizer of Two Winter Wheat Varieties Differing in Inherent Protein Content of Their Grain, Agronomy Journal, Vol. 65, March – April, 1973, p. 259 – 263.
13. Кидин В. В., Замараев А. Г., Дмитриев Н. Н., Влияние окультуренности почвы и внесения удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы, Известие ТСХА, выпуск 4, 1991, с. 12 – 16.
14. Cochran V. L., Warner R. L., Papendick R. I., Effect of Depth and Application Rate on Yield, Protein Content, and Quality of Winter Wheat, Agronomy Journal, Vol. 70, November – December, 1978, p. 964 – 968.

LIGNOSILĪCIJA PRODUKTU UN AZOTOBAKTERĪNA PIELIETOŠANA BIOĻĪGSKAJĀ LAUKSAIMNIECĪBĀ

Application of Lignosilicon and Azobacterine for Biological Agriculture

I. Serģe, G. Biteniece¹, G. Teliševa², G. Ļebedeva², A. Lielpētere³

Gulbenes Lauksaimniecības Konsultāciju birojs

¹SIA "Brīvzemnieki"

²Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts

³SIA "Bioefekts"

Abstract

Influence of Lignosilicon – plant growth and development activator, synthesized by IWC on the basis of wood chemical processing waste, and "Azotobacterin" bacterial products commercially produced by Bioefekts Ltd, on oats quality and harvest were tested in field conditions.

Products were added to oat seeds into the box of seeding – machine before sowing. Three variants (each field of 1 ha) with different dosages of products applied were used: 10 and 40 kg/ha of lignosilicon and 400 g/ha of azotobacterin.

It was shown that on the background of all products tested the harvest of oat increased significantly, vegetation time shortened, plant resistance to diseases increased, grain quality improved; most of all this indices changed positively on the background of lignosilicon (dosage of 40 kg/ha).

The results obtained have demonstrated that lignosilicon and azotobacterin has good prospects for biological agriculture.

Keywords: *oat, presowing treatment, lignosilicon, azobacterine, harvest, plant and grain quality.*

Ievads

Latvijā neatlaidīgi pieaug bioloģiski apsaimniekoto zemju platības. Pēdējos trīs gados tās palielinājušās no 0.17 uz 0.68 % lauksaimniecībā izmantojamo zemju. Saimniecību skaits mainījies no 78 saimniecībām 2000. gadā līdz 353 saimniecībām 2002. gadā ar aptuvenu sertificēto platību 17000 ha. Salīdzinot ar pārējām Eiropas valstīm, šie vēl ir mazi skaitļi, taču turpinoties valsts atbalstam subsīdiju veidā, kā arī pieaugot patērētāju informētībai un interesei par veselīgu uzturu, pieaug pieprasījums pēc bioloģiski ražotas pārtikas.

Lai pētītu problēmas, kuras konvencionālā lauksaimniecība atrisina ar ķīmijas palīdzību, 2002. gada pavasarī Gulbenes rajona Lizuma pagastā SIA "Brīvzemnieki" tika veikts ražošanas izmēģinājums, divu oriģinālu, Latvijā ražotu, videi draudzīgu produktu ietekmes uz auzu ražu pārbaudīšanai. Izmēģināti – lignosilīcijs (LSP, 5% silīcija sausnē) - augu augšanu un attīstību stimulējošs preparāts. Tas sintezēts KĶI uz koksnes pārstrādes atlikumu bāzes. Otrs – SIA "Bioefekts" ražots bakteriāls preparāts -azotobakterīns.

Lignosilīcija preparāti, saturoši 5 – 12 % silīciju ir daudzpusīgas iedarbības produkti ekoloģiski tīrai augkopībai, dārzkopībai, lauksaimniecībai un mežsaimniecībai, izstrādāti uz mūsdienīgu zināšanu bāzes par lignīna [1] un silīcija [2] lomu biocenozē.

Šie preparāti sevi labi parāda gan kā mēslojums, gan kā augu augšanas un attīstības stimulātors. Labvēlīga LSP ietekme sistēmā augsne – augs saistīta ar tā izcelsmi no koksnes, kas ģenētiski radnieciska augsnes humusam un organiski saistīta ar silīciju [3,4].

Preparāti satur augsnes šķīdumā šķīstošu, augiem viegli uzņemamu kustīgo silīciju. Viegli šķīstošu silīcija formu deficīts augsnē var izraisīt izmaiņas augu attīstībā un veicināt augu slimības. Uz silīcija nepietiekamību augsnē jutīgas tieši graudaugu kultūras: rīss, kukurūza, auzas, mieži, kvieši [2].

Azotobakterīns ir mēslošanas līdzeklis, kas satur dzīvas slāpekļa saistītājas Azotobacter celmu baktērijas Azotobakterīna ievadīšana augsnē veicina vairāku citu augiem labvēlīgu mikroorganismu grupu attīstību; tas veicina gumiņbaktēriju, nitrifikatoru un celulozes noārdītāju baktēriju attīstību, papildinot to barību ar slāpekli un vitamīniem. Tā rezultātā

palielinās slāpekļa saturs augsnē un palielinās augu ražība. Azotobaktērijas iedzīvojas augsnē un turpina to atveseļot.

Izmēģinājumu metodika

Ražošanas izmēģinājumi iekārtoti platībā, kuru trīs gadus apsaimnieko bioloģiski. Augsnes tips - velēnu podzolēta augsne, granulometriskais sastāvs - viegls smilšmāls Sm^1 , humuss 2%, augsnes hidrolītiskais skābums pH_{KCl} 6.8, augiem uzņemamais fosfors – 295 mg/kg, kālijs – 281 mg/kg augsnes, augiem apmaiņas magnijs – 57 mg/kg, kalcijijs – 691 mg/kg augsnes. Priekšaugi – zirņu/auzu mistrs. Kūtsmēsli nav doti ne priekšaugam, ne arī 2002. gada ražai. Augsne pēdējo reizi kaļķota 1985. gadā.

Lignosilīciju (5% silīcija sausnē, mitrums - 30%) augsnē iestrādāja sajaucot ar auzu sēklu tieši sējmašīnas sēklu kastē. Izmēģinājumus veica ar divām devām lignosilīcija 10 un 40 kg/ha un 400g/ha azotobakterīna. Augsnes mitrums 60% no pilnas mitruma kapacitātes. Iekārtoti 4 izmēģinājumu varianti, katrs 1 ha platībā.

Paraugi testēšanai ņemti 5 vietās, no kontroles lauciņa $1m^2$ robežās.

Graudu paraugs izveidots, veidojot vidējo paraugu 1.5 kg no katra varianta kulšanas 7-iem kilogramiem. Katram variantam tika sagatavots viens paraugs. Sēklu kvalitātes analīzi (mitrums, tīrības pakāpe, dīgtspēja, 1000 graudu masa,) veica Gulbenes Valsts sēklu laboratorija; graudu ķīmisko sastāvu, kokšķiedru saturošie (NDF %, ADF %), neto enerģiju (NEL, MJ), noteica Zinātnes centra "Sigra" biokīmijas laboratorija.

Izmēģinājumu rezultāti

Veģetācijas perioda klimatiskie apstākļi no aprīļa līdz septembrim bija nelabvēlīgi graudaugu audzēšanai. Aprīlī nokrišņu daudzums bija 27 % zem normas, maijā – 76 % zem normas, jūnija II dekādē nolija 147% no mēneša normas, bet no jūlija II līdz septembra II dekādei sekoja ilgstošs sausums ar vidējo gaisa temperatūru, kura pārsniedza par $+3.4^{\circ}C$ ilggadējo normu. No 27.jūnijam līdz 13. septembrim lietus vispār nebija. Tas radīja augsnes sacietēšanu un traucējumus augu apgādē ar mitrumu. Auzas, atšķirībā no citiem graudaugiem, ir ievērojami jutīgākas pret mitruma deficītu augsnē. Ir zināms, ka sausuma periodos auzu raža strauji samazinās, - pie augsnes mitruma, kas zemāks par 30% no pilnas mitrumkapacitātes, raža samazinās par 56 – 64 % [5, lpp.410]. Mūsu izmēģinājuma kontroles variantā graudu raža (1.83 t/ha) bija par 20% mazāka, kā vidējie piecu gadu rādītāji (2.2 t/ha) saimniecībā. Lignosilīcija un, nedaudz mazākā mērā, arī azotobakterīna iestrāde augsnē atstāja labvēlīgu ietekmi uz augu attīstību un ražu šajā sausajā vasarā. Uz preparātu fona redzams, ka augu attīstība paātrinājās par 5 – 7 dienām, sākot ar auzu cerošanas fāzi (1. tabula). Atšķirības augu attīstībā sākās no 2. lapas fāzes; uz LSP fona, lapām, salīdzinot ar kontroli, ir lielāka lapu plātne, tās ir spilgti zaļā krāsā. Par cik auzu un citu zālaugu ražas ir tieši saistītas ar lapu plātnes un sakņu masas palielināšanos, kā arī ar spēcīgas sakņu sistēmas veidošanos un fizioloģisko norišu paaugstināšanos tajā, tika uzskaitīti augu biometriskie augu izmēri (2., 3. tabula) un noteikta sakņu adsorbējošā virsma (4. tabula).

Lignosilīcijs lielākā mērā nekā azotobakterīns aktivizē auzu virszemes daļas un sakņu sistēmu, paātrinot augu attīstību. Paraugu ņemšanas testēšanai brīdī – 08.07.02. (1. attēls), lignosilīcija variantā augi jau bija sasnieguši piengatavības fāzi, bet kontrolē – graudu veidošanās stadiju. Virszemes un sakņu masa lignosilīcija fonā pārsniedz kontroli, atbilstoši 2.9 un 1.9 reizes (2. tabula). Augu attīstības biometriskie rādītāji - auzu stiebru garums un diametrs, 10 un 40 kg/ha lignosilīcija fonā ir praktiski vienādi (kļūdas robežās) (2., 3. tabula). Atšķirības augu virszemes daļu un sakņu adsorbējošo virsmu piengatavības fāzē ar divām apsekojamām LSP devām, ir statistiski ticamas (2., 4. tabula). Sakņu kopējā adsorbējošā virsma auzām ar devu 40 kg/ha LSP, ir 1.9 reizes lielāka nekā ar devu 10 kg/ha

LSP un 4.3 reizes lielāka nekā kontrolē. Ar lignosilīciju apstrādātām sēklām variantos 10 un 40 kg/ha, auzu veģetācijas periods saīsinājās par 7 dienām (1. tabula).

1. tabula

Veģetācijas laika izmaiņas auzām lignosilīcija un azotobakterīna ietekmē (šķirne "Māra")

Fenoloģiskās fāzes pēc Cadoksa skalas	Izmēģinājumu varianti			
	Kontrole	LSP (10kg/ha)	LSP (40kg/ha)	Azotobakterīns (400g/ha)
Sēja 00	14.04. 02.	14.04.02.	14.04. 02.	14.04. 02.
Pirmā lapa 10	02.05. 02.	02.05. 02.	02.05. 02.	02.05. 02.
Cerošanas sākums 21	17.05. 02.	17.05. 02.	17.05. 02	17.05. 02
Cerošanas beiges 29	21.05. 02.	20.05. 02.	19.05. 02.	20.05. 02.
Ziedēšanas beiges 69	02.07.02.	30.06.02.	28.06.02.	30.06.02.
Graudu veidošanās 71	05.07.02.	03.07.02.	01.07.02..	03.07.02.
Piengatavība 75	17.07.02.	11.07.02.	09.07.02.	11.07.02.
Vaska dzeltengatavība 85	26.07.02.	17.07.02.	15.07.02.	17.07.02
Dzeltengatavība 87	05.08.08	26.07.02.	26.07.02.	28.08.02.
Pilngatavība 89	12.08.02.	05.08.02.	05.08.02.	07.08.02.

Ražošanas izmēģinājumi, Latvija, Gulbene, 2002. g

2. tabula

Lignosilīcija un azotobakterīna biometrisko rādītāju salīdzinājums auzām (šķirne "Māra") Sēja 14.04.2002.

Varianti	Biometriskie rādītāji, 08.07.02.			
	Stiebru garums, cm	Stiebru diametrs, cm	Masa, g	
			Virszemes daļa	Saknes
Kontrole	53.5	1.9	1.78	0.27
LSP (10 kg/ha)	68.1	3.4	3.64	0.51
LSP (40 kg/ha)	70.4	3.7	5.19	0.52
Azotobakterīns (400g/ha)	73.9	2.8	2.75	0.37
VBS ₀₅ *	5.8	0.4	0.78	0.08

* VBS - vismazākā būtiska starpība

3. tabula

Lignosilīcija un azotobakterīna biometrisko rādītāju salīdzinājums auzām (šķirne "Māra") Sēja 14.04.2002.

Varianti	Biometriskie rādītāji, 14.08.02.		
	Stiebru garums, cm	Stiebru diametrs, cm	Salmu masa bez vārpām, g
Kontrole	75.5	2.5	0.9
LSP (10 kg/ha)	91.8	3.7	1.3
LSP (40 kg/ha)	89.4	3.9	1.4
Azotobakterīns (400g/ha)	83.4	3.4	1.15
VBS ₀₅	7.00	0.20	0.10

Lignosilīcija (LSP) un azotobakterīna ietekme uz kopējo adsorbējošo un aktīvo adsorbējošo auzu sakņu virsmu

Sēja 14.04.02., augu atlase testēšanai 08.07.02.

Varianti	Preparāta deva, kg/ha	Augu attīstības fenoloģiskā fāze pēc Cadoksa skalas	Kopējā adsorbējošā virsma m^2 , 10 augi	Aktīvā adsorbējošā virsma m^2 , 10 augi
Kontrole	0.0	71	0.73	0.37
LSP	10.0	75	1.66	1.04
LSP	40.0	75	3.14	1.81
Azotobakterīns	0.4	73	1.38	0.71

VBS₀₅

0.07

0.05



1. att. Lignosilīcija ietekme uz auzu attīstību, šķirne “Māra”
Sēja 14.04.2002.; foto 08.07.2002.

Control – kontrole, fenoloģiskā fāze – 71;

Lignosilicon – lignosilīcijs (40 kg/ha), fenoloģiskā fāze – 75

Auzu ražas analīze rāda, ka maksimālais ražas pieaugums sasniegts lignosilīcija devas 40 kg/ha variantā. Produktīvo stiebru skaits uz $1 m^2$ šajā variantā palielinājās no 220 uz 280 gab., graudu skaits vārpā no 32 uz 68 gab., 1000 graudu masa palielinājās no 30.3 līdz 33.0 g (5. tabula). Auzu ražas pieaugums, salīdzinot ar kontroli, variantos ar 10 un 40 LSP devu kg/ha, sastādīja atbilstoši 35.5% un 69.0%, bet variantā ar azotobakterīnu – 47 %.

Auzu stiebru griezuma mikroskopiskā apskate liecināja par augstas pakāpes stiebra ārējā slāņa pārkoksnēšanos auzām LSP lietošanas variantos. Stiebra diametra pieaugums un tā ārējo slāņu pārkoksnēšanās nodrošina izturību pret veldrēšanos, ko var novērtēt ar 10 balļu sistēmu : LSP fonā 10 balles, kontrolē un azotobakterīna variantā 7 balles.

5. tabula

Lignosilīcija (LSP) un azotobakterīna ietekme uz auzu ražību (šķirne "Māra")

Varianti	Produktīvo stiebru skaits, gab./m ²	Graudu skaits vārpā, gab.	Graudu masa vārpā, g	1000 graudu masa, g	Graudu mitrums, %	Raža, t/ha
Kontrole	220	32	1.06	30.3	14.7	1.83
LSP (10 kg/ha)	280	49	1.68	33.0	15.0	2.48
LSP (40 kg/ha)	280	68	1.75	33.3	14.1	3.11
Azotobakterīns (400g/ha)	250	43	1.21	32.3	14.1	2.69
VBS ₀₅	25	10.8	0.41	1.8	0.5	0.15

Lignosilīcijs paaugstina augu izturību pret slimībām: auzu lapu sarkanplankumainība (*Helminthoporeum avena*) novērota tikai kontrolē; tas pats novērots pie kaitēkļu bojājumiem: ar laputīm invadēti kontrolē 100% augi, variantā ar azotobakterīnu – 65 %, bet variantā ar LSP tikai 50%.

Uz LSP fona izaudzētai ražai uzlabojas graudu kvalitāte: palielinās kalcijs un dzelzs saturs, ir tendence palielināties koptauku saturam, pieaug neto enerģija (NEL), bet samazinās kokšķiedra saturošie (NDF un ADF), kas veicina graudu labāku sagremojamību un lielāku enerģētisko vērtību (6. tabula).

6. tabula

Lignosilīcija un azotobakterīna ietekme uz auzas graudu barības vērtību sausnē

Varianti	Sausne, %	NEL, MJ/kg	Kopproteīns, %	Tauki, %	NDF, %	ADF, %
Kontrole	85.0	7.1	12.1	4.8	36.1	19.2
LSP (10 kg/ha)	85.0	8.0	13.1	5.1	29.1	9.1
LSP (40 kg/ha)	85.9	8.1	13.2	5.4	23.1	6.3
Azotobakterīns (400g/ha)	85.9	8.1	13.4	5.1	20.2	5.3
VBS ₀₅	0.5	0.2	0.2	1.0	1.5	

Sausne – ISO 6496 – 1999; ME – neto enerģija; kopproteīns – ISO 5983 – 1997; tauki – GOST 13496. 15 – 85; kokšķiedru saturošie : NDF (celuloze, hemicelulozes, lignīns), ADF (celuloze, lignīns).

Secinājumi

Lauka izmēģinājumu rezultāti rāda, ka lignosilīcija un azotobakterīna pielietošana bioloģiskajā lauksaimniecībā Latvijas apstākļos ir perspektīva.

Pierādīta auzu izturības palielināšanās pret augu kaitēkļiem un slimībām, kā arī augu produktivitātes pieaugums, pielietojot lignosilīciju un azotobakterīnu.

Lignosilīcijs paaugstina augu izturību pret sausumu, stimulējot adoptogēnās īpašības. Pierādīts, ka LSP mazās devās - 10 un 40 kg/ha parāda ilgstošu aktivizējošu iedarbību uz auzu attīstību, pie tam novērota veģetācijas perioda samazināšanās par 7 dienām, bet ražas pieaugums pārsniedz kontroli, atbilstoši, par 35.5 un 69.0 %.

LSP ne tikai veicina ražas pieaugumu, bet arī uzlabo tās kvalitatīvos rādītājus. Labākie rezultāti sasniegti pie 40 kg/ha lignosilīcija iestrādes augsnē kopā ar sēklas materiālu.

Brutto I peļņa – Ls/ha sastāda : kontrolē - 85 Ls, lignosilīcija variantos 107 Ls un 97 Ls, atbilstoši 10 un 40 kg/ha LSP, bet azotobakterīna variantā – 129 Ls. Palielinoties lignosilīcija ražošanas apjomiem, tā pašizmaksa būs zemāka, attiecīgi rentabilitāte pieaugs.

Literatūra

1. Тельшева Г.М., Панкова Р.Е. Удобрения на основе лигнина. Рига, Зинатне, 1978, 62 стр
2. Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевиц Э.Я. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния. Рига, Зинатне, 1978, 587 стр.
3. Telysheva G., Lebedeva G., Dizbite T., Zaimenko N., Ammosova J., Viesturs U. Use of Silicon – Containing Lignin Product for In Situ Soil Bioremediation. – Bioremediation of contaminated soils, New York, Basel, 2000, pp 699 – 725.
4. Teliševa G., Lebedeva G., Daugaviete M. Lignosilīcija produkti lauksaimniecībai un mežsaimniecībai. – Zinātniski praktiskā konference, referātu tēzes, Jelgava, 2000, lpp. 67 – 69.
5. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. Москва, Колос, 1992, 599 стр.

INFLUENCE OF THE REORGANIZATION OF ENERGY INFRASTRUCTURE TO AIR POLLUTION IN THE BALTIC STATES

Energijas infrastruktūras reorganizācijas ietekme uz gaisa piesārņojumu Baltijas valstīs

D. Sitnikovas¹, G. Denafas², R. Vaikšnorienė, A. Galinis³, D. Štreimikienė³,
I. Kudrenickis⁴, G. Klavs⁴, T. Oja⁵, U. Mander⁵

Department for Environmental Engineering, Kaunas University of Technology,
Kaunas, Lithuania

E-mail ¹ rmb@one.lt; ² Gintaras.Denafas@ctf.ktu.lt

³Lithuanian Energetic Institute, Kaunas, Lithuania

⁴Institute for Physical Energetics, Riga, Latvia

⁵Tartu University, Tartu, Estonia

Abstract

Prognosis of environmental quality in Baltic states related with the closure of Ignalina Nuclear Power Plant according to two electricity production scenarios was made. (Scenario 1 - closure date of Block 1 is 2005, closure date of Block 2 is 2011; Scenario 2 - closure date of Block 1 is 2005, exploitation of Block 2 will be extended at least until 2020.) We can see that in accordance with both scenarios CO₂ and SO₂ emission will increase every year. Although the influence of the largest air pollution sources such as Estonian/Baltic PP, Lithuanian PP Riga CHP and others remains very significant to the situation in Baltic States, new power plants will forward the rise of total emission.

Keywords: *environmental quality, Baltic States, energy infrastructure.*

Introduction

The change of cities and districts' infrastructure is an ordinary occurrence to be investigated by historical, technical and ecological aspects. In course of time the economical activities characteristic of a separate region, grow more or less intensive, become numb, fail or transform to another activity. Every change of infrastructure is attended by changes characterized from the point of view of environmental quality evaluation. We can find a lot of unique examples both in the past and at present.

These occurrences in the post communist countries including the countries of the Eastern Shores of the Baltic Sea are taking place rather intensively and, we suppose, it will still take place for a long time. Therefore the prognosis of environmental quality related with these occurrences become very important. Since the closing time of Ignalina Nuclear Power Plant (INPP) approaches the question is: what ecological consequences of this step will be?

When the service time of nuclear fuel channels expires the exploitation of reactors will have to be ceased. There is two possible scenarios for INPP future:

1. Scenario 1 - closure date of Block 1 is 2005, closure date of Block 2 is 2011
2. Scenario 2 - closure date of Block 1 is 2005, exploitation of Block 2 will be extended at least until 2020 [1,2].

However, the closing of INPP will cause a lot of negative social, environmental and other consequences. Other ecological consequences of closing INPP could also be expected.

So it is of the huge importance to evaluate the impact of Ignalina NPP closure on the possibilities of Lithuania and other Baltic states as well to comply with obligation of international conventions on air pollution. For this reason it is necessary to determine the increased atmospheric pollution levels when the both units of Ignalina NPP will be closed and new generating capacities will be installed according the least cost power sector development plan.

Analysis data

The Balmorel model was applied for three countries Lithuania, Latvia and Estonia. Electricity market was assumed to be common for all three countries.

The model reflects the interdependency between heat and power production. CHP plants in certain areas can be forced to produce because of the heat demand, even though there is no need for electricity production. In these situations, it may be necessary to reduce the electricity production at other plants in the “system” or increase the export. Electricity production in Lithuania, Latvia and Estonia according to the Scenario 1 presented in Picture 1 [1, 2].

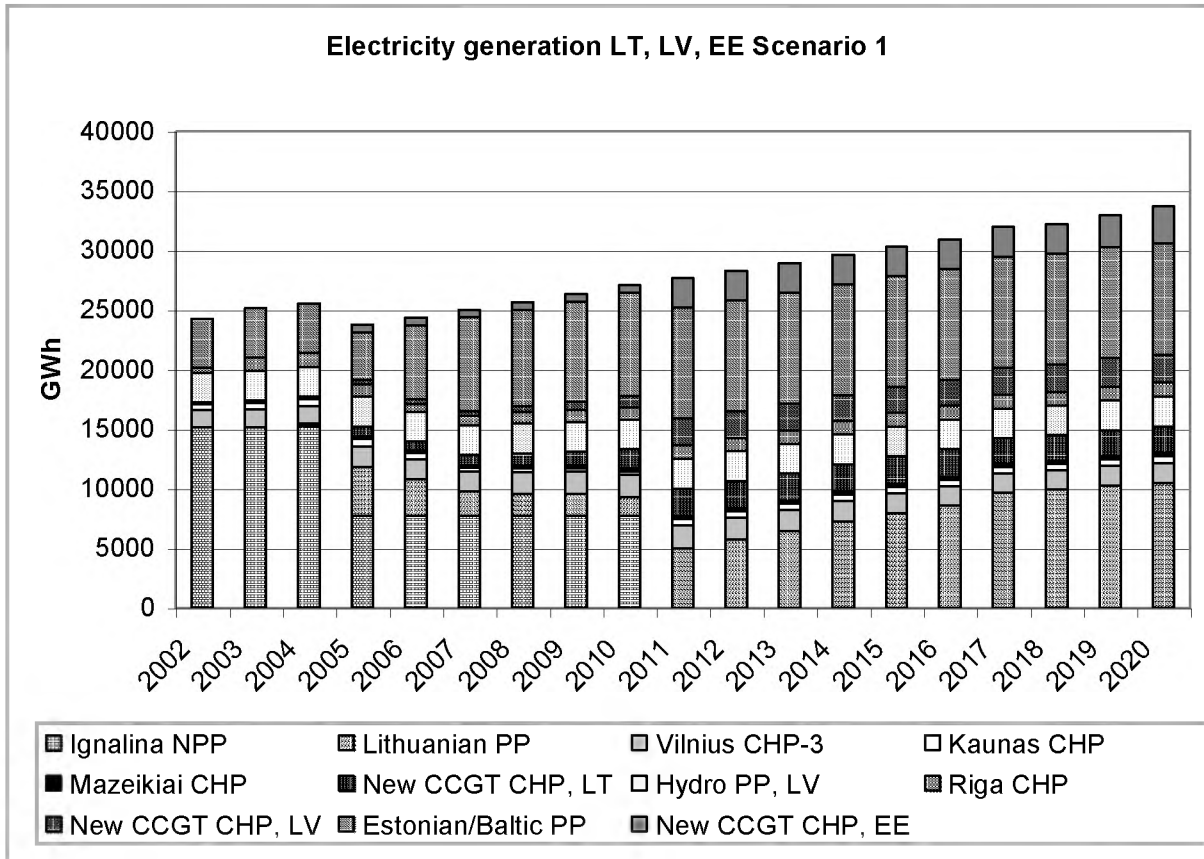


Fig.1. Electricity generation in Lithuania, Latvia and Estonia according to Scenario 1

Electricity production in Lithuania, Latvia and Estonia according to the Scenario 1 presented in Picture 2 [1, 2].

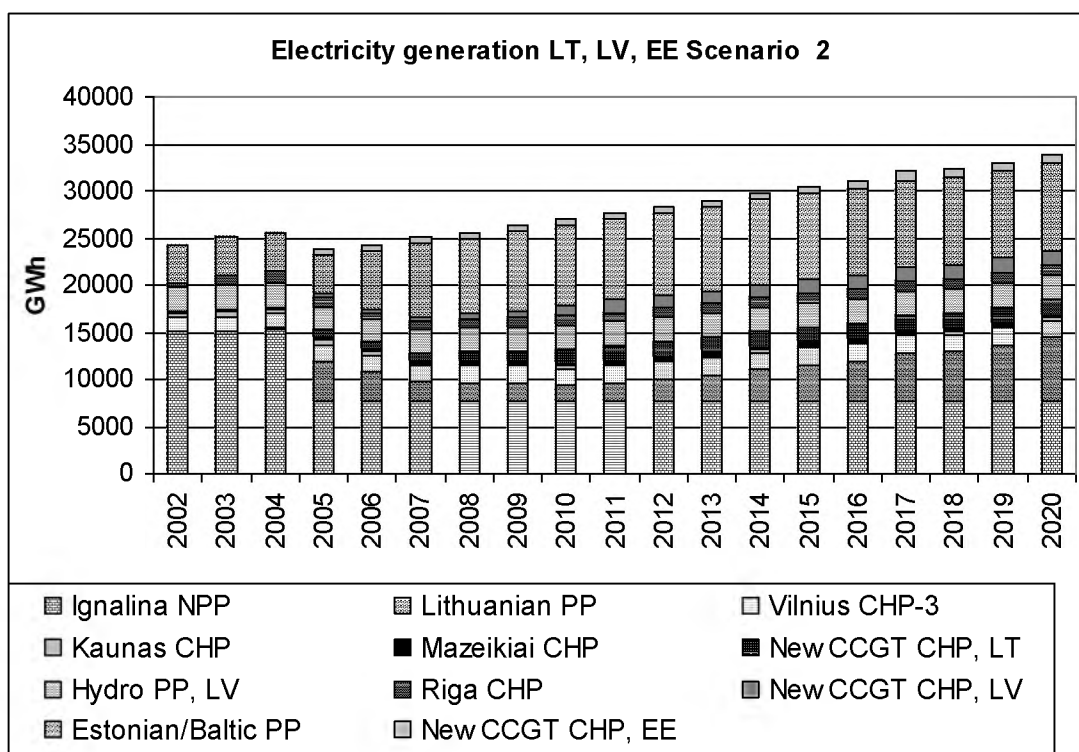
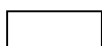


Fig.2. Electricity generation in Lithuania, Latvia and Estonia according to Scenario 2



For pollutants formation forecast we used a formation (emission) factors taken mainly from literature source [4]. Only for shale combustion in Estonian power plants we calculated necessary emission factors according to official information about annual emissions [5].

Formation factors of CO₂ and SO₂ are different and depends on to fuel type. The used formation factors of CO₂ and SO₂ are presented in the table 1.

Table 1.

Pollutants formation (emission) factors, kt/PJ, for different fuel types

Fuel type	G CO ₂	G SO ₂
Natural gas	53,655	0
Heavy fuel oil	78,8	1,463
Heavy fuel oil 40%, natural gas 60%	63,713	0,5852
Orimulsion 40%, natural gas 60%	64,077	0,77
Shale	82,18	0,607

For all power stations will be used combination of heavy fuel oil 40% and natural gas 60% fuel, but Mazeikiai CHP will be used only heavy fuel oil, Lithuanian PP – combination of orimulsion 40% and natural gas 60%, Estonian PP – shale.

Pollutants formation forecast in the baltic region after inpp closure according to the scenario 1

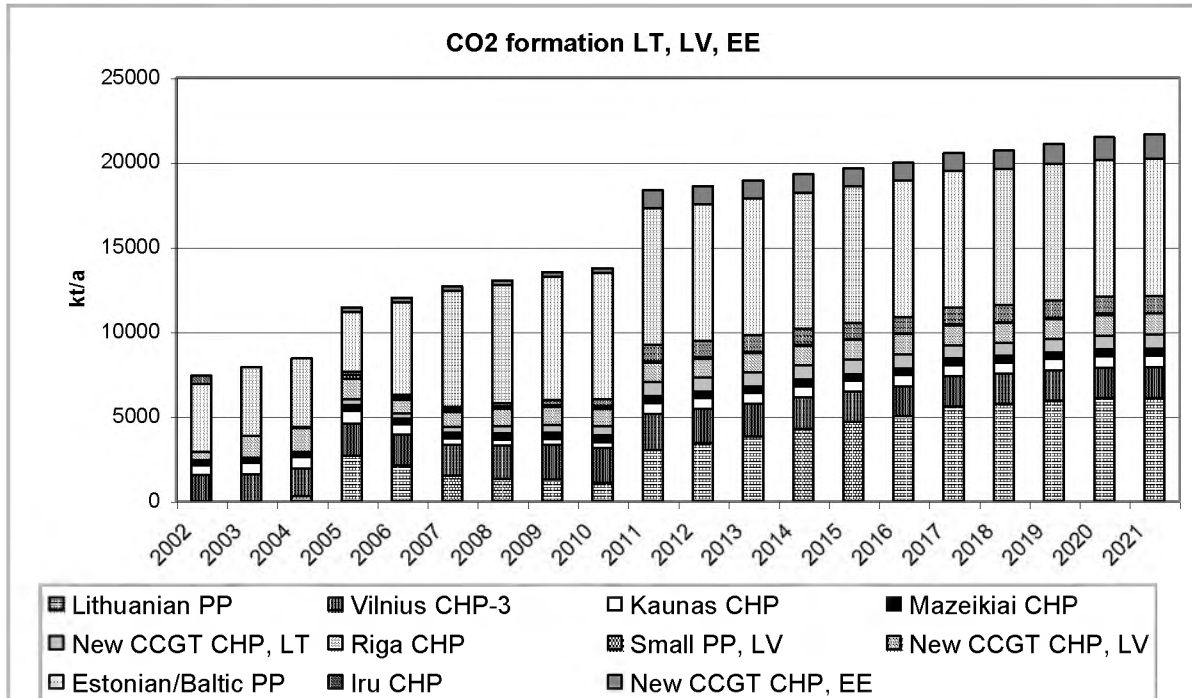


Fig.3. CO₂ formation forecast in Lithuanian, Latvian and Estonian power sector according to Scenario 1

CO₂ formation forecast in the power sector of all three Baltic countries show that emitted CO₂ amount and its distribution between power plants almost correspond the possible fuel consumption. After INPP closure the main input in Lithuania will belong to Lithuanian PP, in Estonia to Estonian/Baltic PP, in Latvia CO₂ formation will practically equally dividual between Riga CHP and new CHP.

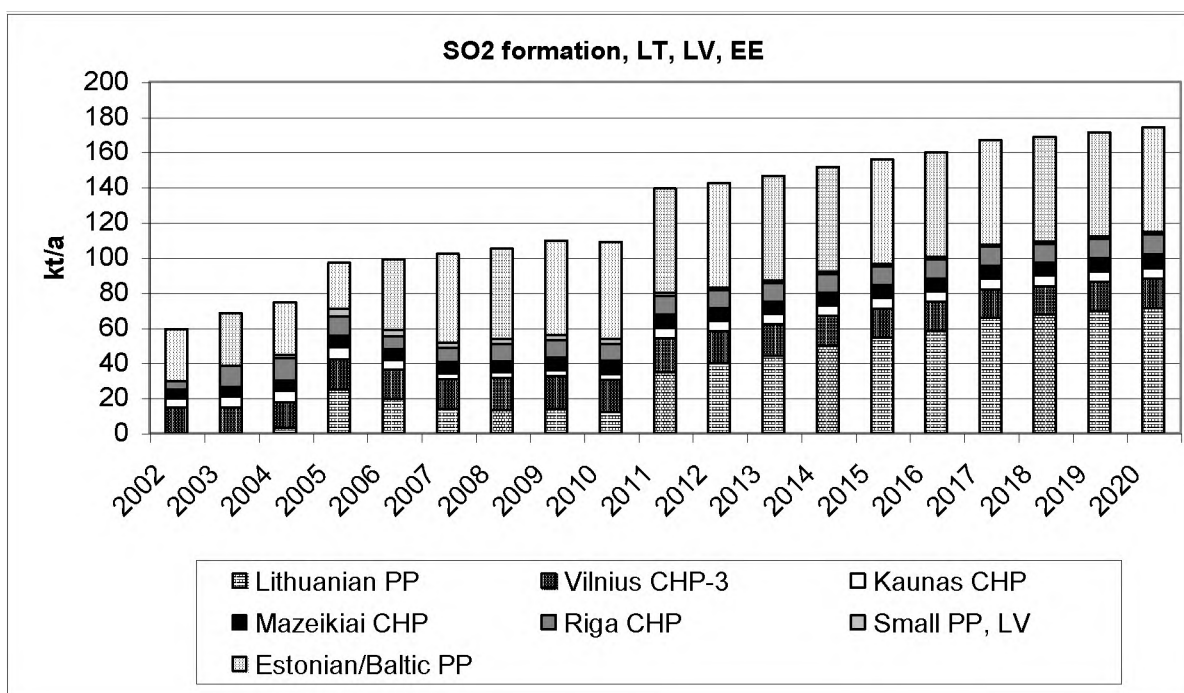


Fig. 4. SO₂ formation forecast in Lithuanian, Latvian and Estonian power sector according to Scenario 1

SO₂ formation forecast in the power sector of all three Baltic countries show that after INPP closure the main in Lithuanian power sector formed SO₂ amount will belong to Lithuanian PP, in Latvia – to Riga CHP, in Estonia – to Estonian/Baltic PP.

After closure of first INPP-unit, the formed SO₂ amount in Lithuania will increase twice, after closure of second INPP-unit this increased amount will increase twice again. So in 2011 the formed SO₂ amount in Lithuania will increase six time. Further the SO₂ formation will geminate only after 10 years.

At the same time in Estonia between 2005 and 2010 formed SO₂ amount will increase twice but graduate. From 2010 this amount will be almost steady.

After closure of first INPP unit the SO₂ formation in Latvian power sector will decreased by use of fuel of less sulphurity and further will not intensive fluctuate.

Pollutants formation forecast in the Baltic region after INPP closure according to the scenario 2

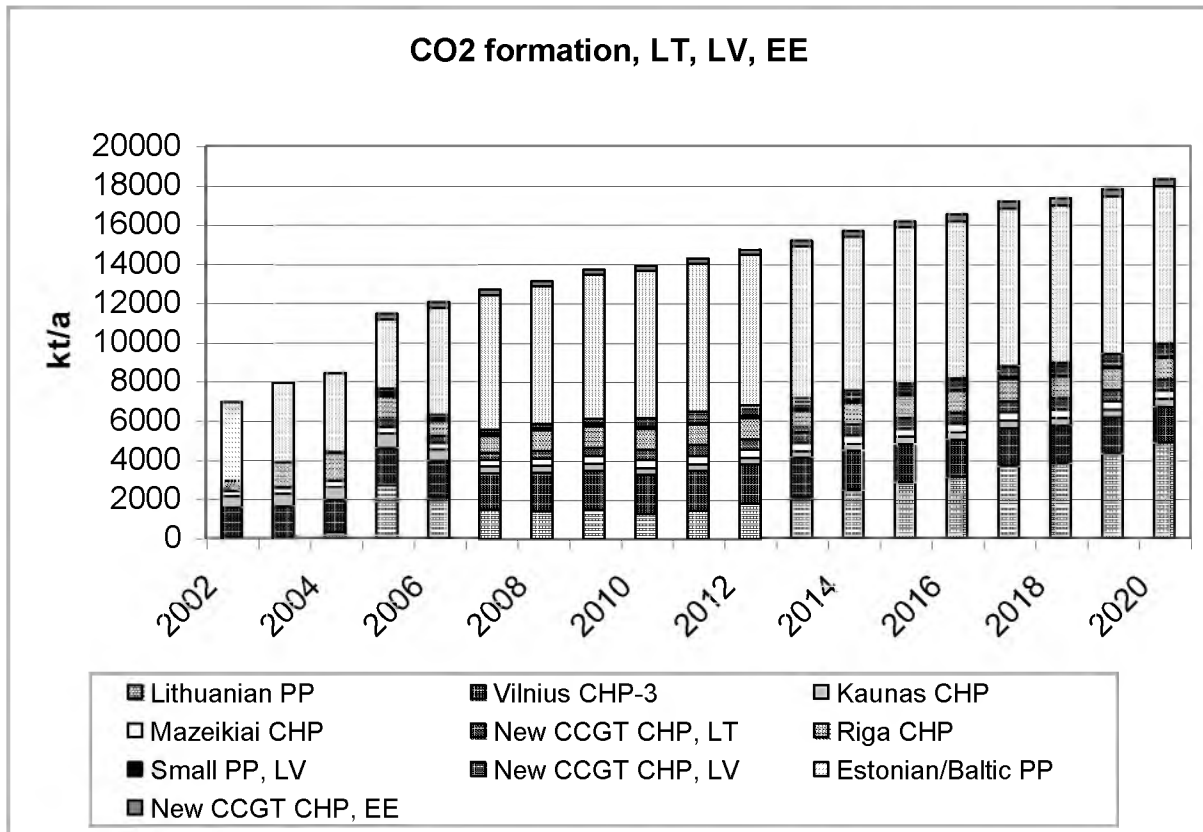


Fig. 5. CO₂ formation forecast in Lithuanian, Latvian and Estonian power sector according to Scenario 2

After the closure of INPP block 1 the main input in Baltic states will belong to Estonian/Baltic PP and Lithuanian PP, besides, the influence of Riga CHP will increase after 2005.

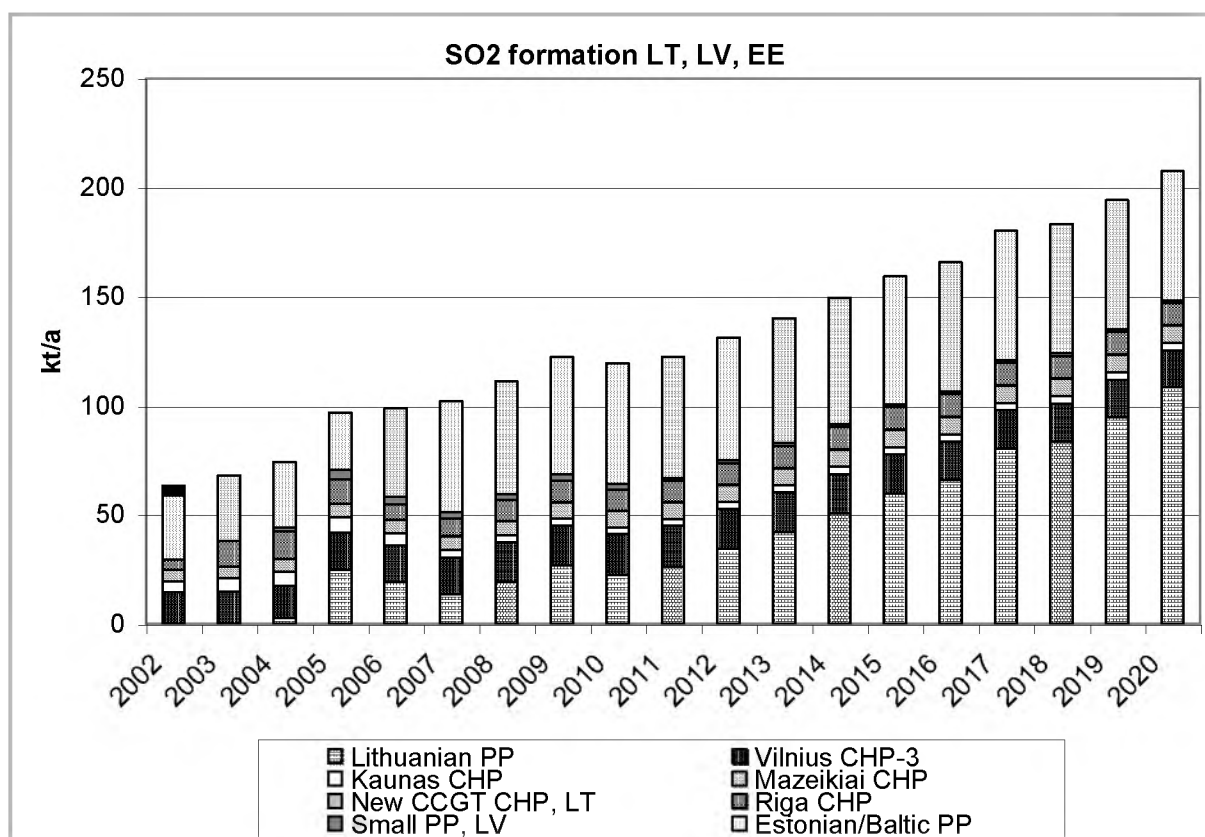


Fig.6. SO₂ formation forecast in Lithuanian, Latvian and Estonian power sector according to Scenario 2

SO₂ formation forecast in the power sector of all three Baltic countries show that after INPP closure the main in Lithuanian power sector formed SO₂ amount will belong to Lithuanian PP, in Latvia – to Riga CHP, in Estonia – to Estonian/Baltic PP.

After closure of first INPP-unit, the formed SO₂ amount in Lithuania will increase twice, after closure of second INPP-unit this increased amount will increase twice again. So in 2011 the formed SO₂ amount in Lithuania will increase six times. Further the SO₂ formation will geminate only after 10 years.

At the same time in Estonia between 2005 and 2010 formed SO₂ amount will increase twice but graduate. From 2010 this amount will be almost steady.

After closure of first INPP unit the SO₂ formation in Latvian power sector will decreased by use of fuel of less sulphurity and further will not intensive fluctuate.

Conclusions

a) According to both energy development strategy scenarios CO₂ emission will increase. According to Scenario 1 CO₂ emission will change from 7500 kt/a in 2002 to 21000 kt/a in 2020 (it will reach 20000 kt/a up till 2016). According to Scenario 2 CO₂ emission will change from 7000 kt/a in 2002 to 18000 kt/a in 2020 (it will reach 15000 kt/a up till 2013).

b) According to both energy development strategy scenarios SO₂ emission will grow every year. According to Scenario 1 SO₂ emission will change from 60 kt/a in 2002 to 175 kt/a in 2020. According to Scenario 2 CO₂ emission will change from 65 kt/a in 2002 to 205 kt/a in 2020.

References

1. Nacionalinė energetikos strategija. LEI, 2000. P.43
2. National Energy Strategy. http://www.ekm.lt/catalogs/15/F9129133_14-1.html 07.10.2002.
3. Regional and Local Environmental Impact caused by Closing of Ignalina Nuclear Power Plant: Incorporating Environmental Considerations in the Decision Making Process. Final report. Kaunas: KTU, Department for Environmental Engineering, 2001.
4. Denafas G., Revoldas. V., Žalčiauskienė A., Bendere. R., Kudrenickis L., Mander U., Oja T., Sergeeva L., Esipenko A. Environmental consequences of the use of biomass and combustible waste in the Baltic region.// Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 2002, Riga. P. 24-25.
5. Estonian Energy 1991-2000. Estonian Ministry of Economic Affairs, 2001. P.88.

LINI – PERSPEKTĪVA KULTŪRA ŠĶIEDRAS UN EĻĻAS RAŽOŠANAI LATVIJĀ

Flax – the Perspective Crop for Fibre and Oil Manufacturing in Latvia

V. Stramkale, J. Sulojeva¹, R. Seržane², E. Janušovskis², E. Gudriniece²

SIA “Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs”,

Rēzeknes raj., p.n.Viļāni, Jaunviļāni, 4628140, strzin@apollo.lv

¹Rēzeknes Augstskola, Inženieru fakultāte, Atbrīvošanas al. 76, Rēzekne, askif@ru.lv

²Rīgas Tehniskā Universitāte, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

Āzenes 14/24, Rīga, gudr@ktf.rtu.lv

Abstract

Flax has been of great importance in Latvia for a long time. It is a sources of raw materials of valuable products – fibre and oil for national economy. The total content of oil and fatty acids in the 42 sorts of linseed was determined. The use of pre-seeding biostimulators (microorganism metabolite – Germin, microelements copper, zinc and boron) resulted in positive changes in total contents of an oil and unsaturated fatty acids (linoleic and linolenic) in the linseed of following generation was determined. Under the influence of biostimulators an augmentation of the yield of flax straw for 8–21% in comparison with control was observed. The yield of linseed increased for 6–28%, correspondingly.

Keywords: *flax, pre-seeding biostimulators, fatty acids.*

Ievads

Lini Latvijas lauksaimniecībā jau no seniem laikiem ieņēmuši nozīmīgu vietu. Linus audzēja gan pašu vajadzībām, gan eksportēja 20-30 tūkstošu tonnu gadā par 45 miljoniem latu [1]. 2002. g. linu sējumu platības Latvijā sasniedza 1935,1 ha, salīdzinot ar 2001. g. tās palielinājās par 596,8 ha. Tautsaimniecībai lini dod divus vērtīgus produktus: šķiedru un eļļu. Lini šķiedra tekstilrūpniecības bilancē pēc kokvilnas ieņem otro vietu un ir viena no visstiprākajām un izturīgākajām augu šķiedrām. Lini sēklas satur 35-42% eļļas un līdz 23% olbaltumvielas [1].

Lini audzēšana ir perspektīva, jo no tiem iegūstamie produkti ir pilnīgi izmantojami. Lini šķiedra 85-90 % apmērā tiek eksportēta un ir konkurētspējīga ES tirgū. 2002. gadā Latvijā pārdoti linu stiebrīni 6116 t, salīdzinot ar 2001. gadu par 2137 t jeb 35% vairāk. Vidējā ražība 3,15 t·ha⁻¹. Ar katru gadu uzlabojas arī iegūtās ražas kvalitāte. Pārdotā linu stiebrīņu produkcija 92,7% apjomā novērtēta ar 1,25 un 1,50 numuriem. Valsts par izaudzēto linu produkciju izmaksāja subsīdijas 405707 Ls, kas sastāda 66,3 Ls par linu stiebrīņu tonnu.

Lini pirmapstrādi veic SIA “Latgales lini”, SIA “Linex”, SIA “LaKralini”, SIA “Rūjiena”. Lini pirmapstrādes uzņēmumos iespējams pārstrādāt 24000 t linu stiebrīņu. Sekmīgi strādā SIA “Latgales lini”, jo tika uzstādītas jaunas iekārtas katonizētās linšķiedras ražošanai un pilnveidotas linu pirmapstrādes ceha iekārtas, lai uzlabotu iegūtās produkcijas kvalitāti un palielinātu ražīgumu.

Latvijā izaudzētais linu stiebrīņu daudzums tomēr nenodrošina ar nepieciešamo produkciju linu pirmapstrādes uzņēmumus, tāpēc nepieciešams iepirkt linšķiedru no citām valstīm.

Latvijā audzē galvenokārt garšķiedras un nelielās platībās arī eļļas linus. Lini audzētāji iegūst arī linsēklas, no kurām iegūst linsēklu, kurai ir plašs pielietojuma spektrs. Lini eļļu izmanto farmakoloģisko, medicīnisko un kosmētisko preparātu izgatavošanā. Augstākā labuma linsēklu lieto kulinārijā, konditorijas rūpniecībā, lauksaimniecības produktu konservēšanā u.c. [1]. Lini eļļu un no tās iegūto pernicu plaši lieto krāsu, laku, kā arī koksnes izstrādājumu rūpniecībā. Šie produkti izceļas ar “videi draudzīgām” īpašībām, tāpēc to ražošanas palielināšana kļūst arvien nozīmīgāka. Linsēklu pārstrādes procesā rodas

spraukumi, kurus izlieto vērtīgas lopbarības – raušu ieguvei. No lineļlas ražoto produktu eksports ir nozares potenciāla ievērojama rezerve, kas pagaidām tiek izmantota nenozīmīgi, bet var kļūt ļoti svarīga, pieaugot lina audzēšanas apjomiem.

Tālākai linkopības attīstībai nepieciešams palielināt lina ražību, kā arī paaugstināt kvalitāti, vienlaicīgi samazinot pašizmaksu. Lina audzēšanas tehnoloģijā viena no perspektīvākajām augu imunitātes palielināšanas metodēm, augšanas stimulatoru (Germinu, cinka un vara borātus) izmantošana, kas saudzē vidi un neatstāj kaitīgu ietekmi.

Materiāli un metodes

Sīkdispersi cinka ($ZnO \cdot B_2O_3 \cdot H_2O$, $3ZnO \cdot 5B_2O_3 \cdot 14H_2O$, $2ZnO \cdot 3B_2O_3 \cdot 7H_2O$)* un vara ($3CuO \cdot 2B_2O_3 \cdot 7H_2O$) borāti (turpmāk saīsināti ZnB, CuB), kuri sintezēti RTU Neorganiskās ķīmijas institūtā profesores J. Švarces vadībā, ir pielietojami lina sēklu pirmssējas apstrādei, appūderējot tās ar preparātu mazās devās vienlaicīgi ar kodināšanu. Mazās devas un apstrādes metodē cinka borāts (ZnB) un vara borāts (CuB) nepiesārņo apkārtējo vidi un lina produkciju ar ķīmiskajām vielām un tos var uzskatīt par labai draudzīgiem.

Arī fitohormons-citokinīns Germins, ko producē baktērijas *Pseudomonas stutzeri* 136 ir labai draudzīgs, nekaitīgs cilvēkiem un dzīvniekiem. Fitohormons Germins sintezēts Dr. biol. I. Miškes vadībā [2].

Fitohormona Germina, CuB un ZnB, kā arī šo vielu kombināciju regulatīvās funkcijas pēfītas lina šķirnei "Laura" (2000./2001.gada izmēģinājumi). Eļļas satura un sastāva noteikšanai linsēklās izmantotas arī šķirnes, kuras audzētas lina ģenētisko resursu kolekcijā.

Lauka izmēģinājumos (2000., 2001.g.) *linsēklu apstrādi* veica sekojoši:

1 litrā ūdens izšķīdina 5 ml fitohormona Germina un šo šķīdumu izsmidzina uz 100 kg sēklu, vienlaicīgi rūpīgi tās maisot. Pēc tam 100 g cinka vai vara borātu sajauc ar vajadzīgo devu kodnes un appūderē ar Germina šķīdumu samitrinātās sēklas, atkal tās rūpīgi maisot.

Izmēģinājumus ierīkoja pēc randomizēto bloku metodes 6 atkārtojumos. Laučiņa kopējā platība $6 \cdot 3,5m = 21m^2$, izmēģinājuma kopējā platība $1428 m^2$. Laučiņa uzskaites platība $6 \cdot 3,2m = 19,2m^2$. Augsne – trūdaini podzolēta glejauksne. Augsnes agroķīmiskais raksturojums: organisko vielu saturs – 6,5%, pH – 7,0, fosfora nodrošinājums – $145 mg \cdot kg^{-1}$ augsnes, K_2O – $118 mg \cdot kg^{-1}$ augsnes. Mikroelementu saturs: varš, bors, mangāns, cinks (pēc augsnes kartogrammas rezultātiem) – vidējs līdz zems. Priekšaugi – ziemāji. Pamatmēslojumā pielietots kompleksais mēslojums 6 : 26 : 30.

Meteoroloģiskie apstākļi 2000. un 2001. gada veģetācijas periodos bija atšķirīgi un dažādi ietekmēja lina augšanu un attīstību. 2000. gada maijā pavasara salnas un mitruma deficīts aizkavēja lina dīģšanu. Jūnijā laika apstākļi bija labvēlīgi augu augšanai un attīstībai. Jūlijā nokrišņu daudzums 1,8 reizes pārsniedza normu. Augusta pirmajā pusē laika apstākļi uzlabojās un labvēlīgi ietekmēja lina nogatavošanos. 2001. gada maijā aukstais un sausais laiks aizkavēja lina augšanu un attīstību. Jūnijā nokrišņu daudzums palielinājās, kas sekmēja augu augšanu. Jūlijs bija ļoti karsts. Augstās temperatūras negatīvi ietekmēja lina ziedēšanu. Augustā gaisa temperatūra nedaudz pazeminājās, bet nokrišņu daudzums bija tikai 30% no normas. Šādi meteoroloģiskie apstākļi paātrināja un negatīvi ietekmēja lina nogatavošanos.

Izmēģinājuma gados meteoroloģiskie apstākļi bija samērā nelabvēlīgi lina augšanai un attīstībai.

Lauka izmēģinājumos noteica lina salmiņu un sēklu ražu. Lini vākti agrā dzeltengatavības fāzē, noplūcot ar lina plūcamo mašīnu TLN-1.5, sasieti kūlīšos žāvēšanai uz lauka. Pēc tam tie nokulti ar kuļmašīnu "Eddi".

Linsēklās noteica kopējo eļļas daudzumu [3] un taukskābju saturu eļļā RTU Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātē profesores E. Gudrinieces vadībā. Eļļas saturu linsēklās noteica, ekstrahējot Soksleta aparātā. Taukskābju saturu linsēklās noteica sekojoši:

linsēklu eļļas glicerīdus pāresterificē par taukskābju metilēsteriem, izšķīdina heptānā un analizē ar gāzes-šķidrums hromatogrāfiju [4].

Datu matemātiskā apstrāde (vidējo aritmētisko un reprezentācijas kļūdas, kā arī robežstarpības aprēķini) un attēlu izveide veikta ar datorprogrammām *MS Excel*.

Rezultāti un diskusija

Linu salmiņu un linsēklu raža

Lauka izmēģinājumos, kur sēklu pirmssējas apstrādei izmantots tikai fitohormons Germins ($0,05\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$), linu salmiņu ražas pieaugums ir 13%, bet linsēklu raža palielinājusies par 8%, salīdzinot ar kontroli (1. tab.).

Sēklu pirmssējas apstrāde ar vara borātu ($1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ linsēklu) sekmējusi linu salmiņu ražas pieaugumu par 19%, salīdzinot ar kontroli, bet, pielietojot vara borāta un Germina kombināciju ($\text{CuB } 1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, Germins – $0,05\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ linsēklu), linu salmiņu ražas pieaugums ir 27%. Linsēklu ražas pieaugumi šajos variantos ir 22% un 34%, salīdzinot ar kontroli (1. tab.).

Izmantojot sēklu pirmssējas apstrādei cinka borātu ($1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ linsēklu), linu salmiņu ražas pieaugums ir 14%, bet pielietojot cinka borāta un Germina kombināciju ($\text{ZnB } 1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, Germins $0,05\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ linsēklu), linu salmiņu ražas pieaugums ir 16%, salīdzinot ar kontroli. Linsēklu ražas pieaugums šajos variantos ir attiecīgi 6% un 19% (1. tab.).

1. tabula

Stimulatoru ietekme uz linu salmiņu un linsēklu ražu

Stimulatori	Salmiņu raža		Sēklu raža	
	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	%	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	%
Kontrole	5,59	100	0,65	100
Germins ($0,05\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$)	6,22	113	0,7	108
CuB ($1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	6,67	119	0,79	122
ZnB ($1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	6,36	114	0,69	106
CuB ($1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) + Germins ($0,05\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$)	7,08	127	0,87	134
ZnB ($1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) + Germins ($0,05\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$)	6,49	116	0,77	119
	$\gamma_{0,05}=0,40$		$\gamma_{0,05}=0,03$	

Izmēģinājumu rezultātu noviržu ticamības aprēķini rāda, ka iegūtie ražas pieaugumi ir būtiski gan linu salmiņiem, gan linsēklām.

Linu salmiņu un linsēklu ražas palielināšanās mikroelementu ietekmē, iespējams, skaidrojama ar to, ka varš, bors un cinks gan būdami daudzu fermentu sastāvā, gan kā kofaktori augos notiekošajās reducēšanās–oksidēšanās reakcijās [5, 6] ietekmē metabolisma procesus norisi un līdz ar to arī ražu.

Salīdzinoši lielāka mikroelementu ietekme uz linu ražu ir vara borāta, cinka borāta un Germina kombinācijām. Acīmredzot, dabas fitohormona regulatīvā ietekme uz gēnu ekspresiju [7, 8] intensīvāk realizējas augā notiekošajos metabolisma procesos, tajos iesaistoties mikroelementiem.

Linsēklu eļļas sastāvs

RTU Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes augu eļļas pētījumu grupa noteica sēklu eļļas saturu un taukskābju sastāvu. Pētītas eļļas, iegūtas no 42 linu šķirnēm, audzētām linu ģenētisko resursu kolekcijā un eļļas, iegūtas no linsēklām, kas audzētas no sēklām apstrādātām ar mikroelementiem un Germinu.

Lineļa atšķiras no citām eļļām ar to, ka tā satur daudz polinepiesātināto taukskābju (līdz 73%): linolskābe (ω -6) 11-18%, linolēnskābe (ω -3) 47-60%. Linolēnskābes saturs ir atkarīgs no linu šķirnes, genotipa un svārstās no 3-9% līdz 63-69% [9]. Linolēnskābe, linolskābe u.c. nepiesātinātās taukskābes ir neaizstājamas taukskābes, kas nerodas cilvēka organismā un cilvēkam ir jāuzņem ar uzturu. Rekomendējamā koncentrācija linolēnskābei un linolskābei pārtikas produktos ir 1 un 2 % attiecīgi. Ir ieteikta arī linolskābes un linolēnskābes attiecība 70 : 30, ko var iegūt, eļļas sajaucot atbilstošās proporcijās. Augstais linolēnskābes saturs linu eļļā veicina tās ātro oksidēšanos. Augu eļļas linolskābes triglicerīdi oksidējas 10 reizes ātrāk, linolēnskābes 25 reizes ātrāk kā oleīnskābes triglicerīdi. Tāpēc pēdējā laikā meklē iespējas samazināt linolēnskābes glicerīdu saturu lineļļā. Kanādā ir radītas linu šķirnes, kas satur mazāk kā 3% linolēnskābes. 1994.g. sākts iegūt eļļu no linu šķirnes “Solin” sēklām (2. tab.).

2. tabula

Linu šķirnes “Solin” sēklu glicerīdu taukskābju saturs, %

Palmitīnskābe C _{16:0}	Stearīnskābe C _{18:0}	Oleīnskābe C _{18:1}	Linolskābe C _{18:2}	Linolēnskābe C _{18:3}
5,9–6,6	3,3–4,3	12,7–25,1	62–75,8	2–3,2

Ir noteikts eļļas saturs linu sēklās un taukskābju sastāvs eļļā. Augstākais eļļas saturs – 40,71% ir šķirnei “B-873”, bet zemākais šķirnei “Aurore” – 29,19% no sēklu masas (skat. 3. tab.). Eļļas daudzums eļļas linu sēklās ir 39-45% (skat. 3. tab., paraugs 1-8), bet garšķiedras linu sēklās 35-39% [10]. Pētītie lini pamatā ir garšķiedras lini (skat. 3. tab., paraugs 9-42). Pēc taukskābju satura eļļas linu eļļa maz atšķiras no garšķiedras linu eļļas, atšķirības taukskābju saturā, domājams, vairāk atkarīgas no linu šķirnes.

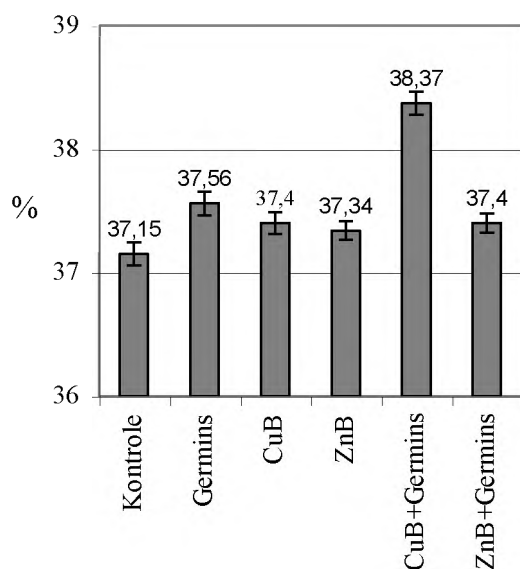
Šķirnēm ar mazāku linolēnskābes saturu (<50%), kā piem. “Kastjičiai”, “T-12”, “Sojuz”, “Belinda”, “Engelum II” oleīnskābes saturs ir >30%. Samazinoties linolēnskābes saturam un pieaugot oleīnskābes, palmitīnskābes un stearīnskābes saturam eļļā, samazinās eļļas oksidējamība un palielinās stabilitāte. Var prognozēt, ka eļļa, iegūta no linsēklu šķirnes “Kastjičiai”, varētu būt stabilākā par pārējām, jo tās sastāvā ir viszemākais polinepiesātināto skābju saturs (10,71% piesātināto, 33,66% mononepiesātināto, 55,63% polinepiesātināto skābju).

Būtu vēlams izveidot linu šķirnes, kuru sēklās linolēnskābes (ω -3) un linolskābes (ω -6) attiecība būtu 30 : 70, kas ir ieteikta kā vēlama pārtikā [9]. Pētītās linu šķirnes šādu skābju attiecību iegūt neizdevās, bet dažām šķirnēm linolēnskābes un linolskābes attiecība ir tuvu vēlamai, piemēram, “Argos” (26 : 74), “Engelum II” (25 : 75), “Electra” (25 : 75).

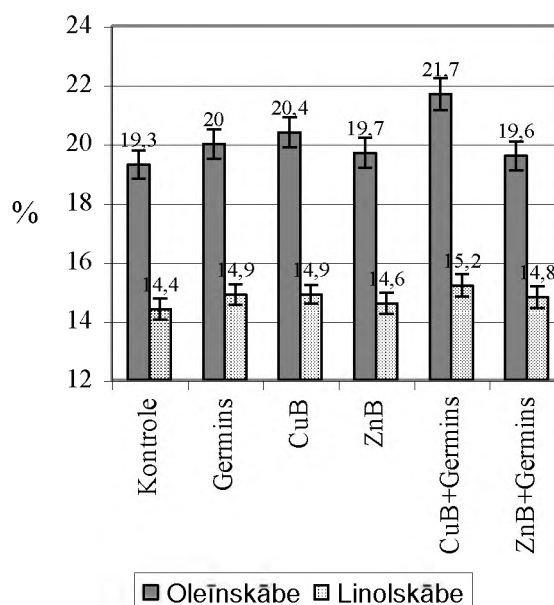
Analizējot lauka izmēģinājumos izaudzētos linus, kur sēklu pirmssējas apstrādei bija izmantoti biostimulātori, pēc eļļas satura sēklās (1., 2. att.), konstatējām, ka tas sekmējis eļļas satura pieaugumu par 0,19% (ZnB piedeva) līdz 1,22% (CuB + Germis piedeva). Izmainījies arī eļļas kvalitatīvais sastāvs: palielinājies nepiesātināto taukskābju oleīnskābes (par 0,3–1,4%) un linolskābes (par 0,2–0,8%) daudzums.

Linu šķirņu sēklu analīzes rezultāti

Nr.	Linu šķirne	Mitruma saturs sēklās, %	Eļļas saturs sēklās, %	Glicerīdu taukskābju saturs, %				
				palmitīnskābe C _{16:0}	stearīnskābe C _{18:0}	oleīnskābe C _{18:1}	linolīnskābe C _{18:2}	linolēnskābe C _{18:3}
1.	B-873	8,68	40,71	6,40	0,66	20,56	13,02	59,36
2.	B-291	13,40	40,23	6,64	0,64	20,74	12,80	59,19
3.	B-141	8,26	40,13	6,79	0,66	21,00	13,14	58,41
4.	Toržovskij 4	7,77	39,49	5,48	0,61	24,38	14,43	55,10
5.	B-784	7,93	39,37	6,20	0,70	20,70	12,90	59,60
6.	Kastjičiai	7,70	39,29	9,81	0,90	33,66	12,22	43,41
7.	B-645	8,19	39,25	6,59	0,55	20,88	12,83	59,60
8.	Currong	7,68	39,02	5,50	<	29,00	14,60	50,90
9.	Emilīn	8,84	38,89	4,97	0,50	22,84	13,97	57,73
10.	Adoininskij	7,38	38,85	5,52	0,61	29,36	14,00	50,52
11.	Barbara	8,63	38,24	5,57	0,54	26,30	12,47	55,00
12.	B-467	8,77	38,13	5,95	0,61	21,49	13,09	58,86
13.	Domaninskij	8,74	38,10	5,17	0,55	26,62	13,21	51,23
14.	Te-500/1	8,41	37,39	5,58	0,60	26,53	13,15	54,15
15.	T-12	8,47	37,39	5,00	0,66	35,30	11,40	49,60
16.	Sojuz	8,09	37,08	4,98	0,47	31,36	14,65	48,54
17.	W-196	8,43	37,04	4,52	0,55	25,44	14,52	54,97
18.	Stepnoj	7,84	36,79	6,22	0,62	24,94	14,27	53,93
19.	Argos	8,69	36,72	4,93	0,51	26,52	17,47	50,56
20.	Polesskij-3	8,02	36,64	5,30	0,55	29,71	13,85	50,59
21.	Beločka	8,39	36,57	4,95	0,54	25,32	15,29	53,90
22.	Bekovskij krjž.	4,19	36,25	5,22	0,50	27,80	14,30	52,19
23.	Pskovskij krjž.	8,17	36,11	7,41	0,70	28,03	14,45	49,41
24.	Natasja	8,14	36,06	5,59	0,62	23,61	15,34	54,84
25.	Nr.211	8,37	36,02	5,40	0,70	29,50	15,40	49,10
26.	Ariadna	8,68	35,98	4,75	0,45	25,07	15,96	53,77
27.	Beütelsdorfer	8,63	35,84	5,52	0,62	27,26	14,52	52,08
28.	Sv-8240513	8,08	35,48	5,05	0,61	27,24	15,10	52,00
29.	Diane	8,23	35,18	4,63	0,49	26,36	14,03	54,49
30.	I-9	8,64	35,10	5,07	0,49	29,02	13,31	52,11
31.	Glukovskij	7,82	34,80	6,30	<	22,90	14,30	56,50
32.	Belinda	8,47	34,79	4,20	0,73	32,10	15,00	48,20
33.	Omega	8,83	34,66	4,76	0,48	29,77	11,81	53,18
34.	Engelum II	8,21	34,36	3,00	0,69	32,20	16,10	47,90
35.	W-768	8,89	34,28	4,77	0,55	25,82	14,28	54,60
36.	Porhovskij krjž	8,24	34,23	5,12	0,51	28,26	14,10	52,01
37.	W-357	8,38	33,72	5,11	0,59	26,64	14,28	53,38
38.	Elektra	8,18	33,23	6,09	0,66	25,44	17,17	50,64
39.	D-1372-70	8,03	33,22	5,40	0,58	26,98	14,52	52,51
40.	Nynke	8,54	32,50	4,41	0,46	24,86	15,46	54,80
41.	Vera	8,26	32,38	4,99	0,42	26,35	15,45	52,79
42.	Aurore	8,00	29,19	6,06	0,52	23,01	14,37	56,10



1. att. Eļļas saturs linsēklās



2. att. Oleīn- un linolskābes saturs linsēklu eļļā

Secinājumi

Linu šķirnes “Laura” sēklu pirmssējas apstrādes ar biostimulatoriem – mikroorganismu metabolītu Germinu, vara un cinka borātiem, kā arī šo savienojumu kombinācijām ietekme ir sekojoša:

- linu salmiņu raža biostimulatoru ietekmē palielinās par 13–27%, salīdzinot ar kontroli, bet linsēklu raža attiecīgi par 6–22%;
- linu sēklās biostimulatoru ietekmē palielinās kopējais eļļas daudzums, kā arī oleīn- un linolskābes saturs eļļā.

Tā kā linsēklu eļļa ir nozīmīgs pārtikas, tehnisko resursu un ārstniecības avots, varam turpmāk ieteikt linu audzētājiem izmantot sēklu pirmssējas apstrādei mikroorganismu metabolītu Germinu, vara un cinka borātus, lai palielinātu eļļas un nepiesātināto taukskābju saturu linsēklās.

Linu ģenētisko resursu kolekcijā sēklām noteikts eļļas saturs un taukskābju saturs. Analizējot iegūtos rezultātus secinājām:

- augstākais eļļas saturs – 40,71% ir šķirnei “B-873”, bet zemākais šķirnei “Aurore” – 29,19% no sēklu masas,
- pēc taukskābju satura eļļas linu eļļa maz atšķirās no garšķiedru linu eļļas, atšķirības vairāk atkarīgas no linu šķirnes,
- linolēnskābes (ω -3) un linolskābes (ω -6) attiecību 30 : 70, kas ir ieteikta kā vēlama pārtikā, iegūt neizdevās, bet dažām šķirnēm (“Argos”, “Engelum II”, “Electra”) šī attiecība ir tuvu vēlamai,
- eļļa, iegūta no linsēklu šķirnes “Kastjičiai”, varētu būt stabilākā par pārējām, jo tās sastāvā ir viszemākais polinepiesātināto skābju saturs.

Iegūtie eļļas satura un sastāva rezultāti ir ļoti noderīgi selekcionējot jaunas linu šķirnes.

Literatūra

1. Ivanovs S., Stramkale V. Linu audzēšanas un novākšanas tehnoloģijas. LLU Ulbrokas zinātnes centrs, 2001, 8-28 lpp.
2. Мишке И. В. Микробные фитогормоны в растениеводстве. Рига: Зинатне, 1988, стр. 150.

3. Matiseks R., Šnēpels F. M., Šteinere G. Pārtikas analitiskā ķīmija. Rīga: Latvijas universitāte, 1998, 33-35 lpp
4. Gunston F.D. The lipid hand book. 1986, 366 p.
5. Кабате-Пендикс А., Пендикс Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989, стр. 439.
6. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 1999, 889 p.
7. Кулаева О. Х., Хохлова В. А., Фофанова Т. А. Цитокинин и абсцизовая кислота в регуляции роста и процессов внутриклеточной дифференцировки. В. Гормональная регуляция онтогенеза растений. М.: Наука, 1984, стр. 71-86.
8. Schmulling T., Schafer S., Romanov G. Cytokinins as regulators of gene-expression. J. Physiologia Plantarum, 1997, Vol. 100, pp. 505-519.
9. Толкачев О.Н., Жученко А.А. Биологически активные вещества льна. Исследование в медицине и питании. Химико-фармацевтический журнал, 2000, 34, 7, 23.
10. Gudriniece E., Stramkale V., Seržane R., Strēle M., Lebedevs A., Leitens R. Latvijā audzēto augu eļļu pētījumi. RTU Zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija, 2001, 1.sēr., 2. sēj., 101.

BIOTOPU AIZSARDZĪBAS PROBLĒMAS TĒRVETES DABAS PARKĀ *Biotope Protection Problems in Tervete Nature Park*

I. Straupe, A. Adamovičs

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV-3001,
e-mail:alexadam@cs.llu.lv, tel./fax.: +371 30 05629

Abstract

Tervete Nature Park is a particular cultural, historical and geographical object. To overcome problems with regard to the existing biotope protection, the inventory of woodland key habitats and natural meadows has been carried out using approved research methods.

Great biological diversity including great amount of medical and rare plants found in the Park has been described. Spridisu and Auziņu meadows are typical dry meadows. Silalibiesu, Illenu and Plavnieku meadows are moderately moistured meadows. Meadows' flora of Tervete Nature Park is formed by two vegetation classes: Molinio-Arrhenatheretea and Festuco-Brometea.

A complex of measures has been offered to maintain biological diversity as well as for woodland biotopes and utilization of natural meadows.

Keywords: *Tervete Nature Park, woodland key habitats, meadows, flora, biodiversity.*

Ievads

Pēdējos gados arvien lielāka nozīme tiek pievērsta bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai ekosistēmās. Dabisko mežu biotopu un pļavu nozīme uzsvēta gan starptautiskā - ES direktīva „Par dabisko biotopu, savvaļas augu un dzīvnieku sugu aizsardzību” (Eiropas Padomes 1992.g. 21.maija direktīva), gan nacionālā kontekstā [1, 2].

Šobrīd dabiskās pļavas Latvijā atrodas upju palienēs un aizņem 1% no valsts teritorijas. Pusedabisko pļavu platība strauji samazinās, jo patreizējās ekonomiskās situācijas dēļ laukos arvien mazāk tiek turēti lopi; pļavas paliek nepļautas un nenoganītas un tās aizaug ar krūmiem. Bioloģiskai daudzveidībai nozīmīgākās ir tās pļavas, kas ilgstoši nav mēslošanas vai ielabotas. No vairāk kā 1650 Latvijas ziedaugu un paparžaugu sugām ceturtā daļa atrasta pļavās. Pļavās aug apmēram 100 Latvijas Sarkanās grāmatas sugas, piemēram, orchidejas, jumstiņu gladiolas, Sibīrijas skalbes, drudzenes u.c. [3].

Tērvetes dabas parka veģetācija ir ļoti bagāta un daudzveidīga. Lielākā parka daļa apklāta ar mežiem, salīdzinoši nelielas platības aizņem Tērvetes upes palieņu pļavas un sausieņu pļavas, kā arī lauces mežu ielokos. Galveno parka daļu aizņem platlapju- priežu meži. Līdzīgi meži Latvijā nelielās platībās sastopami tikai upju ielejās. Tādi meži veidojušies sekundāri bijušo lauksaimniecības zemju vietās [4].

Pēdējo gadu būtiskākais progress bioloģiskās daudzveidības apzināšanai Latvijā ir dabisko meža biotopu un pļavu inventarizācija.

Pētījuma mērķis - noskaidrot un analizēt Tērvetes dabas parka dabisko meža biotopu un pļavu daudzveidību un prognozēt to optimālo apsaimniekošanas pasākumu kompleksu.

Materiāli un metodes

Tērvetes dabas parka dabiskie meža biotopi (mežaudžu atslēgas biotopi) vai potenciālie dabiskie meža biotopi (potenciālie mežaudžu atslēgas biotopi) inventarizēti pēc Valsts meža dienesta un Zviedrijas Östra Götaland Meža pārvaldes kopprojekta “Mežaudžu atslēgas biotopu inventarizācija” noteiktās metodikas [5].

Par katru konstatēto dabisko meža biotopu vai potenciālo dabisko meža biotopu aizpildīta inventarizācijas kartiņa, kurā norādīts DMB/PDMB nosaukums, konstatētās speciālās biotopu sugas un indikatorsugas, kā arī sastopamie struktūras elementi.

Tērvetes dabas parka pļavu augu sabiedrības aprakstītas pēc Brauna-Blankē metodes [6-8] 1999. un 2001.g. vasarā. Pētījumi veikti sešos zālāju masīvos (Sīlābīeši, Auziņas, Ilļēni, Pļavnieki, Sprīdīši, Tērvetes upes palienes pļavas), kas atšķiras pēc augu sabiedrību kompleksa un apsaimniekošanas. Veģetācijas analīze veikta 10 parauglaukumos (1m²) katrā masīvā, lai ietvertu visu pārstāvēto augu sabiedrību daudzveidību. Parauglaukumos vizuāli noteikts katras sugas segums procentos. Ražības novērtēšanai katrā masīvā ievākta 1m² zāles raža desmit atkārtojumos. Zāle nosvēta svaigā un sausā veidā.

Pļavu augu sabiedrību apraksti klasificēti pēc to sugu sastāva ar daudzdimensiju analīzes metodi TWINSPAN (9), bet nomenklatūra vaskulārajiem augiem noteikta pēc Gavrilovas un Šulcs [10].

Augsnes paraugi ievākti ar zondi katrā pļavu masīvā, to analīze veikta LLU Augsnes zinātnes katedrā, izmantojot augšņu analīžu standarta metodes [11].

Rezultāti un diskusija

Tērvetes dabas parks (platība 1350 ha, t.sk. zālāji 88.7 ha, kas ir valsts aizsardzībā no 1957. gada, atrodas Dobeles rajonā) ietilpst Viduslatvijas ģeobotānisko rajonu grupā. Dabas parkā konstatēti 77,7 ha (5,8% no teritorijas kopplatības) dabiskie un potenciālie dabiskie meža biotopi (DMB/PDMB), t.sk. dabiskie meža biotopi - 49,5 ha (25 meža nogabali) un potenciālie dabiskie meža biotopi- 28,2 ha (4 meža nogabali).

Dabiskais meža biotops (DMB) ir biotops, kur ir atrodamas speciālās biotopu sugas, kas izzūd koksnes ražas iegūšanai apsaimniekojamos mežos. Indikatorsugas un struktūras elementi meža biotopā liecina par speciālo biotopu sugu klātbūtni, un tas ir pamats, lai mežaudzi novērtētu kā dabisko meža biotopu. Speciālā biotopu suga ir apdraudēta suga, kuras pastāvēšana atkarīga no ļoti specifiskiem biotopiem (meža biotopiem) un, kura izzudīs, ja šie biotopi tiks apsaimniekoti sugu pastāvēšanai nepiemērotā veidā. Indikatorsuga ir suga, kurai ir samērā augstas prasības pret dzīves vidi, bet ne tik augstas kā speciālajai biotopu sugai. Indikatorsuga nav Latvijā apdraudēta suga un to iespējams izmantot tāpēc, ka tā nav tik reta vai tik grūti konstatējama kā speciālā biotopu suga. Lielākā daļa sugu pārstāv primitīvākās augu un dzīvnieku grupas: ķērpjus, sūnas, piepes, kukaiņus(vaboles), gliemjus. Šīm grupām nozīmīgi ir dažādi struktūras elementi, kas sastopami dabiskajiem mežiem līdzīgos meža nogabalos un īpaši ekoloģiskie apstākļi saimnieciski neskartā mežā. Struktūras elementi ir struktūras mežā, kas ir svarīgas speciālajām biotopu sugām, piemēram, dažāda veida kritālas, sausokņi, dažādu sugu veci koki. [5]

Izdalīti arī potenciālie dabiskie meža biotopi (PDMB) - biotopi, kuri, apsaimniekoti bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai - priežu, egļu audzēs 20 gadu, ozolu, ošu, liepu, gobu un vīksnu audzēs 30 gadu, apšu, bērzu un melnalkšņu audzēs 10 gadu laikā varētu kļūt par dabiskajiem meža biotopiem.

Tērvetes dabas parkā dabisko/ potenciālo dabisko mežu biotopus var iedalīt četrās grupās.

1. Avotains mežs (ģeoloģiskās uzbūves nosacīts meža biotops)- 8,8 ha; "Avotains mežs" ir mežaudze vai tās fragments, ko ilgstoši ietekmējis avots vai spēcīga gruntsūdens izplūde. Šāds biotops veidojas vairākās atsevišķās vietās, kur izplūst gruntsūdens un ietekmē plašāku teritoriju. Šī DMB nozīmību bioloģiskās daudzveidības veicināšanai palielina īpatnējie hidroloģiskie apstākļi. Pastāvīga gruntsūdens izplūde nodrošina avotu neaizsalšanu ziemā un visu gadu saglabā nemainīgu zemu temperatūru, kas ir īpaši svarīgi speciālajām biotopu sugām.

Šādiem meža biotopiem apsaimniekošana nav nepieciešama. Lai saglabātu mikroklimatu DMB, veicot mežsaimniecisku darbību apkārtējās platībās, ap to vajadzētu atstāt 20-40 m platu aizsargjoslu. No audzes nedrīkst izvākt nevienu kalstošu koku vai jebkura veida koksnes atliekas. Nosusināšana iznīcina šī DMB bioloģisko daudzveidību.

2. Skujkoku mežs- 40,3ha/27,5ha; "Skujkoku mežs" ir dabiski atjaunojusies audze, kurā vismaz 80% koksnes krājas veido skujkoki. Tas ir boreālo skujkoku mežu veids, kurā pārstāvētas degšanai pakļautas priežu audzes. Būtiskākie struktūras elementi šajos biotopos ir ir vecas, liela izmēra priedes, sausokņi un kritālas, kas atrodas saulainā vietā. Vairumā gadījumu priežu mežos sausokņu, stubeņu un kritālu trūkums ir sanitāro ciršu rezultāts. Tādos gadījumos būtisks rādītājs priedēm ir raupja, bieza miza ("krokodilādas miza") un lieli sausi zari. Kā būtiska speciālā biotopu suga šajā gadījumā ir priežu sveķotājkoksngrauzis *Nothorina punctata*, kurš apdzīvo "krokodilādas mizu". Lai stimulētu bioloģisko daudzveidību, saistītu ar priedi, labākā apsaimniekošana būtu daļēja egles izciršana. No audzes nedrīkst izvākt nevienu nokaltušu koku vai jebkura veida kritālu un koksnes atliekas.

3. Melnalkšņu mežs- 0,4ha; "Melnalkšņu mežs" pārstāv Eirosibīrijas melnalkšņu staignājus. Tā ir dabiski atjaunojusies, auglīga, daļēji pastāvīgi applūstoša, sugām mēreni bagāta lapu koku audze uz pārmitrām kūdras augsnēm, kas nepārpurvojas. Koku stāvā dominē melnalksnis, bet piemistrojumu veido bērzs un baltalksnis. Raksturīga iezīme ir izteikts mikroreljefs, ko veido neapplūstoši ciņi ap koku pamatnēm un atkarībā no gada laika daļēji pastāvīgi applūstoši laukumi starp ciņiem. Ciņainais mikroreljefs nosaka mozaikveida augāja pastāvēšanu. Mitruma un gaismas mikrogradients ļauj vienlaicīgi līdzās pastāvēt ekoloģiski dažādām sugām. Kokaudzei raksturīgs nelīdzens vainagu klājs un dažādvecuma struktūra. Atjaunošanās lielākoties notiek atvērumos, kas radušies pēc vējgāzēm. Melnalkšņi parasti atjaunojas no dzinumiem uz ciņiem.

Būtiski struktūras elementi ir dažādu veidu bioloģiski veci koki, ciņi, veci sausokņi, dabiski izveidojušies stubeņi un kritālas. Melnalkšņu kritālas parasti ir tievākas nekā citu koku sugu kritālas. Arī uz relatīvi tievām melnalkšņu kritālām var atrasties speciālās biotopu sugas. Par ilglaicību liecina dažādu vecumu un izmēru kritālas un kritušie koki dažādās sadalīšanās un mitruma pakāpēs. Koku kontinuitāti uzrāda rakstu ķērpja *Graphis scripta* sastopamība. Par ilgstošu ekoloģisko kontinuitāti liecina arī stubeņu pārklājums ar epifītisko sūnu segu. Šāda mežaudze jāatstāj dabiskai attīstībai. Lai saglabātu mitru mikroklimatu DMB, veicot mežsaimniecisko darbību apkārtējās platībās, ap DMB jāatstāj 30m platu aizsargjoslu. No audzes nedrīkst izvākt nevienu nokaltušu koku vai jebkura veida koksnes atliekas. Nosusināšanas rezultātā šis DMB/PDMB iet bojā.

4. Cits lapu koku mežs- 0/0,7ha. "Cits lapu koku mežs" ir dabiski atjaunojusies audze, kurā vismaz 50% audzes krājas veido lapu koki(baltalksnis, bērzs). To skāris nozīmīgs dabisks (vējgāze, ugunsgrēks) vai antropogēns (kailcirte) traucējums, kam ir sekojusi dabiskā sukcesija ar lapu koku pioniersugām. Šis biotops bieži vien dabiski atjaunojas agrāk izcilu platlapju vai mistrotu skujkoku- lapu koku mežvietā. Biotopam raksturīga ir pašizretināšanās. Būtiski struktūras elementi ir dažādu veidu bioloģiski veci koki, veci sausokņi, dabiski izveidojušies stubeņi un kritālas. To daudzums ir būtiski atkarīgs no meža iepriekšējās apsaimniekošanas.

Apsaimniekošana šeit nav nepieciešama, mežaudzes atstājot dabiskai attīstībai. Ja kāda iemesla dēļ ieviešas egle un tas apdraud ar lapu kokiem saistīto bioloģisko daudzveidību, egli var daļēji izcirst, lai stimulētu lapu kokus. No audzes nedrīkst izvākt nevienu nokaltušu koku vai jebkura veida koksnes atliekas.

Dabisko mežu apjomiem pasaulē pašreiz ir tendence samazināties, to skaitā arī Latvijā pastāv draudi izzust attiecīgajam reģionam raksturīgajiem dabisko mežu paraugiem, kā arī samazinās augu un dzīvnieku sugu skaits, kuras atkarīgas no dabiskajiem mežiem.

Konstatētie dabiskie/potenciāli dabiskie meža biotopi liecina par retu un aizsargājamu mežu sastopamību Tērvetes dabas parkā. Nepieciešams veidot biotopu tīklu, iekļaujot tajā vecuma un sugu sastāva ziņā atbilstošus meža nogabalus bez saimnieciskās darbības, lai nodrošinātu speciālo biotopu un indikatorsugu eksistenci nākotnē.

Pļavu kā pusdabiskas veģetācijas pastāvēšana un tajās esošās bioloģiskās daudzveidības saglabāšana ir atkarīga no apsaimniekošanas. Zāles pļaušana un noganīšana rada īpašus augšanas apstākļus, kas dod iespēju vienkopus augt lielskaitam augu sugu. Taču galvenie faktori, kas nodrošina lielu bioloģisko daudzveidību, ir ekstensīvu apsaimniekošanas metožu ilgstoša lietošana. Tajā pat laikā apsaimniekošanas veidu nomaiņas rezultātā (pļaušana, ganīšana–dedzināšana) veģetācija kļūst mainīga, sugu sastāvs nestabils, un veidojas nepastāvīgas augu sugu kombinācijas; bieži vien robežsabiedrības starp dažādiem pļavu tipiem, vai arī notiek augu sabiedrību nomaiņa [12]. Šādas augu sabiedrības ir grūti klasificējamas, kā to parāda arī Tērvetes dabas parka klasteru analizē iegūtais aprakstu neviendabīgums.

Pētījumos konstatēts, ka Tērvetes dabas parka pļavas ir salīdzinoši produktīvas, to floristiskais sastāvs ir ļoti daudzveidīgs un dinamisks (1.tab.). Produktivitātes un botāniskā sastāva izmaiņu pamatā ir konkrētā gada meteoroloģiskie apstākļi un antropogēno faktoru ietekme. Produktivitātes svārstības pa gadiem ir izskaidrojamas galvenokārt ar būtiskām atšķirībām nokrišņu daudzumā attiecīgajos gados – 1999. gada veģetācijas periods bija ļoti sauss, bet 2001. gada – ļoti slapjš.

1. tabula

Tērvetes dabas parka pļavu ražība un floristiskais sastāvs, %

Pļavu masīvi	Siena		Pļavu floristiskais sastāvs, %									
	raža, t ha ⁻¹		stiebrzāles		tauriņzieži		platlapji		kosveidīgie		grīšļveidīgie	
	1999	2001	1999	2001	1999	2001	1999	2001	1999	2001	1999	2001
Silalībieši	1.92	2.82	35	28	20	14	40	40	5	6	-	12
Auziņas	1.91	4.81	40	56	10	18	50	26	-	-	-	-
Iļļēni	2.10	5.16	70	51	1	-	29	58	-	-	-	1
Pļavnieki	2.23	3.50	50	60	25	15	25	25	-	-	-	-
Sprīdīši	2.41	1.33	50	30	10	2	40	68	-	-	-	-
Tērvetes upes pļavas	2.92	3.14	50	63	-	5	30	27	-	1	20	4

Silalībiešu pļavu augsne ir vidēja smilšmāla (sM₂) velēnglejotā (GLg): pH_{KCl} 7.0, P₂O₅ – 48 mg kg⁻¹ (zems nodrošinājums) un K₂O – 106 mg kg⁻¹ (vidējs nodrošinājums). Silalībiešu pļavas (21.1 ha, siena raža 2.37 t ha⁻¹) ir mēreni mitras pļavas, kur augu kopas veido stiebrzāles - 32 %, tauriņzieži - 17 %, platlapji - 40 %, kosveidīgie - 6 % vidēji pa diviem gadiem, bet grīšļveidīgie – 12 % parādās mitrākos gados. Šajās pļavās sastopamas septiņas neielabotu pļavu indikatorsugas: dzirkstelīte - *Dianthus deltoides* L., lielziedu vīgrieze - *Filipendula vulgaris* Moench, īstā madara - *Galium verum* L., spradzene - *Fragaria viridis* Duch., stepes timotiņš - *Phleum phleoides* (L.)H.Karst., vidējā ceļmalīte - *Plantago media* L., kalnu āboliņš - *Trifolium montanum* L..

Auziņu pļavu augsne ir vidēja smilšmāla (sM₂) velēnglejotā augsne (GLg): pH_{KCl} 8.1, P₂O₅ – 25 mg kg⁻¹ (ļoti zems nodrošinājums) un K₂O – 83 mg kg⁻¹ (vidējs nodrošinājums). Auziņu pļavas (4.6 ha, siena raža 3.36 t ha⁻¹) arī ir sausleju pļavas, kur augu kopas veido stiebrzāles - 48 %, tauriņzieži - 14 %, platlapji - 38 %, tai skaitā 5 % sastāda meža suņuburkšķis - *Anthriscus sylvestris* (L.)Hoffm. Sastopamas piecas neielaboto pļavu indikatorsugas: dzirkstelīte – *Dianthus deltoides*, spradzene - *Fragaria viridis* Duch., vidējā ceļmalīte - *Plantago media*, klinšu noraga - *Pimpinella saxifraga* L., kalnu āboliņš - *Trifolium montanum*.

Silalībiešu un Auziņu pļavas (25,7 ha) ir izmantojamas kā Tērvetes dabas parka bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas objekti. Zelmeņa botāniskais sastāvs liecina, ka pļavas veidojušās no meža, nav mēslošanas un kaļķotas. Silalībiešu un Auziņu pļavas nav pļautas vairākus gadus, tāpēc šīs pļavas ekstensīvi jāapsaimnieko- jānopļauj vismaz vienu

reizi divos gados, vēlams jūlijā, lai sekmētu ziedaugu sēklu izplatīšanos vai jānogana. Šo pļavu labākai saglabāšanai ir nepieciešams likvidēt krūmu un koku apaugumu. Šīs pļavas ir saglabājamās kā Tērvetes parka neatņemama sastāvdaļa ar estētisko nozīmi- “ziedu pļavas”, jo zelmeņu produktivitāte ir zema.

Īļēnu pļavas (3.7 ha, siena raža 3.63 t ha⁻¹) ir mēreni mitras pļavas, kur augu kopas veido stiebrzāles – 61 %, tauriņzieži – 1 %, platlapji – 44 % vidēji pa diviem gadiem. Botāniskais sastāvs liecina par to, ka pļava ir uzlabota, jo ir piesētas stiebrzāles, tādēļ neielabotu pļavu indikatorsugas praktiski nav, izņemot vidējo ceļmalīti - *Plantago media*. Pļavā pašlaik praktiski nav tauriņzieži. Īļēnu pļavas regulāri saimnieciski izmanto- pļauj un ielabo ar minerālmēsliem. Arī turpmāk vēlams izmantot pļaušanai, kā arī, lai uzlabotu agronomisko vērtību, būtu vēlams piesēt tauriņziežus.

Sprīdīšu pļavas veidojušās uz viegla smilšmāla (sM₃) nepiesātinātās brūnaugsnes (BRn): pH_{KCl} 7.1, P₂O₅ – 60 mg kg⁻¹ (zems nodrošinājums) un K₂O – 88 mg kg⁻¹ (vidējs nodrošinājums). Sprīdīšu pļavas ir sausleju pļavas. Tās (7.7 ha, siena raža 1.87 t ha⁻¹) vietām ielabotas ar tauriņziežiem. Stiebrzāļu sugu sastāvs liecina par pļavas dabisku izcelsmi. Masīvā konstatētas neielabotu pļavu indikatorsugas: dzirkstelīte- *Dianthus deltoides*, lielziedu vīgrieze - *Filipendula vulgaris*, spradzene *Fragaria viridis* Duch., īstā madara - *Galium verum*, purva gerānija - *Geranium palustre* L., asinssārtā gerānija – *Geranium sanguineum* L., vidējā ceļmalīte- *Plantago media*, purva gerānija - *Geranium palustre* L., klinšu noraga - *Pimpinella saxifraga*. Zelmeņa sastāvā vidēji ir 40 % stiebrzāles, 6 % tauriņzieži un 54 % platlapji. Sprīdīšu pļavas vietām sāk aizaugt ar lapu kokiem. Pļavas (7,7 ha) atrodas pilskalna teritorijā, kas ir Tērvetes dabas parka kultūrvēsturiskais centrs, tādēļ to apsaimniekošanā būtu nepieciešams ievērot vēsturiskās tradīcijas- ziedošas pļavas līdz pat Jāņiem, ar siena gubām, saglabājot ainavisko un estētisko vērtību. Pļavas ir izmantojamas ekstenšīvi.

Pļavnieku pļavas atrodas uz mālsmilts (mS) nepiesātinātās brūnaugsnes (BRn), kas pašlaik raksturojas ar sekojošiem agroķīmiskajiem rādītājiem: pH_{KCl} 5.8, P₂O₅ – 70 mg kg⁻¹ (zems nodrošinājums) un K₂O – 89 mg kg⁻¹ (vidējs nodrošinājums). Pļavnieku pļavas (39 ha, siena raža 2.86 t ha⁻¹) ir vidēji mitras pļavas, no tām daļa ir ielabotas un saimnieciski ļoti augstvērtīgas. Neielabotu pļavu indikatorsugas konstatētas pļavas nomalēs: dzirkstelīte - *Dianthus deltoides*, , īstā madara- *Galium verum*, kalnu āboliņš- *Trifolium montanum*. Zelmeņa sastāvā vidēji ir 55 % stiebrzāles, 20 % tauriņzieži, no tiem 15 % sējas lucerna - *Medicago sativa* L. un 25 % platlapji. Daļēji uzlabota ar hibrīdo lucernu ir centrālā līdzenā reljefa daļa. Pļavnieku pļavas tiek regulāri apsaimniekotas – pļautas un ganītas. Arī turpmāk šīs pļavas vēlams izmantot gan pļaušanai, gan ganīšanai, jo nelīdzenā reljefa dēļ vietām pļaušana ir apgrūtināta.

Tērvetes upes palienes augsne ir viegla smilšmāla (sM₃) graudainā aluviālā (ALt): pH_{KCl} 6.6, P₂O₅ – 13 mg kg⁻¹ (ļoti zems nodrošinājums) un K₂O – 31 mg kg⁻¹ (zems nodrošinājums). Tērvetes upes palieņu pļavas (2.6 ha, siena raža 3.03 t ha⁻¹) ir applūstošas pļavas, kas sezonāli bagātīnās ar palu ūdeņu atnestām organiskām un neorganiskām vielām. Tajās veidojas savdabīgs mikroreljefs ar raksturīgu higrofitu veģetāciju. No neielabotu pļavu indikatorsugām vietām tika konstatēta vidējā ceļmalīte- *Plantago media*. Augu kopas veido stiebrzāles – 57 %, platlapji – 29 %, tai skaitā meža suņuburkšķi – *Anthriscus sylvestris* 15 %, pļavas latvānis - *Heracleum sibiricum* L. 5 %, grīšļaugi – 12 %, no kuriem dominē meža meldrs – *Scirpus sylvaticus* L.. Grīšļaugi ir dabiski šāda biotopa veidotāji. Tērvetes upes palieņu pļavas sausās vasarās var izmantot pļaušanai. Grīšļaugu dēļ pļaušana ir jāveic maija beigās, jūnija sākumā, kad barības vērtības tajos ir visvairāk. Mitros laika apstākļos, kad zāli ir iespējams nopļaut tikai vēlāk- jūlijā, to var izmantot pakaišiem, jo barības vērtība ir zema. Bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai zāles pļaušanas augstumam palieņu pļavās jābūt vismaz 10 cm virs zemes. Tas pasargā no sapļaušanas daudzas dzīvnieku sugas. Izmantojot

šīs pļavas ir jāatstāj atsevišķas nenopļautas 1 - 2 m platas joslas vai 1 - 2 m² laukumi, kas jāmaina katru gadu.

Sausām pļavām kaļķainās augsnes (Auziņu un Sprīdīšu pļavu masīvi) raksturīga liela kalcifilo divdīgļlapju sugu daudzveidība, šīs pļavas ir arī nozīmīgas orhideju atradnes. Tajās līdz šim nav konstatētas orhideju sugas, taču nepieciešami detālāki pētījumi. Tradicionālā un ieteicamā apsaimniekošana šādām pļavām ir ganīšana.

Mēreni mitras pļavas (Sīlālbiešu pļavu masīvs) ar lielu divdīgļlapju, augsto un vidējo augsto stiebrzāļu sugu daudzveidību ir siena pļavas, kas tiek pļautas vairāk vai mazāk regulāri. Dažkārt tajās arī gana, bet tradicionāli tas ir darīts tikai attālā.

Sevišķi nozīmīgi ir dabisko meža biotopu un pļavu aizsardzību un apsaimniekošanu uzsākt tieši īpaši aizsargājamās dabas teritorijās, reto un aizsargājamo biotopu atradnēs. Šādās vietās ir nepieciešams veikt monitoringu – kā neatņemamu ikviena aizsardzības un apsaimniekošanas pasākuma sastāvdaļu [13].

Dabas parkiem jāklūst par paraugu tādai teritorijas organizācijai, kas ļauj saglabāt izcilus dabas veidojumus, organizēt atpūtu dabas vidē un nodrošināt normālus apstākļus lauksaimniecības un mežsaimniecības attīstībai.

Literatūra

1. Kabucis I. Biotopu rokasgrāmata. Eiropas Savienības aizsargājami biotopi Latvijā.- Rīga, Preses nams, 2000, 160 lpp.
2. Bioloģiskās daudzveidības nacionālā programma. - Rīga, VARAM, 2000 a, 51 lpp.
3. Fatare I. Latvijas floras komponentu izplatības analīze un tās nozīme augu sugu aizsardzības koncepcijas izstrādāšanā. Vides aizsardzība Latvijā 3.- Rīga, 1992, 258 lpp.
4. Вимба Э. Терветский парк лесных ландшафтов.- Рига, Зинатне, 1985, 104 с.
5. Ek T., Suško U., Auziņš R. Mežaudžu atslēgas biotopu inventarizācija. Metodika. Rīga, Valsts meža dienests, Latvija, Ūstra Götaland Meža pārvalde, Zviedrija. 2001, 76 lpp.
6. Braun-Blanquet J. Pflancensociologie. Grundzuge der Vegetationskunde.- Wien, New York, Springer Verlag, 1964, 865 S.
7. Dierschke H. Syntaxonomical survey of Molinio- Arrhenatheretea in Central Europe. / In: Colloques Phytosociologiques XXIII, 1994, 387-399.
8. Pakalne M., Znotiņa V. Veģetācijas klasifikācija: Brauna - Blanke metode. Rīga, 1992, 34 lpp.
9. Hill M.O. Twinspan. A FORTRAN Programm for Arranging Multivariate Data in a Ordered Two Way Table by Classification of Individuals and Attributes.- New York, Ecology and Systematics Cornell University Ithaca, 1979, 47 p
10. Gavrilova Ģ., Šulcs V. Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts.- Rīga, Latvijas Akadēmiskā bibliotēka, 1999, 136 lpp.
11. Augšņu agroķīmisko analīžu metodes. Nozares standarti. - LR Zemkopības ministrija Rīga, 1997, 69 lpp
12. Jermacāne S. Smaržzāles- parastās smilgas sabiedrību Anthoxantho- Agrostietum tenuis Sill. 1933 E.M.Jurko 1969 klasifikācija un ekoloģija Latvijā (Piejūras zemiene, Austrumzemgale, Vidzemes augstiene). /R.kr.: Latvijas Veģetācija, 2, 1999, 29- 80 lpp.
13. Jermacāne S., Kabucis.I., Sinkevičs G. /R.kr.: Kalcifilo pļavu apsaimniekošanas un atjaunošanas monitorings Abavas ielejā. Aktuāli savvaļas sugu un biotopu apsaimniekošanas piemēri Latvijā.- Rīga, DANCEE, 2002, 19- 27 lpp.

BIOFILTRĀCIJAS SISTĒMAS PIELIETOJUMS KOMPOSTĒŠANAS PROCESA ATKRITUMGĀZU ATTĪRĪŠANAI

Biofiltration System for Purification of Composting Waste Gases

S. Strikauska¹, Dz. Zariņa², A. Bērziņš², U. Viesturs²

¹Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela, 2, Jelgava, Latvija,

tel/ FAX 3005659, e-mail: aazl@cs.llu.lv

²Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts, Latvijas universitāte,

Kronvalda bulv.4, Rīga, Latvija, tel. 7034884,

FAX 7034885, e-mail: lumbi@lanet.lv

Abstract

*The biofiltration technique for the purification of polluted air from composting facility volatile compounds was studied. Two different biowaste composting techniques were compared with regard to emission of NH₃ and H₂S. The ammonia removal was observed in aerobic phase of active composting period, respectively H₂S in anaerobic phase. Biofiltration process was realized in modified solid-state fermentation system (SSF). The biodegradation of volatile compounds was investigated in one and two stage systems with inert packing material and hemoautotrophic microorganisms designed DN-1 (*Pseudomonas sp.*), DN-2 (*Nitrisomonas sp.*), DN-3 (*Nitrobacter sp.*) and DN-13 (*Sarcina sp.*) and Thiopharus-3. The observed concentration of volatile H₂S in composting reactor not exceeded 120 mg/m³ and the biofilter can be used to control this gas emission. Since NH₃ is a toxic compound for biofilter at a concentrations 400 mg/m³, multi-stage biofilter system is recommended to control the pollution in aerobic compost reactor.*

Keywords: *biowaste, composting, waste gases, biofiltration.*

Ievads

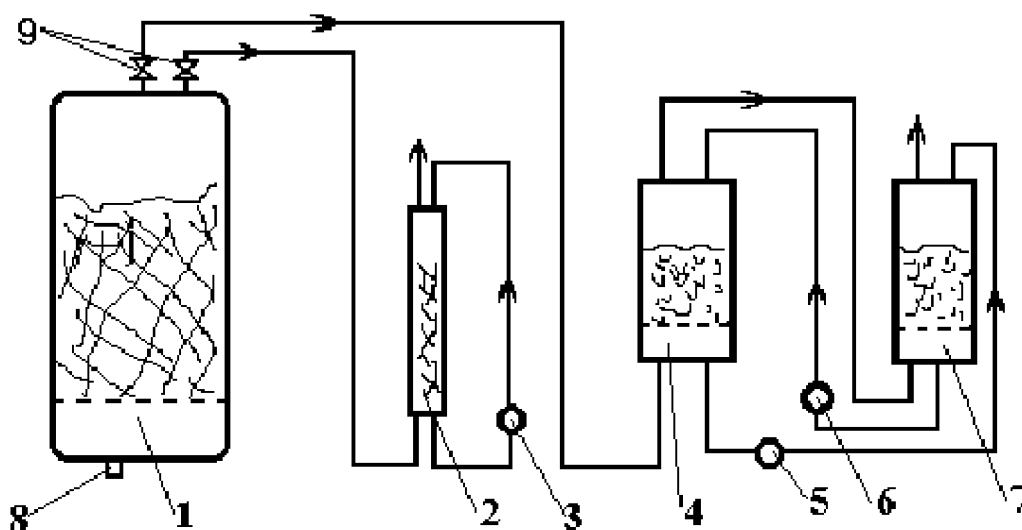
Tradicionālās tehnoloģijas gaisa attīrīšanai no piesārņojuma ietver fizikālās vai ķīmiskās metodes, kuru realizēšana ir saistīta ar augstām temperatūrām un nepieciešamību neitralizēt radušos blakus produktus. Bieži šīs metodes pavada jauna piesārņojuma rašanos.

Biofiltrācija kā metode gaisa attīrīšanai no piesārņojuma pamatojas uz dabīgo vai modificēto bioloģisko sistēmu īpašībām transformēt šos savienojumus apkārtējai videi pieņemamos [1, 2]. Biofiltrācija var tikt izmantota dažādās ražošanas sfērās gan organisku, gan neorganisku gaistošu savienojumu degradēšanai galvenokārt pie zemām gāzu koncentrācijām [3]. Tās priekšrocība ir tehniski vienkārša procesa realizācija un biotransformācijas rezultātā netoksisku savienojumu veidošanās.

Darba mērķis bija izstrādāt biofiltrācijas sistēmu gaisa attīrīšanai no kompostēšanās procesā izdalītajām atkritumgāzēm, procesu realizējot modificētā cietfāzes sistēmā.

Materiāli un metodes

Biofiltrācijas sistēma tika pārbaudīta organisko savienojumu kompostēšanas procesā izdalīto gāzu biodegradācijā. Kompostēšanai tika izmantotas zāģu skaidas- 500 g, aktīvās dūņas -1,0 l no Rīgas pils. BAI "Daugavgrīva", dolomīta šķembas- 50 g, un alus rūpniecības atkritumprodukts- raugi. Kompostēšanu realizēja 5 l reaktorā anaerobos (3 nedēļas) un aerobos (2 nedēļas) apstākļos. Organiskās masas KSP bija robežās no 32000 līdz 19450 mg O₂/l. Kompostēšanas procesā tika kontrolēts kvalitatīvais un kvantitatīvais izdalīto gāzu sastāvs. Kompostēšanas reaktors tika savienots ar 2 biofiltriem amonjaka un sērūdeņraža biodegradācijai (1.att.). Biofiltri tika izveidoti uz cietfāzes fermentatoru bāzes [4, 5]. Atkarībā no kompostēšanas procesa režīma, intensitātes un izdalīto gāzu koncentrācijas, tika izveidota vienpakāpju vai divpakāpju biofiltrācijas sistēma. Biofiltru darba tilpums bija 200 ml. Amonjaka degradācijai kā nesēju izmantojām akmens šķembas, sērūdeņraža degradācijai – stikla šķembas. Biofiltri periodiski tika mitrināti ar minerālo barotni.



1. att. Daudzpakāpju biofiltrācijas sistēma kompostēšanas procesā izdalīto atkritumgāzu degradēšanai

1- kompostēšanas tvertne, 2- biofiltrs sērūdeņraža degradēšanai, 3,5,6- cirkulācijas sūkņi, 4,7- biofiltri amonjaka degradēšanai, 8- gaisa pievads, 9- ventiļi.

NH₃ un H₂S koncentrācijas izejošajā un ieejošajā gāzē mērījām ar Gastec, Grager detektoriem: NH₃ (3 La: 2,5-200 ppm, 5/A: 5-700 ppm un H₂S (4L; 1-240 ppm).

Procesa realizācijai izmantojām no notekūdeņu dūņām izolētu mikroorganismu asociācijas: DN-1 (*Pseudomonas sp.*), DN-2 (*Nitrisomonas sp.*), kuru kultivējām sekojoša sastāva barotnē: (NH₄)₂SO₄ - 1,0 g, K₂HPO₄ - 1,0 g, NaCl - 2,0 g, MgSO₄·7H₂O - 0,5 g, FeSO₄·7H₂O - 0,001 g, CaCO₃ - 10 g, H₂O - 1000 ml, (pH 7.0-7.8).

DN-3 (*Nitrobacter sp.*) DN-13 (*Sarcina sp.*) kultivējām šādā barotnē: NaNO₂- 1 g, K₂HPO₄ - 0,5 g, MgSO₄·7H₂O - 1,0 g, NaCl - 0,5g, d. ūdens - 1000 ml, pH-8,3-8,8.

Sērūdeņraža biodegradācijai izmantojām *Thiobacillus thioparus*, ko kultivējām šādā barotnē: Na₂SO₃·5H₂Og, NH₄Cl-0,1 g, Na₂HPO₄·2H₂O- 0,2 g, MgCl₂·6H₂O- 0,1 g, krāna ūdens 1000 ml, pH 8,0-8,5.

Biofiltra mitrināšanu veicām ik pēc 5 dienām ar minerālo barotni (plūsmas ātrums 1 l/st). Biodegradācijas procesa efektivitātes izvērtēšanai izmantojām tādus rādītājus, kā amonjaka un sērūdeņraža aizvadīšanas efektivitāte (DE).

Rezultāti

Atkarībā no kompostēšanas procesa režīma novērojām mainīgu izplūstošās gāzes daudzumu un mērāmo gāzu koncentrāciju. Gāzes plūsmas ātrums no komposta reaktora svārstījās robežās no 0,2 ml/min līdz 5,5 ml/min. Izdalīto gāzu kvalitatīvo sastāvu noteica galvenokārt komposta sastāvs, kompostēšanas režīms un temperatūra.

Anaerobais process raksturojās ar H₂S izdalīšanos un maksimālo gāzes koncentrāciju 120 mg/m³, amonjaka koncentrācija gāzē šajā procesā nepārsniedza 10 mg/m³. Kopējais izdalītās gāzes daudzums anaerobajā procesā 3 nedēļu laikā sasniedza 13,0 l.

Aerobajā procesā kopējais izdalītās gāzes tilpums 2 nedēļu laikā sasniedz 1,9 l. Pārsvārā tika novērota amonjaka izdalīšanās ar maksimālo tā koncentrāciju gāzē 171 mg/m³. Šīs gāzes izdalīšanās lielā mērā bija atkarīga no komposta materiāla temperatūras.

Veicot secīgu anaerobo (3nedēļas) un aerobo (2nedēļas) kompostēšanu un, amonjaka degradācijai izmantojot daudzpakāpju biofiltrācijas sistēmu, tika panākta 87 % sērūdeņraža un 75 % amonjaka biodegradācija (1. tab).

1. tabula

Kompostēšanas procesā izdalīto atkritumgāzu biodegradēšanas efektivitāte

Anaerobais process H ₂ S, mg/m ³		Aerobais process NH ₃ , mg/m ³		DE, % (H ₂ S)	DE, % (NH ₃)
Biofiltrā ieejošā gāze	No biofiltra izejošā gāze	Biofiltrā ieejošā gāze	No biofiltra izejošā gāze		
10	0	3	0	100	100
25	0	15	0	100	100
30	0	47	0	100	100
41	0	70	5	100	83
72	5	91	10	93	76
120	15	171	20	87	75

Ņemot vērā, ka aerobās kompostēšanas gadījumā izdalītā amonjaka koncentrācija sasniedza 171 mg/m³ un netika novērota sērūdeņraža izdalīšanās, biodegradācijai izmantotajam divpakāpju amonjaka biofiltrācijas sistēmu (2. tab.).

Pie amonjaka koncentrācijas sākot no 47 mg/m³ biofiltrācijas sistēmas biodegradācijas efektivitāte samazinājās. Divpakāpju sistēma pie šādas gāzes koncentrācijas deva iespēju palielināt amonjaka degradāciju līdz 100 %. Palielinoties ieejošā amonjaka koncentrācijai līdz 171 mg/m³, biodegradācijas sistēmas efektivitāte sasniedza tikai 75 %.

Strādājot ar modeļsistēmām (ar tīrām gāzēm) un palielinātu biofiltru virsmu līdz 1,7 m² (filtra daba tilpums 3 l) ar minētajām gāzu koncentrācijām var sasniegt ievērojami augstāku biodegradācijas efektivitāti [6].

2. tabula

Ieejošā un izejošā amonjaka koncentrācija divpakāpju filtrācijas sistēmā

1. biofiltrs		2. biofiltrs		DE, % (kopējā)
Ieejošā gāze, mg/m ³	Izejošā gāze, mg/m ³	Ieejošā gāze, mg/m ³	Izejošā gāze, mg/m ³	
3	0	0	0	100
15	0	0	0	100
47	20	15	0	100
70	45	30	5	83
91	52	48	10	76
171	85	77	20	75

Secinājumi

- 1) darbā izmantotās biofiltrācijas sistēmas gāzu degradācijas efektivitāte bija atkarīga no kompostēšanas režīma (anaerobs, aerobs process) un gāzu plūsmas ātruma t. i. no kompostēšanas procesa intensitātes,
- 2) biofiltrācijas sistēma efektīvāk var tikt pielietota anaerobajā kompostēšanas procesā izdalīto gāzu attīrīšanai; sērūdeņraža koncentrācija izdalītajā gāzē sasniedza 120 mg/m³, biofiltrācijas kolonas degradācijas efektivitāte bija 87 %,
- 3) biofiltrācijas sistēmas pielietojumu gaisa attīrīšanai aerobā kompostēšanā nosaka kompostēšanas procesa intensitāte. Aktīvajā procesā (50° C) pie gāzu plūsmas ātruma 5,5 ml/min un ieejošās gāzu koncentrācijas 171 mg/m³ amonjaka degradācijas

divpakāpju biofiltrācijas sistēmas 1. pakāpē sasniedza 77 %. Atlikuma gāzes biodegradācija otrajā sistēmas pakāpē sasniedza 75 % .

- 4) kontrolējot kompostēšanas procesu : pazeminot temperatūru, gāzu plūsmas un amonjaka koncentrāciju (temperatūra 40-25° C, gāzu plūsmas ātrums-2,5 ml/min un amonjaka koncentrācija- 15 mg/m³) vai palielinot biofiltra virsmu, amonjaka degradācijai var tikt izmantota vienpakāpju biofiltrācijas sistēma sasniedzot 100 % biodegradācijas efektivitāti.

Literatūra

1. Bouwer E. J (1992) Bioremediation of organic contaminants in the subsurface. In: R. Mitchel (Ed.): *Environment Microbiology*, pp. 287-318. New York.
2. Donham K. J (1990) Relationship of air quality and productivity in intensive swine housing. *J. Agri-Practice*. 10: 15-18
3. Gerards R., Gevaert D, L.Vriens (1995) Experiences in odour and off-gas treatment with full-scale SEGHObioclean systems. Ninth Forum for Applied Biotechnology. Part II: 2273-2279
4. Viesturs U, Leite M (1997) Certain new biotechnological processes and equipment for their implementation (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*.33: 213-225
5. U. Viesturs, Dz. Zariņa, S. Strikauska, A. Zilevica (2002). Solid sistem for bioremediation and biodegradation. VI international Symposium on Environmental Biotechnology and IV International Symposium on Cleaner Bioprocesses and Sustainable development, Veracruz, Mexico.
6. S. Strikauska, Dz. Zarina. A. Berzins, U. Viesturs.(1999) Biodegradation of ammonia by two stage biofiltration system. *Eniron. Engg. and Policy* 1, 175-179.

NOTEKŪDEŅU AERĀCIJAS IEKĀRTAS PĀREJAS PROCESA MODELĒŠANA

Transient Process Modelling in Waste Water Aeration Unit

A. Šnīders

LLU TF Lauksaimniecības enerģētikas institūts

J.Čakstes bulv. 5, Jelgava LV-3001

tel.: 3022242, 3080687, e-pasts: sniders@cs.llu.lv, fax: 3027238

Abstract

To minimize the expenditure of electrical energy for communal waste water biological treatment the simulation and investigation of oxygen transfer efficiency in aeration tank have been made. Solved oxygen transfer efficiency η_0 (Fig.1.) is one of the main important factor directly estimating the expenditure of electrical power for waste water aeration. The research object is an aeration tank (Fig.2.) with one input impact –the air blower's capacity L_g (m^3/h), one output controlled parameter – dissolved oxygen concentration C (g/m^3) and several perturbances such as waste water temperature T ($^{\circ}C$), waste water afflux Q (m^3/h) and biological oxygen need L_a (g/m^3) for complete purification. Oxygen's transfer efficiency depends on the waste water temperature, the depth of aerator immersion h (m), air flow intensity λ_d ($m^3/disc.h$) and the air diffuser's density σ_s .

For simulation and practical design of the air blower control system the equations of statics $C=f(L_g, Q, L_a, T, h, \lambda_d, \sigma_s)$ and dynamics $C=f(t)$ have been compiled. That made possible to estimate the static gains for control channel K_a and for perturbances K_p, K_T as well as the time constant of the aeration tank T_a . The analysis prove that the aeration tank is a non-stationary control object with the variable static and dynamic parameters and needs adaptive controller with predication of oxygen consumption. The block diagram for transient process simulation of the oxygen concentration control system have been compiled using model of the actual PID controller and the "Matlab" subprogram "Simulink".

Keywords: *Waste water, aeration, oxygen, concentration, control, transfer function, modelling.*

Ievads

Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas ietaisēs lielākais elektroenerģijas patērētājs ir aerācijas kompresori, kas nodrošina attīrīšanas procesa nepārtrauktību. Tādēļ aerācijas iekārtu elektriskās piedziņas izvēle un tās ražīguma optimāla regulēšana ir aktuāls tehnisks un ekonomisks jautājums [1, 2].

Lai noteiktu aerācijas iekārtas nepieciešamo ražīgumu un jaudu, kā arī lai realizētu tās optimālu regulēšanu atbilstoši procesa norisei, nepieciešams veikt notekūdeņu aerācijas tvertnes kā automātiskās vadības objekta statisko un dinamisko raksturojumu analīzi un pārejas procesu modelēšanu mainīgas slodzes apstākļos [3].

Ekoloģisko objektu modelēšanā pielieto matemātisko analīzi, aprakstot pārejas procesus tajos ar parastajiem vai parciālajiem diferenciālvienādojumiem [4]. Skābekļa pārneses dinamisko procesu notekūdeņu aerācijas tilpnē var aprakstīt ar viendimensijas modeli, jo membrānas tipa diskveida gaisa difuzori, kas izvietoti pa visu aerācijas zonas laukumu nodrošina vienmērīgu gaisa skābekļa sadali un izlīdzinātu izšķīdušā skābekļa koncentrāciju visā notekūdeņu tilpumā [3, 5].

Notekūdeņu aerācijas tilpnes statiskā vienādojuma sastādīšanas metodika un linearizācija, pielietojot nelineāras daudzfaktoru funkcijas izvīzījumu Teilora rindā ar parciālajiem atvasinājumiem, apskatīta publikācijās [3, 6, 7]. Dotajā darbā veikti statiskā vienādojuma koeficientu precizējumi, izmantojot firmas "Flygt" datus [5], kā arī sastādīts aerācijas zonas viendimensijas modelis nestacionāram režīmam un iegūti tā statistiskie un dinamiskie parametri.

Iegūtie aerācijas procesa statistiskie un dinamiskie raksturojumi skābekļa koncentrācijas C regulēšanas kanālam $L_g \rightarrow C$ un perturbāciju iedarbes kanāliem $T \rightarrow C$; $q=Q(L_a-L_t) \rightarrow C$

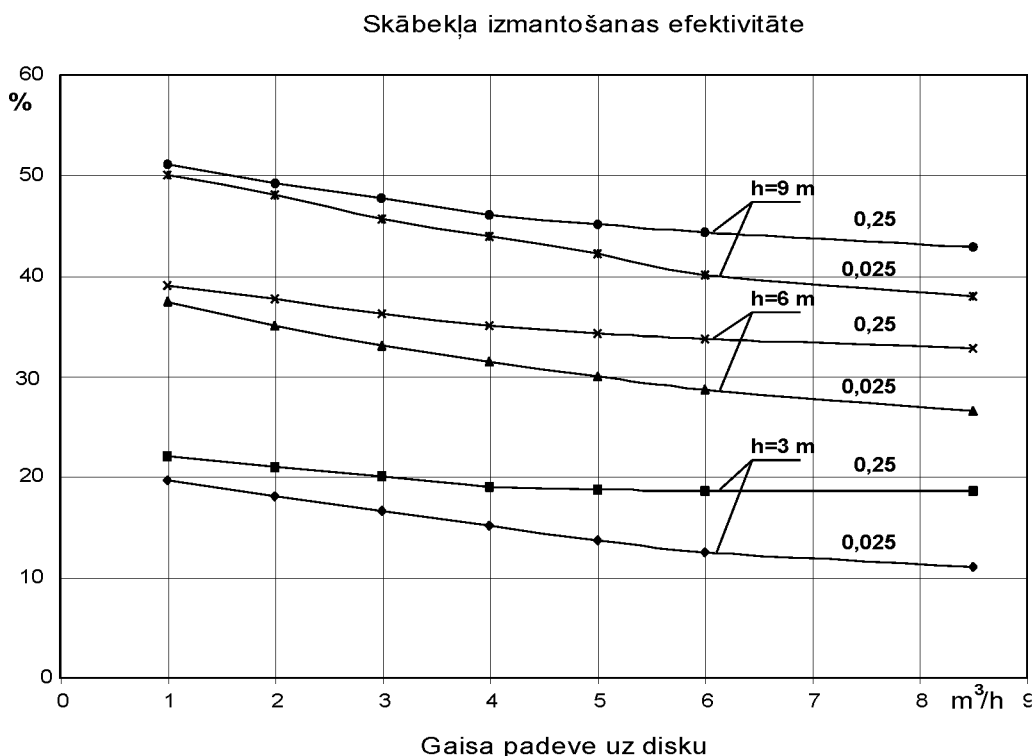
deva iespēju modelēt skābekļa koncentrācijas regulēšanas procesu notekūdeņu aerācijas tvertnē.

Izšķīdušā skābekļa koncentrācijas automātiskās regulēšanas sistēmas algoritmiskā struktūrshēma sastādīta izmantojot automātiskās vadības teorijas matemātisko aparātu [8, 9], bet pārejas procesu modelēšana un optimizācija veikta izmantojot matemātiskās laboratorijas “Matlab” apakšprogrammu “Simulink” [10].

Gaisa skābekļa izmantošanas efektivitāte

Notekūdeņu attīrīšanas procesā baktērijas patērē ūdenī izšķīdušo skābekli. Skābekļa šķīšana ūdenī notiek laikā, kad gaisa pūslīši no difuzoriem paceļas līdz ūdens virsmai. Līdz ar to gaisa pūtēju pievadītā skābekļa lielākā daļa aizplūst atmosfērā. Lai samazinātu gaisa pūtēju patērēto elektroenerģiju, kas proporcionāla to ražīgumam, būtiski svarīgi ir paaugstināt gaisa skābekļa izmantošanas efektivitāti.

Firmas “Flygt” membrānas tipa diskveida gaisa difuzoru raksturlīknes (1.att.) parāda skābekļa izmantošanas koeficienta η_o atkarību no gaisa padeves daudzuma caur 1 disku λ_d (m^3/h uz disku) pie dažādiem aeratora iegremdēšanas dziļumiem $h = 3,6$ un 9 m un difuzoru izvietojuma blīvuma $\sigma_s = (0,025-0,25)$ uz $1 m^2$ aerācijas virsmas laukuma.



1.att. Gaisa skābekļa izmantošanas efektivitātes koeficients η_o (%) atkarībā no gaisa padeves daudzuma caur vienu disku λ_d (m^3/h), gaisa difuzoru izvietojuma blīvuma $\sigma_s = 0,025-0,25$ un gaisa difuzoru iegremdēšanas dziļuma h (m).

Skābekļa izmantošanas efektivitāti būtiski iespaido aeratora iegremdēšanas dziļums. Robežās no 3 līdz 6 m koeficients η_o palielinās proporcionāli dziļumam h . Zem 3 m skābekļa izmantošanas efektivitāte strauji krītas, jo samazinās gaisa pūslīšu kontakta laiks ar ūdeni. Kontakta laiks samazinās arī palielinot gaisa padevi λ_d caur difuzoriem, jo palielinās gaisa pūslīšu pacelšanās ātrums. Palielinot disku blīvumu σ_s uz $1 m^2$ aerācijas laukumu pie nemainīga summārā gaisa padeves daudzuma koeficienta η_o vērtība paaugstinās divu iemeslu dēļ: pirmkārt, palielinās gaisa pūslīšu skaits, kas kontaktējas ar ūdeni; otrkārt, samazinās to

pacelšanās ātrums. Palielinot disku blīvumu, proporcionāli pieaug kapitālieguldījumi, kurus daļēji var kompensēt ar elektroenerģijas papildus ietaupījumu. Firmas "Flygt" ieteiktais difuzoru blīvums ir 0,6 līdz 6 diski uz 1 m². Lai noteiktu optimālo risinājumu, nepieciešama ekonomiskā analīze.

Veicot 1.attēla raksturlīkņu regresijas analīzi, iegūta pusempīriskā izteiksme skābekļa izmantošanas koeficienta η_o analītiskai aprēķināšanai:

$$\eta_o = \eta_{o_{\max}} \exp(-k(h)k(\sigma_s)\lambda_d) \quad (1)$$

kur $\eta_{o_{\max}} = 1 - \exp(-0,083 h)$ - η_o maksimālā vērtība atkarībā no gaisa difuzoru

iegremdēšanas dziļuma h ; $k(h) = (0,11 - 0,008h)$ - raksturlīknes $\eta_o = f(\lambda_d)$

korekcijas koeficients pēc difuzoru iegremdēšanas dziļuma h ;

$k(\sigma_s) = \exp(-2,2 \sigma_s)$ - korekcijas koeficients pēc difuzoru blīvuma σ_s .

Iegūto izteiksmi var izmantot notekūdeņu attīrīšanas ietaisņu rekonstrukcijas aprēķinos, lai izvēlētos aerācijas iekārtas piemērotāko tehnisko risinājumu.

Aerācijas tilpnes vienādojumi statistiskā un dinamiskā režīmā

Izmantojot pētījumu rezultātus par skābekļa pārnesei efektivitāti notekūdeņu aerācijas procesā, iegūta precizēta izteiksme gaisa pūtēju nepieciešamā ražīguma L_g aprēķināšanai:

$$L_g = \frac{Q(L_a - L_t)}{k_1(h)k_2(T)k_3(\sigma_s, \lambda_d)(C_c - C)} \quad (2)$$

kur $k_1(h) = 5,8[1 - \exp(-0,1h)]$ - korekcijas koeficients pēc gaisa difuzoru iegremdēšanas dziļuma, h ;

$k_2(T) = 0,02T + 0,6$ - korekcijas koeficients pēc notekūdeņu temperatūras, T ;

$k_3(\sigma_s, \lambda_d) = \exp[-(0,11 - 0,008h) \exp(-2,2 \sigma_s) \lambda_d]$ - korekcijas koeficients

pēc difuzoru blīvuma σ_s un gaisa padeves daudzuma caur 1 disku λ_d ;

$C_c = (0,0025 T^2 - 0,3 T + 14,2) (1 + 0,05h)$ - skābekļa šķīdība ūdenī, g/m³;

C - skābekļa koncentrācija notekūdeņos, g/m³;

Q - notekūdeņu pieplūdes daudzums, m³/h;

L_a - bioloģiskais skābekļa patēriņš BSP notekūdeņu pilnīgai attīrīšanai, g/m³;

L_t - paliekošais BSP, g/m³.

No izteiksmes (2) var izteikt izšķīdušā skābekļa koncentrāciju kā funkciju no četriem mainīgiem argumentiem L_g , Q , L_a , T un diviem konstantiem parametriem h un σ_s . Lai vienkāršotu statistiskā vienādojuma linearizāciju un tālāko analīzi, ievadam kompleksu iedarbi $q = Q(L_a - L_t)$ - skābekļa patēriņa intensitāti, g/h.

Skābekļa koncentrācijas automātiskās regulēšanas sistēmas algoritmiskās struktūrshēmas sastādīšanai jānosaka statistiskie pārvades koeficienti regulējošās iedarbes kanālam $L_g \rightarrow C$ un perturbāciju iedarbes kanāliem $q \rightarrow C$ un $T \rightarrow C$. Šai nolūkā nelineāro funkciju $C = f(L_g, q, T)$ izvirza Teilora rindā parciālo atvasinājumu formā pie sākuma nosacījumiem $C=C_o$; $L_g=L_{go}$; $q=q_o$; $T=T_o$ un atmet augstāko kārtu nelineāros atlikumus. Tad iegūst linearizētu statistisko vienādojumu:

$$\Delta C = k_a \Delta L_g + k_q \Delta q + k_T \Delta T \quad (3)$$

kur

$$k_a = \frac{\partial C}{\partial L_g} = \frac{q_o}{k_1(h)k_2(T_o)k_3(\sigma_s, \lambda_{do})L_{go}^2} -$$

- regulējošās iedarbes kanāla pārvades koeficients, $(\text{g}/\text{m}^3)/(\text{m}^3/\text{h})$;

$$k_q = \frac{\partial C}{\partial q} = \frac{1}{k_1(h)k_2(T_o)k_3(\sigma_s \lambda_{do})L_{go}} \quad -$$

- galvenās perturbācijas- skābekļa patēriņa iedarbes kanāla pārvades koeficients, $(\text{g}/\text{m}^3)/(\text{g}/\text{h})$;

$$k_T = \frac{\partial C}{\partial T} = \frac{0,02q_o}{k_1(h)k_2(T_o)k_3(\sigma_s \lambda_{do})L_{go}} - (0,3 - 0,005T_o)(1 + 0,05h) -$$

- notekūdeņu temperatūras iedarbes kanāla pārvades koeficients, $(\text{g}/\text{m}^3)/^\circ\text{C}$.

Regulējot gaisa padeves daudzumu L_g , visi pārvades koeficienti mainās. Tātad pārejas procesa laikā skābekļa koncentrācijas regulēšanas sistēmas parametri ir nestacionāri, kas apgrūtina tās analīzi. Šo problēmu var daļēji novērst, apskatot sistēmas darbību ierobežotā apgabalā, kurā var pieņemt, ka koeficienti k_a , k_q un k_T ir konstanti.

Skābekļa pārnese nestacionāro procesu aerācijas tilpnē (2.att.) sastāda, pieņemot, ka gaisa sadale pa visu aerācijas laukumu ir vienmērīga un izšķīdušā skābekļa koncentrācija aerācijas tilpumā ir izlīdzināta. Tad iegūst vienkāršotu skābekļa pārnese dinamiskās bilances vienādojumu pie sākuma nosacījumiem $t=0$, $C=C_o$, $q=q_o$, $L_g=L_{go}$:

$$T_a \frac{d\Delta C}{dt} + \Delta C = k_a \Delta L_g, \quad (4)$$

kur

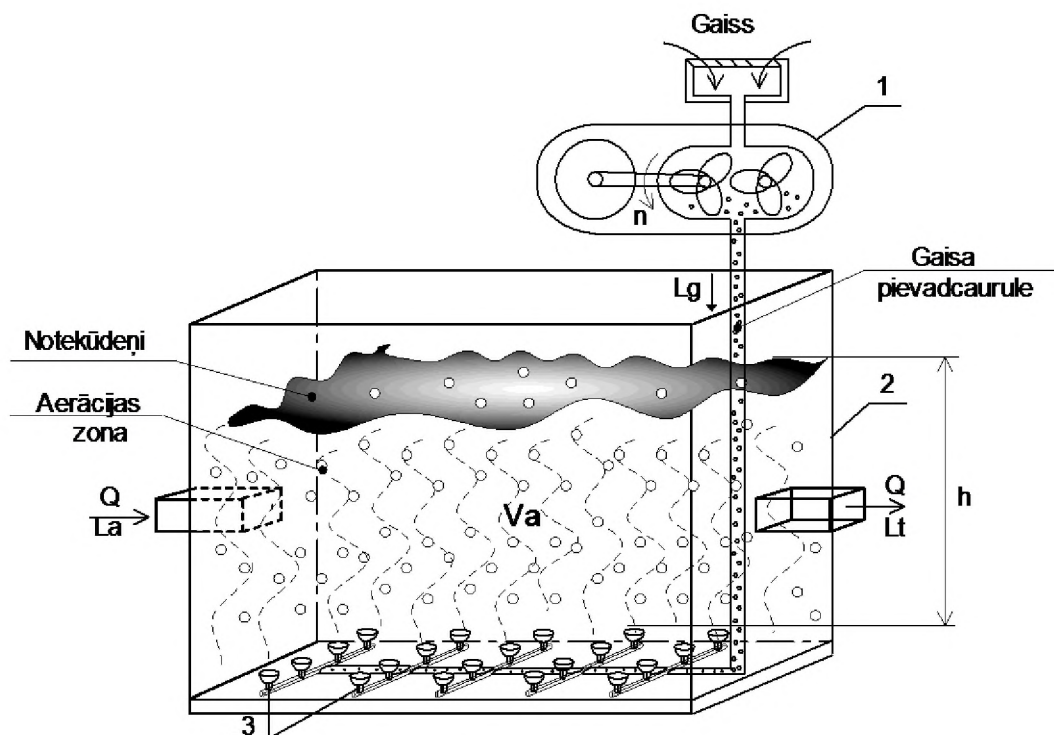
$$T_a = \frac{V_a}{k_1(h)k_2(T_o)k_3(\sigma_s \lambda_{do})L_{go}} \quad -$$

- aerācijas tilpnes laika konstante, kas raksturo pārejas procesa inerci, h;

$$k_a = \frac{q_o}{k_1(h)k_2(T_o)k_3(\sigma_s \lambda_{do})L_{go}^2} \quad -$$

- aerācijas tilpnes statiskais pārvades koeficients, kas raksturo tās jutību pret regulējošo iedarbi ΔL_g , $(\text{g}/\text{m}^3)/(\text{m}^3/\text{h})$.

Pieņemot, ka attiecība $q_0/L_{g0} \approx \text{const}$, aerācijas tilpnes laika konstante T_a un statistiskais pārvades koeficients k_a mainās gaisa padeves daudzuma regulēšanas laikā. Palielinot gaisa padevi L_g uz aerācijas tilpni, T_a un k_a samazinās. Tas nozīmē, ka samazinās procesa inerce un regulēšanas objekta jutība pret regulējošo iedarbi. Jūtības samazināšanās izskaidrojama ar to, ka palielinot L_g samazinās skābekļa izmantošanas efektivitāte.



2.att. Notekūdeņu aerācijas tehnoloģiskā shēma: 1- gaisa pūtējs; 2- aerācijas tvertne; 3-gaisa difuzori; V_a -aerācijas tilpums, m^3 ; h -difuzoru iegremdēšanas dziļums, m ; Q - notekūdeņu pieplūde, m^3/h ; L_a - notekūdeņu BSP, g/m^3 ; L_t - paliekošais BSP, g/m^3 .

Skābekļa koncentrācijas regulēšanas sistēmas algoritmiskā struktūrshēma

Skābekļa koncentrācijas regulēšanas sistēmas modelī (3.att.) iekļauts proporcionāli – integrālais – diferenciālais (PID) regulators, kura algoritmiskā struktūrshēma sastādīta atbilstoši pārvades funkcijai:

$$W_{PID}(s) = \frac{k_p (T_i s + 1)(T_d s + 1)}{T_i s (T_f s + 1)}, \quad (5)$$

izmantojot “Simulink” bibliotēkas standartblokus,
 kur k_p – proporcionālās ķēdes pārvades koeficients;
 T_i - integrējošās ķēdes laika konstante, min;
 T_d – diferencējošās ķēdes laika konstante, min;
 T_f – filtru laika konstante, min;
 s – Laplasa operators.

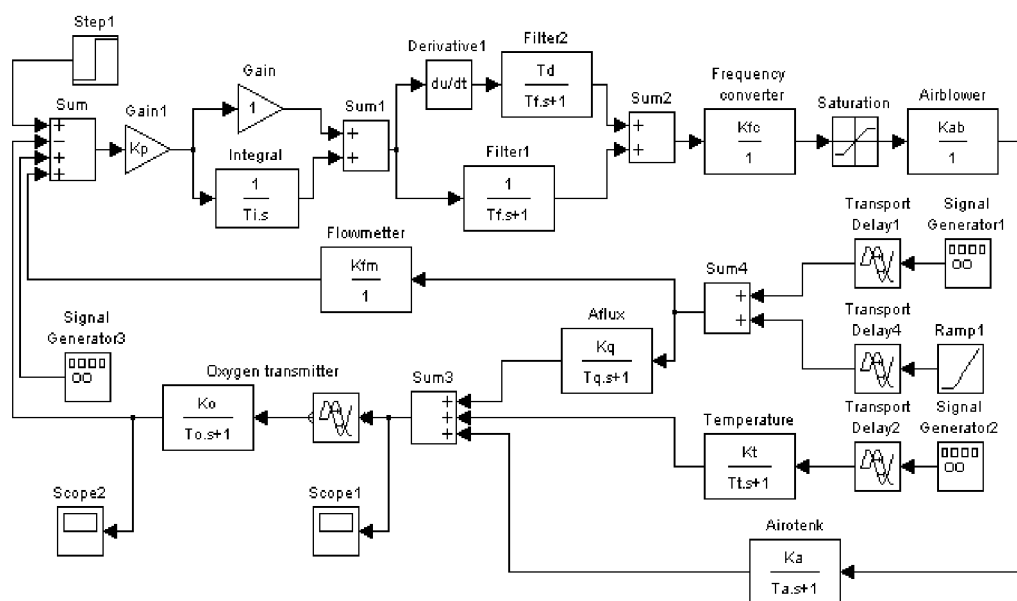
Valējas sistēmas pārvades funkcija :

$$W(s) = \frac{k.(T_i s + 1)(T_d s + 1)N(s)}{T_i s (T_f s + 1)(T_a s + 1)}, \quad (6)$$

kur $k = k_p \cdot k_f \cdot k_g \cdot k_a$ – valējas sistēmas pārvades koeficients, $(g/m^3)/V$
 k_f – frekvenču pārveidotāja pārvades koeficients, Hz/V ;
 k_g – gaisa pūtēja pārvades koeficients, $m^3/min/Hz$;
 $N(s)$ – nelineārā posma (saturation) pārvades funkcija.
 Atgriezeniskās saites pārvades funkcija:

$$W_{as}(s) = \frac{k_o \exp(-\tau \cdot s)}{(T_o \cdot s + 1)}, \quad (7)$$

kur k_o – skābekļa koncentrācijas mērpārveidotāja pārvades koeficients, $V/(g/m^3)$;
 τ un T_o – skābekļa koncentrācijas mērpārveidotāja transportkavējums un laika konstante, min.



3.att. Skābekļa koncentrācijas regulēšanas sistēmas algoritmiskā struktūrshēma

Slēgtas sistēmas pārvades funkcija:

$$\Phi(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s) \cdot W_{as}(s)},$$

$$\Phi(s) = \frac{k \cdot N(s) (T_i s + 1) (T_d s + 1) (T_o s + 1)}{T_i s (T_f s + 1) (T_a s + 1) (T_o s + 1) + k_o k \cdot \exp(-\tau s) N(s)}, \quad (8)$$

kas apraksta sistēmas galvenā kontūra darbību pie konstantām perturbācijām. Nelineārais posms “Saturation” tiek iekļauts algoritmiskajā struktūrshēmā, lai uzdotu frekvenču pārveidotāja izejas frekvences izmaiņas robežas, piemēram, $f = 25 \pm 25$ Hz. Šī bloka pārvades funkcija $N(s)$ ir unificēta, tādēļ tā nav jāatsifrē.

Mainīgās perturbācijas Δq un ΔT , kas tieši iespaido izšķīdušā skābekļa koncentrāciju, formē ar signālu ģeneratoriem un padod uz aperiodiskiem inerciāliem posmiem, kas apraksta aerācijas tvertnes reakciju uz skābekļa koncentrācijas izmaiņu perturbāciju iespaidā:

$$W_{\Delta T \rightarrow \Delta C}(s) = \frac{k_t}{T_t s + 1}, \quad (9)$$

kur k_t – temperatūras iedarbes kanāla pārvades koeficients, $(g/m^3)/^\circ C$,
 T_t – temperatūras iedarbes laika konstante, min.

$$W_{\Delta q \rightarrow \Delta C}(s) = \frac{k_q}{T_q s + 1}, \quad (10)$$

kur k_q – skābekļa patēriņa iedarbes kanāla pārvades koeficients, $(q/m^3)/(g/min)$;
 T_q – skābekļa patēriņa iedarbes laika konstante, min.

Secinājumi

Veicot gaisa skābekļa izmantošanas efektivitātes raksturlīkņu regresijas analīzi, iegūta izteiksme skābekļa izmantošanas koeficienta aprēķināšanai atkarībā no notekūdeņu aerācijas iekārtas parametriem un gaisa padeves tehnoloģijas.

Sastādīti notekūdeņu aerācijas tvertnes vienādojumi statistiskam un nestacionāram režīmam, kas dod iespēju modelēt skābekļa pārneses procesu, mainot objekta parametrus, regulējošo iedarbi un galvenās perturbācijas.

Sastādīta notekūdeņu aerācijas procesa automātiskās regulēšanas sistēmas algoritmiskā struktūrshēma skābekļa koncentrācijas pārejas procesa modelēšanai un optimizācijai, izmantojot dinamisko sistēmu modelēšanas datorprogrammu “Simulink”. Ierobežotā apjoma dēļ nav parādīti modelēšanas piemēri. Ar tiem var iepazīties publikācijā [3].

Literatūra

1. Sniders A. The Expenditure of Electrical Energy for Communal sewage purification. Baltic Electrical Engineering review, Vilnius, Nr. 2(6), 1997. pp.29-32.
2. A.Sņiders. Notekūdeņu aerācijas iekārtu elektriskās piedziņas energoekonomika/ 3.Starptautiskās konferences “Vide. Tehnoloģija. Resursi” materiāli. – Rēzekne, Rēzeknes Augstskola, 19.-21.06.2001. 191.-197.lpp.
3. А.Шнидерс. Моделирование и энергоэкономное управление системой аэрации сточных вод / Труды 3-ей Международной научно практической конференции «Экология и сельскохозяйственная техника».- Санкт-Петербург, 05.-06.06.2002.- С.294-302.
4. S.E.Jorgensen. Fundamentals of Ecological Modelling (2nd Edition). – Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1994. – 663 p.
5. Fine Bubble Aeration. – I TT Flygt AB, 1998. – 7p.
6. A.Sniders, U.Skrastins. Identification of the Aeration Tank as the Object of Oxygen Transfer under Static Regime // Proceedings of the LUA/ Latvia University of Agriculture. 1995, Nr. 2(279). pp. 79-85.
7. A.Sniders. Static indices of Waste Water Pneumatic Aeration// Proceedings of the LUA/ Latvia University of Agriculture, 1997. (8). pp. 43-47.
8. Смирнов Д.Н. Автоматическое регулирование процессов очистки природных и сточных вод.- М.: Стройиздат, 1985.- 312с.
9. Carlos A. Smith, Armando B.Corripio. Principles and Practice of Automatic Process Control. – New York: John Willey & Sons, 1997.- 768p.
10. Гульяев А.К. Матлаб 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие.- Санкт-Петербург: Корона принт, 2001.- 400с.

INFILTRĀTA SASTĀVA ANALĪZES AUSTRUMLATGALES REĢIONA IZGĀZTUVĒS

Analyze of Leachate Composition in the Dumpsites of East-Latgale Region

E. Teirumnieks, Ē. Abricka¹

Rēzeknes Augstskola, Inženieru fakultāte, Dabas zinātņu katedra
Rēzekne, Atbrīvošanas aleja 76, LV-4600, tālr./fakss 4625788,
e-mail: edmunds_t@navigator.lv, ¹erika20@navigator.lv

Abstract

There are 28 working or closed but not recultivated municipal solid waste dumpsites in East-Latgale now. A number of these dumpsites are situated near lakes, rivers, in old mineral quarries etc [3, 6]. All these dumpsites pollute groundwater, soil and present danger for human health. One of the dangerous factors is leachate which is generated in these dumpsites and which pollutes groundwate, soil and drinking water.

The analysis of leachate sample chemical content in the biggest East-Latgale dumpsites "Ritini", "Zvirgzdene", "Zelceva" and "Mostovaja" has been done in 2002. The content of leachate depends on content of waste, dumpsite management etc. The most polluted leachate is in the biggest dumpsites of region – "Ritini" and "Zvirgzdene". These are city dumpsites (Rezekne and Ludza). Significantly less polluted leachate is found in the dumpsites "Zelceva" and "Mostovaja". This is valid for all analyzed parameters – COD, conductivity, N_{tot} , NH_4^+ and Cl.

Keywords: leachate, dumpsites.

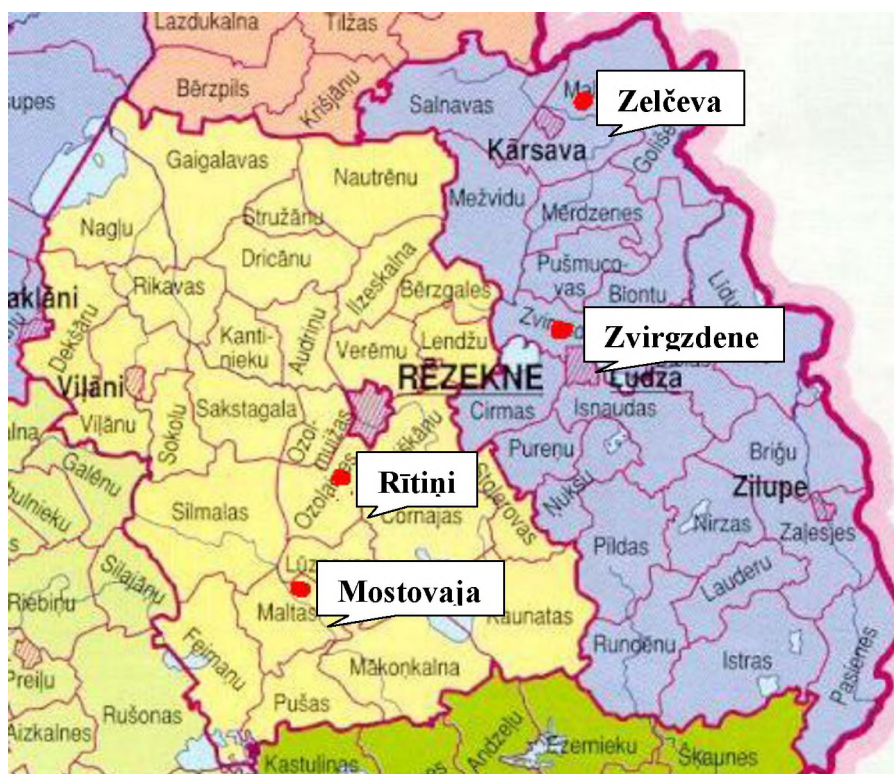
Ievads

Austrumlatgales reģionā uz doto brīdi (01.01.2003.) ir 28 darbojošās vai arī slēgtas, bet nereaktivētas sadzīves atkritumu izgāztuves. Liela daļa no tām ierīkotas tām nepiemērotās vietās – upju, ezeru un citu atklātu ūdenstilpju tuvumā, smilšu, grants karjeros, vietās ar augstu gruntsūdens līmeni utt. [3, 6] Tas izsauc apkārtējās vides piesārņojumu – virszemes ūdeņi, gruntsūdeņi, līdz ar to tiek apdraudēta arī cilvēka veselība. Lielākā no izgāztuvēm ir Rēzeknes pilsētas izgāztuve "Rītiņi", kurā katru gadu apglabā ap 45000 m³ sadzīves atkritumu. Izņemot "Rītiņu" izgāztuvi, Austrumlatgales reģionā ir vēl trīs lielas izgāztuves, kuras ir paredzēts izmantot pārejas periodā pirms tiks uzbūvēts atkritumu noglabāšanas poligons. Tās ir: Ludzas rajonā "Zvirgzdene" un "Zelčeva" un Rēzeknes rajonā "Mostovaja".

Viens no bīstamākajiem faktoriem, ar ko raksturojas šīs izgāztuves, ir tajās radies infiltrāts. Izņēmums nav Austrumlatgales reģions (Rēzeknes un Ludzas rajoni) [4, 5].

Austrumlatgales reģiona izgāztuvju infiltrāta sastāva analīze

Infiltrāta paraugi Rēzeknes rajona izgāztuvēs "Rītiņi" un "Mostovaja" un Ludzas rajona izgāztuvēs "Zvirgzdene" un "Zelčeva" tika ņemti un analizēti 2002. gada aprīlī, maijā, oktobrī un novembrī. Vasarā infiltrāts netika analizēts, jo bija apgrūtināta paraugu ņemšana, sausuma perioda dēļ. Izgāztuvju izvietojumu Austrumlatgales reģionā skatīt 1. attēlā.



1. attēls. Infiltrāta sastāva analīžu vietas (izgāztuves) Austrumlatgales reģionā.

Izgāztuve “Rītiņi”

Vizuāli izvērtējot atkritumu sastāvu, dominē galvenokārt iepakojums, tas ir dažāda veida plastmasas, kartons, PET pudeles utt.. Salīdzinoši maz atkritumu masā bija sastopami tieši pārtikas atkritumi, kā arī stikls. Izgāztuvē no atkritumiem tiek atlasīts kartons un papīrs, kas tiek sapresēts un nodots pārstrādei. [2] Ar to nodarbojas darbinieks, kas apsargā izgāztuvi. Infiltrāta paraugu ņemšanas laikā aprīlī un maijā nedēļu pirms tam nokrišņi nav bijuši. Vērā ņemams nokrišņu daudzums bija pirms paraugu ņemšanas oktobrī un novembrī.

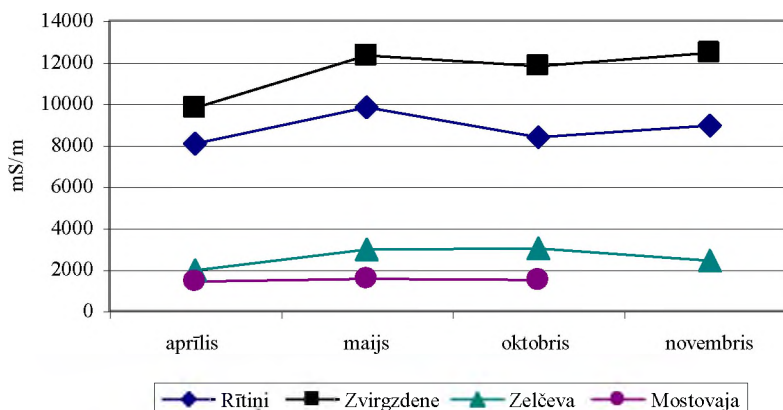
Darbā, veicot analīžu datu grafisko apstrādi, tika ņemtas parametru vidējās vērtības attiecīgajā laika posmā, jo pēc vidējām vērtībām ir vieglāk veikt izgāztuvju infiltrāta sastāva salīdzinājumu un analizēt tos.

Viens no parametriem, kurš jānosaka infiltrātam, ir elektrovadītspēja. Jo lielāka ir elektrovadītspēja, jo vairāk piesārņots tas ir. Elektrovadītspējas rezultāti atspoguļoti 2. attēlā. “Rītiņu” izgāztuves gadījumā iegūtie elektrovadītspējas rezultāti svārstās ļoti plašās robežās, sākot no 550 mS/m līdz pat 19852 mS/m. Tomēr vidējās vērtības ir 9000 mS/m robežās. Tas atkarīgs gan no infiltrāta ņemšanas vietas, gan gadalaika, gan atkritumu sastāva dotajā vietā.

Mazākās elektrovadītspējas vērtības iegūtas vietās, kur analīžu paraugi tika ņemti atkritumu masas malās, bet lielākās vērtības elektrovadītspējai bija tur, kur analīžu paraugi bija ņemti pašā atkritumu masā. Palielinātas elektrovadītspējas vērtības bija maijā, šīs vērtības vasaras mēnešos, iespējams arī būtu augstākas, bet tā kā šajā periodā analīzes netika veiktas, tad to grūti prognozēt.

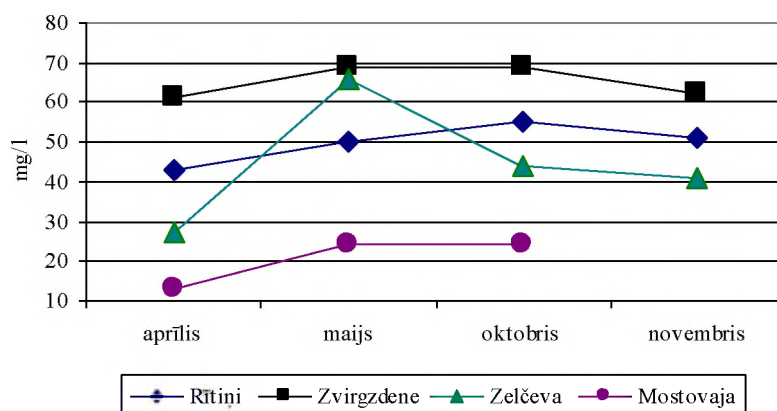
Tā kā ne vienmēr no vienas un tās pašas vietas, bet tikai tuvu tai ir iespējams paņemt infiltrāta paraugu, tad nav iespējams precīzi salīdzināt iegūtos datus. Sevišķi grūti to ir izdarīt tad, kad infiltrāta paraugus ņem tajās vietās, kur tiek apglabāti atkritumi.

Amonija jonu koncentrācija infiltrātā svārstās no 26 līdz 74 mg/l, vidējā vērtība ir ap 50 mg/l (skat. 3. attēlu).



2. attēls. Elektrovadītspējas vidējās vērtības.

Parametrs, kas raksturo organisko vielu daudzumu infiltrātā, ir ķīmiskais skābekļa patēriņš (ĶSP). Tas tika noteikts tikai daļai no visiem ņemtajiem paraugiem. Iegūtās ĶSP vērtības svārstās ļoti plašās robežās (skat. 5. attēlu), sākot ar 772 un beidzot ar 15633 mgO₂/l. Vidējās vērtības ir 8000 mgO₂/l robežās. Tas norāda uz to, ka ir ļoti liels infiltrāta piesārņojums ar organiskajām vielām, sevišķi tas izteikts vietās, kur infiltrāts tika ņemts pašā atkritumu masā. Vislielākās ĶSP vērtības bija vietās, kur sastopami lieli apjomi dažādu viegli sadalošos organisko atkritumu, piemēram, pārtikas atliekas, pļautā zāle utt.. Intensīvāka biodegradācijas procesa rezultātā rudens mēnešos ĶSP vērtības ir lielākas nekā pavasarī ņemtajos paraugos.



3. attēls. Amonija jonu koncentrācijas vidējās vērtības infiltrātā.

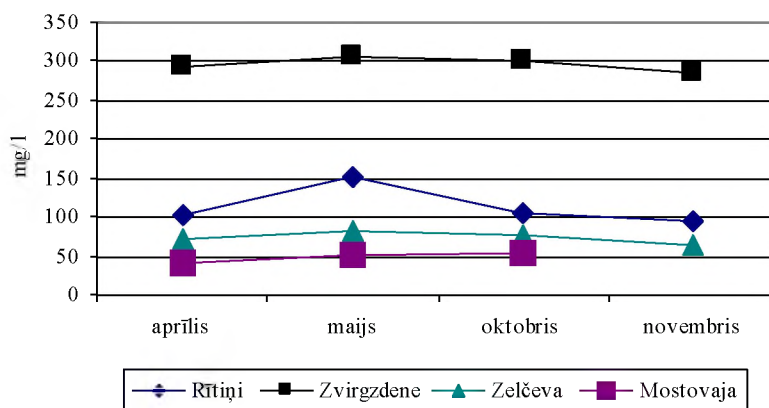
Kopējā slāpekļa koncentrācija svārstās (skat. 4. attēlu) no 71 līdz 236 mg/l, vidējā ap 110 mg/l. Šāda strauja kopējā slāpekļa vērtību maiņa saistās ar organiski sadalošos atkritumu klātbūtni, tā kā organiskās vielas intensīvāka sadalīšanās notiek siltā liekā, tad arī vasaras sākumā vērtības bija vislielākās.

Hlorīdu koncentrācija tika noteikta tikai daļai no infiltrāta paraugiem un šeit iegūtas vērtības ir robežās (skat. 6. attēlu) no 128 līdz 565 mg/l, vidējā ap 260 mg/l.

Izgāztuve "Zvirgzdene"

Vizuāli apskatot atkritumus "Zvirgzdenes" izgāztuvē redzams, ka dominējošie ir iepakojuma materiāli, kā piemēram plastmasa, polietilēns, PET pudeles, tetrapakas utt. Vienā daļā izgāztuves atrodas zāģskaidas, kuras aizņem tikai nelielu daļu no izgāztuves platības. [1] Turklāt tās ir ievestas izgāztuvē jau sen, jo svaigas zāģskaidas nebija redzamas. No visām

apskatītajām izgāztuvēm šī bija vienīgā, kur infiltrāts bija pieejams brīvā veidā bez papildus rakšanas. Bez tam, kā tas vēlāk atklājās analizējot ņemtus paraugus, tieši šīs izgāztuves infiltrāts saturēja vislielākās visu analizējamo parametru koncentrācijas. Infiltrāta atrašanās izgāztuves virsmā izskaidrojama ar to, ka atkritumu šeit tiek nevis saspiesti, bet gan izlīdzināti uz izgāztuves malām, veidojot lielas kaudzes, tādā veidā ļaujot infiltrātam sūkties uz leju, ar ko arī izskaidrojams tas fakts, ka infiltrāts parādās izgāztuves virsmā. Tāda izgāztuves apsaimniekošana izskaidrojama ar to, ka izgāztuve atrodas meža ielokā un tās platība ir stipri vien ierobežota un savādāk apsaimniekot izgāztuvi būtu problemātiski.



4. attēls. Kopējā slāpekļa koncentrācijas vidējās vērtības infiltrātā.

Elektrovadītspējas rezultāti atspoguļoti 2.attēlā. Iegūtie elektrovadītspējas rezultāti svārstās ļoti plašās robežās, sākot no 560,2 mS/m līdz pat 19453,7 mS/m, vidējais – 12000 mS/m. Mazākās elektrovadītspējas vērtības iegūtas vietās, kur analīžu paraugi tika ņemti atkritumu masas malās, bet lielākās vērtības elektrovadītspējai bija tur, kur analīžu paraugi bija ņemti pašā atkritumu masā un tajās vietās kur infiltrāts parādījās brīvā veidā jeb atkritumu kaudzes lejasdaļā. Elektrovadītspējas vērtības paraugu ņemšanas vietās visā periodā bija daudz maz vienādas, bez sevišķi krasām svārstībām.

Amonija jonu koncentrācija infiltrātā svārstās no 49 līdz 84, vidējā - 65 mg/l (skat. 3. attēlu). Amonija jonu koncentrācija nedaudz paaugstināta ir oktobrī un novembrī ņemtajos paraugos. Tas varētu būt saistīts ar organisko atkritumu sadalīšanos.

Iegūtās ĶSP vērtības svārstās ļoti plašās robežās (skat. 5. attēlu) sākot ar 568 un beidzot ar 16889 mgO₂/l, vidējā – 12000 mgO₂/l. Tas norāda uz to, ka ir ļoti liels infiltrāta piesārņojums ar organiskajām vielām, sevišķi tas izteikts vietās, kur infiltrāts tika ņemts pašā atkritumu masā un vietās, kur tas bija brīvi pieejams uz atkritumiem. Izteikti paaugstinātas ĶSP vērtības bija tajos analīžu paraugos, kas ņemti maijā un novembrī, kā arī augstas vērtības bija oktobrī ņemtajos paraugos.

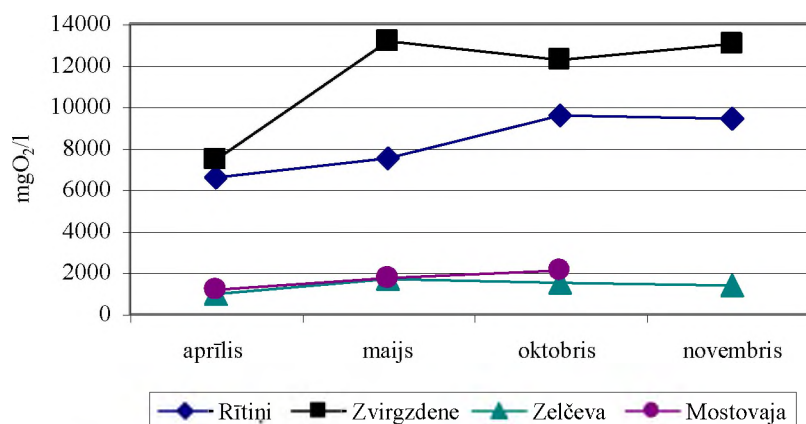
Kopējā slāpekļa koncentrācija svārstās robežās (skat. 4. attēlu) no 245 līdz 353, vidējā ap 300 mg/l un tās būtiski neizmainās visā paraugu ņemšanas laikā, attiecīgajās paraugu ņemšanas vietās.

Hlorīdjonu koncentrācijas ir robežās (skat. 6. attēlu) no 66 līdz 651, vidējā - 250 mg/l. Izteikti paaugstinātas hlorīdu vērtības bija tieši maijā ņemtajos paraugos, kur bija konstatēta arī maksimālā vērtība 651 mg/l.

Izgāztuve “Zelčeva”

No visām izgāztuvēm, kurām tika analizēts infiltrāts, izgāztuve “Zelčeva” pēc platības bija vismazākā. Atkritumi šeit netiek sablietēti, bet vienkārši izgāzti uz sastumti ar buldozeru kaudzēs. [1] Tāpat kā “Rītiņu” un “Zvirgzdenes” izgāztuvēs arī šeit dominē iepakojuma

atkritumi. Tomēr salīdzinot ar iepriekšējām divām izgāztuvēm šeit nav sastopamas zāģskaidas.



5. attēls. Ķīmiskā skābekļa patēriņa vidējās vērtības infiltātam.

Elektrovadītspējas rezultāti atspoguļoti 2. attēlā. Iegūtie rezultāti svārstās robežās, sākot no 794 mS/m līdz 8745, vidējais - 2500 mS/m. Paaugstinātas elektrovadītspējas vērtības bija maijā un oktobrī veiktajās analizēs.

Amonija jonu koncentrācija infiltātā svārstās no 19 līdz 96, vidējā - 45 mg/l (skat. 3. attēlu). Izteikti paaugstinātas amonija vērtības bija maijā un oktobrī veiktajās analizēs.

Iegūtās ĶSP vērtības svārstās robežās (skat. 5. attēlu) sākot no 799 līdz 2360, vidējās - 1700 mgO₂/l. ĶSP vidējā vērtības visā laika posmā bija aptuveni vienādas.

Kopējā slāpekļa koncentrācija svārstās (skat. 4. attēlu) robežās no 46 līdz 112, vidējā - 70 mg/l. Kopējā slāpekļa koncentrācijas vidējās vērtības visā laika posmā bija aptuveni vienādas.

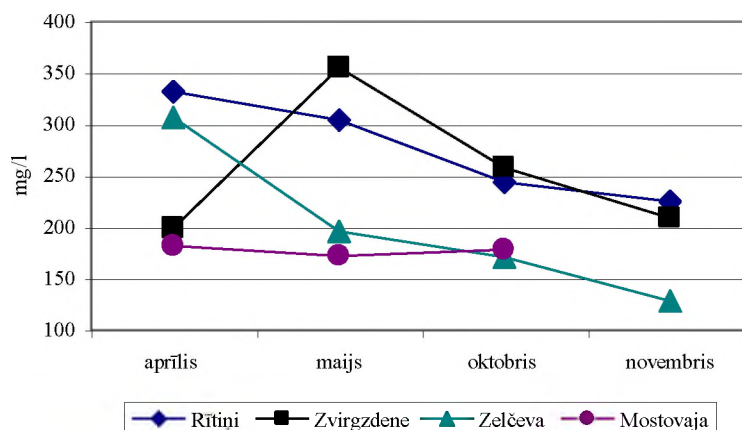
Hlorīdjonu koncentrācija ir robežās (skat. 6. attēlu) no 68 līdz 517, vidējā - 160 mg/l. Analizējamajā infiltātā hlorīdjonu koncentrācija paaugstināta bija aprīlī ņemtajos paraugos, bet vēlāk veiktajās analizēs bija novērota tās samazināšanās.

Izgāztuve "Mostovaja"

Šajā izgāztuvē dominējošie atkritumi ir zāģskaidas, tās pēc sava kopējuma aizņem vairāk kā 80% no visiem atkritumiem. Tā kā dominējošie atkritumi ir zāģskaidas, tad bija problēmas ar infiltāta iegūšanu, jo tās sevī absorbē ūdeni, kas nonāk uz tām uz līdz ar to infiltāts atrodas salīdzinoši lielā dziļumā. Tikai nelielā izgāztuves daļā tiek noglabāti sadzīves atkritumi, kas tiek vesti, galvenokārt, no Maltas pagasta [2]. Līdz ar to šo infiltātu varētu vairāk attiecināt, kā infiltātu, kas rodas no zāģskaidām.

Elektrovadītspējas rezultāti atspoguļoti 2. attēlā. Iegūtie rezultāti svārstās robežās, sākot no 470 līdz 3564, vidējā vērtība - 1700 mS/m. Vidējās elektrovadītspējas vērtības laika gaitā izmainījās ļoti maz un bija aptuveni vienādas.

Amonija jonu koncentrācija infiltātā svārstās no 2,8 līdz 31, vidējā - 22 mg/l (skat. 3. attēlu). Amonija saturs paaugstināts ir maijā un oktobrī ņemtajos paraugos.



6. attēls. Hlorīdjonu koncentrācijas vidējās vērtības infiltrātā.

Iegūtās KSP vērtības svārstās robežās (skat. 5. attēlu) no 586 līdz 4893, vidējā - 1800 $\text{mg O}_2/\text{l}$. KSP vērtības paaugstinātas ir maijā un oktobrī ņemtajos paraugos.

Kopējā slāpekļa koncentrācija svārstās (skat. 4. attēlu) robežās no 25 līdz 80, vidējā - 50 mg/l . Kopējā slāpekļa vērtības mazākas ir aprīlī veiktajās analizēs, bet lielākas maijā un oktobrī ņemtajos paraugos.

Hlorīdjonu koncentrācija ir robežās (skat. 6. attēlu) no 87 līdz 363, vidējā - 175 mg/l . Hlorīdjonu koncentrācija laika gaitā izmainījās ļoti maz.

Izgāztuvju infiltrāta analīžu rezultātu salīdzinājums

Salīdzinot savā starpā “Rītiņu”, “Zvirgzdenes”, “Zelčevas” un “Mostovajas” sadzīves atkritumu izgāztuvju infiltrātu analīžu rezultātus var izsecināt, ka iegūtie elektrovadītspējas rezultāti (skat. 2. attēlu) norāda uz to, ka vislielākā kopējo jonu koncentrācija ir “Rītiņu” un “Zvirgzdenes” izgāztuvēs analizētajam infiltrātam. Sevišķi liela elektrovadītspēja ir “Zvirgzdenes” izgāztuves infiltrātam, pat vidējā vērtība ir 12000 mS/m . Kaut arī “Rītiņu” izgāztuvē tiek noglabāts gadā daudz vairāk atkritumu, tomēr šeit elektrovadītspēja ir salīdzinoši zemāka. Kā izskaidrojums tam varētu būt tas, ka infiltrāts “Rītiņu” izgāztuvē tika ņemts ne sevišķi lielā dziļumā, bet “Zvirgzdenes” izgāztuves gadījumā infiltrāts pat atradās uz atkritumu slāņa, tas saistīts ar izgāztuves apsaimniekošanas īpatnībām, par kurām tika runāts iepriekš.

“Zelčevas” un “Mostovajas” izgāztuvēs elektrovadītspējas vērtības ir stipri vien mazākas nekā divās iepriekš minētajās izgāztuvēs un šeit tās nepārsniedz 3564 mS/m . “Mostovajas” izgāztuves gadījumā pārsvarā ir tikai zāģskaidas un infiltrāta paraugi ir grūti noņemami, jo zāģskaidas absorbē sevī lielu daudzumu ūdens, kas nonāk izgāztuvē.

Līdzīgs izskaidrojums varētu tikt attiecināts arī uz pārējiem infiltrātam noteiktajiem parametriem. NH_4^+ , N_{kop} , KSP un Cl^- gadījumā, to attiecību sadalījums ir stipri vien līdzīgs tam, kāds tas ir elektrovadītspējas gadījumā. Līdz ar to visus secinājumus, kas tika izdarīti analizējot infiltrāta elektrovadītspējas radītājus var attiecināt arī uz šiem nosauktajiem parametriem.

Infiltrāta sastāvu un daudzumu būtiski ietekmē: nokrišņu daudzums, atkritumu pārsegšana ar grunti, izgāztuves apsaimniekošanas īpatnības, atkritumu sabietēšanas pakāpe, atkritumu daudzums un sastāvs. Atkritumu daudzums, sastāvs un nokrišņi ir vieni no galvenajiem faktoriem, no kuriem ir atkarīgs infiltrāta ķīmiskais sastāvs. Visas Austrumlatgales reģiona izgāztuves: “Rītiņi”, “Zvirgzdene”, “Zelčeva” un “Mostovaja” ļoti stipri atšķiras viena no otras gan pēc tajās noglabāto atkritumu daudzuma, gan to sastāva un izgāztuves apsaimniekošanas veida. Līdz ar to arī iegūtie infiltrāta analīžu rezultāti samērā

krasi atšķiras pilsētu izgāztuvēm “Rītiņi” un “Zvirgzdene” un pagastu izgāztuvēm “Zelčeva” un “Mostovaja”. Pilsētu izgāztuvēs ir lielāks bioloģiski sadalošos atkritumu īpatsvars, galvenokārt pārtikas atliekas, nekā pagastu ciematu izgāztuvēs, līdz ar to tas ir tas faktors, kas izraisa ķīmiskā skābekļa patēriņa (ĶSP) palielināšanos.

Infiltrāta paraugi tika ņemti pa visu izgāztuvju teritoriju, izņemot tās vietas, kur atkritumi atradās neizlīdzinātā vai nesablietētā veidā, jo šajās vietās to ņemšanas dziļums būtiski palielinās. Tā kā infiltrāts ņemts pa visu izgāztuves teritoriju, tad iegūtie rezultāti samērā labi atspoguļo infiltrāta sastāva izmaiņas gan pa izgāztuves dažādiem sektoriem, gan kā izmainās tā koncentrācija virzienā no izgāztuves centra uz malām, kaut gan dotajā darbā apskatītas galvenokārt vidējās parametru vērtības.

Izgāztuves “Rītiņi” gadījumā, analizējot ĶSP radītājus konstatējams, ka lielākās šī rādītāja vērtības ir tuvāk izgāztuves centram un tur, kur, spriežot pēc atkritumiem, tos patreiz visvairāk noglabā. Atkritumu noglabāšanu “Rītiņos” veic ļoti plašā teritorijā, tur tos izlīdzina un sablietē ar buldozeru. Diemžēl paraugu skaits, kuros tika noteikti ĶSP, Cl^- , NH_4^+ un N_{kop} , ir neliels, tāpēc izdarīt viennozīmīgus secinājumus ir apgrūtināti. Tam būtu nepieciešams lielāks analizējamo paraugu skaits, un arī būtu jāveic to sistemātiska ņemšana un infiltrāts jāņem dažādos atkritumu masas dziļumos. Tas ļautu pēc iespējas precīzāk aprakstīt infiltrāta sastāva izmaiņu gan laika gaitā, gan atkarībā no tā atrašanās dziļuma vai vecuma. Jo tas infiltrāts, kas atrodas dziļāk atkritumos būs ar stipri vien dažādu ķīmisko sastāvu nekā tikko veidojies. Infiltrātam, kas tikko veidojies ir liels ĶSP, jo notiek strauja bioloģiskās vielas sadalīšanās, ar kuru piesātinās infiltrāts, tas arī izskaidro augstās ĶSP vērtības infiltrātā tajās vietās, kur atkritumi bija samērā nesen noglabāti.

Tādi infiltrātam parasti nosakāmie parametri, kā Cl^- , NH_4^+ un N_{kop} laika gaitā mainās salīdzinoši nedaudz, un to vērtības obligāti nebūtu nepieciešams noteikt infiltrātam, kas atrodas dažādos atkritumu masas dziļumos. [7] Bet tā kā dažādos atkritumu masas slāņos ir bijis dažāds atkritumu sastāvs un vēl papildus tur veidojies infiltrātam pieplūst klāt infiltrāts, kas veidojies atkritumu virspusē, tad notiek arī šo parametru izmaiņas. Visi infiltrāta paraugi tika ņemti infiltrātam, kas radies atkritumu masas virspusē, līdz ar to dziļāk esošā infiltrāta sastāvs nav zināms. Tāpēc nav iespējams izdarīt secinājumus, kā mainās nosakāmie parametri atkarībā no infiltrāta ņemšanas dziļuma atkritumu masā.

Spriežot pēc ĶSP un elektrovadītspējas, tad vislielākās šo rādītāju vērtības ir izgāztuvē “Zvirgzdene”. Šīs vērtības konkrētajā izgāztuvē ir paaugstinātas, iespējams, tādēļ, ka infiltrāts analīzei bija pieejams izgāztuvē uz atkritumiem, kur tas bija ļoti koncentrētā veidā. Tas šeit uzkrājās no infiltrāta, kas caurplūdis visai atkritumu masai. Analogi apstākļi ir novēroti salīdzinoši reti un atspoguļo izgāztuves apsaimniekošanas īpatnības. Atkritumi šeit netiek sablietēti, bet vienkārši sastumti ar buldozeru kaudzēs. Tā kā tā ir pilsētas (Ludza) izgāztuve un atkritumu sastāvā ir liels procents bioloģiski viegli sadalošos atkritumu, tad augstās ĶSP vērtības ir tieši no šiem atkritumu komponentiem. Maksimālās elektrovadītspējas un ĶSP vērtības ir iegūtas no infiltrāta, kas parādījās atkritumu masas pakājes virspusē. Pārējos ņemtajos paraugos šīs vērtības ir krietni vien zemākas un tik augstas koncentrācijas vairs nenasniedz. Tas attiecas arī uz pārējiem noteiktajiem parametriem Cl^- , NH_4^+ un N_{kop} .

“Zelčeva” un “Mostovaja” izgāztuvēs visi analizētie parametri ir daudz zemāki. Šeit noglabāto atkritumu daudzums, salīdzinot ar izgāztuvēm “Rītiņi” un “Zvirgzdene”, ir ļoti niecīgs. Līdz ar to infiltrāts nepiesātinās līdz tik augstām koncentrācijām, kā lielo izgāztuvju gadījumā.

Secinājumi

Izvērtējot iegūtos rezultātus var secināt, ka:

- infiltrāta sastāvs ir atkarīgs no noglabāto atkritumu sastāva un izgāztuves apsaimniekošanas veida;

- izgāztuvēs, kurās atkritumu masā ir vairāk biodegradablu atkritumu, kā piemēram, pārtikas atkritumi, infiltrāta piesārņojuma līmenis ir visaugstākais, to var labi redzēt apskatot KSP analīzēs iegūtos rezultātus;
- visvairāk piesārņotais infiltrāts, spriežot pēc iegūtajiem datiem, ir “Rītiņu” un “Zvirgzdenes” izgāztuvēs;
- salīdzinoši mazāk piesārņots infiltrāts ir “Zelčevas” un “Mostovajas” izgāztuvēs.

Infiltrāta sastāvu ietekmē ne tikai atkritumu sastāvs, bet arī izgāztuves vecums un izgāztuves apsaimniekošanas veids, kas ir ļoti būtisks faktors pie infiltrāta veidošanās. Lai pēc iespējas mazāk lietotu ūdeņu nonāktu atkritumu masā ir jāsamazina atkritumu virsma, tas ir atkritumus ir jāpārklāj ar grunts slāni, kurai ir mazs filtrācijas koeficients, tas mazinās ūdens nokļuvi līdz atkritumiem, nepārklātu atstājot tikai to izgāztuves daļu, kas uz doto brīdi tiek izmantota atkritumu apglabāšanai.

Literatūra

1. Informatīvs ziņojums par atkritumu apjomiem un izgāztuvēm Ludzas rajonā. - Geo Consultants, 1998.
2. Informatīvs ziņojums par atkritumu apjomiem un izgāztuvēm Rēzeknes rajonā. - Geo Consultants, 1998.
3. Papildus pētījums Austrumlatgales reģiona sadzīves atkritumu apglabāšanas poligona izveides ietekmes uz vidi novērtējuma ziņojumam par lielāko pārejas periodā izmantojamo izgāztuvju ietekmi uz vidi. Noslēguma ziņojums. - Rīga - Rēzekne: ELLE, Geo Consultants, 2001. - 48 lpp.
4. Austrumlatgales reģiona sadzīves atkritumu apglabāšanas poligona izveides ietekmes uz vidi novērtējums. Noslēguma ziņojums. - Rīga - Rēzekne: ELLE, Geo Consultants, 2001. - 151 lpp.
5. Teirumnieks E. Latvijas sadzīves atkritumu izgāztuvju infiltrāta sastāva raksturojums. // Latvijas Universitātes 60. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes. – Rīga, 2002. – 222. – 224. lpp.
6. Feasibility study, ISPA applications and establishment of waste management organization for East-Latgale and South-Latgale regional municipal solid waste management projects. Draft feasibility study for East-Latgale. – R.: Vides projekti, Soil and water, 2001. - 85 p.
7. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil A.S. Integrated solid waste management. Engineering principles and management issues. - McGraw-Hill International edition, 1993. - 978 p.

VIDEI DRAUDZĪGAS SLĀPEKĻA MINERĀLMĒSLU LIETOŠANAS IESPĒJAS ZIEMĀJU GRAUDAUGIEM, IEVĒROJOT MINERĀLĀ SLĀPEKĻA SATURU AUGSNĒ

Environmentally Friendly Nitrogen Fertilizers Application for Winter Cereals Considering the Mineral Nitrogen Content in Soil

R. Timbare, M. Bušmanis

BO Valsts SIA "Agroķīmisko pētījumu centrs",
Strukturu ielā 14a, Rīga, LV -1039, tālr. 7 5529966, e –pasts:
agrokimisko.petijumu.centrs@tec2000.lv, fakss: 7 551272

Abstract

In order to improve nitrogen fertilizers application recommendations for cereals, the soil mineral nitrogen (N_{min}) investigations (1995 – 2000) were carried out on sod – podzolic and brown – lesssive loamy sand and loamy soils in co-operation with other research institutions. The soil samples for determination of $NO_3 - N$ and $NH_4 - N$ were taken in depth 0 - 20, 21 – 40 and 41 – 60 cm in spring before the start of growth on winter cereals fields, but in 2001, 2002- also in autumn before the sowing of winter cereals. Data on soil properties, the amount of precipitation in autumn (August 1 until the first decade with the average temperature below 5 °C), preceding crops and the use of organic fertilizers at sites of investigations were considered. The determination of $NO_3 - N$ and $NH_4 - N$ content was carried out in wet soil samples using for extraction 1 M KCl. Statistical analysis of data obtained in spring has been carried out using MS EXCEL function CORREL, CORRELATION, REGRESSION and SPSS 8.0 for Windows (GLM procedure). According to this analysis the following model ($R^2 = 0,527$) was elaborated:

$$y = 103.513 - 13.515|_{X1=1} - 0.247 \cdot X3 - 27.069|_{X2=0} - 42.945|_{X2=1} - 39.044|_{X2=2} - 16.022|_{X2=3} - 44.212|_{X2=4} + 0.104 \cdot X3|_{X2=0} + 0.181 \cdot X3|_{X2=1} + 0.187 \cdot X3|_{X2=2} + 0.117 \cdot X3|_{X2=3} + 0.175 \cdot X3|_{X2=4},$$

where y- predicted N_{min} content in spring in 0- 40 cm soil layer, $kg\ ha^{-1}$; 103.513 – intercept; $X3$ – amount of precipitation in autumn, mm; $X1$ – soil texture; $X1=1$ – loamy sand soils, $X2=0$ – predecessor; $X2=1$ – perennial grass; $X2=2$ – tilled crops; $X2=3$ – legumes; $X2=4$ – green manure crops; $X2=5$ – fallow.

On the basis of this model and data on meteorological conditions at different sites of Latvia the recommendations on correction N top - dressing application rates for winter cereals in spring were prepared.

Keywords: soil, mineral nitrogen, modelling, N fertilizers, recommendations.

Ievads

Lai samazinātu ūdenstilpju un gruntsūdeņu piesārņojumu ar augiem neizmantotajiem slāpekļa savienojumiem lauksaimnieciskās darbības rezultātā, daudzās valstīs pēta N_{min} saturu augsnē un iespējas izmantot šos datus slāpekļa mēslojuma devu aprēķinos kultūraugiem. Visplašāk šādi pētījumi tiek veikti graudaugu un īpaši ziemāju laukos. Liela loma graudu produkcijas konkurētspējas paaugstināšanā ir slāpekļa mēslojuma optimizācijai katrā laukā, ņemot vērā augiem izmantojamā slāpekļa krājumus augsnē. Tā ka praktiski nav iespējams noņemt un izanalizēt augnes paraugus minerālā slāpekļa (N_{min}) noteikšanai ap 69 tūkst. saimniecību graudaugu laukos, tad pētījumu mērķis bija: izstrādāt minerālā slāpekļa satura prognozi augsnē dažādos graudaugu audzēšanas apstākļos un uz tās pamata sagatavot rekomendācijas slāpekļa mēslojuma devu precizēšanai. Šim mērķim izmantoti visā pētījumu periodā iegūtie dati par minerālā slāpekļa saturu augsnē un konstatētās sakarības starp N_{min} un to ietekmējošiem faktoriem [2 - 5], kā arī citās valstīs veikto pētījumu rezultāti [6 - 10].

Pētījumu metodika

Augsnes minerālā slāpekļa saturs un tā izmaiņas dažādu faktoru ietekmē 1995 – 2002. gadā pētīts dažādu zinātnisko institūciju (Agroķīmisko pētījumu centra, LLU Augkopības katedras, Stendes un Priekuļu selekcijas staciju, Skrīveru ZC, Latgales lauksaimniecības zinātnes centra) zinātnieku un LLKC speciālistu ierīkotajos lauka mēslošanas izmēģinājumos,

galvenokārt mālsmilts vai smilšmāla velēnu podzolaugsnēs un smilšmāla lesivētās brūnaugsnēs. Ņemti augsnes paraugi 0 – 20, 21 – 40 un 41 – 60 cm dziļumā pavasarī, atsākoties ziemāju graudaugu veģetācijai; pirms ziemāju sējas rudenī (Stendes selekcijas stacijas un LLU Augkopības katedras izmēģinājumos 2001 – 2002. gadā), kā arī vasaras – rudens periodā ik pēc 7 dienām, ziemāju sējai paredzētajos laukos pēc zaļmēslojuma iearšanas augsnē (Stendē), līdz ziemāju sējai. Veiktas augsnes paraugu ķīmiskās analīzes pēc nozares standartu metodēm [11]. Uzskaitīti lauku vēstures dati, augsnes īpašības un meteoroloģiskie apstākļi pētījumu vietās. Pētījumos iegūto datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, izmantojot MS EXCEL funkciju CORREL, datu analīzes rīku Correlation, Regression un SPSS 8.0 for Windows programmu. Katra faktora un to mijiedarbības ietekme uz N_{\min} saturu augsnē un ietekmes būtiskums pie varbūtības līmeņa 99 vai 95% noskaidrots ar dispersiju analīzi (ANOVA, programmā SPSS 8.0).

Pētījumu rezultāti

Izmantojot visā pētījumu periodā iegūtos datus par minerālā slāpekļa saturu augsnē pavasarī, atsākoties ziemāju veģetācijai, un konstatētās sakarības starp N_{\min} un to ietekmējošiem faktoriem, izstrādāts modelis N_{\min} prognozei augsnē pavasarī ($R^2 = 0,527$):

$$y = 103,513 - 13,515|_{X1=1} - 0,247 \cdot X3 - 27,069|_{X2=0} - 42,945|_{X2=1} - 39,044|_{X2=2} - 16,022|_{X2=3} - 44,212|_{X2=4} + 0,104 \cdot X3|_{X2=0} + 0,181 \cdot X3|_{X2=1} + 0,187 \cdot X3|_{X2=2} + 0,117 \cdot X3|_{X2=3} + 0,175 \cdot X3|_{X2=4},$$

kur y- prognozētais N_{\min} 0 – 40cm augsnes slānī, kg ha^{-1} ; 103,513 – brīvais loceklis; $X3$ – nokrišņu daudzums rudenī, mm; $X1$ – augsnes granulometriskais sastāvs; $X1=1$ – mālsmilts, $X2$ – priekšaugi; $X2=0$ – graudaugi; $X2=1$ – zālāji; $X2=2$ – rušināmaugi; $X2=3$ – tauriņzieži; $X2=4$ – zaļmēslojuma kultūras; $X2=5$ – melnā papuve.

Konstatēts, ka uz vienāda pārējo faktoru fona N_{\min} daudzums smilšmāla augsnēs ir lielāks nekā mālsmilts augsnēs (1. tabula). Pie vidēja nokrišņu daudzuma (185 mm) rudens periodā, visvairāk N_{\min} augsnē pavasarī ir, audzējot graudaugus pēc tauriņziežiem un melnās papuves, vismazāk – pēc zaļmēslojuma kultūrām un daudzgadīgiem zālājiem. Palielinoties nokrišņu daudzumam rudenī par katriem 30 mm, N_{\min} saturs augsnē pavasarī pēc zālājiem, rušināmaugiem un zaļmēslojuma augiem samazinās par 2 kg ha^{-1} , pēc graudaugiem un tauriņziežiem – par 4 kg ha^{-1} , bet vēl lielākā mērā tas samazinās pēc melnās papuves – par 7 kg ha^{-1} .

Analizējot nokrišņu daudzumu rudens periodā (no 1. augusta līdz pirmajai rudens mēneša dekādei, kad gaisa vidējā t° ir zemāka par $+5^\circ\text{C}$), noskaidrojām, ka tas dažādos agroklimatiskajos rajonos ir ļoti atšķirīgs (2. tabula). Visvairāk nokrišņu minētajā periodā ir bijis Kurzemes agroklimatiskajā rajonā (vidēji 242 mm 1994. – 2000. gadā), vismazāk – Latgalē (155 mm). Piejūras un Vidzemes agroklimatiskajos rajonos nokrišņu daudzums 7 gadu laikā ir samērā līdzīgs (190 un 197 mm), bet atsevišķos gados (piemēram, 1997., 1999.g.) arī šajos rajonos atšķirības tomēr pastāv. No iepriekšminētā esam secinājuši, ka slāpekļa virsmēslojuma kopējā norma jākorģē agroklimatisko rajonu (Piejūra, Kurzeme, Vidzeme, Latgale) robežās.

Pamatojoties uz minerālā slāpekļa prognozes modeli un sešu gadu datiem par meteoroloģiskajiem apstākļiem Latvijas dažādās vietās, izstrādāti ieteikumi slāpekļa kopējās virsmēslojuma normas korekcijai (samazināšanai vai palielināšanai) pavasarī ziemāju graudaugiem.

Slāpekļa kopējās virsmēslojuma normas korekcija (samazināšana vai palielināšana) veidota pēc formulas :

$$N_{\text{virsm}} = N_{\min} \text{ bāzes} - N_{\min} \text{ progn.}, \text{ kur}$$

$$N_{\text{virsm}} - \text{slāpekļa kopējās virsmēslojuma normas korekcija ziemājiem, N darbīgā viela} \\ \pm \text{ kg ha}^{-1}.$$

N_{\min} bāzes – vidējais N_{\min} saturs 0 – 40 cm augsnes slānī visā datu izlasē, no kuras izstrādāts N_{\min} prognozes modelis (46 kg ha^{-1});

N_{\min} progn. – konkrētajos audzēšanas apstākļos prognozētais N_{\min} saturs.

Saskaņā ar slāpekļa virsmēslojuma kopējās normas korekcijas koncepciju 1. un 2. attēlā parādīts konkrēta ražas līmeņa iegūšanai plānotās slāpekļa virsmēslojuma normas samazinājums vai palielinājums mālsmilts un smilšmāla augsnēs liela (263 mm) un maza (155 mm) rudens nokrišņu daudzuma ietekmē. Mālsmilts augsnēs pie liela nokrišņu daudzuma rudens periodā slāpekļa virsmēslojums pēc dažādiem priekšaugiem jādod par 6 līdz 21 kg ha^{-1} N vairāk nekā plānots pēc vidējām mēslošanas normām konkrēta ražas līmeņa iegūšanai, bet pie maza nokrišņu daudzuma – atkarībā no priekšauga jāpalielina par 4 līdz 12 kg ha^{-1} N vai jāsamazina par 6 līdz 7 kg ha^{-1} N. Smilšmāla augsnēs lielākoties slāpekļa norma jāsamazina (3 līdz 21 kg ha^{-1} N), bet pēc mitra rudens un atsevišķiem priekšaugiem jāpalielina par 3 līdz 7 kg ha^{-1} N.

2003. gada pavasarī tiks dotas slāpekļa virsmēslojuma normas korekcijas ziemāju ražošanas sējumos agroklimatiskajos rajonos, ņemot vērā nokrišņu daudzumu 2002. gada rudens periodā, augsnes granulometrisku sastāvu un ziemāju priekšaugu.

Pirmoreiz iegūta arī informācija par slāpekļa režīmu mālsmilts velēnu podzolaugsnē (dziļāk par aramkārtu- smilšmāls) vasaras- rudens periodā, pirms ziemāju sējas pēc dažāda veida priekšaugiem, īpaši pēc zaļmēslojuma iestrādes. Veicot ik pēc 7 dienām noņemto augsnes paraugu ķīmiskās analīzes laukos, kur iestrādāts zaļmēslojums, konstatēts, ka karstā laikā un pietiekoša mitruma apstākļos jau nedēļu pēc zaļmēslojuma iearšanas augsnē ievērojami palielinās nitrātu slāpekļa saturs (3. tabula). Turpmākajā periodā 0 – 20 cm slānī tas paliek apmēram tādā pašā palielinātā daudzumā, turklāt palielinās vēl arī 21 – 40 un pat 41 – 60 cm slānī. Trūkstot mitrumam (kā 2002. gada augustā), zaļmēslojuma organiskās vielas mineralizējas lēni. Turpinot šos pētījumus, varēs noteikt optimālāko zaļmēslojuma iestrādes laiku ziemāju sējai paredzētajos laukos, kā arī sniegt priekšlikumus par slāpekļa pamatmēslojuma nepieciešamību ziemājiem atkarībā no to priekšauga.

Secinājumi

1. Izstrādāts modelis minerālā slāpekļa (N_{\min}) satura prognozei augsnes 0 – 40 cm slānī pavasarī. Ar modelī ietvertajiem faktoriem - nokrišņu daudzumu rudenī, augsnes granulometrisku sastāvu, ziemāju priekšaugu un to mijiedarbību ir izskaidrojami 53% ($R^2 = 0,527$) no kopējās N_{\min} variācijas ziemāju laukos pavasarī.
2. Pamatojoties uz minerālā slāpekļa prognozes modeli un sešu gadu datiem par meteoroloģiskajiem apstākļiem Latvijas dažādās vietās, izstrādātas pagaidu rekomendācijas zemnieku saimniecībām slāpekļa kopējās virsmēslojuma normas korekcijai (samazināšanai vai palielināšanai) ziemāju graudaugiem agroklimatisko rajonu (Piejūra, Kurzeme, Vidzeme, Latgale) robežās 2002. gada pavasarī.
3. Pirmoreiz iegūta informācija par slāpekļa režīmu augsnē rudenī, pirms ziemāju sējas pēc dažāda veida priekšaugiem, īpaši pēc zaļmēslojuma iestrādes.

Literatūra

1. Lauksaimniecības gada ziņojums (2001). Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, Rīga, -47.- 49.lpp.
2. Timbare R., Reinfelds L., Beināre A., Vītolīņš U. (1996) Minerālā slāpekļa pētījumi augsnē un slāpekļa diagnostika ziemājiem/ Zinātniskās konferences (1996.g. 7. un 8. februārī) raksti, LLMZA, LLU LF, Jelgava, LLU, - 116. lpp.
3. Timbare R., Bušmanis M., Reinfelds L. (1998) Priekšauga, mēslojuma un meteoroloģisko apstākļu ietekme uz minerālā slāpekļa saturu augsnē/Valsts zinātniskās ražošanas uzņēmuma «Ražība» Gadagrāmata '97. - Rīga, 25. - 31. lpp.
4. Timbare R., Bušmanis M. (2000) Augsnes minerālā slāpekļa satura pētījumu rezultāti/ BO VSIA Agroķīmisko pētījumu centra Gadagrāmata '99.- Rīga, 21. - 27. lpp.
5. Timbare R., Bušmanis M. Reinfelds L. u.c. (2001) Pētījumi augsnes minerālā slāpekļa satura izmaiņu prognozēšanai/ BO VSIA Agroķīmisko pētījumu centra Gadagrāmata 2000.- Rīga, 13.- 23. lpp.

6. Black Ch. A. (1993) Soil fertility evaluation and control/ Lewis publishers Boca Raton – Ann Arbor – London – Tokyo, p.p. 384 – 385.
7. Jensen C., Stougaard B., Ostergaard H. (1996) The performance of the Danish simulation
8. Sippola J. (2000) Estimation of soil nitrate in the spring as a basis for adjustment of nitrogen fertiliser rates/ Agricultural and food science in Finland, Vol.9., p.p. 71 - 77.
9. Vaišvila Z.J.(1996) Dirvožemio mineralinio azoto, jiedriuju fosforu ir kalio vaidmuo žemes ūkio augalu mityboje/Habilitacinis darbas Agrariniai mokslai, agronomija (IA)- agrochemija, Dotnuva – Akademija, 205.
10. Хомяков Д. М. (1991) Оптимизация системы удобрений и агрометеорологические условия/ изд. Масковского Университета, - 85 с.
11. LV ST ZM 90 – 97 Augšnes kvalitāte – Minerālā slāpekļa noteikšana (1997) Augšņu agroķīmisko analīžu metodes/ Nozares standarti. Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, -63. – 69. lpp.

IMPACT OF SOIL MOISTURE AND COMPOSITION ON ITS PROPERTIES AND ENERGY CONSUMPTION OF TILLAGE

Augsnes mitruma un sastāva ietekme uz tās īpašībām un apstrādes energoietilpību

A. Vilde

Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,
Ulbroka Research Centre 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia.
Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; E-mail: uzc@delfi.lv

Abstract

Two of the many factors that influence soil properties and energy consumption are soil moisture and soil composition. The correlations derived from our theoretical and experimental research allow to evaluate physical and mechanical properties of soil such as density, hardness, friction, adhesion, and to assess the draft resistance of soil tillage machines (ploughs, cultivators) depending on the value of the moisture of soil and its composition, as well as on the design parameters and operating speed of the machines, and to determine the optimum range of soil moisture when the energy capacity of tillage is the lowest.

Keywords: *soil properties, draft resistance of machines, theoretical correlations, soil density, soil hardness, soil-metal friction, soil adhesion, energy capacity of tillage.*

Introduction

Energy consumption for soil tillage is determined by the specific draft resistance of the tillage machines. It is known from our previous investigation [1] that the draft resistance of the tillage machines depends on such soil properties as its hardness, density, friction and adhesion. These properties and the tillage quality depend mainly on the soil mechanical composition and moisture [2]. However, there are no correlations that would enable to determine the draft resistance of the tillage machines (ploughs, cultivators), depending on the soil moisture and compositions.

The purpose of the investigation is to evaluate the soil properties and to estimate the forces acting upon the surfaces of the soil tillage machines as well as their draft resistance depending of the soil moisture, mechanical composition and working speed.

Objects and methods

The objects of the research are the draft resistance of the tillage machines, and the tillage quality depending on their design parameters, as well as the soil moisture and composition. On the basis of the previous investigations [1] a computer algorithm has been worked out for the simulation of the forces exerted by soil upon the operating (lifting and supporting) surfaces of the tillage machines, and the draft resistance caused by these forces. The tillage quality is estimated by testing.

Results and discussion

According to our earlier studies [1], the draft resistance R_x of the tillage machines is determined by the share cutting resistance R_{Px} , the resistance caused by weight R_{Gx} of the strip lifted, by the inertia forces R_{Jx} , by soil adhesion R_{Ax} and by weight R_{Qx} of the machine itself:

$$R_x = \sum R_{ix} = R_{Px} + R_{Gx} + R_{Jx} + R_{Ax} + R_{Qx} \quad (1)$$

The vertical reaction R_z and the lateral reaction R_y of the operating part are defined by corresponding partial reactions:

$$R_z = \sum R_{iz}; \quad R_y = \sum R_{iy} \quad (2; 3)$$

The total draft resistance R_x of the operating part is composed of the resistance of the lifting (share-mouldboard) surface R'_x and the resistance of the supporting (lower and lateral) surfaces R''_x :

$$R_x = R'_x + R''_x = \sum R'_{ix} + f_0 (\sum R_{iz} + \sum R_{iy} + p_{Axy} S_{xy} + p_{Axz} S_{xz}), \quad (4)$$

where f_0 is the coefficient of soil friction along the working and supporting surfaces of the operating part;

p_{Axy} and p_{Axz} - specific adhesion forces, respectively, acting upon the lower and the lateral supporting surfaces of the operating part;

S_{xy} and S_{xz} - the surface areas, respectively, of the lower and the lateral supporting surfaces of the operating part.

Cutting resistance R'_{Px} is proportional to soil hardness ρ_0 and the share edge surface area ω :

$$R'_{Px} = k_p \rho_0 \omega = k_p \rho_0 i b, \quad (5)$$

where k_p is a coefficient involving the impact caused by the shape of the share edge frontal surface;

i and b - the edge thickness and width.

$$\rho_0 = \delta_0 (b'' + d'' m) e^{-l'' W^n}, \quad (6)$$

where ρ_0 - soil hardness characterising the resistance to the penetration of the flat round steel tip having a cross-section area of 1 cm^2 , H/m^2 ;

δ_0 - soil (dried) density, kg/m^3 ;

m - the contents of physical clay (particles of the size $< 0.01 \text{ mm}$, %);

W - absolute soil moisture, %;

b'' , d'' and l'' - coefficients;

n - exponent;

$e = 2.718\dots$

For the investigation of soil the coefficients and the exponent entered into formula (6) have the following values: $b'' = 1100$; $d'' = 200$; $l'' = 4 \cdot 10^{-3}$ and $n = 2$.

Hardness variations of soils having different mechanical composition that depends on their moisture is graphically presented in Figure 1.

For plough bodies mould-boards:

Resistance caused by the weight of the lifted strip:

$$\begin{aligned} R'_{Gx} &\approx q \delta g k_y r \sin^{-1} \gamma * \\ &* \{ [(\sin \gamma \cos \varepsilon_1 + \cos^2 \gamma \sin^{-1} \gamma) e^{f_0 \sin \gamma (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)} - \\ &- (\sin \gamma \cos \varepsilon_2 + \cos^2 \gamma \sin^{-1} \gamma)] \cos \varepsilon_1 + \\ &+ (\cos \varepsilon_1 e^{f_0 \sin \gamma (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} - \cos \varepsilon_2) (\cos \varepsilon_1 - f_0 \sin \varepsilon_1 \sin \gamma)^{-1} * \\ &* \sin \varepsilon_1 [\sin \varepsilon_1 \sin \gamma + f_0 (\sin^2 \gamma \cos \varepsilon_1 + \cos^2 \gamma)] \} \end{aligned} \quad (7)$$

Resistance caused by the inertia forces:

$$R'_{Jx} = q\delta v^2 k_y^{-1} \sin \gamma \left\{ (\sin \gamma \cos \varepsilon_1 + \cos^2 \gamma \sin^{-1} \gamma) * \right. \\ * e^{f_0 \sin \gamma (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} - (\sin \gamma \cos \varepsilon_2 + \cos^2 \gamma \sin^{-1} \gamma) + \\ \left. + (\cos \varepsilon_1 - f_0 \sin \varepsilon_1 \sin \gamma)^{-1} e^{f_0 \sin \gamma (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \right. \\ \left. \sin \varepsilon_1 \left[\sin \varepsilon_1 \sin \gamma + f_0 (\sin^2 \gamma \cos \varepsilon_1 + \cos^2 \gamma) \right] \right\} \quad (8)$$

Resistance caused by soil adhesion:

$$R'_{Ax} = p_A b r \sin^{-1} \gamma (e^{f_0 \sin \gamma (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} - 1) * \\ * \left\{ \sin \gamma \cos \varepsilon_1 + \cos^2 \gamma \sin^{-1} \gamma + (\cos \varepsilon_1 - f_0 \sin \varepsilon_1 \sin \gamma)^{-1} * \right. \\ \left. * \sin \varepsilon_1 \left[\sin \varepsilon_1 \sin \gamma + f_0 (\sin^2 \gamma \cos \varepsilon_1 + \cos^2 \gamma) \right] \right\} , \quad (9)$$

where q - the area of the cross section of the strip to be lifted;
 δ - the density of soil;
 k_y - the soil compaction coefficient in front of the operating part;
 f_0 - the coefficient of soil friction against the surface of the operating element;
 v - the speed of the movement of the plough body;
 p_A - specific force of soil adhesion to the operating surface;
 b - the surface width.

Soil density is dependent on the strata density (the mass of a volume unit of the dried soil) δ_0 and soil moisture:

$$\delta = \delta_0 (1 + W) . \quad (10)$$

Observations indicate that the density of mineral soils generally varies from 1200 to 1800 kg/m³. The resistance of the operating parts of the soil tillage machines varies in proportion to soil density [1].

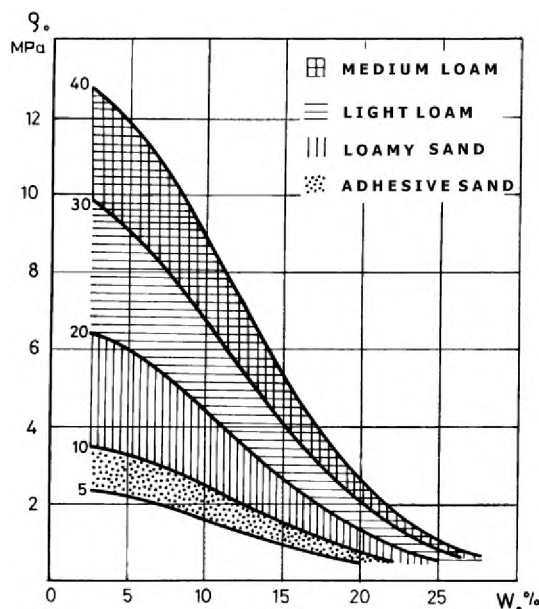


Fig.1. Dependence of the hardness of soils having different mechanical composition on their moisture. The numbers at the soil hardness curves stand for the percentage of the physical clay in the soil. Soil hardness is determined by Yu.Yu.Revyakin's hardness gage having a flat tip with a cross-section area 1 cm².

As a rule, all the sources provide slipping resistance coefficients of soil. On the basis of these data, by the method of least squares, we have determined the coefficients of friction and specific adhesion force, after that dependencies were deduced between them and the mechanical composition, and moisture of soil [2]:

$$f_0 = (a + e^{-[b_1(b_2 - m)^2]}) e^{-b_3 W^2} + (c + dm) e^{-[(k + lm)(t' + z' m - W)]^2} \quad (11)$$

where $a, b_1, b_2, b_3, c, d, k, l, t, z$ - the indices depending on the type of soil, the material and the condition of the surface of the object along which the soil slips;

$e = 2.718 \dots$;

W - absolute moisture of soil, %;

m - the content of physical clay in soil (the particle size $< 0.01 \text{ mm}$).

Variations in the specific adhesion force p_A of soil correspond to the relation of the type:

$$p_A = (a' + b' p) (c' + d' m) e^{-[(k' + l' m)(t' + z' m - W)]^2}, \quad (12)$$

where p_A - the specific pressure of the layer (soil) upon the surface;

$a', b', c', d', k', l', t', z'$ - the indices depending on the type of soil, the material and the condition of the surface along which the soil slips.

As an example, the values of these indices for the polished steel surfaces are [2]: $a = 0.43$; $b_1 = 0.007$; $b_2 = 130$; $b_3 = 0.1$; $c = 0.32$; $d = 0.002$; $k = 0.05$; $l = 0.0005$; $t = 10$; $z = 0.14$; $a' = 0.2$; $b' = 1 \dots 2.5$; $c' = 0.1$; $d' = 0.003$; $k' = 0.1$; $l' = 10^{-4}$; $t' = 15$; $z' = 0.2$.

Variations of the friction coefficient and the specific force of soil adhesion to steel depending on the moisture and mechanical composition of soil are presented in Figures 2 and 3.

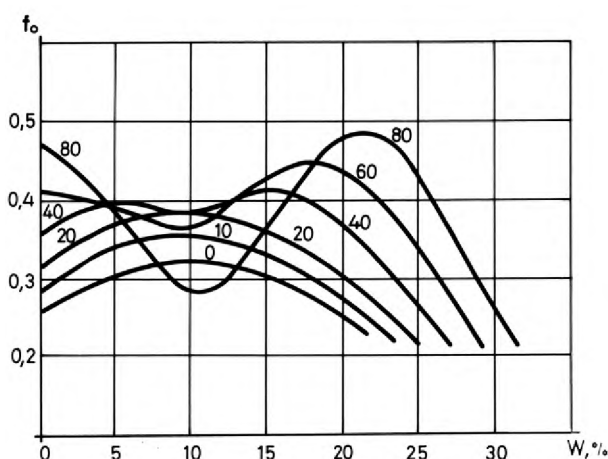


Fig.2. Variations of the friction coefficient of soils having different mechanical composition along steel depending on the moisture of the soil. The numbers on the curves stand for percentage content of physical clay (particles of the size less than 0.01 mm) in soil.

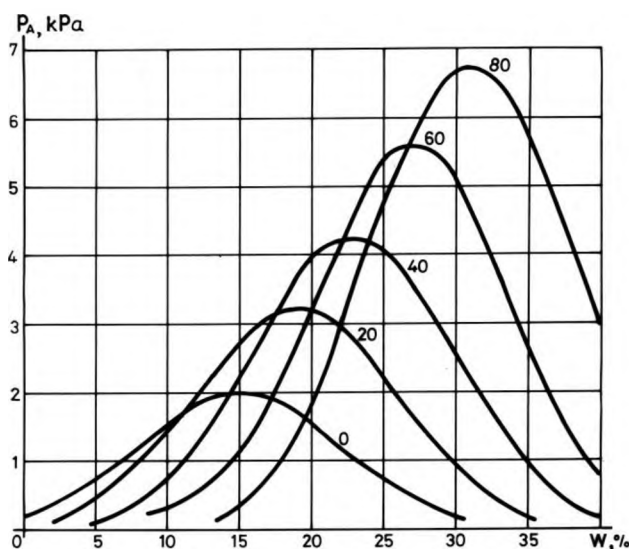


Fig.3. Variations of the specific adhesion force of soils having different mechanical composition along steel depending on the moisture of soil at the pressure of 100 kPa. The numbers on the curves stand for percentage content of physical clay (particles of the size less than 0.01 mm) in soil.

The soil slipping resistance along steel depends on the slipping speed, the structure of soil, the humus content and the surface temperature. The effect of these parameters may be considered by respective coefficients. For example, the coefficients of velocity k_v and k_v' :

$$k_v = k_{v\ top} [1 + a (1 + b v^n)^{-1}], \quad (13)$$

$$k_v' = k_{v'\ top} [1 + a' (1 + b' v^{n'})^{-1}] \quad (14)$$

where $k_{v\ top}$ and $k_{v'\ top}$ - the marginal value of the velocity coefficient; $k_{v\ top} = 0.66$
 v - the speed of slipping, m/s; $k_{v'\ top} = 0.2$
 a, a' and b, b' - indices; $a = 0.52; a' = 4; b = 0.5; b' = 1;$
 n and n' - exponents of indices; $n = 2; n' = 2.$

Variations of the coefficients indicating the influence of the speed of slipping for the given type of soil are shown in Figure 4.

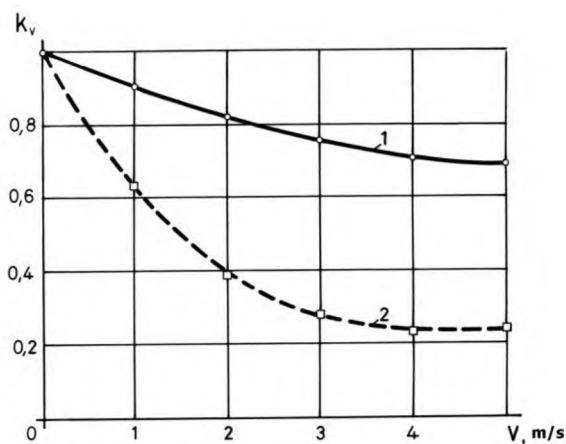


Fig.4. Variations of the coefficients indicating the influence of the speed of slipping upon the coefficient of friction and specific adhesion for wet soil.

1 – variations of coefficient k_v ; 2 – variations of coefficient k_v' .

There is insufficient amount of data for deriving mathematical dependencies characterising the influence of temperature upon the friction coefficient of soil along steel. When temperature rises, the specific adhesion force of soil to steel decreases forming a parabolic curve (on the basis of the data provided by H.G.Riek) described by the following relation:

$$p_A = p_{A_0} (1 - 10^{-4} t^2), \quad (15)$$

where p_{A_0} - the specific adhesion force to steel at a temperature, close to 0 °C;

t - the temperature of adhesive surfaces, °C.

There are no data either to deduce dependencies of the influence between the structure and the humus content upon the soil slipping resistance along steel. According to the data by H.G.Riek, if for a wet residual (paste-like) soil the coefficient of structurality k_{st} is accepted as being 1, for a structured soil it will be 0.75-0.80.

The resistance caused by the weight and inertia forces of the lifted strip of soil is proportional to soil density and its friction coefficient.

The resistance caused by soil adhesion is proportional to the specific adhesion force between soil and the surface of the operating part.

The draft resistance caused by the weight of the machine itself is proportional to the friction coefficient.

The total draft resistance of the machine depends on its component resistances. The maximum resistance occurs in caked clay soils, the minimum – in sandy soils. The moisture increase in clay soils to 14...18 %, leads to their decreased resistance, yet at higher moisture it rises again.

The best tillage quality is also obtained at the optimum moisture.

Conclusions

1. The derived analytical correlations allow assessing the draft resistance of soil tillage machines (ploughs, cultivators) depending on the value of soil moisture and composition, as well as on their design parameters and their working speed.
2. The correlations obtained allow determining the optimal soil moisture range when the tillage energy capacity is the lowest. In clay soils it varies from 14 to 18 %. At this moisture level the tillage quality (degree of loosening) is the best too.

References

1. Vilde A., Dynamics of the soil tillage machine operating parts and their elements. In: Proceedings of the Latvia University of Agriculture, Vol.1 (295). Jelgava, Latvia, 1999.- 36-44.
2. Vilde A., Physical and mechanical properties of soil affecting energy capacity of its tillage. In: Proceedings of the 1st International Conference of BSB of ISTRO “Modern ways of soil tillage and assessment of soil compaction and seedbed quality” – 21-24 August 2001. - EAU, Tartu, Estonia, 2001. - 97-106.

ENERGETICAL, ECONOMICAL AND ECOLOGICAL ASPECTS OF SOIL TILLAGE MINIMISATION

Augsnes apstrādes minimalizācijas enerģētiskie, ekonomiskie un ekoloģiskie aspekti

A. Vilde, S. Cesnieks, A. Rucins

Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering,
Ulbroka Research Centre, 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia.
Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-7910873; E-mail: uzc@delfi.lv

Abstract

The work sums up and briefly discusses solutions of soil tillage minimisation technologies and machinery, their agronomic, energetic, mechanic, economical and ecological aspects. Tillage minimisation is performed in directions: reducing number of passes, as well as tillage depth and intensity, joining operations, improving machine design and aggregation, using advanced more suitable technologies and machines, conducting tillage in optimal terms. Minimization of soil tillage is agronomically acceptable, energy, labour and cost saving action. Improvements in the machine design and use for the traditional soil tillage technologies allow to save 24-36 % of energy (46-110 kWh/ha, which corresponds 12-27 kg/ha of fuel), to reduce labour consumption by 16-22 %, as well as to cut tillage costs by 14-26 % (10-20 USD/ha). Soil tillage minimisation with ploughing reduces these indices up to two times, without ploughing – up to six times. Besides these actions there is preservation of soil and environment.

Keywords: *soil tillage minimisation, energy saving, cost saving.*

Introduction

Soil tillage is one of the most power-consuming and expensive processes in agricultural production. It requires 180-320 kWh/ha, which corresponds to 50-80 kg of fuel per hectare of the land tilled and makes 20-25 % of its total consumption in agriculture. At the present technologies and existing machinery soil tillage costs make 45-58 USD/ha. A considerable part (26...50%) of all expenses takes ploughing [1, 3]. In order to produce cheaper agricultural products, it is necessary to reduce this expenditure.

The purpose of this study is to evaluate the possibilities and efficiency of soil tillage minimization.

Objects and methods

The objects of research are technologies, machines and systems of soil tillage. The theoretical and experimental studies of soil tillage minimization are carried out in five main aspects:

- the agronomic aspect – possibilities for reduction passes number and tillage intensity, the quality of the prepared seedbed, weed, pest and plant diseases control, the obtained yields;
- the energetic aspect – soil tillage energy capacity and fuel consumption, ways of their reduction;
- the mechanical aspect – improvements in machine design and aggregation for energy, labour and environment saving soil tillage;
- the economical aspect – labour and fuel consumption and costs;
- the ecological aspect – decreasing undesirable influence of tillage on soil and environment.

Results and discussion

The agronomic aspect

Depending on particular conditions and requirements variable soil preparation technologies should be used. After the deep ploughing (22-25 cm) the next two ploughing may be carried out at lesser (15-18 cm) depth with no harm to the yields [3]. After quality autumn plough single soil cultivation is more useful than double one. Soil tillage can be minimized if herbicides are used to remove weeds. The successful experiments are carried out to prepare soil for growing cereals and vegetables without ploughing [5].

A considerable factor is a soil density that should meet the needs of the crops grown. The optimum density of mineral soils for cereals and fodder grass is 1.2...1.4 g/cm³ (dried soil), for tilled crops 1.0...1.1 g/cm³. At higher densities deep loosening by means of the chisel cultivator is preferable to ploughing.

The most suitable machines for shallow tillage of soil are rotary knife harrows, especially for the cultivation of the stubble and tillage crop fields left unploughed in the previous autumn. The knife harrows mix up the soil well, consequently, with the plant remnants and organic fertilisers leaving behind them an even field.

Minimised soil tillage without ploughing involves the problems of weed, pest and disease control, particularly of perennial weeds (dog-grass, thistle). Their control requires a greater amount of chemicals (herbicides, pesticides, fungicides).

The energetic aspect

The amount of energy consumed for soil tillage with machines having passive operating parts depends on their specific draft resistance [2, 3, 4]:

$$E_m = K_l = k_l' + \varepsilon_l v^2, \quad (1)$$

where E_m is the specific energy capacity of soil tillage, Nm/m²;
 K_l is the specific draft resistance of the machine, N/m;
 k_l' is a generalised (total) specific static resistance related to a unit of the working width, N/m;
 ε_l is the dynamic resistance coefficient related to a unit of the working width, Ns²/m³;
 v is the working speed of the machine, m/s.

To carry out comparative energetic estimation of soil tillage machines, the values of their static and dynamic resistance coefficients are compared, as well as the character of their variations. From the energetic point of view, those machines are better for which the values of the resistance indices are lower. Characteristics of the specific draft resistance of some soil tillage machines are given in Table 1.

The beloved data show that ploughing takes up considerably more energy in comparison with the other soil tillage operations. Pre-sowing preparation (dragging, cultivation) of the ploughed soils require additional energy. Therefore, to save energy, it is important to replace ploughing with other ways of soil tillage.

Table 1.

Characteristics of specific draft resistances of soil tillage machines in the speed range of 1.5-3 m/s (5-11 km/h)

The type of operation and the machine used	Static resistance k_1' , N/m	Coefficient of dynamic resistance ε_1 , Ns^2/m^3
Ploughing at the depth of 20-22 cm: with a hitch-up plough having digger bodies	7000-18000	400-700
with a mounted plough having digger bodies	6000-15000	400-700
with a mounted plough having helicoidal bodies	5000-12000	250-450
Dragging the autumn ploughing with a shallow loosening of the surface	1500-2300	100-400
Pre-sowing cultivation of autumn ploughing at the depth of 8-12 cm: with an S-shaped spring tine cultivator	1300-3500	80-400
with a heavy disk harrow	2000-3600	60-400
with a rotary knife harrow	1300-1500	60-80
with combined high-speed machines	4000-5500	200-550
Repeated cultivation at the depth of 8-12 cm with an S-shaped spring tine cultivator	800-1000	50-100
Deep (15-20 cm) loosening of autumn ploughing: with a peak-shaped chisel cultivator	2000-5300	150-500
with a combined chisel cultivator	5000-8500	300-600

The energy capacity can be characterised by the amount of the fuel consumed. The specific fuel consumption for soil tillage (ploughing, cultivation, harrowing, etc.) can be determined by the formula [1]:

$$Q_0 = 2.778 \cdot 10^{-6} g_e \eta_{v_{max}}^{-1} (k_1' + \varepsilon_1 v^2) e^{c(v_0 - v)^2} \text{ kg/ha}, \quad (2)$$

where: Q_0 - specific fuel consumption for tillage, kg/ha;

g_e - specific fuel consumption of the engine, g/kWh;

$\eta_{v_{max}}$ - maximum draft coefficient of the tractor;

$e = 2.718$ (basis of the natural logarithm);

v - working speed of the aggregate, m/s;

v_0 - the speed corresponding to the maximum draft capacity, m/s;

c - a coefficient that depends on the physical and mechanical properties of soil and working capacity (gripping with soil, resistance to movement) of the tractor undercarriage (wheels, caterpillar track);

$c \approx 0.15 \pm 0.05$ in dense soils, $c \approx 0.30 \pm 0.05$ in loose soils [1].

Formula (2) shows that the fuel consumption required for soil tillage is mainly dependent on the energy capacity of the technological process and the energetic characteristics of the tractor. The static and dynamic resistance of soil tillage determines the first, the second - by the efficiency of the tractor engine, draft efficiency, and the character of its variations [3].

The mechanical aspect

Energy and fuel economy and cost reduction can be expected from the introduction of more economical machines: ploughs with gently sloping bodies having helicoidal or semihelicoidal mouldboards (the angle between the share and the furrow edge is less than 40°) having a working width 45...50 cm, drag harrows, combined cultivators with S-shape spring teeth having a shallow ($20...24^{\circ}$) share setting, rotary knife harrows, combined soil pre-sowing preparators. Under Latvian conditions the best machines are mounted, also multisectional wide aggregates during the operation of which it is possible to transfer their extra weight to the tractor using the automatic control system of the tractor hydraulic hitch-up device. As optimum such a working with is recognised that ensures maximum efficiency of the aggregate at a corresponding speed (7...9 km/h) and minimum fuel consumption [1, 2].

The economical aspect

The efficiency of soil tillage methods, technologies and systems evaluated in terms of their labour, fuel consumption and costs are shown in Tables 2 and 3.

Table 2.

Economical indices of soil tillage methods (average data when working with tractor MTZ-82)

Operation	Labour consumption, man h/ha	Fuel consumption, kg/ha	Costs, Ls/ha (1 Ls \approx 1.7 USD)
Ploughing	1.8-2.2	16-20	12-16
Dragging	0.4-0.6	4-6	2.50-3.20
Cultivation	0.4-0.6	4-6	2.70-3.40
Tillage with a power harrow	0.7-0.9	9-12	10-12
Chiselling (at the depth of 15-20 cm)	0.8-1.0	9-12	5.20-6.00

Following from the data of Tables 2 and 3, in contrast to ploughing, the other ways of soil tillage save its labour, fuel and costs approximately 2-4 times. Minimised soil tillage technologies without ploughing, in contrast to the ordinary ones, sharply (up to 6 times) decrease these expenses. However, in spite of the remarkable economic effect of the soil tillage technology without ploughing, it cannot be applied everywhere. For instance, ploughing is more efficient for the cultivation of perennial grasslands, particularly in heavy clay soils. In the same manner catch-crops and a great amount of after-harvest remnants should be introduced [6].

Table 3.

Energetic and economic characteristics of soil tillage technologies (average data)

Technology	Fuel consumption		Labour consumption		Expenditure	
	kg/h	%	h/ha	%	USD/ha	%
Intensive	78	159	8.2	158	76.25	160
Ordinary	49	100	5.2	100	47.62	100
Simplified	36	73	3.7	71	33.73	71
Minimised with ploughing	24	49	2.4	46	22.52	47
Minimised without ploughing	8	16	0.8	15	6.63	14

To ensure the credibility of the results, systematic and many-year's experiments should be carried out.

From the energetical, economical, as well as ecological points of view it is more useful to till soil when its humidity is optimal. For loame soils it is within the limits of humidity from 14 to 18 %. The draft resistance of tillage machines in optimum humidity soils is by 20-30 % lower than in case a dry or too wet soil is prepared. Correspondingly lower is also fuel consumption, labour efficiently and quality are higher, but tillage costs are lower [1, 4].

The ecological aspect

Introduction of energy-saving technologies and machines is ecological useful too [4]. The technologies and machines described above are, at the same time, also soil saving ones. At a lower draft resistance there is lower undercarriage (tires) pressure on soil and so there is lesser destruction of the soil structure. This allows the use of wider and combined machines and the reduction in number of passes across the field. Soil saving will also be assured due to the optimisation of tillage technologies and optimum soil humidity.

Decreasing energy requirement and fuel consumption for soil tillage lower harmful emissions of tractor engines.

We have conducted our studies for 9 years applying shallow soil tillage without ploughing and herbicide application in growing vegetables (potatoes, red beet, carrots, cabbage, tomatoes, cucumbers, pumpkins, vegetable marrow, lettuce, onions, garlic, beans, peas, and many others). In this period no soil compaction was observed. The vegetable yields have gone up, the weed control was successful and the number of weeds, especially the perennial ones (dog-grass, thistle), has decreased. There are few problems with the weeds that usually come from other fields, for example, dandelion and bent grass.

A witness of the healthy condition of the soil is the increased amount of earthworms in this period.

There are a few trials of grain drilling without any previous soil tillage using special machines, such as, combined seed drills for direct sowing and fertilising (seed drills Wäderstad Rapid Super). This is one way to preserve and develop natural downward soil structure.

Conclusions

1. Minimization of soil tillage is agronomical acceptable, energy, labour and cost saving action. Improvements in the machine design and use of the traditional soil tillage technologies allow to save 24-36 % of energy (46-110 kWh/ha, which corresponds 12-27 kg/ha of fuel), to reduce labour consumption by 16-22 %, as well as to cut tillage costs by 14-26 % (10-20 USD/ha). Soil tillage minimisation with ploughing reduces these indices up to two times, without ploughing – up to six times. These actions are soil and environment saving too.

2. The tillage technologies without ploughing require paying greater attention to the perennial weed, pest and disease control, preferably by applying adequate chemicals, but no more than in traditional tillage systems with ploughing.
3. In favourable cases direct grain drilling may be used. This method may be useful to preserve and develop natural downward soil structure.

References

1. Vilde A. Cost-Efficient Soil Tillage. - Ulbroka, Latvia, 1997. - 49.
2. Vilde A. Dynamics of the soil tillage machine operating parts and their elements. - In: Proceedings of the Latvia University of Agriculture, Vol.1 (295). Jelgava, Latvia, 1999. - 36-44.
3. Vilde A. Energetic and economic estimation of soil tillage systems. In: Wydawnictwo Akademii Rolniczej Szczecin (eds.), Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 195, Agricultura 74. Poland, 1999. - 213-222.
4. Vilde A. More environment-friendly cost-efficient soil tillage. - In: MILGA (eds.), Proceedings of the International Conference "Field Technologies & Environment". Raudondvaris, Lithuania, 1998. - 9-15.
5. Vilde A. Soil tillage without ploughing. - In: Perspective sustainable technological processes in agricultural engineering. - Proceedings of the International Conference EurAgEng 20-21 August 2001. - Raudondvaris, Lithuania, 2001 - 9-14.
6. Cēsnieks A., Vilde A. Liepiņš J. & others. Introduction of green manure without previous shredding – environment-friendly raising of soil fertility. In: MILGA (eds.), Proceedings of the International Conference "Field Technologies & Environment". Raudondvaris, Lithuania, 1998. - 109-114.

LATVIJAS VIDES INFORMĀCIJAS SISTĒMA *Environmental Information System of the Republic of Latvia*

J. Zaļoksnis

Latvijas republikas vides ministrija, Peldu iela 25, LV – 1494, Rīga,
tālr. 7026423, fakss 7820442, e – pasts Janis.Zaloksnis@varam.gov.lv

Anotācija

The Latvia Constitution (Satversme), the law “On environmental protection” and Aarhus convention on access to information, public participation in decision-making and access to justice in environmental matters are main legislative acts of the Republic of Latvia dealing with environmental information.

State environmental information system in general provides data needed for decision making process done by state authorities. Residents and non-governmental organizations have access to environmental information as well. Unfortunately direct information exchange among authorities, institutions, organisations, enterprises and citizens sometimes is proceeding with difficulties. Inquiries done in the country before UN summit on Environment and development (Johannesburg, 2002) outlined dissatisfaction by public and many unsolved problems.

The Environment ministry has developed the Environmental Communication and Education Strategy and Action Program. In foreseeable future the Environmental information and education centre will be established as well as a network based on regional environmental boards and self-government institutions.

Keywords: *environmental information, center of environmental information, participation of society.*

Sabiedrības interese par vides jautājumiem ir palielinājusies jau kopš sešdesmitajiem gadiem, kad bija vērojama liela interese par dabu zinātniskā un ekonomiskā aspektā. Tas lielā mērā noteica vides problēmu vērtējumu intelektuālajās un arī politiskajās aprindās. Kā piemēru var minēt R. Karsones grāmatu “Klusais pavasaris” [1], kurā tika izvirzīta apsūdzība pesticīdu pārmērīgā izmantošanā un uzsvērtā to negatīvā ietekme uz cilvēku veselību un ekosistēmām.

Ja sākumā vēl bija lielas neskaidrības par faktisko vides stāvokli, tad septiņdesmitajos gados jau veidojās daudzbalstīts un nepieņēmts sabiedrības uzskats. Daudzu norūpējušos zinātnieku, administratoru un vides aizsardzības entuziastu grupas iniciēja masu kustību, kas izplatījās pasaulē.

Vides organizācijas pastiprināja spiedienu uz valdībām, lai tās formulētu un sāktu īstenot efektīvu vides aizsardzības politiku. Šī kustība bija aktīva ne tikai starptautiskajā, bet arī vietējā līmenī. Nevalstiskās organizācijas ar reģionālo un globālo tīklu palīdzību savstarpēji sadarbojās, lai iegūtu informāciju un veidotu nepieciešamo stratēģiju apkārtējās vides aizsardzībā. Vietējā līmenī tās organizēja grupas un piesaistīja individuālas personas, lai risinātu konkrētus neatliekamus jautājumus tuvākās apkārtnes mērogā.

Mobilizējot neformālās kustības aktīvai darbībai, bija iespējams realizēt vairākus centienus - izplatīt informāciju par apkārtējo vidi, paust attieksmi par dabu un vidi, aktīvi piedalīties vides aizsardzības politikas attīstīšanā un īstenošanā.

Informatīvā ziņā milzīga nozīme bija D. Medouza grāmatai “Augsnes ierobežojumi” [2], kas tapa sadarbības rezultātā ar Romas klubu (grāmata ir pārtulkota latviešu valodā, bet nav publicēta). Minētās grāmatas mērķis bija veicināt sapratni par globālās sistēmas ekonomiskajām, politiskajām, sociālajām un vides komponentēm, kā arī sekmēt jaunu uzskatu veidošanos problēmu politiskajā risināšanā un tā balstījās uz prognožu rezultātiem par resursu izsīkšanu, piesārņojuma palielināšanos un iedzīvotāju skaita pieaugumu. Līdz ar to radās

priekšnoteikumi jaunam domāšanas veidam un pasaules mēroga darbības programmu apjaušanai, kas palīdzēja veidot jaunu, visaptverošu uzskatu par globālo vidi.

Nozīmīga robežlīnija bija ANO Vides un attīstības komisijas ziņojums “Mūsu kopīgā nākotne” [3], kas 1987. gadā tika simboliski nodots Londonas bērnu grupai, tādējādi iezīmējot pasaules rūpes par planētas vides nākotni.

Savukārt ANO Vides un attīstības konference Riodežaneiro 1992. gadā ar Deklarāciju, “Rīcības programmu 21” un citiem politiskiem dokumentiem vienoja pasaules tautas tālākai sadarbībai.

To, kas Latvijā ir sasniegts un ir jāsasniedz vides informācijas jomā zināmā mērā politiski atspoguļo divi Ministru kabineta apstiprināti dokumenti – Latvijas Nacionālais ziņojums “Rio +10” [4] un Latvijas ilgtspējīgas attīstības pamatnostādnes [5].

Likums “Par vides aizsardzību” [6] iezīmē Latvijas vides informācijas politikas virzību. Šī likuma 17.¹ pants “Vides informācija” nosaka, ka vides informācija ir jebkura vispārpieejama informācija rakstiskā, vizuālā, audio, elektroniskā vai citā formā par:

- 1) ūdeņu, gaisa, augsnes, zemes dziļļu, floras, faunas, dabas teritoriju un ainavu, bioloģiskās daudzveidības, sugu un biotopu stāvokli, kā arī informācija par ģenētiski modificēto organismu izplatīšanu un izmantošanu;
- 2) antropogēno slodzi un darbībām, kas ietekmē vai var ietekmēt vidi;
- 3) vides aizsardzības pasākumiem, lai novērstu negatīvo ietekmi uz vidi, arī par administratīvajiem pasākumiem, apsaimniekošanas plāniem un programmām.

Fiziskajām un juridiskajām personām, kā arī to apvienībām, organizācijām vai grupām ir tiesības saņemt no visu līmeņu valsts institūcijām un pašvaldībām to rīcībā esošo vides informāciju, arī informāciju par pieteikumiem licenču vai atļauju saņemšanai darbībām, kas var ietekmēt vides kvalitāti, lai izteiktu savu viedokli un piedalītos ar vides aizsardzību saistītu lēmumu pieņemšanā.

Valsts institūcijas un pašvaldības nodrošina sabiedrībai iespēju saņemt to rīcībā esošo vides informāciju, arī informāciju par valsts vai pašvaldības institūcijas kontrolētām darbībām vides aizsardzībā, par izsniegtām atļaujām veikt piesārņojošu darbību un šo atļauju saturu, kā arī informāciju par drošības pasākumiem un rīcību avāriju gadījumos.

Pieprasītājam nav jāpamato, kādam nolūkam šī informācija nepieciešama, bet ierobežojumi vides informācijas saņemšanai var būt tikai normatīvajos aktos noteiktajos gadījumos, kā arī attiecībā uz informāciju par vides objektiem vai sugām un biotopiem, kuras atklāšana varētu palielināt iespēju nodarīt kaitējumu videi.

Latvijas Republikas Saeima ir pieņēmusi un Valsts prezidente ir izsludinājusi likumu “Par 1998. gada 25. jūnija Orhūsas konvenciju par pieeju informācijai, sabiedrības dalību lēmumu pieņemšanā un iespēju griezties tiesu iestādēs saistībā ar vides jautājumiem” [7]. Šis dokuments ievērojami paplašina iedzīvotāju un sabiedrības tiesības iegūt vides informāciju.

Savukārt Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija jau 2001. gada 30. aprīlī apstiprināja Vides saziņas un informācijas stratēģiju un Rīcības programmu [8].

Vides saziņas un informācijas Rīcības programma uzsver, ka sabiedrības attīstības, vides kvalitātes atjaunošanas un saglabāšanas priekšnoteikums ir sabiedrības un katra indivīda vides apziņa, kas izpaužas kā videi draudzīga ikdienas rīcība jebkurā dzīves, darba, atpūtas un sociālo pasākumu jomā. Tomēr vides saziņa kā vides politikas līdzeklis ne vienmēr tiek pielietota pietiekami mērķtiecīgi. Vājā sadarbība starp dažādām vides pārvaldē iesaistītām sabiedrības grupām faktiski ir iemesls sabiedrības atbalsta trūķumam vides pārvaldes efektīvai realizēšanai, sabiedrībā vērojama neizpratnei un neapmierinātībai par dažādiem ar vides aizsardzību saistītiem procesiem, pasākumiem un to nepieciešamību.

Pašlaik visās ministrijās un daudzās institūcijās ir informācijas un sabiedrisko attiecību nodaļas, kas veic sabiedrības informēšanas darbu par to kompetencē esošiem jautājumiem, tomēr pietiekami netiek koordinēts saziņas darbs starp dažādām ministrijām un institūcijām,

tāpēc nereti ar vienu un to pašu mērķauditoriju strādā dažādas institūcijas, viena par otru nezinot, it īpaši attiecībā uz vides jautājumiem.

Vides informācijas sistēmas attīstība pašvaldībās ir saistīta ar pienākumu izstrādāt un apstiprināt vides aizsardzības programmas, ietverot tajās arī vides, kā arī veicinot izpratni par arvien pieaugošo pašvaldību lomu vides politikas realizēšanā. Tāpēc būtiska loma ir sabiedrības informēšanai un iesaistīšanai lēmumu pieņemšanā un priekšnosacījumu radīšanā, lai ieinteresētā sabiedrība savlaicīgi saņemtu lēmumu pieņemšanai nepieciešamo būtisko informāciju, tiktu izvērtēts un ievērots tās izteiktais viedoklis par vides stāvokli, darbībām, kuras var ietekmēt vidi un cilvēku veselību.

Lielākajās valsts pilsētās ir deputātu vides komitejas un izpildvaras pārvaldes, tomēr pagastos vides nodaļu un vides speciālistu gandrīz nav. Kaut gan vides informācijas apmaiņa starp pašvaldībām un reģionālajām vides pārvaldēm notiek, tomēr tā nav sistemātiska un abpusēja, jo vairāk balstās uz kontaktiem vai nepieciešamību iegūt konkrētu informāciju.

Būtiski ir radīt iespējas iedzīvotājiem rīkoties videi draudzīgi ikdienā un visdažādākajās dzīves jomās. Tomēr pašlaik vēl mērķtiecīgi netiek veidota šāda iedzīvotāju motivācija un popularizētas alternatīvās rīcības iespējas, piemēram, izvēloties transporta līdzekļus, videi draudzīgas preces, šķirojot atkritumus un citos gadījumos. Ikdienas sadzīves vides problēmu risināšanā ir vāja sadarbība starp dažādām vides aizsardzības iestādēm, pašvaldībām un iedzīvotājiem, bet iedzīvotāju ikdienas profesionālajā darbībā videi draudzīga rīcība ir apgrūtināta, jo darba devējiem trūkst motivācijas risināt vides problēmas. Tāpēc ir nepieciešama viegli uztverama un saprotama vides informācija, kas orientēta uz dažādām iedzīvotāju grupām. Savukārt masu saziņas līdzekļi, arī vietējā līmenī, ne vienmēr ir ieinteresēti vides aktualitāšu popularizēšanā.

No Latvijas nevalstisko organizāciju ziņojuma ANO vides un attīstības konferencei "Rio+10", kas notika Johannesburgā (Dienvidāfrikas Republikā) 2002. gada septembrī [9], izriet, ka

- iedzīvotājiem ir grūtības saņemt interesējošo vides informāciju vienā institūcijā un tikai neliela daļa no savāktajiem datiem tiek izmantota sabiedrības informēšanai,
- sagatavojot materiālus, netiek ņemtas vērā iedzīvotāju intereses - netiek analizēts sabiedrības viedoklis un pieprasījums pēc informācijas, kā arī ļoti maz tiek gatavota vienkāršota vispārēja informācija,
- vides pārskati ir sabiedriski pieejami, tiek izplatīti bez maksas, bet informācija bieži vien ir novecojusi.
- Latvijas vides aģentūras mājas lapā var atrast datu bāzes, kurās ir apkopota informācija par vides stāvokli, tomēr daļa informācijas nav pieejama jebkuram,
- bieži ir gadījumi, kad valsts un pašvaldību iestāžu darbinieki tomēr atsakās sniegt informāciju, pirms nav noskaidrots tās izmantošanas mērķis (tas vairāk gan attiecas uz zemākā līmeņa valsts institūcijām un pašvaldībām),
- informācijas nesniegšanu valsts un pašvaldību iestādes bieži vien argumentē ar to, ka tā nav šīs institūcijas kompetencē, vienkārši nav savākta vai apstrādāta vai arī ir ierobežotas pieejamības informācija,
- iedzīvotāju iesniegumi un sūdzības bieži ir slikti sagatavotas, neskaidras un neatbilst likumdošanā noteiktajām prasībām (tomēr šādos gadījumos valsts institūcijām nebūtu jāatsaka informācija, bet jāsniedz iedzīvotājiem nepieciešamās konsultācijas iesniegumu sagatavošanā),
- pēc valsts un pašvaldību institūciju domām, lai uzlabotu vides datu iegūvi būtu jāpalielina attiecīgo institūciju finansējums, bet nevalstisko organizāciju pārstāvji uzskata, ka problēmas informācijas pieejamībā rodas organizatoriskās sadrumstalotības rezultātā – datus vāc dažādas institūcijas un nav pietiekamas koordinācijas starp tām.

Apkopojot datus vides informācijas jomā, iezīmējas šādas problēmas:

- Vides informācijas aprīte netiek pietiekami koordinēta, tās pieejamība dažkārt ir sarežģīta un neatbilst dažādu sociālo grupu vajadzībām.
- Sabiedrības izglītības un izpratnes līmenis par vides aizsardzības nepieciešamību un vides problēmu risināšanas iespējām ir nepietiekams.
- Vides aizsardzības sistēmā nenotiek regulāra sadarbība starp institūcijām un dažādām sabiedrības grupām.
- Nav izstrādāta efektīva vides speciālistu izglītība sistēma.
- Intelektuālo un finanšu resursu trūkums vides informācijas nodrošināšanai vietējā līmenī.
- Politisko partiju programmās netiek atspoguļotas vides problēmas un to risinājumi.
- Negatīvā un, dažkārt, skandalozā informācija, ko raksturo uz tirgu orientēts piedāvājums, kas nepietiekami un adekvāti aktualizē vides tematiku.
- Vides informācija ne vienmēr ir pietiekami brīvi un nepastarpināti pieejama žurnālistiem, jo tā regulāri netiek gatavota populārā, nespeciālistiem viegli uztveramā veidā.

Latvijas vides politikas jomā ir jāizvirza vairāki mērķi:

1. Nodrošināt sabiedrības informētību un izpratni par vides likumsakarībām, problēmām un to risināšanas iespējām, veicinot dažādu sabiedrības grupu sadarbību ar vidi saistītu lēmumu pieņemšanā un attīstot vidi draudzīgu sabiedrības apziņu.
2. Nodrošināt informācijas pieejamību, atklātību, ticamību un saprotamību, kas balstās uz mūsdienīgu informācijas tehnoloģiju izmantošanu.
3. Veicināt sabiedrības un atsevišķu personu līdzdalību ar vidi saistītu lēmumu sagatavošanā, ievērojot personīgo un profesionālo atbildību, motivāciju, individuālo un sabiedrisko ieinteresētību, kā arī savstarpējo sadarbību jebkurā līmenī.
4. Nodrošināt daudzpusēju un efektīvu informācijas apmaiņas procesu starp ministrijām un institūcijām, veicinot sabiedrības izpratnes veidošanu par vides problēmām un sekmējot sabiedrības līdzdalību vides problēmu risināšanā.
5. Attīstīt ilgtspējīgu tautsaimniecību un uzņēmējdarbību, kā arī nodrošināt sabiedrību ar pilnīgu un ticamu informāciju par uzņēmējdarbības ietekmi uz vidi un patērētāju iespējām izdarīt vidi draudzīgu izvēli.

Stratēģiski ir jāparedz Vides informācijas un izglītības centra izveidošana, kas:

- nodrošinātu pieeju literatūrai un periodikai par vides jautājumiem;
- radītu pieeju vides datu bāzēm ar datoru palīdzību;
- sagatavotu un izplatītu vides informāciju un metainformāciju dažādām mērķa grupām;
- organizētu vides pasākumus (lekcijas, seminārus, tematiskās dienas, sabiedrības aptaujas).

Tuvākajā laikā Vides informācijas un izglītības centram jāšāk darbojas kā patstāvīgai Vides ministrijas struktūrvienībai. Nākošajā etapā reģionālām vides pārvaldēm, sadarbojoties ar pašvaldībām, izglītības iestādēm un nevalstiskajām organizācijām tiks izveidots vides informācijas tīkls pagastos un pilsētās.

Literatūra

1. Carson R. Silent Spring. Reprint edition. Houghton Mifflin Company. Boston. 2002. 368 pages.
2. Meadows D.H., Meadows D.L. The Limits to Growth. Universe Books, New York, 1972. 133 pages.
3. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, New York, 1987. 400 pages.
4. Latvijas Nacionālais ziņojums "Rio +10". VARAM. Rīga. 2002. 56 lpp.
5. Latvijas ilgtspējīgas attīstības pamatnostādnes. VARAM. Rīga. 2002. 31 lpp.
6. LR likums "Par vides aizsardzību" (06.08.1991.).
7. LR likums "Par 1998. gada 25. jūnija Orhūsas konvenciju par pieeju informācijai, sabiedrības dalību lēmumu pieņemšanā un iespēju griezties tiesu iestādēs saistībā ar vides jautājumiem" (18.04.2002.).
8. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas Vides saziņas un informācijas Rīcības programma (30.04.2001.).
9. Latvijas NVO ilgtspējīgās attīstības ziņojums "Rio+10". Rīga, 2002.

AN EXERGY ANALYSIS FOR MINERAL CARBONATION

Eksergijas analīze minerālu karbonizācijai

R. Zevenhoven, I. Kavaliauskaite¹, G. Denafas¹

Helsinki University of Technology,
Laboratory for Energy Engineering and Environmental Protection
PO Box 4400, FIN-02015 Espoo, tel.: +35894512847, Finland

¹Kaunas University of Technology, Environmental Engineering Department
Radvilenu str.19, LT-3028 Kaunas, Lithuania
tel.: +37061572323, tel.: +37069870760

Abstract

Magnesium oxide-based minerals such as serpentine and olivine may be used for long-term storage of CO₂, from combustion of fossil fuels or industrial processes such as steel works, in the form of magnesium carbonate. Large resources of suitable minerals appear to exist in Finland and at many other locations worldwide. The efficiency of the mineral carbonation process can be evaluated using exergy analysis, which will allow for comparing different mineral deposits that are characterised by different composition and quality. Other factors that play a role are the temperature and pressure, the presence of other gases besides CO₂ and the degree of magnesium carbonation that is reached. Important for the analysis is the calculation of the standard chemical exergy of the chemical species involved.

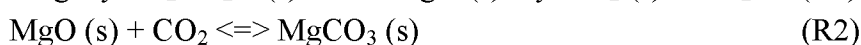
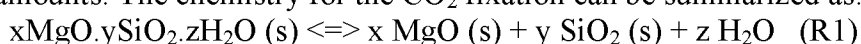
Keywords: carbon dioxide, mineral carbonation, exergy analysis.

Introduction

For the year 2001 the total emissions of carbon dioxide from combustion of fossil fuels and peat in Finland were around 60 million tones [1]. This is less than the value for year 1996 (61 million tones) but still 11% higher than the 54 million tones that were emitted in 1990.

The only option for Finland to reach efficient CO₂ sequestration is mineral carbonation, which implies storage of carbon dioxide in the form of magnesium carbonate (magnesite)[2].

For mineral carbonation the use of magnesium oxide-based silicates, xMgO·ySiO₂·zH₂O is favored because they are worldwide available in huge amounts. These natural resources may be capable of binding all fossil fuel-bound carbon [3, 4]. Magnesium silicates can be divided into several subgroups. The largest quantities are olivine, (Mg,Fe)SiO₄, and serpentine, Mg₃Si₂O₅(OH)₄. Some other suitable minerals exist in smaller amounts. The chemistry for the CO₂ fixation can be summarized as:



Whilst the research in the USA is concentrating increasingly on wet methods using aqueous solutions, our research (started mid-2000) [5,6] (still) aims at dry methods. The reaction kinetics of mineral carbonation with and without catalytically active contaminants as well as the effects of gas composition and pressure were analyzed for Finnish Mg₃Si₂O₅(OH)₄ (serpentine) and Mg(OH)₂ samples. It was concluded that the mineral carbonation process has to involve the release or activation of the mineral's MgO content before the reaction with CO₂ to MgCO₃ can take place, which could imply a two-stage process. Temperatures around 350°C and elevated pressures appear to be most suitable when considering chemical kinetics and thermodynamics. Water catalyses the carbonation reaction somewhat, which makes the use of serpentine (its 10-14%-wt crystal water is released) more attractive than other MgO-containing minerals.

Our current research concentrates on reaction kinetics and large-scale integrated processing based on direct, dry carbonation of MgO-containing mineral with pressurized CO₂

from a separate captures process; the exergy analysis reported below is a part of that.

Exergy analysis of mineral carbonation

Objectives

The main goal of this work is to study the second-law efficiency of a magnesium oxide-based mineral carbonation, focusing on the effect of mineral type and the level of MgO to MgCO₃ conversion. As will be demonstrated below, the latter is very important since the heat generated by the exothermic carbonation reaction contributes significantly to the overall energy consumption of the process.

Standard exergies

For given environmental conditions ($T^\circ = 298.15$ K, $p^\circ = 1.01325$ bar) the chemical exergies of the compounds are calculated as function of temperature T and pressure p as

$$Ex_{\text{chem}}(T, p) = Ex^\circ_{\text{chem}} + \Delta Ex_{\text{chem}}(T^\circ, p^\circ \rightarrow T, p) \quad (1)$$

where

$$\Delta Ex_{\text{chem}}(T^\circ, p^\circ \rightarrow T, p) = \Delta H(T^\circ, p^\circ \rightarrow T, p) - T^\circ \Delta S(T^\circ, p^\circ \rightarrow T, p) \quad (2)$$

with enthalpy H and entropy S . The values for ΔEx_{chem} were calculated using enthalpy and entropy data transported from HSC-4 software and databank [8]. The chemical exergies of the solids, liquids and gases are assumed independent of pressure, *i.e.* $Ex_{\text{chem}}(p, T) = Ex_{\text{chem}}(T)$.

Standard chemical exergies, Ex°_{chem} , of the compounds are calculated from standard chemical exergies of the elements as listed by Kotas [7] and standard Gibbs' energy of formation $\Delta_f G^\circ$ data [8] using:

$$Ex^\circ_{\text{chem}} = \Delta_f G^\circ + \sum_{\text{elements}} n_{\text{element}} \times Ex^\circ_{\text{chem,element}} \quad (3)$$

[7] where n_{element} is the number of moles of the element in a mole of a certain compound. Input data for the relevant elements and results are given in Tables 1 and 2.

Table 1.

Standard reference exergies of the relevant elements and calculated values for some compounds

Element	Standard chemical exergy (kJ/mol)
Mg	626.71 [7]
O ₂	3.97 [7]
Si	803.01 [7]
H ₂	238.49 [7]
C	410.82 [7]
Compound	
MgO	59.78
Mg(OH) ₂	35.55
Mg ₂ SiO ₄	6.49
Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	-56.97
MgCO ₃	31.30
SiO ₂	-49.46

Table 2.

Standard Gibbs' energy of formation of the relevant compounds [8]

Compound	Standard Gibbs' energy of formation $\Delta_f G^\circ$ (kJ/mol)
MgO	-568.94
Mg(OH) ₂	-833.62
Mg ₂ SiO ₄	-2057.88
Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	-4037.96
MgCO ₃	-1012.19
SiO ₂	-856.44

For comparison, data for standard chemical exergies of some of the compounds, listed by Kotas [7] are given in Table 3. Surprisingly large differences between data in [7] and what is calculated using (3) are found for some species. Although this will effect process exergy calculations, the calculated values given in Table 1 are used below.

Table 3.

Standard reference exergies of some relevant compounds as given by Kotas [7]

Compound	Standard chemical exergy (kJ/mol)
MgO	59.17
Mg(OH) ₂	33.83
Mg ₂ SiO ₄	140.77
Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	No data
MgCO ₃	13.7
SiO ₂	1.86

Carbon dioxide

It is assumed that the CO₂ is transported by pipeline to the mineral deposit where the carbonation and long-term CO₂ storage as MgCO₃ takes place. According to Hamelinck et al. [9] the CO₂ transport should occur at 80 bar entrance pressure, with a maximum pressure drop of 10 bar, at a temperature of 10-20°C, with water contents below 10 ppm in order to prevent corrosion. Thus, the CO₂ is assumed here to arrive at the mineral deposit at 75 bar, 15°C, 100 %-vol CO₂.

In this paper, all gases are considered ideal; the exergy of CO₂ as function of temperature and pressure is calculated as

$$Ex_{CO_2}(p,T) = Ex_{CO_2}(T) - RT \ln(p/p^\circ) \quad (4)$$

and

$$Ex^\circ_{CO_2} = RT^\circ \ln(p^\circ/p^{\circ\circ}) = 20.108 \text{ kJ/mol}$$

with $R = 8.314 \text{ J/molK}$, using a reference concentration of 0.03 %-vol of CO₂ in the atmosphere ($p^{\circ\circ} = 0.0003 \times p^\circ$) although 0.04 %-vol would be a more realistic value nowadays.

A simplified mineral carbonation process

A simple exergy analysis of a mineral carbonation process can be made for the system shown in Figure 1. It is based on a pressurised CO₂ stream (1) which reacts with MgO-containing mineral stream (3) under isothermal conditions. The final MgCO₃-containing product released to the environment after cooling is stream (6).

Heat inputs Q_A and Q_B are needed to preheat the incoming streams, respectively; heat outputs Q_C and Q_D result from the need to maintain the isothermal conditions for the carbonation reaction, and to cool the products, respectively. The input and output temperatures of Q_A as well as Q_B are chosen to be $T_R + 25^\circ\text{C}$ and $T^\circ + 25^\circ\text{C}$, for a chosen

reaction temperature T_R . For the cooling of the reaction and the reaction products, the input and output of the water / steam streams Q_C as well as for Q_D are T° and $T_R-25^\circ\text{C}$, respectively. The exergies for these heat flows are calculated as

$$Ex(Q_A) = \left(1 - \frac{T^\circ}{T_R + 25}\right) Q_A \quad (6)$$

and similar for Q_B, Q_C, Q_D .

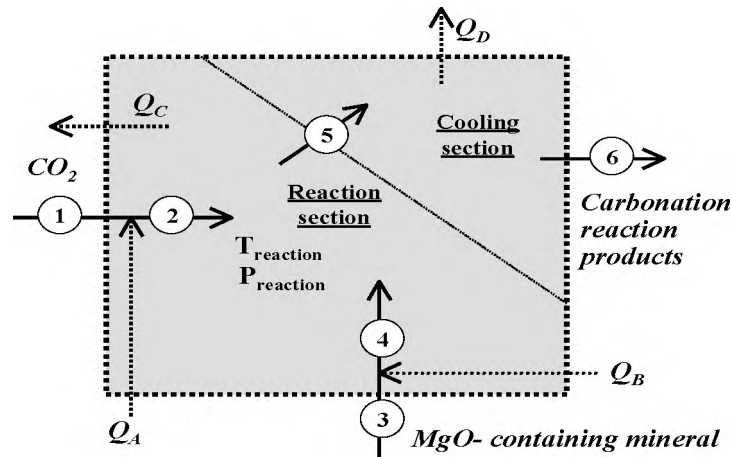


Fig.1. System boundary for a mineral carbonation process based on MgO carbonation reaction and heat exchange

- Stream 1 Incoming (pressurised) CO_2
- Stream 2 CO_2 preheated to reaction temperature
- Stream 3 MgO-containing mineral at environmental conditions
- Stream 4 MgO-containing mineral preheated to reaction temperature
- Stream 5 Products of carbonation at reaction conditions
- Stream 6 Products of carbonation reaction after cooling

- Heat Q_A Heat (enthalpy) input to preheat CO_2
- Heat Q_B Heat (enthalpy) input to preheat the MgO-containing mineral
- Heat Q_C Heat (enthalpy) output to maintain the isothermal carbonation
- Heat Q_D Heat (enthalpy) output to cool the reaction products

Thus, the process consumes steam of temperature $T_R+25^\circ\text{C}$ but produces steam with temperature $T_R-25^\circ\text{C}$. At this point integration of Q_A, Q_B, Q_C and Q_D in a heat exchange network (HEN) is not considered: in practice these may be integrated with other activities, for example metal ore processing at the location of the MgO-containing mineral deposit where the CO_2 is stored.

It is assumed that the carbonation reaction takes places at the pressure at which the CO₂ arrives after transportation, *i.e.* 75 bar.

Apart from comparing minerals, also the degree of conversion, X (in %) of the mineral carbonation will be considered as a variable. For example, 50% conversion of the MgO to MgCO₃ implies that a double amount of mineral must be preheated for a given heat effect, that the reaction heat per MgO is only half and that the solid product is a mixture of unreacted mineral and reaction products. A complete conversion of the CO₂ to MgCO₃ will be assumed, however.

Exergy calculation results

The exergy calculations were made in Microsoft Excel™, using thermodynamic data calculated with and transported from HSC-4 [8]. All calculations were made for a CO₂ stream of 1000 kg/s, entering the process at 15 °C, 75 bar.

Table 4.

Calculated results for 1000 kg/s CO₂, 100% conversion, 350°C, 75 bar, standard chemical exergies from Table 1.

Mineral	Mg(OH) ₂	Olivine	Serpentine
<i>Mass in kg/s:</i>			
CO ₂	1000	1000	1000
Mineral	1325	1599	2099
<i>Mass out kg/s:</i>			
MgCO ₃	1916	1916	1916
SiO ₂	0	683	910
H ₂ O	409	0	273
<i>Heat MW:</i>			
Input A	173	173	173
Input B	378	287	450
Output C	261	789	426
Output D	938	427	886
Net heat input	-1348	-1510	-1389
<i>Exergies MW:</i>			
Stream 1	696	696	696
Stream 2	790	790	790
Stream 3	804	71	-325
Stream 4	1038	248	-156
Stream 5	1290	1370	1743
Stream 6	826	235	89
In: 1+3+A+B	2051	1227	883
Out: C+D+6	2025	1450	1380

Since free MgO does hardly occur in nature calculations were only made for Mg(OH)₂, (brucite), Mg₂SiO₄ (olivine) and Mg₃Si₂O₅(OH)₄ (serpentine). Table 4 gives the results for carbonation of these three minerals at 350°C, 100% conversion of the Mg to MgCO₃, and product disposal to the environment at 50°C. These results show that the net heat input to the process is negative, *i.e.* the overall process is exothermic, producing around 1.4 kJ heat per kg CO₂ stored. Also, due to the exergies of some of the products after cooling, the difference exergy_{out} minus exergy_{in} may be negative. This is mainly due to the values for standard chemical exergy for those species.

Conclusions

As a first step, an exergy analysis of was made of a simplified process for MgO-based mineral carbonation for long-term storage of CO₂ in the form of MgCO₃. We can conclude that pressure and temperature are both of less importance in comparison to type of material and the degree of conversion of the mineral. It is found that the process has a net exothermic heat effect, indicating that it may be used to generate 300-350°C steam. The heat input for pre-heating the CO₂ is relatively small compared to that for mineral pre-heating.

As a result of values for standard chemical exergies for the species, the process may also show a negative exergy decrease, which is quite unconventional.

Finally, different values that can be found for standard chemical exergies for the species may in some cases yield enormous differences in process exergy calculations. Clearly, more work is needed on the part of standardization for solids such as the Mg-species considered here and the definition of “environment”.

References

1. Energiaennakko 2001 / Preliminary energy statistics, Statistics Finland, Helsinki, March 22, 2002
2. Koljonen, T., Siikavirta, H., Zevenhoven, R. CO₂ Capture, Storage and Utilisation in Finland, report PRO4/T7504/02, VTT Processes, Espoo, Finland, 2002
3. Ziock, H. “Zero emissions coal to hydrogen”
4. <http://www.lanl.gov/energy/ziock.html> (2000)
5. Lackner, K., Ziock, H. “From low to no emissions” *Modern Power Systems*, 20(3), 2000, 31-32
6. Kohlmann, J. “The removal of CO₂ from flue gases using magnesium silicates, in Finland” Report TKK-ENY-3, Helsinki University of Technology, Finland, 2001
7. Kohlmann, J., Zevenhoven, R., Mukherjee, A.B., Koljonen, T. “Mineral carbonation for long-term storage of CO₂ from flue gases” Report TKK-ENY-9, Helsinki University of Technology, Finland, 2002
8. Kotas, T.J. “The exergy method of thermal plant analysis”, Krieger Publishing Co, Malabar (FL), 1995
9. HSC Chemistry for Windows, Version 4, Outokumpu Research Oy, Pori (Finland) 1999
10. Hamelinck, C.N., *et al.* “CO₂ enhanced coalbed methane production in the Netherlands” *Energy* 27, 2002, 647-674.

**ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL STATE OF TOPSOIL
AND WATER SEDIMENTS IN ŠIAULIAI**
Ekoloģiski-ģeokīmiskais aramkārtas un ūdens nogulumiežu stāvoklis Šauļos

R.Zinkutė, A.Radzevičius, R.Taraškevičius

Institute of Geology and Geography

T.Ševčenkos str., 13, Vilnius, LT-2600, tel. 370-5-2-104-708

e-mail: zinkute@geologin.lt, aradzev@geologin.lt, ricardta@geologin.lt

Abstract

Ecological-geochemical state of topsoil and water sediments in Šiauliai was evaluated taking into account total contents of 14 hazardous elements (Pb, Zn, Cu, Sn, Ag, Ni, Mo, Cr, Co, Mn, V, B, Sr, Ba) in a complex way – both according to their total contamination index and their standards (existing State standards and phytotoxic concentrations in soil used in European countries). The fraction < 1 mm of samples was analysed by atomic emission spectrophotometry. Topsoil composite samples (110 in all) were taken approximately from each square kilometre and classified into 4 groups according to functional micro-zones. The number of samples from water sediments (Talša and Ginkūnai lakes, Kulpė and Violė rivers) was 13. Even 54.5% topsoil samples were characterised by unsatisfactory final ecological-geochemical state (30% of them had bad state). Topsoil of industrial functional micro-zones had the worst state. It was followed by topsoil of residential, then by topsoil from social-residential micro-zones. Topsoil from the territories of recreation or protected areas had the best quality. Ecological-geochemical state of water sediments in Ginkūnai and Talša lakes and in Kulpė or Violė rivers was very bad or bad.

Keywords: *ecological-geochemical state, urban territories, metal pollution, topsoil, lake sediments, river sediments.*

Introduction

One of the aims of the program “Urban environmental quality and its change” was to evaluate ecological-geochemical state of topsoil and water sediments in Šiauliai, i.e. their suitability for life, work and recreation of people. The spatial variability of topsoil state and its dependency on functional micro-zones also had to be analysed. Similar investigations have been carried out in other countries [1]. For such evaluation the total contamination index Z_c or various standards can be used. The existing State standard for element content in soil [2] defines maximum permitted concentration (MPC) of element and gives the corresponding values for total contents of Mn, V, Pb and Mn + V which are determined according to the general sanitary limiting indication, i.e. the influence on soil self-purification and biological activity. While samples have been taken also from cultivated topsoil, the phytotoxic concentrations (Fk) used in European countries can be taken into account [3]. When they are exceeded, the elements have negative influence on plants, because their physiological processes are disturbed and the amount and quality of plant production deteriorates [2]. Though there are no special State standards for element contents in water sediments, the limit values (LV) for classifying sewage sludge into three categories [4] can be applied for water sediments. Also their total contamination index Z_c can be used for evaluation.

Methods

Complex samples (their total number was 110) consisting from several sub-samples were taken in 2002 from the upper (0-10 cm depth) soil layer approximately from each square kilometre and classified into 4 groups according to functional micro-zones (A – social-residential, B – residential, C – industrial and D – recreational). The number of samples from water sediments (Talša and Ginkūnai lakes, Kulpė and Violė rivers) was 13. Besides, one sample was taken from Violė tributary for local background determination and one in Mūša for determination of the influence of pollution from the whole Šiauliai. All samples were air-

dried, sieved through nylon sieves (choosing fraction < 1 mm). After organic matter mineralisation at 450⁰ C and mechanical pulverisation they were analysed by DC arc emission spectrophotometry for determination of the total contents of Li, B, Ga, P, Mn, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Mo, Ag, Sn, Zr, Y, La, Yb, Sc, Sr, Ba. International reference materials OOKO 153 and OOKO 151 were used for quality control.

Both total contamination index Zc and standards for total contents of elements were taken into account for more integrated assessment. The evaluation was based only on 14 hazardous elements, for which at least one standard value (MPC, Fk or LV) is defined (Table 1). Most of them belong to class I, III or III of toxicity [5].

Table 1.

Parameters (mg/kg) for evaluation of ecological-geochemical state of topsoil and water sediments

Elements and their class of toxicity [5]	Standards				Background values			
	MPC (HN 60-1996) [2]	Fk [3]	Category II sludge (LV ₁ –LV ₂) [4]	Category III sludge [4]	Top-soil [6]	River sediments	Lake sediments (20-30% of organic matter) [7]	Lake sediments (30-40% of organic matter) [7]
Pb (I)	32	100	140–500	>500	14.8	35.3	21.3	21.1
Zn (I)	-	300	300–2000	>2000	25.9	86.1	62.5	67.0
Cu (II)	-	100	75–600	>600	9.7	19.8	14.4	10.5
Ni (II)	-	100	50–300	>300	13.5	27.6	15.2	14.5
Cr (II)	-	100	140–400	>400	34.1	68.9	30.4	28.2
Co (II)	-	30			5	6.9	5.4	5.1
Mo (II)	-	5			0.68	0.86	1.08	1.25
B (II)	-	100			28.4	38.7	33	30.6
Mn (III)	1500	1500			371	862	828	387
V (III)	150	100			37	31.9	29.2	30.0
Ba (III)	-	-			391	715	383	314
Sr (III)	-	-			86.9	172	110	89
Sn	-	50			2.01	2.58	2.92	2.86
Ag	-	2			0.067	0.215	0.091	0.095
Mn+V	1000+100	-						

Total contamination at site *i* by Pb, Zn, Cu, Sn, Ag, Ni, Mo, Cr, Co, Mn, V, B, Sr, Ba index is calculated according to the formula: $Zc_i = \sum Kk_{ij} - n + 1$, where summing is according to *j*, Kk_{ij} is concentration coefficient of element *j* at point *i* and $n=14$ is the number of elements (when $Kk_{ij} < 1$, it is accepted that $Kk_{ij} = 1$). Element concentration coefficients Kk_{ij} were calculated by dividing element content in sample by its background value. Background values for topsoil were taken from Middle Venta soil region [6]. For lake sediments they depended on the percentage of organic matter in sample [7]. Not general or regional background values [6, 8, 9, 10] but local background values were used for river sediments. They were determined in sample taken in Violè tributary outside town territory. The main role for evaluation was given to Zc . According to Zc categories for polluted soil [5] or water sediments [11] samples with good, satisfactory, medium, bad or extremely bad basic ecological-geochemical state can be revealed (Table 2). Zc categories in soil are related to population health indices, while in water sediments to concentration of hazardous elements in water. This assessment was adjusted taking into account the exceeding of MPC, Fk or LV. Soil is very polluted, when the content of chemical substance or element 2 times exceeds MPC, and polluted, when it exceeds MPC 1–2 times [2]. According to this principle, general sanitary ratios R_{gs} and

phytotoxic ratios Rph were determined for each topsoil sample (element content in sample divided by its MPC or Fk, respectively). According to their maximum values general sanitary and phytotoxic state of topsoil was evaluated in the same way: it was estimated as bad, if $\max(R_{gs}) > 2$ or $\max(R_{ph}) > 2$, medium, if $\max(R_{gs})$ (or Rph) were within the interval (1,2), and satisfactory, if $\max(R_{gs}) \leq 1$ or $\max(R_{ph}) \leq 1$. Final ecological-geochemical state of topsoil was evaluated as the worst from three states (basic, general sanitary and phytotoxic). Special variable ST was calculated indicating this final state. The set of its possible values is the following: 1, 2, 3, 4, 5 (Table 2).

Table 2.

Evaluation of topsoil and water sediment quality according to Zc

Pollution level (category)	Topsoil Zc	Water sediments Zc	Ecological-geochemical state
Acceptable	< 8	< 5	Good (G), ST=1
	8–16	5–10	Satisfactory (S), ST=2
Medium dangerous	16-32	10–30	Medium (M), ST=3
Dangerous	32-128	30–100	Bad (B), ST=4
Most dangerous	> 128	> 100	Extremely bad (E), ST=5

Basic ecological-geochemical state of water sediments was also evaluated according to Zc categories (Table 2). It was adjusted according to categories of wastewater sludge (determined according to Pb, Cr, Cu, Ni, Zn contents): sediment samples of category III were attributed to extremely bad ecological-geochemical state, while of category II – to bad state. Assessment of samples of category I was not adjusted, i.e. realised only according to Zc. In this way final ecological-geochemical state of sediments was determined.

Results and discussion

Zc of the greater part (64.5%) of topsoil samples taken from the town territory was acceptable, though in the rest 35.5% of samples it exceeded the permissible level: 21.8% of them belonged to the category of medium contamination and 13.6% to dangerous one. No extremely dangerously polluted samples were found, as the territories of industrial enterprises were not investigated. Meanwhile Zc of the greater part (84.6%) of investigated sediment samples was not acceptable, most of them (61.5%) could be attributed to dangerous level of pollution and two samples (from Ginkūnai and Talša lakes) – even to extremely dangerous level. According to average Zc basic ecological-geochemical state of urban topsoil was not far from medium (14.7), while of water sediments (64.7) it was bad. Phytotoxic state of most (74.5%) topsoil samples was satisfactory, though there was rather great part of samples with medium (20.9%) or bad (4.5%) state. However, general sanitary state of more than half (53.6%) topsoil samples was unsatisfactory, even 27.3% among them were characterised by bad state. Such state was predetermined by lead pollution originating from vehicles. Only 45.5% of topsoil samples were characterised by good or satisfactory final ecological-geochemical state and even 54.5% by unsatisfactory (including 30% of samples with bad state) (Table 3). The sequence of topsoil pollutants according to average accumulation was the following: Zn>Pb>Cu>Sn>Ag>Sr>Cr>Mo (Table 4). The largest territory with unsuitable final ecological-geochemical state of topsoil included the centre of town (Fig. 1).

Table 3.

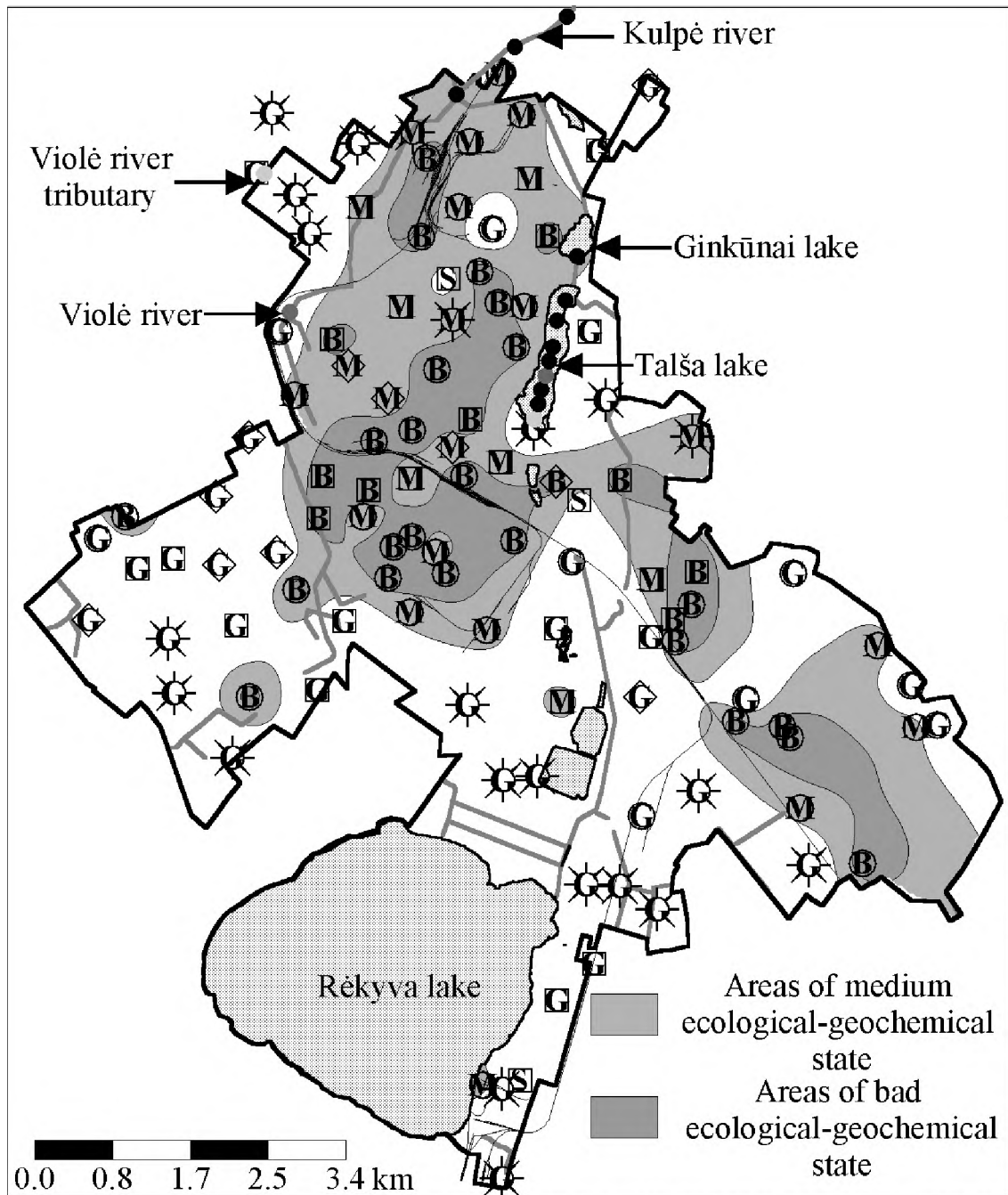
Ecological-geochemical state of topsoil and water sediments in Šiauliai

Objects of assessment	Number of samples	Average Zc	Ecological-geochemical state, % of samples				
			Good	Satisfactory	Medium	Bad	Extremely bad
Topsoil of all territory							
A	11	7.6	63.6	0.0	27.3	9.1	0.0
B	31	15.1	38.7	9.7	22.6	29.0	0.0
C	46	21.2	19.6	0.0	30.4	50.0	0.0
D	22	4.2	86.4	0.0	13.6	0.0	0.0
A+B+C+D	110	14.7	42.8	2.7	24.5	30.0	0.0
Topsoil of the central territory							
A	2	13.8	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
B	1	19.7	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
C	3	21.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
D	1	7.9	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
A+B+C+D	7	16.9	0.0	0.0	42.9	57.1	0.0
Former military territory of Zokniai							
A+B+C+D	11	11.6	36.4	0.0	27.3	36.4	0.0
Water sediments							
Lake sediments	9	69.9	11.1	0.0	0.0	11.1	77.8
River sediments	4	40.6	0.0	0.0	0.0	25.0	75.0

Table 4.

Accumulation of hazardous elements in topsoil and water sediments

Objects	Descending sets of element average concentration coefficients													
	Zn	Pb	Cu	Sn	Ag	Sr	Cr	Mo	Mn	Ni	Co	Ba	B	V
All topsoil (A+B+C+D)	5.60	3.49	2.82	2.13	1.76	1.60	1.56	1.43	1.20	1.19	1.17	1.04	0.91	0.88
Topsoil of micro-zones D	1.75	1.33	1.29	1.21	1.18	1.12	1.05	1.00	0.98	0.97	0.97	0.95	0.91	0.90
Topsoil of micro-zones A	3.32	2.15	1.58	1.48	1.47	1.23	1.22	1.17	1.14	1.11	1.05	0.99	0.95	0.79
Topsoil of micro-zones B	6.80	2.72	2.47	2.44	1.89	1.62	1.56	1.31	1.26	1.22	1.17	1.13	1.03	0.98
Topsoil of micro-zones C	7.17	5.41	4.11	2.94	1.86	1.83	1.80	1.75	1.30	1.24	1.19	1.08	0.83	0.78
All sediments	26.11	14.29	7.19	4.85	3.59	3.13	1.99	1.93	1.55	1.52	1.15	0.80	0.80	0.70
Talša lake sediments	24.87	16.13	7.30	4.34	3.28	2.36	1.76	1.71	1.68	1.62	1.38	0.84	0.71	0.57
Ginkūnai lake sediments	90.70	59.23	6.87	6.06	4.41	4.02	3.23	2.24	1.88	1.59	1.13	1.02	0.74	0.63
Kulpė river sediments	28.44	10.67	9.71	5.31	4.62	4.38	3.57	2.25	1.29	1.24	0.89	0.81	0.65	0.63
Violė river sediments	5.00	2.59	1.85	1.67	1.53	1.19	1.19	0.94	0.70	0.52	0.40	0.36	0.27	0.11
Mūša river sediments	14.86	9.90	8.72	7.32	4.36	1.78	1.71	1.58	1.23	0.89	0.72	0.67	0.67	0.42



ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL STATE

Functional micro-zone:	OF TOPSOIL:			
	Good	Satisfactory	Medium	Bad
A. Public-residential	◇	◇	◇	◇
B. Residential	□	□	□	□
C. Industrial including infrastructure	⊙	⊙	⊙	⊙
D. Recreational, protective or other	☼	☼	☼	☼

OF WATER SEDIMENTS:		
Good	Bad	Extremely bad
○	●	●

Fig.1. Ecological-geochemical state of topsoil and water sediments in Šiauliai

It included also industrial districts surrounding it: the mostly polluted central one at the railway (with “Taurus” TV-plant, “Vairas” bicycle plant, foundry, fuel station, garages, forge, storehouses, railway depot), the northern one Gubernija (with experimental mechanic plant, metal commerce enterprise, factory), the north-eastern one near Talša lake (with “Stumbras” leather processing plant, transport enterprise “Šiaulių autotransportas”, service station and garages) and the eastern one in the north-western part of Zokniai airport (with aviation repair plant having two galvanic facilities).

Three smaller anomalies were related to former “Nuklonas” TV-set plant in the southwestern part of Šiauliai, Rėkyva southern industrial district and southeastern part of Zokniai. According to average Zc ecological-geochemical state of topsoil in the centre of the city due to Pb pollution is worse and in surroundings of Zokniai is slightly better in comparison with the whole town. However, the percentage of topsoil samples (63.7%) attributed to not acceptable ecological-geochemical state in Zokniai is higher than in the whole town. The greatest accumulation of most pollutants (Zn, Pb, Cu, Sn, Sr, Cr, Mo, Ni) is in topsoil of industrial micro-zones, only Ag, Mn mostly accumulate in residential micro-zones (probably due to municipal pollution). Zn is the greatest polluter in all micro-zones (Table 4). Topsoil from industrial micro-zones has the most unsuitable ecological-geochemical state. It is followed by topsoil from residential and public-residential micro-zones. The pollution level of topsoil from recreation, protection or similar destination territories is the lowest.

Even 92.3% of taken sediment samples were characterised by generally not acceptable ecological-geochemical state (including 76.9% of samples with extremely bad state). Most of investigated sediments (except one sample in the southern part of Talša lake) were attributed to categories III or II of sewage sludge. Average Zc was greater in lake sediments (Table 3). Ginkūnai lake was polluted most of all (average Zc=171). It was followed by Kulpė river (63), Talša lake (57) and finally by Violė river (9). The sequence of sediment pollutants was larger than in topsoil and their arrangement was different (Table 4). Zc of sediments mostly depended on Cr, Ag, Zn, Pb, Ni, Cu. These elements were actively accumulating in Talša and Ginkūnai lakes and in Kulpė river, 5 of them (except Pb) predetermined pollution level even in Mūša river. Meanwhile bad ecological-geochemical state of Violė sediments was predetermined by Zn and Cu. The greatest concentration of Pb and Zn was observed in the central part of Talša lake, meanwhile of Ni and Cr in its northern part.

Conclusions

Long period of urbanisation, great industrialisation and intensive transport predetermined fair or bad quality of 54.5% topsoil samples mainly in central and northern part of Šiauliai. Topsoil of industrial functional micro-zones does not meet quality criteria. Pollution from metal processing plants can influence the neighbouring residential districts. Wastewater from leather processing plants and surface runoff from highly urbanised and industrialised territories predetermined extremely bad or bad quality of sediments in Talša, Ginkūnai lakes and in Kulpė and Violė rivers.

References

1. Соколов Л.С., Самаев С.Б., Морозова И.А., Москаленко Н.Н. «Тип функционального использования территории – главный критерий оценки ее экологического состояния». Серия *Прикладная геохимия, выпуск 2, Экологическая геохимия*. Министерство природных ресурсов Российской Федерации, Российская Академия Наук, ИМГРЭ, Москва, 2001, 111–122.
2. HN-60-1996. Kenksmingos medžiagos. Didžiausia leidžiama ir laikinai leidžiama koncentracija dirvožemyje. Lietuvos respublikos Sveikatos apsaugos ministerija, Vilnius, 1996, 16 p.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. «Мир», Москва, 1989, 439 с.
4. LAND 20-2001. Nuotėkų dumblo naudojimo tręšimui reikalavimai. *Valstybės žinios, Nr. 61-2196*. Vilnius, 2001, 38–43.

5. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. Министерство здравоохранения СССР, Главное санитарно-эпидемиологическое управление, Москва, 1987, 27 с.
6. Kadūnas V., Budavičius R., Gregorauskienė V., Katinas V., Kliaugienė E., Radzevičius A., Taraškevičius R. Lietuvos geocheminis atlasas = Geochemical Atlas of Lithuania. Lietuvos geologijos tarnyba, Geologijos institutas. Vilnius, 1999, 90 p., 18 tables, 162 maps.
7. Kadūnas V., Budavičius R. Mikroelementų pasiskirstymo priklausomybė nuo organinės medžiagos kiekio Lietuvos ežerų dugno nuosėdose. *Geologija* 28. Lietuvos Mokslų Akademijos leidykla, Vilnius, 1998, 5–14.
8. Radzevičius A. Elementų foniniai kiekiai ir jų pasiskirstymas Lietuvos upių dumblyje. *Geologija* 26. Lietuvos Mokslų Akademijos leidykla, Vilnius, 1998, 45-55.
9. Radzevičius A. The influence of river basin soil mechanical composition on element concentration in river sediment. *Heavy metals in the environment: an integrated approach*. Metalecology society of Lithuania, Institute of geology, Vilnius, 1999, 91–98.
10. Radzevičius A, Vareikienė O. Regional background of microelements in stream sediments. *Environmental geochemical baseline mapping in Europe. Abstracts of the 2nd conference, Vilnius, Lithuania, September 1-4, 1999*. Vilnius, 1999, 63–66.
11. Сагт Ю., Ревич Б., Янин Е., Смирнова Р., Башаркевич И., Онищенко Т., Павлова Л., Трефилова Н., Ачкасов А., Саркисян С. Геохимия окружающей среды. «Недра», Москва, 1990, 335 с.

AGENT-BASED MICRO-SIMULATIONS IN IMMUNOLOGY AND FINANCE

Mikrosimulēšana ar agentu izmantošanu imunoloģijā un ekonomikā

F. Castiglione

Istituto Applicazioni del Calcolo (IAC) "M. Picone"

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

Viale del Policlinico, 137 - 00161 Rome, Italy

filippo@iac.rm.cnr.it

Abstract

In the search for computational models that help to understand the dynamics of Complex Systems, one can take a great advantage from the impressive acceleration of computer tools and techniques. In fact the very structure of computation on digital computers has inspired the introduction of new class of models (algorithms), where interaction among degrees of freedom are expressed by logical rules acting over a discrete state space – something much closer to "biological language" than to standard (floating point) physical models.

Starting from the definitions of spin systems, with little changes we reach a definition a new model that is well suited to describe different simulation systems. Such class of models is can be considered a subclass of the Agent-Based systems in vogue nowadays.

Moreover, we shortly describe two microscopic simulators of this type, which are being used to study microscopic phenomena in two completely different fields of application, namely immunology and finance.

As a final remark, given the lattice representation of space, such computational-modeling paradigm is well suited for efficient and "relatively simple" parallelization. Indeed, both models have been implemented to run on parallel computers adopting the Message Passing paradigm for Distributed Memory machines.

Keywords: *micro-simulation, agents, cellular automata, immunology, finance.*

Introduction

Since the advent of digital computers, the way research proceeds has dramatically changed. The study of physical systems for example, is traditionally investigated by means of mathematical models. These models are often very difficult to be solved analytically and approximations are necessary to reach a solution.

The use of computers has brought great advantages in handling complex models in two different although complementary ways: (1) the mathematical formulation of a model can be solved numerically using sophisticated *algorithms* to find a good "numerical" solution; (2) a system can be analysed in term of its constituents, i.e., the overall dynamics can be *simulated* by its very microscopic elements and global quantities can be compared with experimental data.

Among the two, the first field is by no means more mature. In fact, since the fifties, a huge amount of methods have been developed and many more are currently under study. Books and articles describing what is considered "standard literature" on *Numerical Calculus* are largely available nowadays.

Traditionally, also the term "simulation" refers to numerical methods to compute, for example, the solution of a system of partial differential equations. In contrast, the definition that will be used throughout this manuscript will point to a different narrower meaning.

To simulate a system means to reproduce the "functional behaviour" of the constituents under particular laws which rule the global dynamic of the system itself. These laws are not known in general and are exactly the target of the investigation. Even the variables defining a single system-constituents are not known in general.

This approach is much more valuable as the computing power of today's computer increases. In fact the number of *micro-constituents* of the system should be, by definition, large [1].

Complex behaviour can occur in any system made up of large numbers of interacting constituents with non-linear coupling, be they atoms in a solid, cells in a living organism, or traders in a financial market.

It is the availability of digital computers that makes possible to solve sophisticated models and, in so doing, to reveal the micro-dynamics of some complicated natural phenomena.

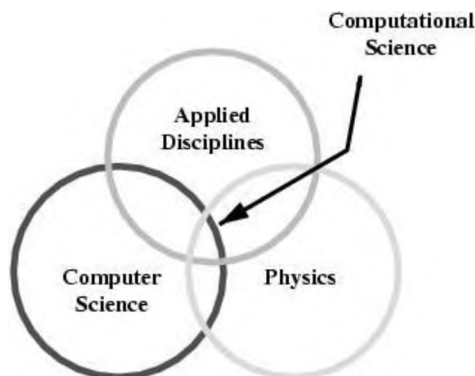


Fig. 1 Microsimulation (MS [2]) or Agent-Based methods belong to the Computational Sciences and mainly refers to methods similar to those used by computational statistical physics that are being applied to other disciplines [3]. The Computational Sciences are identified as the intersection of physics methods and applied disciplines, with the use of computers as combining element.

From the mere technical point of view, the Moore's law (computer power doubles every 1.5 years) assures increasing memory and CPU speed to simulate larger and larger systems. Although many problems are now solvable by common personal computers, there are problems for which even the largest parallel machine is not able to find a "real" solution. These problems are called *Grand Challenges*. A Grand Challenge is a large-scale science or engineering computational problem. Examples can be found in Physics, Biology, Chemistry, Materials Sciences, Fluid and Plasma Dynamics, Finance, Environment and Earth Sciences, and so on.

The reason of the intractability of such problems lies in the level of details one wants to take into accounts. For example one may think of a biological cell as a single element ruled by very simple dynamics which brings the cell at most into one excitatory state. In this scenario the amount of memory needed to represent a cell is reduced to the minimum (a bit) and the number of operations to test and possibly switch its state is negligible. Stated like this, even if we wanted to take into account millions of cells at one time we would not run into troubles today if we could access a reasonable workstation. Problems arise when we want to go into the details of the cell. In fact, a cell is a whole universe for its own, with an unthinkable level of details. Even top supercomputers would not be able to represent all that information. So, what chances do we have? The possibilities stay in between: we cannot take all the details at once but we can add them one after another as long as the computing power required is available. This philosophy has gone long enough today to allow sufficiently-detailed simulations of complex phenomena.

The present manuscript deals with the author experience with complex systems composed by many interacting elements. In particular it deals with the definition of a particular class of models derived from the spin or lattice models of physics and the presents two examples with regards to problems from biology and finance. In both fields the rules governing the micro-behaviour of the constituents (cells, molecules but also traders and

brokerage agencies) are mostly unknown. All that is given is the macro-behaviour that can be observed empirically either by experiments (this is the case in biology) or by applying statistical methods to the already given data (this is the case in finance where the use of databases allows to track any transaction worldwide).

The joining element between the two MS models described herein is not only conceptual but also technical in certain respects. In fact they are both being coded following a precise architectural schema. Such schema is, according to the author opinion, just the natural extension of the well known in the physicists community spin or lattice models.

From spin to automata computational models

Nowadays, the scientific study of a phenomenon in general consists of three major approaches: theoretical, experimental and computational. The computational aspect becomes more and more important. Computational science has the flavor of both theoretical and experimental science. One must have a very good theoretical background to study a subject by means of computational methods. A good computational method often comes from a thorough theoretical analysis. On the other hand, the analyses of results are not much different from analysing experimental data. Computational methods in science become advantageous when (1) the problem at hand is too difficult to do analytically; (2) an approximate theoretical result may not be reliable, and it is necessary to check with a different method; (3) an experiment is expensive or not feasible at all.

As already mentioned in the introduction, computational methods can be roughly divided in two areas, that of numerical analysis and that of computer simulation. Numerical methods include solving linear equations, eigenvalue problems, solving differential equations and partial differential equations, etc. In contrast, computer simulations are methods that try to model the physical world *directly*, rather than solving the equations governing the physical processes.

A complex systems (physical, biological, chemical or financial, just to mention a few) can be defined as a system with a large number of degrees of freedom. Thus, microsimulation (MS) is a method to mimic a complex phenomenon through the description of its micro-components. That is, leaving the system free to evolve without too many constraints and simplifying assumptions.

In the following we present techniques belonging to the class of MS methods. These have been applied with success in the field of statistical mechanics [4]. Some of them are being also used in biology and recently in finance [2, 3]. At the end we define a new class of MS models that we use throughout this manuscript to describe two different simulation algorithms dealing respectively with problems from immunology and finance.

The very first definitions are those of “spin” and “lattice”. A ferromagnet can be regarded as a system composed by a large number of elementary magnets placed on the sites of a crystal lattice. To model and to understand the magnet properties of solids, various types of *lattice spin models* have been proposed. Such models are defined by

- (i) a lattice type (dimension 1,2,3..., and topology, i.e., cubic, triangular and so on);
- (ii) the possible values of the random variable, called “spin” at each lattice site, that is, the number of possible states a spin can take (these may be either discrete or continuous; also, a spin can be in generalized sense, a single value, a vector or a tensor, although some representations may lack of a physical meaning);
- (iii) the interactions among spins, in terms of rules determining the way the value of the spins are coupled and how they change with time.

Iterating the interaction rules, one gets a discrete dynamical system.

The following overview of spin systems is by no means complete. Moreover, we voluntarily avoided talking about the interaction rules, which, together with the topological

definition of a spin system, is the most important element to distinguish one application from another.

If the total number of lattice sites is L , we identify a spin with a stochastic variable s_n , for $n=1,2,\dots,L$. According to (ii) one deals with different spin models. The most popular are the enunciated below.

Ising model

A spin may take on just two values; “up” or “down”, usually $s_n=+1$ or $s_n=-1$.

Potts model of the K^{th} order

It is a generalization of the Ising model with the spins taking one of K possible values, i.e., $s_n=1,2,3,\dots,K$.

XY model

Each spin is a complex number of absolute value 1, i.e., $s_n = e^{i\phi_n}$.

Later, other models have been derived from these definitions.

Cellular Automata (CA)

Inspired by the early work of J. von Neumann [5] on self-replicating machines, they are discrete dynamical systems where each spin per lattice site is updated according to the state of the spin in its neighborhood [6]. CA are being used to model many physical systems but seem more suited to model biological systems.

Lattice Gas Automata (LGA)

Lattice gas automata were introduced by Frisch, Hasslacher and Pomeau as a means to solve the Navier-Stokes equations of fluid dynamics. The two dimensional triangular lattice gas (fig. 2) is indeed called FHP lattice [7]. A lattice gas is like the Potts model in which the states of particles represent velocities. The FHP model is associated to particular types of lattices with peculiar interaction rules (collisions conserving mass and momentum). The FHP model is a two-dimensional triangular lattice, thus the number of velocities K is equal to six.

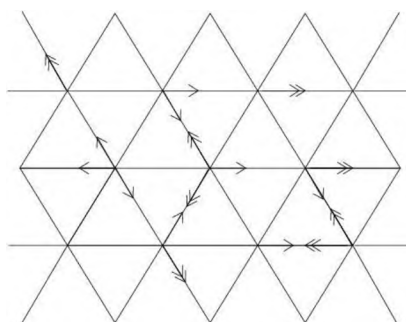


Fig. 2 Triangular lattice. Particles at time t and $t+1$ are marked by single and double arrows, respectively.

Integer Lattice Gas Automata (ILGA)

A generalization of lattice gas has been proposed with the name of Integer Lattice Gas Automata [8]. The generalization is given allowing more than a single particle per each direction to stay on a lattice site, e.g., $s_n \in \{1,\dots,K\}^r$ with fixed number of particles per site equal to r .

Through this step-wise definition of spin models we come to the definition of a spin system in which each site of the lattice contains exactly r particles, each in one of K different states-velocities. We still need, for our purpose, two further generalizations:

- (1) we want to represent different particles types each having their own micro-state space;
- (2) we do not want a fixed number of particles on each lattice site.

The first of these requirements leads to a definition of spin with many components $s_n = \vec{s}_n = (s_n^1, s_n^2, \dots, s_n^E)$ with E the number of different types of entities (we also use the term *entity* in place of particle; entity fits better the meaning of (e.g.) agents in a stock market or cells in the immune system). Each agent belonging to class $e = 1, \dots, E$, can be found in a micro-state taken from a *discrete* set of states $1, \dots, K(e)$, whose number depends on e .

The second point requires to consider $r \equiv r(x, t)$ that is, the number of entities on each lattice site x is a function of time t and position x . In general, the number of entities in a given lattice site depends on the diffusion process we choose. But in practice it is sufficient to choose r as the maximum number of particles on the lattice during the whole simulation to recover the definition of integer lattice gas.

Because we allow $r(x, t)$ growing without constraints we set apart this particular case of *unbounded capacity* and call it “unbounded” lattice gas.

Unbounded Lattice Gas (ULG)

It is a lattice gas with unlimited number of particles on each lattice site. Particles belong to different classes $e = 1, \dots, E$. They may take on one micro-state from a set $1, \dots, K(e)$ which in turn depends on the class e to which they belong to.

Summarizing, we are able now to define models where the different entities belongs to different classes. They occupy the lattice sites with no constraint on the number. They interact *locally* instead of interacting with the neighborhood as in CA models. Finally, eliminating the constraint on the occupation number we allow the particles to diffuse freely on the lattice grid. At this time we consider the particles to follow the classical *Brownian* motion. General non-uniform diffusion schema is also well defined thanks to the unconstrained capacity $r(x, t)$.

As already anticipated above, the use of ULG as formal definition of the microsimulation systems developed and discussed thereafter is justified by the availability of large-memory computers. Instead of storing a single bit like in the Ising model or at most few bytes as in the Potts model to keep the memory consumption at minimum, we can now represent *particles* (cells, atoms, molecules, traders etc.) as a collection of information or *attributes*. Thus, the informative structure representing a single particle is heterogeneous as we allow mixing binary information, integer numbers or even arrays of more complicated records. Note that we intentionally restricted ourself to the use of integer numbers to represent the internal states. The reason is to avoid floating points operations to assure unconditional *numerical stability* to the simulation algorithm.

Moreover, given the unbounded capacity of the lattice, the choice of a *static* data structure is clearly wrong. Indeed, a *dynamic* memory allocation is much more appropriate. In practice, all we need to represent a d -dimensional (we use $d=2$) ULG is a *pointer* to a list of “records” containing the information structure of the entities *for each* lattice site.

In our models the complex behaviour of the entities is subjected to precise *state-changes* upon interaction. Every single entity can be thought as a *Stochastic Finite State Machine* (SFSM) [9] which processes information and changes its state according to the result of the interaction with other entities, or with external fields.

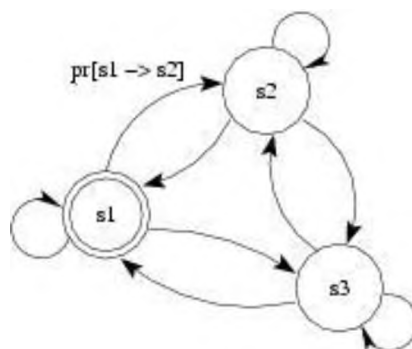


Fig. 3. Stochastic Finite State Automata. The probability $pr[s1 \rightarrow s2]$ to switch from state one to state two, for example, can be given or can be the outcome of a more complicated procedure. In our case these probabilities are computed by complex rules.

Probabilistic or stochastic models should not be confused with non *deterministic* models in theoretical computer science [9]. A typical example of stochastic system is a Markov chain where each state transition is subject to a given probability.

A typical diagram showing a stochastic finite state (automata) is given in fig. 3. The transition between the states s_1 , s_2 and s_3 is stochastic. The transition probabilities can be fixed or changing in time. In our case they depend on the outcome of *more or less* complicated interaction rules between entities. They can also depend on some global quantities or external fields.

Finally, because the particles interact locally (i.e., inside each lattice site) and only after they diffuse to adjacent sites, we can “easily” divide the CPU-load distributing the lattice grid to different processors of a parallel machine [10]. Message passing among processors is needed only during the diffusion phase. This allows us to simulate a large number of interacting entities with a high level of details.

Application I: Immunology

The Immune System response has been modeled by means of a generalized cellular automaton:

- (1) the CA is defined on a triangular 2D lattice with periodic boundary conditions (toroidal geometry).
- (2) the dynamics is probabilistic
- (3) the evolution of each site depends just on the site itself (internal dynamics)
- (4) entities move from site to site (diffusion process)
- (5) each time step corresponds to about 8 hours of “real life”.

From the viewpoint of statistical mechanics, the CA can be considered as an extended lattice gas. There is neither a partition function nor any “classic” observable but the entropy.

In this model we map a single lymph node (or generically a small portion of a secondary lymphoid organ) of a vertebrate animal onto a two-dimension hexagonal lattice $L \times L$, with periodic boundary conditions in both directions. The primary lymphoid organs thymus and bone marrow are modeled apart: the thymus is implicitly represented by the positive and negative selection of immature thymocytes before they get into the lymphatic system, whereas the bone marrow generates already mature B lymphocytes. Hence, on the lattice we find only immunocompetent lymphocytes. In this model the cells (and to a certain extend also the molecules) represents the agents of the simulation, sometimes also referred to as entities. Agents interact and cooperate to build the main functions of the immune system, namely, recognition, defense and memory.

This model belongs to the class of *bit string models* [11]: the affinity among the entities is described in terms of *complementarity* between binary strings having a fixed directional reading frame. Bit strings represent the “binding site” of cells and molecules as for example lymphocyte receptors (T lymphocytes receptor TCR, B lymphocytes receptor BCR), Major Histocompatibility Complexes MHC, antigen peptides and epitopes, immunocomplexes, etc. The model includes the major classes of cells of the lymphoid lineage (T helper lymphocytes or TH, cytotoxic T lymphocytes or CTL, B lymphocytes and antibody-producer plasma cells, PLB) and some of the myeloid lineage (macrophages, MA, and dendritic cells, DC). The interactions among these cells define their functional behaviour. Rules accounting for phagocytosis, digestion and presentation of the antigen, opsonization, lymphocyte recognition and cooperation, viral infection, cytokine secretion etc. have been defined.

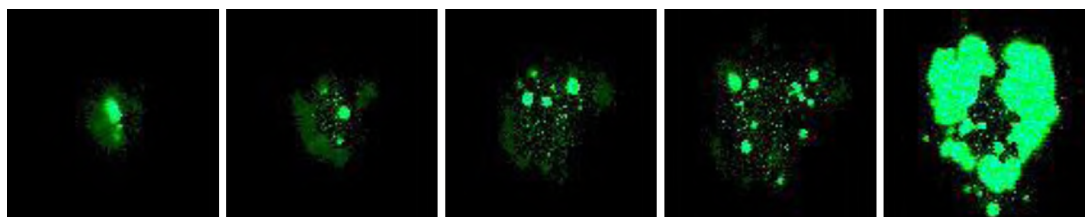


Fig. 4. Virus diffusion in a 100x100 lattice at various instants (time goes from left to right).

Figure 4 shows five snapshots of a viral infection and spreading on the lattice representing the lymphnode. Formation of areas of low antigen density corresponding to the presence of anti-virus immunoglobulins are visible.

The model allows for the study of various phenomena and the validation of different immune mechanism [12,13].

Application II: Financial Markets

We have constructed an agent-based model to simulate the dynamic interactions between market price and the decisions of different kind of traders. The present model incorporates many features of other known models and is meant to be the first step toward the construction of an agent based model that uses more realistic markets rules, strategies, and information structures.

Agents represent traders in a “virtual” stock market. They can group together to form coalitions. Each coalition follows a strategy chosen from a proportional voting “dominated” by a leader's decision. The interplay of the different kind of trading strategies gives rise to complex price dynamics that is consistent with the main stylized facts of financial time series. The main goal is to give an easy way to implement different key issues in modeling the stock market, to understand the relevance and the mutual influence of certain factors that other models have treated separately, and to investigate the necessary and sufficient conditions determining the factors, which actually drive the empirical observed facts in real markets.

Recalling the introduction, the computational model described herein is formally equivalent to an *unbounded lattice gas*.

The model represents [14] three kinds of agents (or agents' strategies) trading for a set of N assets (stocks): *fundamentalists*, *noisy* and *technical traders* [15, SteiglitzHonigCohen:96]. The former consider a reference (or “fundamental”) value to determine the “right” price of an asset. The noisy are most of the “small” traders, which do not follow any reference value and do not look at charts. Their behaviour is mostly random. Lastly, technical traders are those who take into account information about the evolution of

the price, (in our case the *moving average* over certain horizons of time [16]). These are the traders that we name *chartists*.

At each time step each agent decides, if to be active or not to trade. For active traders, a different decision path is followed depending on the trading strategy. A different decision is taken for each stock on the market.

To model how the decisions of agents are influenced by their mutual interaction, we assume that the decision process undergoes a proportional voting where agents occupying the same lattice site express their preference. The single agent's decision is weighted by its *influence strength* to form the collective decision.

Finally, the model implements a quasi-realistic book-of-orders as lists of buy-orders and sell-orders are added. Matching orders on the two lists are satisfied (filled) while the remainings wait for a pair matching order to be inserted.

The model reproduce realistic crossover of the price change of an asset to Gaussian behaviour for increasing activity of traders corresponding to a larger time resolution of the simulation (figure 5).

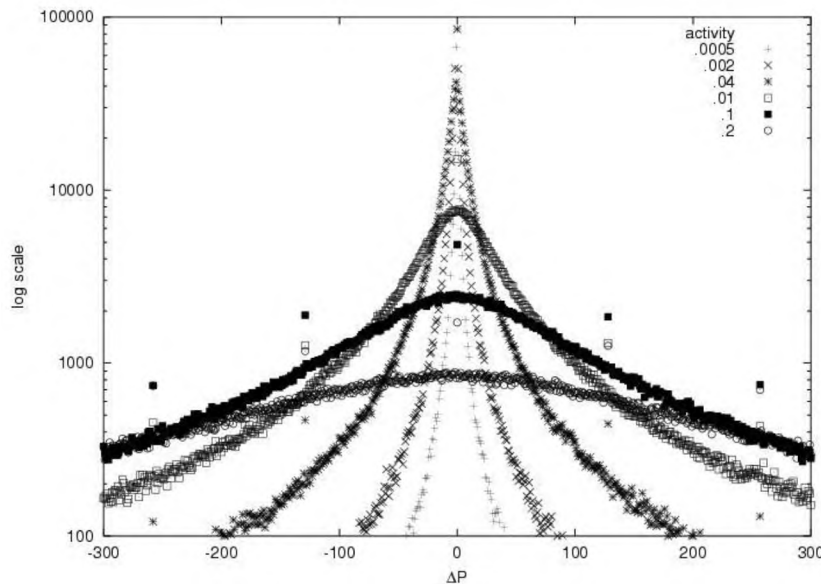


Fig. 5. Crossover to Gaussian regime of the price difference for increasing activity of the traders, i.e., decreasing time resolution of the simulation step.

It applies to an index defined on all simulated stock prices. Again, the model is consistent with fat tails of histogram of the normalised price change (the returns, see fig. 6), log-normal distribution and clustering of volatility (not shown).

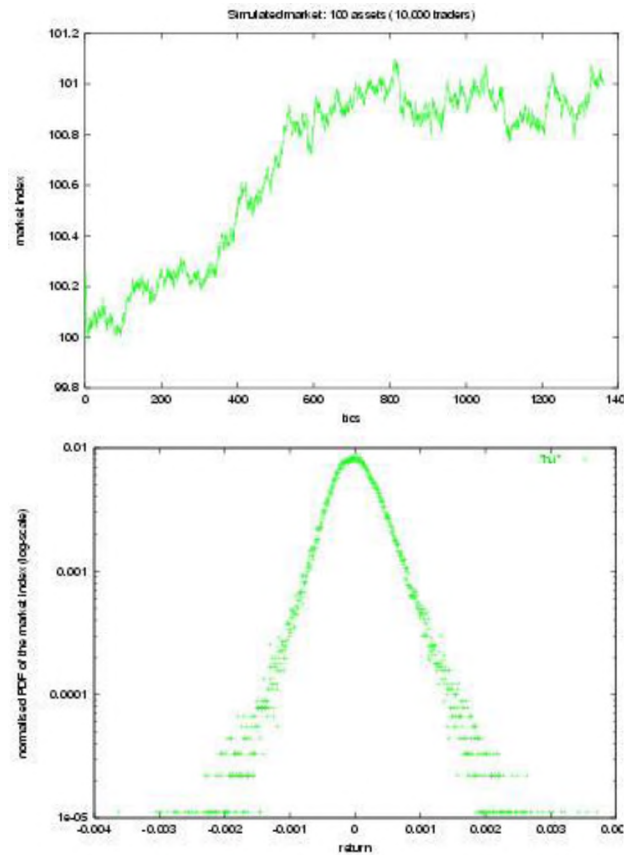


Fig. 6. Simulated market index considering 100 assets. Index dynamics (left) and its return distribution (right).

Parallel programming

The approach to the parallelization of both the above computational models is very similar. We have used MPI [17] mainly to exploit the better support for Collective Communication Primitives (CCP's) that MPI offers. In the present code, CCP's are used to perform many *reduce* operations in parallel instead of collecting all data on a single node and then process them sequentially.

The scheme, which is shown in fig. 7, can be summarized as follows. Each task of a parallel run is in charge of a subset of the total number of agents or cells according if we are talking of the financial model or the immunological model. The distribution is made according to the distribution of agents on the lattice.

All phases of the simulation are executed in parallel and there is no dependency on the total number of tasks. There are two main phases in which the tasks interact and diffuse. Then the output phase, which is performed by a single processor that we identify as the master.

During the diffusion, agents may migrate from a task to another and the communication is point-to-point. All receive operations are *posted* in advance, to avoid any dependency on the internal buffering mechanisms of MPI. To evaluate global quantities required by all tasks (e.g., the price change or the total number of cells) CCP's are employed. The same technique is applied when data are collected from all tasks before writing results to the files.

The efficiency of the parallel code depends strongly on the number of agents. This is not surprising since the overhead of the implicit synchronization required by the CCP's is, for few agents, greater or equal to the speedup due to the parallel processing.

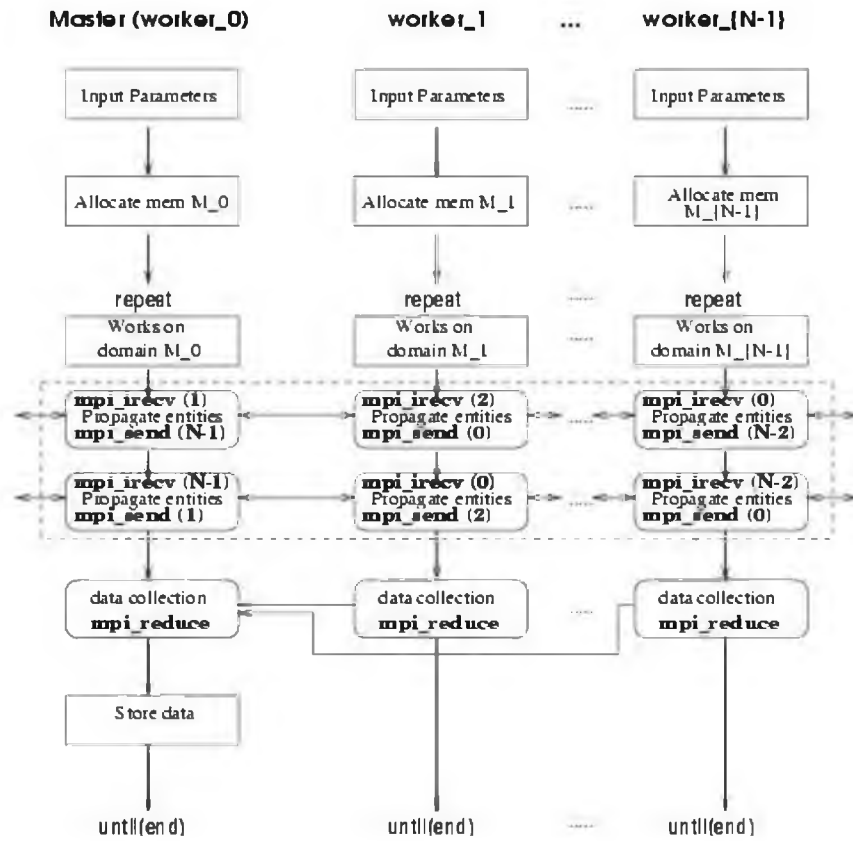


Fig. 7. Communication scheme. The numbers in parentheses represent the source, for the `mpi_irecv`, or the target, for the `mpi_send`, of the point-to-point communication operations (e.g., `mpi_irecv(1)` means receive message from worker₁, `mpi_send(N-1)` means send message to worker_(N-1)).

Owing to the MPI portability, exactly the same code runs on pretty different platforms like the Sun Enterprise 10000, the Cray T3E and the IBM SP2.

Conclusions

In the present manuscript we describe a new way of thinking at the Agent-based paradigm of modern simulation. This paradigm can be used to model systems when the knowledge of the rules governing the dynamics are mostly unknown.

Through a step-wise definition of spin models, we have derived a general definition of Unbounded Lattice Gas. The definition itself has no practical use but presenting the common denominators of two different models to simulate biological and financial processes. Some technical issues as well as the schema of the inter-process communication in the parallel version of the two models has been briefly described as an example of how computing and communication may be distributed among processors to improve the performance of the code. Something, which is needed to solve realistic-size problems.

References

1. Auyang, S. *Foundations of Complex-System Theories in Economics, Evolutionary Biology and Statistical Physics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 1998.
2. Levy, H., Levy, M., and Solomon, S. *Microscopic Simulations of Financial Markets*. Academic Press, New York, NY, 2000.
3. De Oliveira, S., De Oliveira, P., and Stauffer, D. *Evolution, Money, War, and Computers - Non-Traditional Applications of Computational Statistical Physics*. Teubner, Stuttgart-Leipzig, 1999.

4. Beck, C., and Schlogl, F. *Thermodynamics of chaotic systems*. Cambridge Univ. Press, Nonlinear Science Series, Cambridge, UK, 1993.
5. Von Neumann, J., and Burks, A. *Theory of Self-Reproducing Automata*. Urbana: U. Ill. Press, 1966.
6. Wolfram, S. *Cellular Automata and Complexity*. Addison Wesley, New York, NY, 1994.
7. Frisch, U., Hasslacher, B., and Y.Pomeau. *Lattice-gas automata for the Navier-Stokes equation*. Phys. Rev. Lett. **56**:1505-1508, 1986.
8. Boghosian, B., Yepez, J., Alexander, F., and Margolus, N. *Integer lattice gases*. Phys. Rev. E **55**:4137-4147, 1997.
9. Mandrioli, D., and Ghezzi, C. *Theoretical Foundations of Computer Science*. Krieger Publishing Company, Melbourne, Florida, 1993.
10. Quinn, M. *Parallel Computing : Theory and Practice*. McGraw-Hill, New York, NY, 1993.
11. Farmer, J. D., Packard, N., and Perelson, A. *The immune system, adaptation and machine learning*. Physica D **22**:187-204, 1986.
12. Celada, F., and Seiden, P. *A computer model of cellular interaction in the immune system*. Immunology Today **13**:56-62, 1992.
13. Celada, F., and Seiden, P. *Affinity maturation and hypermutation in a simulation of the humoral immune response*. Eur. J. Immunol. **26**:1350, 1996.
14. Castiglione, F. *Diffusion and aggregation in an agent based model of stock market fluctuations*. Int. J. Mod. Phys. C **11**:865-880, 2000.
15. Lux, T., and Marchesi, M. *Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of financial market*. Nature **397**:499-500, 1999.
16. Bernaschi, M., and Castiglione, F. *Effect of technical traders in a synthetic stock market*. Int. J. Mod. Phys. C **11**:1437, 2000.
17. The Message Passing Interface standard. www-unix.mcs.anl.gov/mpi/.

VĒŽA AUDZĒJA SVĀRSTĪBU ANALĪZE ANGIOĢENĒZES MODEĻOS *Tumour Oscillation Analysis in Angiogenesis Models*

P. Daugulis

Rēzeknes Augstskola, Inženieru fakultāte, Datorzinātņu un matemātikas katedra
Atbrīvošanas al. 90, Rēzekne, LV-4600, e-mail: pdk@ru.lv

Abstract

In this paper we describe Hopf point analysis for several systems of ordinary and time delay differential equations which encode the most important assumptions concerning angiogenesis processes induced by tumours. It is shown that in most cases Hopf points exist only if time delays are nonzero and for most nonzero time delays there are Hopf points in these families of models.

Keywords: *Hopf points, angiogenesis, ordinary differential equations, time delay differential equations.*

Ievads

Angioģenēze jeb asinsvadu tīkla attīstība ir vispāratzīts svarīgs faktors cieta vēža audzēja dinamikā [1]. Šajā rakstā mēs modelējam angioģenēzi kā zemāk aprakstītu apakšprocesu superpozīciju. Vēža audzēja šūnas var dalīties vai mirt – notiek audzēja šūnu *proliferācijas* un *nāves* procesi. Sasniedzot noteiktus izmērus un, attiecīgi, noteiktu kritisku tilpuma un virsmas laukuma attiecības vērtību, vēža audzējam sāk pietrūkt skābekļa un barības vielu – iestājas audzēja hipoksija. Šādā stāvoklī vēža audzēja šūnas sintezē un izdala proteīnus, kas stimulē nenobriedušo asinsvadu formāciju tādējādi palielinot audzēja asinsapgādi [2]. Viens no svarīgākajiem šādiem proteīniem ir VEGF (vascular endothelial growth factor). VEGF koncentrācijas palielināšanās izraisa nenobriedušos asinsvadus veidojošo endoteliālo šūnu pastiprinātu vairošanos, palielina brīvo endoteliālo šūnu mobilitāti, kas rezultātā izraisa pastiprinātu nenobriedušo asinsvadu veidošanos - *formāciju*. VEGF arī nodrošina nenobriedušo asinsvadu integritāti, un tā nepietiekamība izraisa nenobriedušo asinsvadu sabrukšanu jeb *regresiju* [3]. Papildus tam vēža audzēja šūnas izdala Ang1 proteīnu, kas saista Tie2 receptoru un paātrina nenobriedušo asinsvadu nobriešanu jeb *maturāciju* [4]. Nenobriedušos asinsvadus veido endoteliālās šūnas un nobriedušie asinsvadi tiek iegūti no nenobriedušajiem maturācijas procesā, kurā nenobriedušajiem asinsvadiem tiek pievienots pericītu slānis. Pēdējais apakšprocess, kas tiek modelēts šajā rakstā ir nobriedušo asinsvadu pericītu slāņa atdalīšanās jeb nobriedušo asinsvadu *destabilizācija*. Nenobriedušo asinsvadu un vēža audzēja šūnas izdala Ang2 proteīnu, kas bloķē Ang1-Tie2 saiti, tādējādi apturot angioģenēzes procesu un izraisot pretēju procesu – nobriedušo asinsvadu destabilizāciju [5]. Ang1/Ang2 attiecība nosaka to, kurš no procesiem dominē – maturācija vai destabilizācija.

Jāatzīmē ir arī tas, ka visi angioģenēzes apakšprocesu notiek ar laika aizturi, kuras vērtība ir dažāda dažādiem apakšprocesiem. Vislielākā zināmā laika aizture angioģenēzē ir asinsvadu dinamikā, visas zināmās laika aiztures vērtības proteīnu indukcijas procesos ir ievērojami (vairāk nekā 10 reizes) mazākas nekā tipisks laika intervāls, kurā var notikt asinsvadu sistēmas izmaiņa.

Eksperimentālu pētījumu [6] un diskretu modeļu analīzes rezultātā [7] ir iegūti novērojumi, ka noteiktos apstākļos un stadijās vēža audzēja izmēri nav monotoni augošas laika funkcijas, bet tiem ir svārstību raksturs. Acīmredzami, no medicīniskiem apsvērumiem ir skaidrs, ka oscilējošs vēža audzēja stāvoklis ir labāks nekā monotoni augošs, tāpēc, ka oscilācijas pagarina slimības neterminālo stadiju. Mēs varam uzdot jautājumus par to, kādi nosacījumi un atgriezeniskās saites ir svarīgas, lai oscilācijas būtu iespējamās, un vai ir iespējams ar terapeitiskām metodēm uzturēt vēža audzēju oscilējošā stāvoklī neierobežoti ilgi. Šī vēlme stimulē mūs definēt vienkāršus angioģenēzes modeļus kā parasto pirmās kārtas

diferenciālvienādojumu sistēmas (PDVS) un parasto diferenciālvienādojumu sistēmas ar laika aizturi (PDVSLA). Mūsu viedoklis ir tāds, ka jebkura saprātīga parciālo diferenciālvienādojumu sistēmas reprezentācijas vai citas reprezentācijas redukcija uz parasto diferenciālvienādojumu sistēmas reprezentāciju angioģenēzes procesiem saglabās aprakstītās pamatīpašības.

Šajā rakstā mēs definējam vairākas daudzparametru PDVS un PDVSLA saimes, kurās ir iekodēti vissvarīgākie zināmie fakti un pieņēmumi par vēža audzēja izraisītajiem angioģenēzes procesiem. Mūsu viedoklis ir tāds, ka par šiem modeļiem ir vērts uzdot kvalitatīvus jautājumus par sistēmas uzvedību lokāli attiecībā uz laiku. Šādu jautājumu piemēri ir nekustīgie punkti un to stabilitāte un Hopfa punktu eksistence. Sakarā ar to, ka mēs esam ieinteresēti vēža audzēja un apkārtējās asinsvadu sistēmas periodiskas vai kvaziperiodiskas uzvedības izpētē, mēs analizējam šos modeļus attiecībā uz Hopfa punktu eksistenci (skat. III nodaļu). Mūsu mērķis ir noteikt, vai Hopfa punkti eksistē dotajā modelī. Mēs parādām, ka netriviāli Hopfa punkti eksistē tikai modeļos, kuros ir laika aizture. Papildus tam, mēs parādām, ka visi bioloģiski iespējamie nekustīgie punkti (ar pozitīvu vēža audzēja izmēru) ir Hopfa punkti, ja laika aiztures ir pozitīvas.

Vispārīgi pieņēmumi par modeļiem

Mēs uzskatām, ka angioģenēzes modeļos ir trīs mainīgu bezdimensionālu bioloģisku lielumu jeb kompartmentu grupas:

- vēža audzēja šūnu skaits (apzīmēts ar N),
- angioģenēzes procesos iesaistīto proteīnu daudzumi vēža audzēja apkārtņē (piemēram, P_1 ir proteīns, kas kontrolē nenobriedušo asinsvadu formāciju un regresiju, P_2 ir proteīns, kas kontrolē maturāciju u.c.),
- asinsvadu sistēmas efektīvais tilpums (pilnais, nenobriedušo vai nobriedušo asinsvadu tilpums, apzīmēts ar V , V_1 vai V_2) vēža audzēja apkārtņē.

Mēs apskatām tikai PDVS vai PDSLAs. Acīmredzot mūs interesē tikai pozitīvas N vērtības un nenegatīvas pārējo mainīgo lielumu vērtības.

Visos modeļos mēs pieņemam sigmoidālo signālu dinamiku šādā nozīmē. Ja ir process, kura rezultātā notiek pāreja no mainīgā A uz mainīgo B (piemēram, nenobriedušo asinsvadu maturācijas rezultātā notiek nenobriedušo asinsvadu mainīgā samazināšanās un nobriedušo asinsvadu mainīga palielināšanās) un pārejas intensitāte ir atkarīga no mainīgā C , tad diferenciālvienādojumos, kas apraksta kompartmentu A un B dinamiku ir locekļi formā $\pm f(C)A$, kur f ir sigmoidāla funkcija – gluda, monotona funkcija, kuras grafikam ir abas horizontālās asimptotas. Tāda signāla funkcijas formas izvēle ir saistīta ar to, ka saskaņā ar eksperimentāliem novērojumiem bioloģisko procesu intensitāte nemainās, ja signāla vērtība atrodas ārpus noteikta jūtīguma intervāla un ir monotoni atkarīga no signāla vērtības jūtīguma intervālā. Mūsu analizē nav nepieciešams zināt šo sigmoidālo funkciju precīzu formu, un mēs neceram, ka to ir viegli iegūt, apstrādājot eksperimentu datus. Varam atzīmēt, ka datorsimulācijās ir ērti izmantot elementārās funkcijas formā $f(x) = \frac{1}{1 + e^{k(x+s)}}$.

Mēs pieņem, ka vēža audzēja dinamiku nosaka skābekļa un barības vielu pieejamība. Katrai vēža audzēja šūnai laika vienībā piegādātais skābekļa un barības vielu daudzums ir proporcionāls summārajam asinsvadu tilpumam audzēja iekšienē un apkārtņē.

Lai ņemtu vērā šo apstākli, mēs definējam papildus mainīgos, ko saucam par *efektīvajiem asinsvadu blīvumiem* (E_1, E_2 un E - attiecīgi nenobriedušo, nobriedušo un pilnais asinsvadu blīvums) un kuri tiek aprēķināti, izdalot asinsvadu tilpumu ar audzēja šūnu

skaitu [7]. Lai vienkāršotu modeļus, mēs pieņemam, ka asinsvadu sienu caurlaidības spēja (perfūzija) nenobriedušajiem un nobriedušajiem asinsvadiem ir vienāda. Vēža audzēja šūnu skaita N dinamikai mēs pieņemam vienkāršu Maltusa vienādojumu šādā formā:

$$\frac{dN(t)}{dt} = f_1(E)N(t), \quad (1)$$

kur f_1 ir augoša sigmoidāla funkcija, kura apraksta audzēja šūnu proliferāciju un nāvi:

$$f_1(0) < 0, \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} f_1(x) > 0 \quad (2)$$

Attiecībā uz proteīnu kompartmentu dinamiku mēs pieņemam, ka tos var izdalīt audzējs un nenobriedušie asinsvadi, tie var degradēties dabiskā sabrukšanas procesā un (vienā modelī) tos var absorbēt nenobriedušie asinsvadi, kas atrodas formācijas stadijā. Attiecībā uz asinsvadu kompartmentu dinamiku mēs pieņemam, ka tā ir četru procesu superpozīcija: notiek nenobriedušo asinsvadu formācija un regresija, nenobriedušo asinsvadu maturācija un nobriedušo asinsvadu destabilizācija. Mēs pieņemam, ka šie procesi tiek regulēti ar sigmoidālām signālfunkcijām, kas ir atkarīgas no noteiktu proteīnu daudzuma. Mēs apskatām arī modeļus, kuros audzēja proliferācijas/nāves signāliem un asinsvadu dinamikas signāliem ir laika aizture.

Diferenciālvienādojumu sistēmu lokālo svārstību analīzes - Hopfa punktu matemātiskais aparāts

Šajā nodaļā mēs atgādināsim lasītājam svarīgākos faktus par Hopfa punktiem parasto diferenciālvienādojumu sistēmās un parasto diferenciālvienādojumu sistēmās ar laika aizturi [8, 9]. Pieņemsim, ka ir dota autonoma pirmās kārtas PDVS

$$v' = F(v, \mu), \quad (3)$$

kur $v \in R^n$ ir sistēmas mainīgo lielumu vektors un $\mu \in R^m$ ir sistēmas parametru vektors. Mēs neprecizējam naturālā skaitļa m vērtību, jo tā ir atkarīga no sigmoidālo funkciju formas. Mēs teiksim, ka sakārtots pāris $(v_0, \mu_0) \in R^n \times R^m$ ir Hopfa punkts, ja eksistē $\varepsilon > 0$ tāds, ka eksistē gluda funkcija $\varphi: [-\varepsilon, \varepsilon] \rightarrow R^n \times R^m$, $\varphi(\xi) = (v_\xi, \mu_\xi)$, kas apmierina šādas īpašības:

- $\varphi(0) = (v_0, \mu_0)$,
- $F(\varphi(\xi)) = 0$ visiem $\xi \in [-\varepsilon, \varepsilon]$
- linearizācijas matricai (skat. zemāk) punktā (v_ξ, μ_ξ) ir vismaz viens pāris kompleksi saistītu kompleksu īpašvērtību $\alpha(\xi) \pm i\beta(\xi)$ visiem $\xi \in [-\varepsilon, \varepsilon]$ un izpildās nosacījumi $\alpha(0) = 0$, $\alpha'(0) \neq 0$, $\beta(0) \neq 0$,
- visām pārējām linearizācijas matricas īpašvērtībām, izņemot $\pm i\beta(0)$, reālās daļas ir atšķirīgas no 0.

Tehniskā ziņā atrast sistēmas Hopfa punktus PDVS ar gludām labās puses funkcijām nozīmē atrast visus nekustīgos punktus (kas ir atkarīgi no sistēmas parametriem), atrast īpašvērtības raksturīgajai matricai $M - \lambda I$, kur $M = \left\{ \frac{\partial F_i}{\partial v_j} \right\}_{i=1, j=1}^{n,n}$ ir sistēmas linearizācijas matrica nekustīgā punktā, atrast nosacījumus, kuriem ir jāizpildās, lai tieši vienam īpašvērtību pārim reālā daļa būtu 0, parādīt, ka nekustīgo punktu virsma šķēļ imagināra īpašvērtību pāra eksistences virsmu un atrast asociēto līkni. Īpašvērtības ir raksturīgā vienādojuma

$$\det(M - \lambda I) = 0 \tag{4}$$

saknes.

Parasto diferenciālvienādojumu sistēma ar laika aizturi ir jāanalizē līdzīgā veidā ar to atšķirību, ka raksturīgais vienādojums ir transcendent. Pieņemsim, ka ir PDSL ar aizturu vektoru $\tau = (\tau_1, \dots, \tau_k)$. Apzīmēsim $v_\tau = v(t - \tau)$ un vektoru $(v_{1\tau_1}, v_{2\tau_2}, \dots, v_{n\tau_n})$ ar v_{τ_i} . Šajos apzīmējumos mums ir dota sistēma

$$v' = F(v, v_{\tau_1}, \dots, v_{\tau_k}, \mu, \tau) \tag{5}$$

Lai atrastu Hopfa punktus šādai sistēmai, mums vienādojuma (4) vietā ir jāatrisina vienādojums

$$\det(\tilde{M}) = 0, \tag{6}$$

kur

$$\tilde{M} = M + \sum_{i=1}^k M_{\tau_i} e^{-\lambda \tau_i} - \lambda I \tag{7}$$

un

$$M_{\tau_i} = \left\{ \frac{\partial F_i}{\partial v_{\tau_i, j}} \Big|_{v=v_0} \right\}_{i=1, j=1}^{n,n}. \tag{8}$$

Pieņemot mūsu sistēmu gludumu un atrašanos vispārējā stāvoklī, mēs uzskatīsim, ka Hopfa punkta eksistence ir pierādīta, ja eksistē parametru kopa, ar kuru raksturīgajam vienādojumam ir tīri imaginārs atrisinājums. Papildus informācijai par sistēmām ar laika aizturi skatīt [9]. Jebkurā sistēmā Hopfa punkti parasti tiek pētīti, ja ir interese par sistēmas periodisko vai kvaziperiodisku uzvedību. Mūs, protams, interesē tikai nekustīgie punkti ar pozitīviem vēža audzēja izmēriem. Piezīmēsim, ka mainīgo vērtības nekustīgajos punktos mēs apzīmēsim ar tiem pašiem burtiem kā pašus mainīgos.

Trīsdimensionāli modeļi

Šajā nodaļā mēs pētām modeļus, kuriem ir trīs neatkarīgi mainīgie – vēža audzēja šūnu skaits jeb izmērs N , kopējais asinsvadu tilpums V un proteīna daudzums P . Atzīmēsim, ka šajos modeļos mēs nediferencējam nenobriedušos un nobriedušos asinsvadus un neprecizējam proteīna dabu. Vienīgais pieņēmums par proteīnu ir tāds, ka tas kontrolē asinsvadu formāciju un regresiju sigmoidālā veidā. Lai izvairītos no singularitātēm sistēmas analizē, mēs veiksīm mainīgo substitūciju $V \rightarrow E = \frac{V}{N}$.

Pamatmodelis

Šajā visvienkāršākajā modelī mēs pieņemam, ka a) N izmaiņas ātrumu nosaka Maltusa likums, kura koeficients ir sigmoidāli atkarīgs no E , b) proteīns P tiek izdalīts no audzēja šūnām ar intensitāti, kas ir sigmoidāli atkarīga no E , un tiek degradēts dabiskas sabrukšanas ceļā ar sabrukšanas konstanti δ un c) asinsvadu tilpuma V izmaiņas ātrums arī ir sigmoidāli atkarīgs no P . Tādējādi mums ir sistēma

$$\begin{cases} N' = f_1(E)N \\ P' = f_2(E)N - \delta P, \\ V' = f_3(P)V \end{cases} \quad (9)$$

kur

$$f_{1,3}(0) < 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} f_{1,3}(x) > 0, f_2(x) > 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} f_2(x) = 0 \quad (10)$$

Pēc substitūcijas $V \rightarrow E = \frac{V}{N}$ mēs iegūstam sistēmu

$$\begin{cases} N' = f_1(E)N \\ P' = f_2(E)N - \delta P \\ E' = f_3(P)E - f_1(E)E \end{cases} \quad (11)$$

Šim modelim ir viena nekustīgo punktu saime ar nosacījumu $N > 0$, kas ir uzdota ar vienādojumiem $f_1(E) = 0, f_3(P) = 0, N = \frac{\delta P}{f_2(E)}$. Sistēmas linearizācijas matrica šāda punkta apkārtnē ir

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & f_1'(E)N \\ f_2(E) & -\delta & f_2'(E)N \\ 0 & f_3'(P)E & -f_1'(E)E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & a'N \\ b & -\delta & -b'N \\ 0 & c'E & -a'E \end{pmatrix} \quad (12)$$

kur visi jaunie parametri a', b, b', c' ir pozitīvi. Aprēķinot raksturīgo polinomu, mēs iegūstam, ka

$$\begin{aligned} \det(M - \lambda I) &= -(\lambda^3 + \lambda^2(a'E + \delta) + \lambda(a'\delta E + b'c'NE) - (a'bc'NE)) = \\ &= -(\lambda^3 + c_2\lambda^2 + c_1\lambda + c_0) \end{aligned} \quad (13)$$

Lai vienādojumam $\det(M - \lambda I) = 0$ būtu pāris tīri imagināru sakņu, ir jāizpildās nosacījumam

$$\det(M - \lambda I) = \pm(\lambda^2 + A)(\lambda + B) = \pm(\lambda^3 + B\lambda^2 + A\lambda + AB), \quad (14)$$

kur $A > 0$. Tā kā $c_0 < 0, c_2 > 0, c_1 > 0$, tad raksturīgajam polinomam nav tīri imagināru sakņu un tātad šajā modelī nav Hopfa punktu ar $N > 0$.

Modelis ar proteīna absorbciju

Mēs varam iepriekš definēto modeli nedaudz sarežģīt, pieņemot, ka asinsvadi, kas atrodas formācijas stadijā, absorbē proteīnu kā “degvielu” formācijas procesam. Tādējādi vienādojums proteīna dinamikai ir šāds:

$$P' = f_2(E)N - \delta P - f_c(V')P, \quad (15)$$

kur funkcijām f_1, f_2, f_3 ir tādas pašas īpašības kā iepriekšējā modelī (9) un

$$f_c(x) > 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} f_c(x) > 0, f_c(0) \approx 0 \quad (16)$$

Šajā gadījumā sistēma ir šāda:

$$\begin{cases} N' = f_1(E)N \\ P' = f_2(E)N - \delta P - f_c(f_3(P)EN)P \\ E' = f_3(P)E - f_1(E)E \end{cases} \quad (17)$$

Sistēmai (17) ir viena nekustīgo punktu saime ar nosacījumu $N > 0$, kas ir dota ar vienādojumiem

$$f_1(E) = 0, f_3(P) = 0, f_2(E)N - \delta P - f_c(0)P = 0. \quad (18)$$

Linearizācijas matrica šajā punktā ir

$$\begin{aligned} M &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & f_1'(E)N \\ f_2(E) & -\delta - f_c(0) - f_c'(0)f_3'(P)NPE & f_2'(E)N \\ 0 & f_3'(P)E & -f_1'(E)E \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & a'N \\ b & -\delta - d - c'd'NPE & -b'N \\ 0 & c'E & -a'E \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (19)$$

kur visi parametri $a', b, b', c', d, d', N, P, E$ ir pozitīvi. Raksturīgajam vienādojumam šajā gadījumā nav tīri imagināru sakņu tā paša iemesla dēļ, kas bija spēkā vienādojumam (13), un tādējādi arī šajā sistēmā nav Hopfa punktu.

Modelis ar laika aizturi

Vēl viens veids, kā padarīt trīsdimensionālo modeli precīzāku, ir pieļaut laika aizturi dažādiem bioloģiskiem signāliem.

Bioloģisku apsvērumu dēļ mēs ieviešam laika aiztures τ_1 un τ_2 attiecīgi audzēja šūnu proliferācijas/nāves un asinsvadu formācijas/regresijas signāliem. Sistēma izskatās šādi:

$$\begin{cases} N' = f_1(E_{\tau_1})N \\ P' = f_2(E)N - \delta P \\ V' = f_3(P_{\tau_2})V \end{cases} \quad (20)$$

vai, veicot substitūciju,

$$\begin{cases} N' = f_1(E_{\tau_1})N \\ P' = f_2(E)N - \delta P \\ E' = f_3(P_{\tau_2})E - f_1(E_{\tau_1})E \end{cases} \quad (21)$$

Sistēmai (21) ir tādi paši nekustīgie punkti kā sistēmai (11). Mēs atkal esam ieinteresēti nekustīgajos punktos, kas ir uzdoti ar vienādojumiem

$$f_1(E) = 0, \quad f_3(P) = 0, \quad N = \frac{\delta P}{f_2(E)}. \quad (22)$$

Raksturīgais vienādojums šajā gadījumā ir

$$\det(\tilde{M}) = \det(M + M_{\tau_1} e^{-\lambda\tau_1} + M_{\tau_2} e^{-\lambda\tau_2} - \lambda I) = 0, \quad (23)$$

kur

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ f_2(E) & -\delta & f_2'(E)N \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad M_{\tau_1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & f_1'(E)N \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -f_1'(E)E \end{pmatrix}, \quad (24)$$

$$M_{\tau_2} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & f_3'(P)E & 0 \end{pmatrix}.$$

Aprēķinot matricas \tilde{M} determinantu, mēs iegūstam vienādojumu

$$\lambda^3 + e^{-\lambda\tau_1} \lambda^2 (a' E) + \lambda^2 \delta + e^{-\lambda\tau_1} \lambda (\delta a' E) + e^{-\lambda\tau_2} \lambda (b' c' EN) - e^{-\lambda(\tau_1+\tau_2)} (a' b c' NE) = 0 \quad (25)$$

Pārāpzmējot parametrus, mēs iegūsim vienādojumu

$$\lambda^3 + c_1 e^{-\lambda\tau_1} \lambda^2 + \lambda^2 \delta + c_1 \delta e^{-\lambda\tau_1} \lambda + c_2 e^{-\lambda\tau_2} \lambda - c_3 e^{-\lambda(\tau_1+\tau_2)} = 0, \quad (26)$$

kur c_i ir pozitīvi parametri, kas ir neatkarīgi no nekustīgā punkta koordinātēm un viens no otra. Ja vismaz viena no laika aizturēm ir atšķirīga no 0, tad, manipulējot parametrus c_i , mēs varam panākt, ka vienādojumam (26) eksistē sakne $\lambda = iy$. Iegūtos rezultātus mēs varam apkopot šādā apgalvojumā.

APGALVOJUMS 1 PDVS (11) un (17) neeksistē Hopfa punkti ar nosacījumu $N > 0$. PDSL (21) katrs nekustīgais punkts ar nosacījumu $N > 0$ ir Hopfa punkts, ja $\tau_1 > 0$ vai $\tau_2 > 0$.

Modeļi ar mainīgo skaitu 5 un 6

Lai palielinātu modeļu kompleksitāti un padarītu tos reālistiskākus, mēs palielināsim kompartmentu skaitu proteīniem un asinsvadiem. Visos zemāk definētajos modeļos ir divi kompartmenti asinsvadiem – nenobriedušo un nobriedušo asinsvadu tilpumi. Ir zināms, ka trīs proteīni – VEGF, Ang1 un Ang2 spēlē galveno lomu angiogēnēzē, tāpēc mēs apskatīsim šo proteīnu kombinācijas. Mēs uzskatīsim, ka VEGF izdala audzējs ar intensitāti, kas ir sigmoidāli atkarīga no E , Ang1 izdala audzējs ar konstantu intensitāti un Ang2 izdala nenobriedušie asinsvadi ar konstantu intensitāti. Visos modeļos tiek pieļauta laika aizture.

Modelis ar VEGF un Ang1

Apskatīsim modeli, kurā ir nenobriedušo asinsvadu maturācija un nobriedušo asinsvadu destabilizācija. Šajā modelī P_1 ir VEGF un P_2 ir Ang1. Pieņemsim, ka Ang2 daudzums ir konstants. Mēs ieviešam maturāciju un destabilizāciju, izmantojot papildus locekļus diferenciālvienādojumu labajā pusē. Ieviesīsim laika aiztures τ_1 , τ_2 un τ_3 attiecīgi audzēja šūnu proliferācijas/nāves, nenobriedušo asinsvadu formācijas/regresijas un destabilizācijas signāliem. Iegūsim sistēmu

$$\begin{cases} N' = f_1(E_{\tau_1})N \\ P_1' = f_2(E)N - \delta_1 P_1 \\ P_2' = \alpha N - \delta_2 P_2 \\ V_1' = f_3(P_{1\tau_2})V_1 - f_4(P_2)V_1 + f_5(P_{2\tau_3})V_2 \\ V_2' = f_4(P_2)V_1 - f_5(P_{2\tau_3})V_2 \end{cases} \quad (27)$$

kur f_1, f_2, f_3 ir definētas tāpat kā sistēmā (9) un

$$f_{4,5}(x) > 0, \lim_{x \rightarrow -\infty} f_4(x) = 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} f_5(x) = 0. \quad (28)$$

Veicot substitūcijas $V_1 \rightarrow E_1$, $V_2 \rightarrow E_2$ un $E_2 \rightarrow E = E_1 + E_2$, mēs iegūstam sistēmu

$$\begin{cases} N' = f_1(E_{\tau_1})N \\ P_1' = f_2(E)N - \delta_1 P_1 \\ P_2' = \alpha N - \delta_2 P_2 \\ E_1' = f_3(P_{1\tau_2})E_1 - f_4(P_2)E_1 + f_5(P_{2\tau_3})(E - E_1) - f_1(E_{\tau_1})E_1 \\ E' = f_3(P_{1\tau_2})E_1 - f_1(E_{\tau_1})E \end{cases} \quad (29)$$

Šai sistēmai ir viena nekustīgo punktu saime ar nosacījumu $N > 0$, kas ir uzdots ar vienādojumiem

$$f_1(E) = 0, f_3(P_1) = 0, N = \frac{\delta_1 P_1}{f_2(E)}, P_2 = \frac{\alpha \delta_2 P_1}{\delta_2 f_2(E)}, E_1 = \frac{f_5(P_2)}{f_4(P_2) + f_5(P_2)} \quad (30)$$

Nekustīgajam punktam, kas ir uzdots ar (30), raksturīgais vienādojums ir $\det(\tilde{M}) = 0$, kur

$$\tilde{M} = \begin{pmatrix} -\lambda & 0 & a' N e^{-\lambda \tau_1} & 0 & 0 \\ b & -\delta_1 - \lambda & -b' N & 0 & 0 \\ 0 & c' E_1 e^{-\lambda \tau_2} & -a' N e^{-\lambda \tau_1} - \lambda & 0 & 0 \\ * & * & * & -\delta_2 - \lambda & 0 \\ * & * & * & * & -d - e - \lambda \end{pmatrix} \quad (31)$$

Analizējot matricas bloku struktūru, iegūstam, ka

$$\det(\tilde{M}) = -(\lambda + e + d)(\lambda + \delta_2)g(\lambda) = 0, \quad (32)$$

kur polinomam $g(\lambda)$ ir tāda pati struktūrā kā (13) ar laika aizturēm τ_1, τ_2 . Ievērosim, ka (32) nav atkarīgs no τ_3 . Secinājums attiecībā uz šo modeli ir tāds pats, kā uz modeli (21).

Modelis ar trīs proteīniem un jauktu maturācijas/destabilizācijas signālu

Šajā modelī mēs izdarām visreālistiskāko pieņēmumu, ka maturācijas/destabilizācijas signāls ir atkarīgs no proteīnu Ang1 un Ang2 sajaukuma. Sakarā ar to, ka proteīnu daudzumu attiecība Ang1/Ang2 tiek uzskatīta par svarīgu parametru, mēs ieviešam palīgparametru $p = P_{21} - kP_{22}$, kur P_{21} ir Ang1 daudzums un P_{22} ir Ang2 daudzums. Ieviešim laika aizturi audzēja šūnu proliferācijas/nāves, nenobriedušo asinsvadu formācijas/regresijas un maturācijas/destabilizācijas signāliem. Veiksim arī standarta mainīgi substitūcijas kā iepriekšējos modeļos. Iegūsim sistēmu

$$\begin{cases} N' = f_1(E_{\tau_1})N \\ P_1' = f_2(E)N - \delta_1 P_1 \\ P_{21}' = \alpha_1 N - \delta_{21} P_{21} \\ P_{22}' = \alpha_2 E_1 N - \delta_{22} P_{22} \\ E_1' = f_3(P_{1\tau_2})E_1 - f_4(p_{\tau_3})E_1 + f_5(p_{\tau_4})(E - E_1) - f_1(E_{\tau_1})E_1 \\ E' = f_3(P_{1\tau_2})E_1 - f_1(E_{\tau_1})E \end{cases} \quad (33)$$

kur f_1, f_2, f_3 ir definētas tāpat kā sistēmā (9) un

$$f_{4,5}(x) > 0, \lim_{x \rightarrow -\infty} f_4(x) = 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} f_5(x) = 0. \quad (34)$$

Sistēmai (33) ir viena nekustīgo punktu saime ar $N > 0$, kas ir noteikta ar vienādojumiem

$$f_1(E) = 0, f_3(P_1) = 0, N = \frac{\delta_1 P_1}{f_2(E)}, P_{21} = \frac{\alpha \delta_2 P_1}{\delta_{21} f_2(E)}, \begin{cases} f_5(p)E = (f_4(p) + f_5(p))E_1 \\ \delta_{22} P_{22} = \alpha_2 E_1 \frac{\delta_1 P_1}{f_2(E)} \end{cases} \quad (35)$$

Atzīmēsim, ka šai vienādojumu sistēmai ir vismaz viens pozitīvs atrisinājums, jo funkcijas f_4 un f_5 ir sigmoidālas.

Šajā gadījumā raksturīgajai matricai \tilde{M} ir trīs diagonāles bloki: ir 3×3 bloks, kas ir atkarīgs no τ_1 un τ_2 un kura raksturīgais vienādojums ir līdzīgs (23), ir 1×1 bloks un ir jauna tipa 2×2 bloks, kas ir atkarīgs no τ_3 un τ_4 . Raksturīgais vienādojums šajā gadījumā ir

$$\det(\tilde{M}) = \pm(\lambda + \delta_{22})g(\lambda)h(\lambda) = 0, \quad (40)$$

kur $g(\lambda)$ ir tāda pati struktūrā kā (25) ar laika aizturēm τ_1 un τ_2 un

$$h(\lambda) = \lambda^2 + c_1 \lambda + c_2 - c_3 e^{-\lambda \tau_3} + c_4 e^{-\lambda \tau_4}, \quad (41)$$

kur c_i ir pozitīvi parametri, kas ir neatkarīgi no fiksētā punkta koordinātēm un no parametriem, kas ir iesaistīti 3×3 blokā. Vienīgā saite, kas tos saista, ir nevienādība $c_2 \leq \frac{c_1^2}{4}$. Ja vismaz viena laika aizture ir pozitīva, tad, manipulējot parametrus, mēs varam atrast tādu parametru konfigurāciju, ka vienādojumam (41) eksistē tīri imagināra sakne $\lambda = iy$.

Apkoposim iegūtos rezultātus šādā apgalvojumā.

APGALVOJUMS 2 Sistēmai (27) katrs fiksētais punkts ar $N > 0$ ir Hopfa punkts, ja $\tau_1 > 0$ vai $\tau_2 > 0$. Sistēmai (33) katrs fiksētais punkts ar $N > 0$ ir Hopfa punkts, ja vismaz viena no laika aizturēm ir pozitīva.

Secinājumi

Mēs piedāvājam šādu iegūto rezultātu interpretāciju. Pamatmodelī (11) nav Hopfa punktu. Šo rezultātu var izskaidrot ar to, ka nekustīgā punkta apkārtne pastāv atgrizeniskas saiknes, kas atbilst orientētiem cikliem linearizācijas matricas grafā: pozitīvā atgrizeniskā saikne $N \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow N$, kurā visu šķautņu svāri ir pozitīvi, un stabilizējošā saikne $P \leftrightarrow E$, kurā šķautņu svāriem ir dažādas zīmes. Pozitīvā atgrizeniskā saikne ir iemesls sistēmas monotonajai, neoscilējošai uzvedībai nekustīgā punkta apkārtne. Proteīna absorbcijas ieviešana nemaina neviena linearizācijas matricas elementa zīmi, tāpēc Hopfa punkti nerodas. No otras puses, laika aiztures ieviešana proliferācijas/nāves vai formācijas/regresijas signālā izmaina zīmi matricas elementos, kas piedalās atgrizeniskās saiknes ciklā $N \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow N$ un rada Hopfa punktu, kam atbilst sistēmas kvaziperiodiska uzvedība, ja parametri pieņem noteiktas vērtības.

Piecdimensionālajam modeļim (27) raksturīgā matrica ir trijstūrveida formā, kurā ir trīs diagonāles bloki: 3×3 bloks, kas atbilst ciklam $N \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow N$, un divi viendimensionāli bloki. Šajos modeļos rezultāti ir tādi paši kā trīsdimensionālajos modeļos. Var ievērot, ka matricas elementi, kas ir atkarīgi no τ_3 , ir zem diagonāles blokiem, tāpēc laika aizture τ_3 nedod ieguldījumu jaunu atgrizenisku saikņu veidošanā.

Modelim ar sešiem mainīgajiem (33) raksturīgā matrica ir trijstūrveida formā ar trīs diagonāles blokiem: $N \rightarrow P \rightarrow E \rightarrow N$, $P_{21} \leftrightarrow P_{21}$ un $P_{22} \leftrightarrow E_1$. Mēs atkal to varam interpretēt kā sistēmas sadalīšanos trīs apakšsistēmās tā, ka 3×3 un 2×2 bloki var izraisīt sistēmas oscilācijas, ja matricu elementi ir alternējoši. Vēlreiz uzsvērsim, ka visās sistēmās Hopfa punkti parādās tikai laika aiztures ieviešanas rezultātā.

Aprakstītie rezultāti norāda uz to, ka pat vienkāršākie vēža attīstības matemātiskie modeļi, kuros ir fiksēti tikai svarīgākie zināmie procesi, pieļauj vēža audzēja oscilācijas. Šie novērojumu pareiza izmantošana var novest pie jaunām, efektīvām terapeitiskām metodēm vēža slimības ārstēšanā.

Pateicība

Aprakstītais darbs tika veikts Medicīniskās Biomatemātikas Institutā, Izraēlā ES 5. ietvara finansēta projekta "Matemātiskās modelēšanas un datorsimulēšanas izmantošana vēža terapijas uzlabošanai", HPRN-CT-2000-00105, ietvaros. Autors pateicas Z. Agurai, L. Arakēļam, J. Ginosaram par aktīvo līdzdalību šī darba veikšanā.

Literatūra

1. J. Folkman, Angiogenesis in cancer, vascular, rheumatoid and other disease, *Nat. Med.* 1(1):27-31, 1995.
2. A. Namiki, E. Brogi, M. Kearney, E. A. Kim, T. Wu, T. Couffinhal, L. Varticovski, J. M. Isner, Hypoxia Induces Vascular Endothelial Growth factor in Cultured Human Endothelial Cells, *JBC Volume 270 Number 52*, 31189-31195, 1995.
3. S. J. Holash, G. D. Wiegand, G. D. Yancopoulos, New model of tumor angiogenesis: dynamic balance between vessel regression and growth mediated by angiopoietin and VEGF, *Oncogene* 18, 5356-5362, 1999.
4. S. Davis, T. H. Aldrich, P. F. Jones, A. Acheson, D. L. Compton, V. Jain, T. E. Ryan, J. Bruno, C. Radziejewski, P. C. Maisonpierre, G. D. Yancopoulos, Isolation of Angiopoietin-1, a Ligand for the Tie-2 receptor, by Secretion-Trap Expression Cloning, *Cell* 87, 1161-1169, 1996.
5. P. C. Maisonpierre, C. Suri, P. F. Jones, S. Bartunkova, S. J. Wiegand, C. Radziejewski, D. Compton, J. McClain, T. H. Aldrich, N. Papadopoulos, T. J. Daly, S. Davis, T. N. Sato, G. D. Yancopoulos, Angiopoietin-2, a Natural Antagonist for Tie2 That Disrupts in vivo Angiogenesis, *Science* 277:5322, 55-60, 1997.
6. A. Gilead, M. Neeman, Dynamic remodelling of the vascular bed precedes tumor growth: MLS ovarian carcinoma spheroids implanted in nude mice, *Neoplasia* 1, 226-230, 1999.
7. Z. Agur, L. Arakelyan, V. Vainshtein, A computer algorithm describing the process of vessel formation and maturation, and its use for predicting the effects of anti-angiogenic and anti-maturation therapy on vascular tumor growth, *Angiogenesis*, *submitted*.
8. C. Chicone, *Ordinary Differential Equations with Applications*, Springer Verlag, 1998.
9. J. K. Hale and S. M. Verduyn Lunel, *Introduction to Functional Differential Equations*, volume 99 of Applied Mathematical Sciences, Springer Verlag, 1993.

TELPAS TERMISKĀ KOMFORTA APSTĀKĻU DATORMODELĒŠANA

Application of Mathematical Models in Analysis of Heat Losses in the Buildings

S. Gendels

Latvijas Universitāte

Zeļļu 8, Rīga, tālr. 7033783, e-pasts: stasis@modlab.lv, fakss: 7033781

Abstract

Physical model of heat balance for separate living room is discussed, which allows to analyse the distributions of the flow of air and temperature depending on the physical conditions and geometry. The model enables to choose the optimal surface area of building elements and their properties in order to decrease the heat losses and improve the conditions of thermal comfort.

Room with bounding constructions and real dimensions is modelled that helps to understand the peculiarities of heat transfer process in the room as well as distribution of various characteristic quantities and their dependence on the different conditions. Multiple parameters are varied in 2D calculations and their influence on the distributions of temperature and velocity fields is analysed, which characterises the conditions of the thermal comfort.

On the basis of considered model, the quantity of heat has been estimated that inflows or outflows through the bounding constructions. The power of convector is estimated, too, at a given temperature of the surface of convector. It is possible to estimate the heat transfer coefficients of the surfaces of bounding constructions with various properties, what requires considerable effort in real conditions of exploitation. One of the conditions of comfort is the temperature difference between frontal walls of the room – it should be less than some degrees. Essential role is played also by the intensity of air flow mostly because it increases heat transfer. Hence, flows between the room and outside environment are created with significant heat losses (so called convective heat losses). The influence of various geometric parameters on the character of the flow of air is analysed.

The software ANSYS/FLOTRAN 5.5, where the turbulence is described by k - ϵ model, has been used for the elaboration of the heat balance model of the room.

Keywords: *mathematical modelling; heat losses of building; heat balance of building; conductive, convective and radiation heat losses; LBN 002-01; apportionment of heat losses and sources in building; HeatMod.*

Ievads

Lai labāk saprastu siltuma pārnesei procesu īpatnības telpā, kā arī dažādu raksturlielumu sadalījumu un to atkarību no atšķirīgajiem nosacījumiem, tika modelēta telpa ar norobežojošām konstrukcijām un reālai situācijai atbilstošiem izmēriem. 2D aprēķinā tika variēti vairāki parametri un novērtēta to izmaiņas ietekme uz temperatūras un plūsmas ātrumu sadalījumiem, proti uz klimatiskā komforta apstākļu maiņu. Rezultāti parāda gaisa plūsmas un temperatūru sadalījumus. Tādā veidā var optimizēt dažādus faktorus, kas ietekmē termiskā komforta apstākļus telpā un samazināt telpas un ēkas kopumā siltuma patēriņu. Piemēram, gaisa plūsmas telpā un tās intensitātes ir stipri atkarīgas gan no objektu izvietojuma tajā, gan arī no norobežojošo konstrukciju siltumtehnikajām īpašības (siltuma un gaisa caurlaidības). Noslēgtā telpā gaisa cirkulāciju nosaka galvenokārt virsmu temperatūras, kas savukārt ir atkarīgas no to siltuma caurlaidības. Gadījumā, ja norobežojošās konstrukcijās eksistē atveres, pastāv arī konvektīvie siltuma zudumi, un tādā gadījumā siltuma vajadzība var būtiski pieaugt atkarībā no spiedienu starpības, atveru izmēriem un novietojuma telpā.

Mērķis šādiem pētījumiem ir atrast risinājumus un optimizēt parametrus ēkas un atsevišķu telpu siltuma zudumu samazināšanai un energoefektivitātes palielināšanai, kā arī termoklimatisko apstākļu uzlabošanai. Kā rezultāts visiem šāda veida pasākumiem ir siltuma patēriņa samazināšanās, kas nosaka arī CO₂ emisijas samazināšanos. Telpu termisko komforta

apstākļu uzlabošana arī ir ļoti nozīmīgs faktors pats par sevi, kaut arī ne vienmēr to var precīzi mērīt.

Ar apskatītā modeļa palīdzību tika novērtēts arī siltuma daudzums, kas ieplūst vai izplūst caur norobežojošām konstrukcijām, kā arī novērtēta konvektora jauda pie uzdotas virsmas temperatūras. Par vienu no komforta apstākļiem var uzskatīt temperatūras diferenci starp telpas griestiem un grīdu un gala sienām – tai ir jābūt mazākai par dažiem grādiem.

Telpas modeļa izveidē un aprēķinos tika izmantota programmatūras pakete ANSYS/FLOTRAN, turbulences aprakstam izmantots k-ε modelis.

Modeļa formulējums

Apskatīsim telpu ar realitātei maksimāli tuvinātiem nosacījumiem, kur visi uzdotie parametri ir vai nu eksperimentāli noteikti:

- siltuma caurlaidības koeficienti U ($W/(m^2 \cdot K)$);
- gaisa temperatūras ārpus telpas T (K);

vai arī ir standartizēti:

- siltuma atdeves koeficients α ($W/(m^2 \cdot K)$).

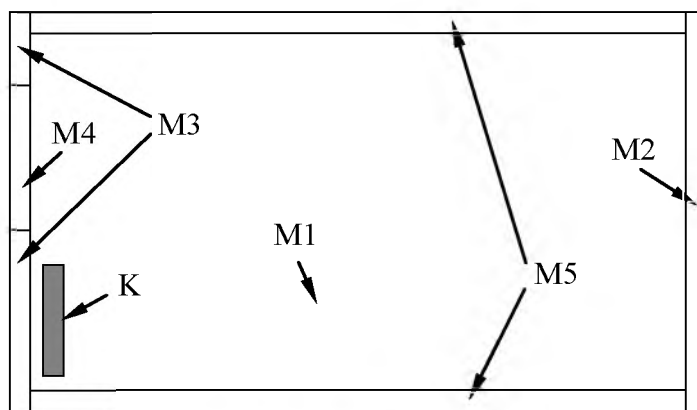
Tiek pieņemts, ka telpas šķērsvirzienā fizikālie parametri nemainās, kas ļauj lietot divdimensionālo (2D) modeli un tādējādi radikāli samazināt galīgo elementu metodes (GEM) režģa mezglu punktu skaitu. Telpas iekšpusē ir gaiss ar tam raksturīgajiem parametriem, kura konvekcija notiek gravitācijas laukā. Gāze tiek modelēta kā nesaspiežama, un tās blīvums ir atkarīgs no temperatūras, kas arī izraisa gaisa masu pārvietošanos. Šādā nostādņē formulētam modelim iegūstam gaisa kustības ātrumu un temperatūras sadalījumus telpā.

Aprēķinam Ņūtona šķidrumā (mūsu gadījumā - gaisam) tiek izmantota ANSYS/FLOTRAN programmatūras pakete [2]. Gaisa plūsmas problēma tiek risināta, lietojot masas saglabāšanās, kustības daudzuma saglabāšanas jeb Navjē-Stoksa un enerģijas saglabāšanas likumus [1, 2]. Šie likumi ātrumam, spiedienam un temperatūrai tiek formulēti parciālo diferenciālvienādojumu veidā, kas tiek diskretizēti, izmantojot GEM un veicot apskatāma apgabala triangulāciju ar 2D elementiem.

Aprēķinu variantos novērtētais Reynoldska skaitlis Re ($Re = \frac{VL}{\nu}$, kur V – vidējais ātrums, L – garums, ν - kinemātiskā viskozitāte) ir ar kārtu $1 \cdot 10^4$, un tas nozīmē, ka šķidrums kustība ir turbulenta, tāpēc tiek izmantots k-ε turbulences modelis [3]. Norobežojošām konstrukcijām tiek pielietoti siltuma vadīšanas vienādojumi, uz to ārējām virsmām konvekcijas nosacījumi. Uz norobežojošo konstrukciju ārējām virsmām tiek uzdoti atbilstošie konvekcijas robežnosacījumi [4]. Radiācijas ceļā pārnests siltuma daudzums mūsu modelī neapskatīsim, jo tas ir mazāks nekā citu veidu siltuma pārnese. Uz visām cietā materiāla virsmām tiek uzdoti tā saucamie pielīpšanas nosacījumi, t.i. $V_{tan} = 0$.

Modelējamās telpas skice ar raksturīgiem izmēriem parādīta 1. attēlā. Atkarībā no aprēķinu varianta dažu materiālu siltuma caurlaidība tiek mainīta. Materiālu apzīmējumi:

- M1 – gaiss,
- M2, M5 – sienas uz citām telpām,
- M3, M4 – siena un logs uz āru,
- K – telpas konvektors.

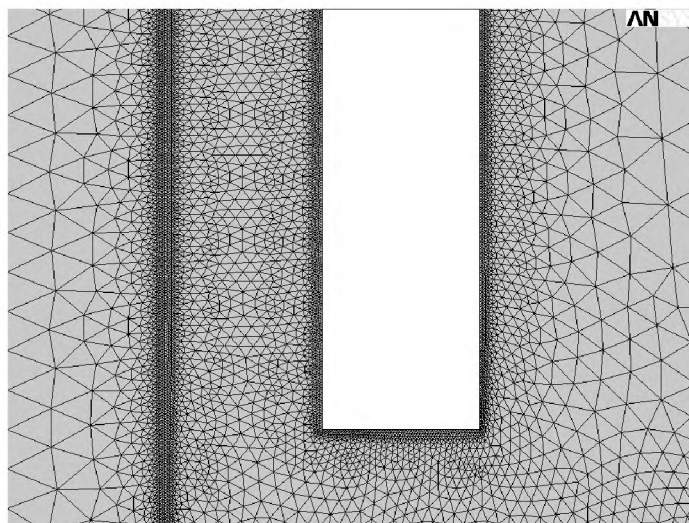


1. attēls. Modelējamās telpas skice

Uz telpu norobežojošo konstrukciju ārējām virsām tiek uzdoti atbilstoši robežnosacījumi. Uz konvektora virsmas tiek uzdoti vai nu temperatūra vai siltuma plūsmas blīvums.

Skaitliskam risinājumam apskatāmā telpa tika triangulēta, robežvirsmas triangulācija konvektora un sienas tuvumā parādīta 2. attēlā. Elementu skaits apgabalā atkarībā no apskatāmā aprēķinu varianta sasniedz 125000 līdz 175000.

Apskatīsim izvēlēta fizikālā modeļa dažādas realizācijas atkarībā no ģeometrijas īpatnībām un robežnosacījumu izvēles, piem., gadījumā, ja virs konvektora tiek novietota palodze vai arī kad telpa nav noslēgta un tai ir atveres uz blakus telpām, kas liek mainīt robežnosacījumu tipu.

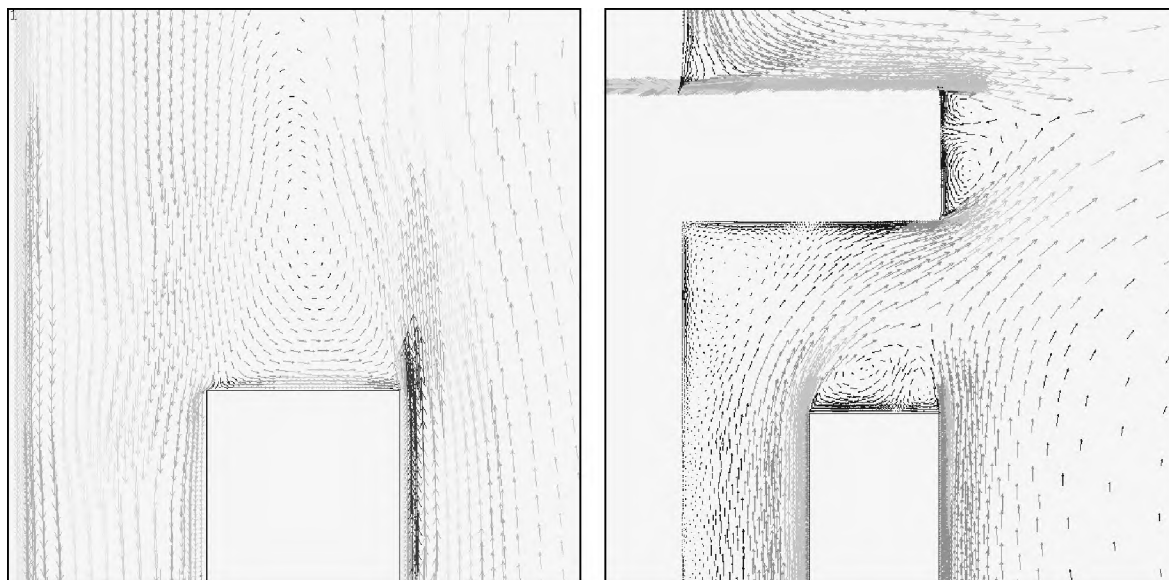


2. attēls. Modelējamās telpas diskretizācija

Aprēķinu varianti un rezultātu analīze

Tika veikti aprēķini ar dažādām norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības vērtībām un robežnosacījumiem. Turpmāk apskatīsim raksturīgos variantus ar izteikti atšķirīgiem nosacījumiem un rezultātiem. Analīzei izvēlēsimies 3 variantus telpas modeļiem:

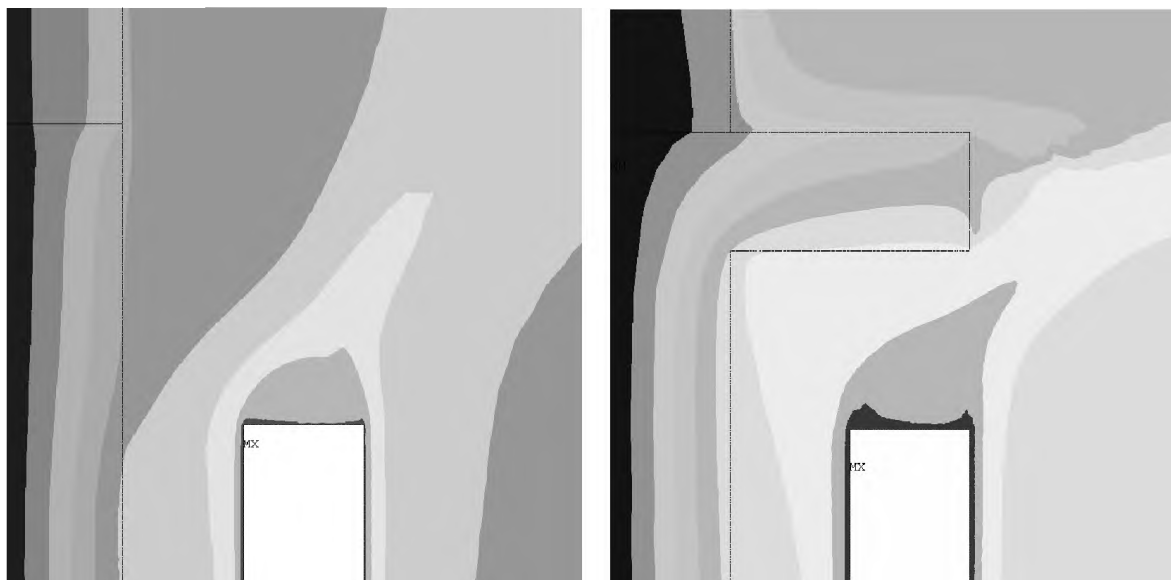
1. telpa bez palodzes;
2. telpa ar palodzi līdz konvektora malai;
3. telpa ar palodzi līdz konvektora malai un atverēm gaisa apmaiņai pie loga un pretējā sienā (spiedienu starpība 0/2 Pa).



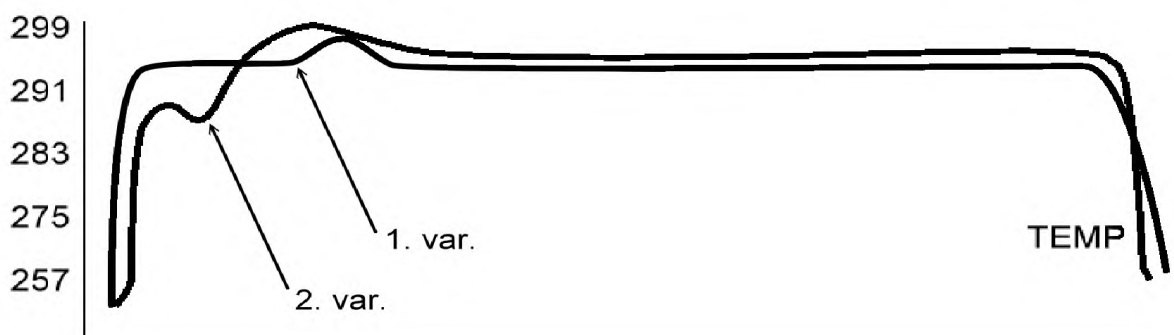
3. attēls. Gaisa plūsmas intensitātes un virziena maiņa dažādos apstākļos konvektora tuvumā

Apskatīsim gaisa plūsmas izmaiņas dažādos variantos (3. attēls). Kā redzams, palodze novirza siltā gaisa plūsmu no loga, savukārt atvere virs palodzes un uzdota spiedienu starpība starp pretējām sienām rada aukstā gaisa ieplūdi telpā, kas veicina temperatūras pazemināšanos un apkurei vajadzīgās jaudas pieaugumu. Tipiski temperatūras sadalījumi telpā bez palodzes

un ar palodzi, bet bez atverēm parādīts 4. attēlā. Raksturīgs temperatūras sadalījums pa telpas dziļumu augstumā 1,5 m minētajos modelēšanas variantos parādīts 5. attēlā (līkne ar daudz vienmērīgāku sadalījumu, bet nedaudz zemāku temperatūru atbilst telpai bez palodzes). Kā redzams, temperatūras diference pa telpas vidusdaļu, neievērojot loga tuvumā esošo plūsmu izraisītās temperatūras svārstības, nepārsniedz dažus grādus, taču gadījumā, ja pastāv lielākas gaisa plūsmas, piem., ievērojot konvekcijas siltuma zudumus uz āru, šī diference pieaug un atsevišķos gadījumos var sasniegt 5-6 grādus, kas pasliktina komforta apstākļus telpā.



4. attēls. Raksturīgs temperatūras sadalījums konvektora tuvumā



5. attēls. Raksturīgie temperatūras sadalījumi ($^{\circ}\text{K}$) pa telpas dziļumu augstumā 1,5 m

Izmainoties telpas iekšējo sienu virsmas temperatūrām un līdz ar to arī izmainoties gaisa plūsmu raksturam un intensitātei, izmainās siltuma zudumi no telpas, kas nosaka apkures jaudu. Tie pieaug, ja modelī tiek iekļauti konvektīvie siltuma zudumi caur atverēm (3. variants). Siltuma zudumi no telpas katrā no aprēķinu variantiem, kā arī telpas vidējā temperatūra un gaisa plūsmu raksturīgie ātrumi apkopoti 1. tabulā. 3. aprēķinu variantā vērā ņemti arī konvektīvie siltuma zudumi, kas tika noteikti no gaisa plūsmu ātrumiem un temperatūrām atverēs.

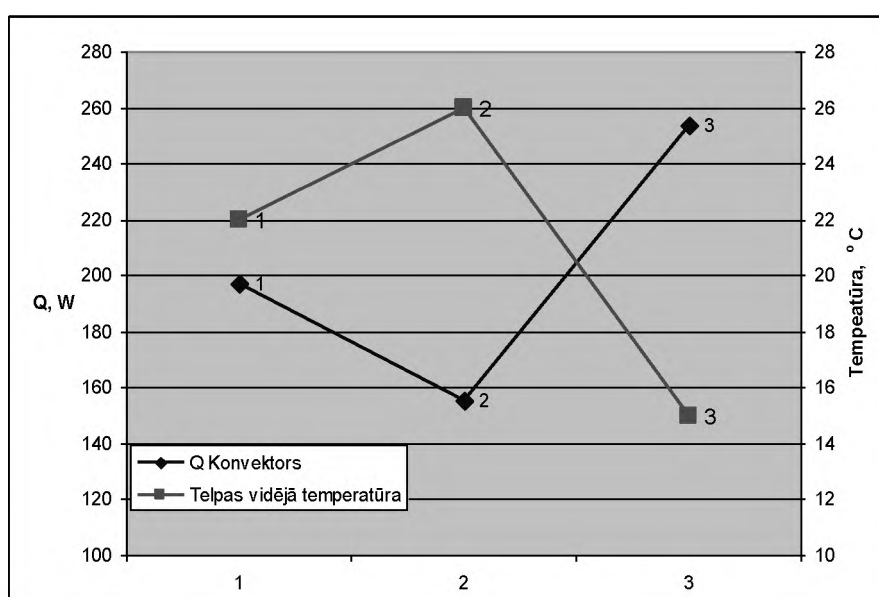
Kā redzams no tabulā apkopotiem rezultātiem, konstruktīvie elementi (piem., palodze) izmaina gaisa plūsmu virzienu un līdz ar to ietekmē arī siltuma zudumu daudzumu – tas samazinās. Novirzītās siltā gaisa plūsmas izraisa telpas vidējās temperatūras pieaugumu telpā un tās gradienta samazināšanos par telpas garumu, kas ir būtisks faktors komforta apstākļu uzlabošanai.

1. tabula

Integrālie vadīšanas siltuma daudzumi dažādos modelēšanas variantos

Aprēķinu variants	1	2	3
Siltumvadīšanas un konvektīvie siltuma zudumi (W)	176	154	301
Raksturīgs vidējais ātrums telpas vidusdaļā (m/s)	0.5	0.3	0.5
Telpas raksturīgā vidējā temperatūra (°C)	22	26	15

Gadījumā, kad ir ievērojami siltuma zudumi konvekcijas ceļā, neskatoties uz to, ka no konvektora izdalītais siltuma daudzums pie uzdotas tā virsmas temperatūras ir ievērojami lielāks, temperatūra telpā ir būtiski samazinājusies (6. attēls).



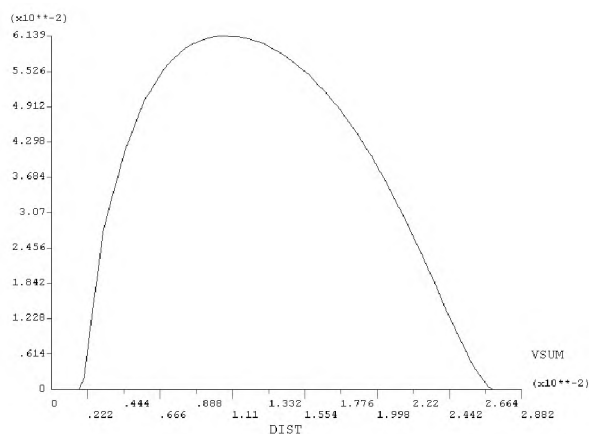
6. attēls. Telpas raksturīgās temperatūras un atbilstošais konvektora siltuma daudzums

Bez apskatītajiem telpas modeļiem tika izveidoti arī citiem apstākļiem atbilstošie modeļi, piem., tika novērtēta norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības izmaiņas ietekme uz temperatūras lauka sadalījumu telpā, kas ietekmē arī kopējo siltuma bilanci. Tika apskatīta arī ģeometrisku faktoru ietekme uz gaisa plūsmu raksturu, piem., palodzes izvietojums un garums tieši ietekmē siltā gaisa plūsmas kustības virzienu no konvektora uz telpas vidusdaļu. Modelējot telpu ar atverēm uz citām telpām un āru bez spiedienu stiprības, neliela plūsma atverēs tomēr radās temperatūras starpības dēļ (7. attēls), taču pie uzdotās spiedienu starpības 2 Pa plūsmas intensitāte radikāli pieaug (8. attēls). Šajos attēlos redzams, ka ātruma absolūtās vērtības atverēs pieauga no 6 cm/s līdz 0,6 m/s gadījumos bez spiedienu starpības un ar tādu. Reāli dabā spiedienu starpības mēdz būt lielākas, kas, savukārt, nozīmē, ka siltuma zudumi gaisa apmaiņas dēļ vēl pieaug. Jāatzīmē, ka lielu ātrumu gadījumā plūsma spraugās ir turbulenta, kā rezultātā ātrumu profils vairs nav parabolisks (8. attēls).

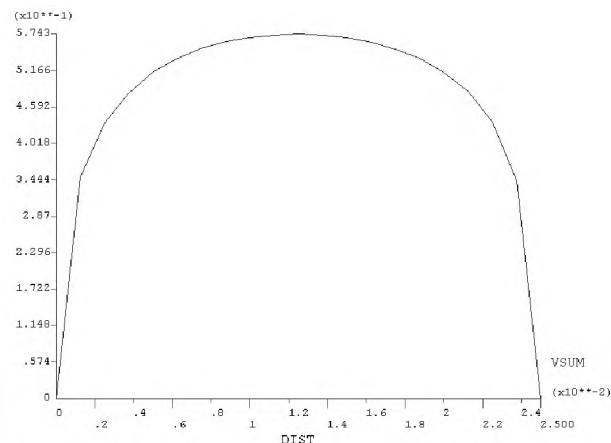
Visos apskatītajos variantos tika pētīta siltuma vadīšanas un konvekcijas siltuma pārneses procesu ietekme uz dažādu fizikālu lielumu sadalījumu telpā un netika ievēroti starojuma siltuma avoti un zudumi. Siltuma zudumi caur dažādiem elementiem tika salīdzināti savā starpā, lai noteiktu šajā ziņā kritiskākus elementus. Caur caurspīdīgām virsmām starojums pārnese ir daudz lielāka, nekā caur necaurspīdīgām (tās tiek tikai sasildītas). Taču siltuma enerģija nokļūst telpā ar Saules radiācijas palīdzību, gan arī izkļūst no tās siltuma starojuma veidā no siltajiem ķermeņiem (elektriskās ierīces, sildķermeņi,

cilvēki u.c.). Arī starojums no konvektora pie lielām tā virsmas temperatūrām var būt nozīmīgs, taču apskatītajos modeļos tas nav apskatīts.

Vairāk par dažādiem telpas modeļiem dažādās situācijās (norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības izmaiņas, konvektora virsmas temperatūras izmaiņas u.c.) iespējams iepazīties darbā [5].



7. attēls. Ātruma profils ventilācijas atverē (0 Pa)



8. attēls. Ātruma profils ventilācijas atverē (2 Pa)

Secinājumi

Atsevišķu telpu gaisa plūsmu un temperatūru sadalījumu 2D aprēķini, lietojot programmatūru ANSYS/FLOTRAN, parāda konstruktīvo elementu izvietojuma būtisku ietekmi uz gaisa plūsmas raksturu un virzieniem telpā, kas ietekmē arī temperatūras lauka sadalījumu, jo tiek izmainīti siltuma apmaiņas nosacījumi pie norobežojošām konstrukcijām. Būtiski zudumu daudzumu un to sadalījumu ietekmē arī būvkonstrukciju siltumtehniko parametru (siltuma caurlaidības koeficienta) maiņa, kas izmaina siltumvadīšanas procesu intensitāti un līdz ar to arī citu fizikālu parametru sadalījumu telpā. Atveres telpas sienās rada konvektīvos siltuma zudumus un aprēķini parāda, ka tie var būt pat būtiski lielāki nekā siltuma vadīšanas zudumi. Šādu siltuma zudumu veidu sadalījumu telpām apstiprina arī mērījumi reālajos objektos.

Šādi modelēšanas lietojumi ļauj, projektējot energoefektīvu ēku celtniecību un renovāciju, mērķtiecīgi izvēlēties ēkas un tās atsevišķu telpu būvkonstrukciju siltumtehniko parametru vērtības, telpas konstruktīvo elementu izvietojumu un analizēt siltuma zudumus un to sadalījumu, t.i. veikt optimizāciju. Atsevišķas telpas modeļi parāda dažāda veida faktoru ietekmi uz rezultējošo siltumfizikālo parametru sadalījumu tajā, kas ir tiešā veidā saistīts gan ar termiskā komforta apstākļiem telpā, gan ar un siltuma vajadzības samazināšanu. Tas savukārt parāda enerģijas ražošanas un arī piesārņojuma samazināšanas iespējas.

Literatūra

1. ANSYS 5.5. Theory Reference. http://www1.ansys.com/customer/content/documentation/60/Help_C_CH1.html
2. Самойлович, Г. С. *Гидрогазодинамика*. Москва, 1990.
3. Под редакцией Фроста, У., Моулдена, Т. *Турбулентность. Принципы и применения*. Москва, 1980.
4. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. *Теоретическая физика – VI. Гидродинамика*. Москва, 1986.
5. Jakovičs, A., Gendels, S., Trümmann, H. *Modelling of Air Fluxes and Temperature Distribution in Heated Rooms*. International Scientific Colloquium "Modelling of Saving Resources", Rīga, Latvija, 17.-18. maijs, 2001.

ĒKU SILTUMA ZUDUMU ANALĪZE, IZMANTOJOT MATEMĀTISKOS MODEĻUS

Numerical Modelling of Room Thermal Comfort Conditions

S. Gendels, A. Jakovičs¹

Latvijas Universitāte

Zelļu 8, Rīga, tālr. 7033783, e-pasts: stasis@modlab.lv,¹ajakov@latnet.lv, fakss: 7033781

Abstract

Particular heat transfer coefficients of building elements gives quantitative notion only about heat losses through this building element. Analysis of the overall heat balance and heat losses of complete building and study of particular contribution of building elements in overall balance allows one to figure out the state of the building and find the building elements of bounding construction with most significant heat losses. Project variants of the buildings (or rebuilding in case of renovation), which ensure the desirable economy of energy and proportions of investments can be find varying the proportions of the surface area of building elements (e.g., windows and doors).

A lot of factors can be included in requirements of heat consumption of the building. Moreover, monthly calculations are possible. These both aspects contribute in so called method of full calculations, which is made in correspondence with standard EN 832. Though, it is possible to use also the simplified variant of calculations offered by Latvian building normative LBN 002-01. Both approaches of modelling are realised in elaborated software HeatMod, which is made in laboratory of MMTEP.

Both methodologies are applicable to buildings, which can be divided in separate blocks in such a way that temperature in each of blocks is approximately constant or exists different number of floors in each of blocks. Separate analysis of heat balance is made for each block and finally the obtained heat consumptions are summed together. This allows one to consider really existing temperature difference in building, e.g., in office and depository. It is possible to approximate also the influence of given regime of temperature.

The possibility to minimise heat losses and their contributions are analysed on particular examples. Comparative analysis of both methods is performed and the dependence of various heat transfers on the change of different input data are studied.

Keywords: *mathematical modelling; numerical simulation; hydrodynamics; heat exchange; convective and conductive heat losses; ANSYS/Flotran; boundary constructions; temperature and air flow distribution; thermal comfort conditions.*

Ievads

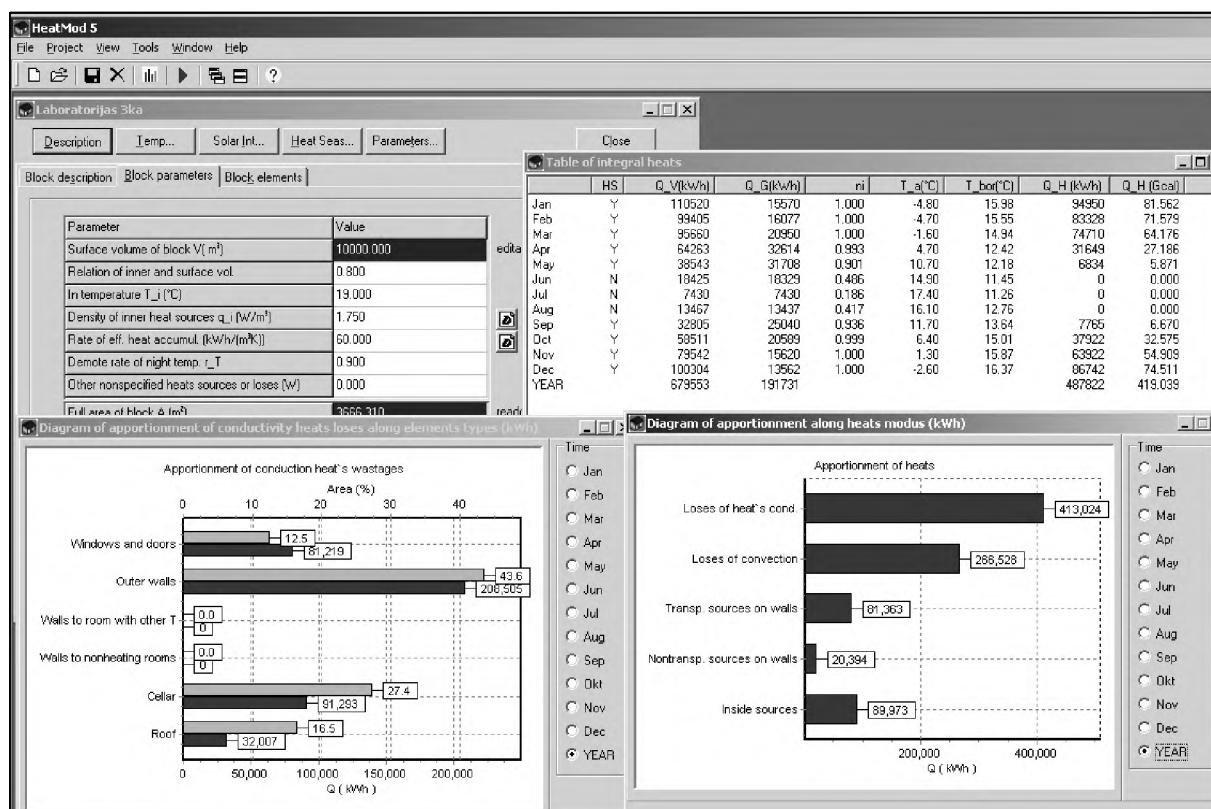
Analizējot ēkas siltuma bilanci, kā arī dažādu būvelementu siltuma zudumu ieguldījumu kopējā bilancē, var objektīvi novērtēt ēkas stāvokli un atrast enerģijas zudumu aspektā būtiskos elementus tās norobežojošās konstrukcijās. Variējot dažādu būvelementu laukumu proporcijas (piem., logi un sienas) un siltuma caurlaidības koeficientu vērtības, var izvēlēties tādu ēkas projekta (vai pārbūves, ja tā tiek renovēta) variantu, kas nodrošina vēlamu energoekonomijas un investīciju proporciju.

Veidojot ēkas siltuma vajadzības bilanci, jāņem vērā, ka siltuma apmaiņa starp ēku un apkārtējo vidi galvenokārt notiek trijos veidos:

- siltuma vadīšanas ceļā (caur necaurspīdīgiem ēkas čaulas elementiem – sienām, pagrabu, jumtu u.c.),
- konvekcijas ceļā (ar gaisa plūsmām caur neblīvām vietām un atverēm, kā arī ar piespiedu ventilācijas palīdzību),
- siltuma starojuma ceļā (ar elektromagnētiskā starojumu infrasarkanajā diapazonā caur caurspīdīgiem elementiem, t.i. stiklotām virsmām).

Mīnēto siltuma apmaiņas faktoru analīzi un aprēķinus var veikt pa mēnešiem - lietot t.s. pilno aprēķinu metodi [1], kas veidota saskaņā ar Vācijas standartu DIN 4108 [2]. Taču iespējams izmantot arī vienkāršotu aprēķinu variantu, kas tiek piedāvāts Latvijas Būvnormatīvā [3].

Abas metodikas lietojamas ēkām, kuras iespējams sadalīt telpu blokos, katrā no kuriem temperatūra tuvināti ir nemainīga vai arī ir vienāds stāvu skaits. Katrai šādai telpu grupai tiek veidota atsevišķa siltuma bilance un beigās iegūtās siltuma vajadzības tiek summētas. Tā iespējams tuvināti ievērot ēkās reāli eksistējošās temperatūru atšķirības, piem., birojos un noliktavās. Tuvināti iespējams ievērot arī uzdotu temperatūras režīmu, piem., temperatūras pazemināšanas naktīs ietekmi. Īsi apskatīsim abas modelēšanas pieejas, kuras ir realizētas LU VTPMM laboratorijā izstrādātajā programmatūrā *HeatMod*.



1. attēls. Raksturīgs modelēšanas programmas *HeatMod* logs

Aprēķins uz mēneša siltuma bilances bāzes

Kā viens no iespējamajiem modeļa variantiem ir t.s. pilna siltuma bilance, kuras pamatā ir standarts [2] un kurā siltuma zudumu analīze tiek veikta katram mēnesim atsevišķi. Pilnais modelis ne tikai uzskatāmi parāda siltuma zudumu sadalījumu pa to veidiem, elementu tipiem, mēnešiem, bet arī ļauj izvēlēties projekta variantu, kas atbilst kādām konkrētām prasībām un ir realizējams ar iespējami minimāliem ieguldījumiem. Kā piemēru var minēt dažādu būvkonstrukciju siltuma caurlaidības koeficientu un laukumu variācijas ar mērķi optimizēt ieguldījumus, tajā pašā laikā apmierinot būvnormatīva prasības.

Vispārīgā gadījumā ēkas apkures siltuma patēriņu nosaka:

- siltuma vadīšanas un starojuma zudumi caur ārējiem būvelementiem. Šos zudumus raksturo ar būvelementu siltuma caurlaidības koeficientu U , $W/(m^2 \cdot K)$;
- konvektīvie siltuma zudumi, siltajam iekštelpu gaisam apmainoties ar auksto āra gaisu (ventilācija, utt.). Tos raksturo ar ēkas gaisa apmaiņas koeficientu n , (1/h);
- pārējie siltuma zudumi, ko nosaka siltā ūdens patēriņš, kanalizācija, gaisa mitrums u.c.;
- Saules radiācijas avoti, ko nosaka tiešais starojums caur caurspīdīgiem elementiem (piem., logi) un siltuma absorbcija uz necaurspīdīgu būvelementu virsmas;

- iekšējie siltuma avoti, ko nosaka darbināmās elektriskās iekārtas, mākslīgais apgaismojums, cilvēku un dzīvnieku ķermeņu siltums u.c. faktori.

Siltuma vadīšanas un ar gaisa apmaiņu saistītie zudumi ir proporcionāli konkrēto iekštelpu un āra temperatūru starpībai. Caurspīdīgiem un daļēji caurspīdīgiem būvelementiem to U vērtībā iekļauti arī starojuma siltuma zudumi. Ar ūdens apmaiņu un gaisa mitrumu saistītie zudumi ir ļoti mazi salīdzinājumā ar iepriekšminētajiem un parasti netiek ievēroti. Standartos (piem., [2]) pēc datu statistiskās analīzes veikti vidējoti pieņēmumi par tipisko enerģijas ģenerāciju telpās ar dažādu lietojumu. Ēku elementu siltuma akumulācija, kura stingri stacionāras analīzes gadījumā nav būtiska, tiek ievērota saistībā ar saules enerģijas un iekšējo siltuma avotu izmantošanas efektivitāti.

Aprēķinu metode bāzēta uz ēkas mēneša enerģijas bilanci kvazistacionārā stāvoklī, kurā ievērotas iekšējo un saules enerģijas avotu dinamiskās ietekmes, kas daļēji nodrošina noteiktas iekštelpu temperatūras T_i uzturēšanai vajadzīgo siltuma daudzumu. Tādējādi metode ļauj aprēķināt siltuma vajadzību Q_H , kas jānodrošina ar apkures sistēmas dažādo elementu (apkures radiatoru, el. sildītāju utt.) palīdzību. Summējot, iegūstam kopējo siltuma vajadzību.

Katrā mēnesī apsildīšanai nepieciešamais siltuma daudzums tiek noteikts no siltuma bilances ēkas zonām ar atšķirīgām iekštelpu temperatūrām. Siltuma avotu jaudu nosaka vidējais saules starojuma siltuma daudzums un ieguvums no iekšējiem siltuma avotiem. Īpatnējos siltuma zudumus nosaka siltuma vadīšanas un konvekcijas siltuma zudumu summa.

Mēneša bilances sastādīšanai nepieciešamās vērtības nosakāmas secīgu soļu veidā:

1. Ēkas telpu bloku ar atšķirīgām temperatūrām tilpumu, ēkas ārsienu un tās bloku ar atšķirīgām temperatūrām atdalošo iekšsienu laukumu aprēķins.
2. Īpatnējo siltuma zudumu noteikšana.
3. Iekšējo temperatūru fiksācija (piem., $T_i=20^{\circ}\text{C}$ dzīvojamām telpām) vai to izmaiņu režīma uzdošana dažādiem telpu blokiem, lietojot temperatūras redukcijas faktoru.
4. Vidējās mēneša āra gaisa temperatūras attiecīgajā klimatiskajā zonā un saules starojuma intensitātes noteikšana uz meteoroloģisko datu bāzes.
5. Iekšējo siltuma avotu jaudas vidējās vērtības un saules starojuma radītā siltuma daudzuma aprēķins un to izmantošanas lietderības koeficienta noteikšana mēnesim.
6. Apkures robežtemperatūras, kuru āra gaisa mēneša vidējai temperatūrai pārsniedzot, mēnesis netiek piaskaitīts apkures sezonai, noteikšana.
7. Mēneša un apkures sezonas siltuma vajadzības aprēķini.
8. Ieejas datu un aprēķinu rezultātu attēlojums tabulu un diagrammu veidā.

Labi siltumizolētās ēkās svarīgi ievērot lineāros un punktveida siltuma tiltus, kas var veidoties būvkonstrukciju salaiduma vietās. Tos raksturojošās vērtības var ņemt no tabulām [2, 3], noteikt eksperimentāli, vai arī noteikt, risinot vairākdimensionālas siltuma vadīšanas problēmas. Tabulētu (standartizētu) vērtību izmantošana, fizikālo procesu precizēta modelēšana vai arī mērījumi izmantojami arī visu turpmāk aplūkojamo parametru noteikšanai. Pieejas izvēli nosaka iespējas un aprēķina precizitātes prasības.

Siltuma zudumu uz citas temperatūras telpu blokiem un uz neapkurinātām telpām (pagrabi, verandas, bēniņi utt.) vai caur virsmām, kas robežojas ar grunti, aprēķinam tiek izmantoti temperatūras redukcijas faktori [2]. Ar ierobežotu aprēķinu apjomu visus faktoros precīzi ievērot nav iespējams, tādēļ modelī pieņemta nemainīga gaisa apmaiņas koeficienta n vērtība mēneša ietvaros. Koeficienta n standartvērtība telpām bez piespiedu ventilācijas $n_s=0,8$ 1/h. Mehānisku ventilācijas sistēmu gadījumā šī koeficienta vērtība aprēķināma, ievērojot sistēmas efektivitāti un to darbināšanas vidējo laiku [2]. Blīvējuma pakāpe arī ir nosakāma eksperimentāli vai matemātiski modelējot. Ēkas iekšējie siltuma avoti ir būtiski atkarīgi no tās izmantošanas rakstura, un to mēneša jaudas vidējo vērtību normē uz tilpuma vienību. Dzīvojamām ēkām, piem., tas ir $1,75$ W/m³, administratīvām ēkām – $2,2$ W/m³. Saules starojuma pievadīto siltuma daudzumu nosaka vidējā saules starojuma intensitāte uz

būvelementu virsmām atkarībā no to orientācijas un slīpuma, caurspīdīgo elementu enerģijas caurlaidības pakāpe, apēnojums un saules aizsargu esamība, kā arī necaurspīdīgo būvelementu siltuma absorbcijas pakāpe [2, 4]. Arī šeit aprēķinu vienkāršošanai var izmantot integrālas (vidējotās) vērtības no tabulām. Piem., ja elementa izvirzījums ir 1m, tad redukcijas faktors dienvīdu fasādei ir 0,4. Līdzīgi, lietojot redukcijas koeficientus, var tuvināti novērtēt arī logu rāmja daļas ietekmi, piem., parastam logam tipiska vērtība ir 0,7.

Apskatītās sakarības un parametri, veido loģiski noslēgtu modeli, kas ļauj noteikt siltuma avotu jaudu, zudumus un aprēķināt ēkas apkures siltuma vajadzību. Vienlaicīgi šī pieeja ir atvērta dažādo modeļa elementu precizētam aprēķinam uz pilnveidotu attiecīgo fizikālo procesu apraksta vai mērījumu bāzes. Precizējumu lietderību nosaka gan attiecīgo faktoru nozīmīgums siltuma bilancē, gan arī veicamo aprēķinu mērķis. Pilnu informāciju par modeli izmantotajiem parametriem, kā arī pašu metodiku var gūt publikācijās [1, 2, 4].

Aprēķins atbilstoši LBN 002-01

2001. gada beigās pieņemtais Latvijas būvnormatīvs LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" [3] ierobežo ēkas siltuma zudumu koeficientu. Tas ir nosakāms uz visu ēkas norobežojošo konstrukciju laukumu un siltumcaurlaidību bāzes. Apskatīsim tā aprēķinu iepriekš minētās VTPMML izstrādātās programmatūras *HeatMod* ietvaros (1. att.).

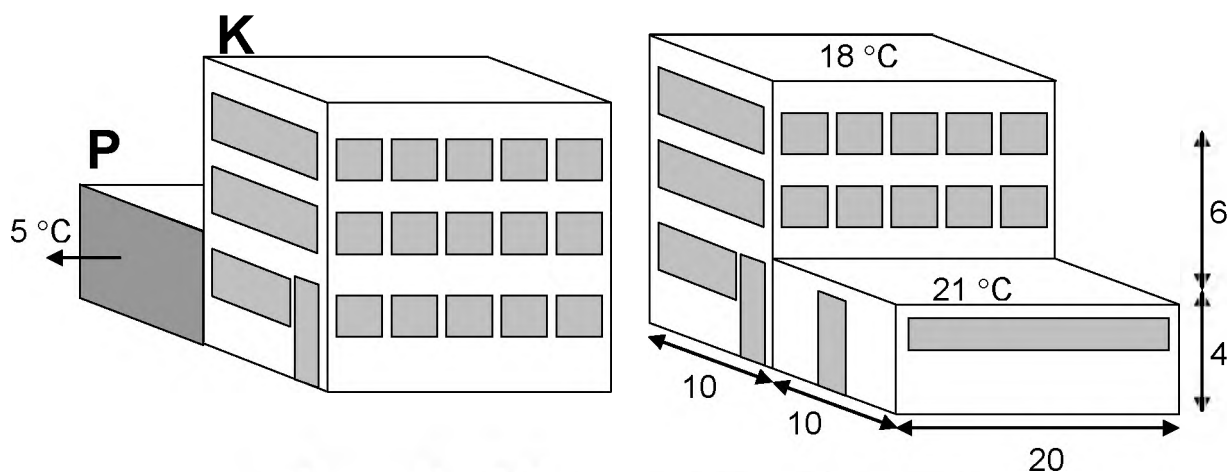
Saskaņā ar LBN 002-01 normatīva II sadaļas prasībām, visai ēkai vai tās atsevišķam blokam (ēka tiek dalīta blokos, ja tās dažādās daļās ir atšķirīgs stāvu skaits vai arī eksistē bloki ar dažādām iekštelpu temperatūrām) kopumā tiek aprēķināts siltuma zudumu koeficients H_T (W/K), kas norāda kopējos enerģijas zudumus caur ēkas būvelementiem, ja temperatūras starpība uz to pretējām virsmām ir viens grāds. Tajā ietilpst būvelementu laukumi ar attiecīgajiem siltuma caurlaidības koeficientiem, kā arī lineārie un punktveida termiskie tilti.

Normatīvo siltuma zudumu koeficientu H_{TR} (W/K) nosaka, izmantojot būvelementu laukumus un atbilstošās būvnormatīvā noteiktās siltuma caurlaidības koeficienta vērtības, ka arī termiskos tiltus. Ēkām ar dažādu stāvu skaitu H_{TR} vērtību nosaka katrai ēkas daļai atsevišķi. Aprēķinos tiek lietots arī temperatūras redukcijas faktors, kas ir atkarīgs no starpības starp iekštelpu temperatūru un āra gaisa vidējo temperatūru apkures sezonas laikā. Aprēķina siltuma zudumu koeficients H_T nedrīkst pārsniegt normatīvo vērtību H_{TR} . Atsevišķu būvelementu un lineāro termisko tiltu aprēķina siltuma caurlaidības koeficientu vērtības var pārsniegt normatīvo siltuma caurlaidības koeficientu vērtības, bet nedrīkst pārsniegt maksimālās vērtības.

Atšķirībā no iepriekš aprakstītās t.s., pilnās siltuma bilances, LBN 002-01 tiek analizēti tikai siltuma vadīšanas zudumi. Ja starojuma siltuma pārneses neievērošana var tikt uzskatīta par nelielu vienkāršošanu, tad par būtisku jāuzskata konvektīvo siltuma zudumu neievērošana, kas atsevišķos gadījumos var būt salīdzināmi ar siltuma vadīšanas zudumiem, un pat pārsniegt tos, ja ēkas blīvējums ir slikts. Tāpēc, ja ir jāveic pilna un detalizēta siltuma vajadzības analīze, aprēķinam jāizvēlas uz mēneša bilances bāzes veidotais modelis.

Metožu salīdzinošā analīze

Lai salīdzinātu minētās metodes ēkas siltuma bilances un siltuma zuduma koeficienta aprēķinam un analizēt atšķirības rezultātos, apskatīsim piemēru – ēku, kas parādīta 2. attēlā. Tās trīsstāvu bloka iekštelpu temperatūra ir 18°C, kam piekļaujas vienkārša piebūve ar paaugstinātu iekštelpu temperatūru (21°C) un vienu sienu uz neapkurināmu telpu, kas modelī nav iekļauta. Arī bloku savstarpējā siena aprēķinos netiek iekļauta, jo siltuma zudumi no bloka ar augstāko temperatūru nosaka papildus siltuma pieplūdi blokā ar zemāku temperatūru. Tādēļ kopējā siltuma bilancē šo siltuma daudzumu neievēro.



2. attēls. Modelējamās ēka skice ar tās raksturīgiem izmēriem

Pirmajā aprēķinu variantā būvkonstrukciju siltuma caurlaidības apzināti izvēlētas neatbilstošas būvnormatīva LBN 002-01 nosacījumiem, bet otrajā piemeklētas tādas, lai atbilstu tiem. Ieejas dati abiem ēkas blokiem diviem aprēķinu variantiem apkopoti 1. tabulā. Aprēķini tika veikti ar divām metodēm – uz mēneša bilances modeļa bāzes un saskaņā ar LBN 002-01 izmantojot programmatūru *HeatMod*, ar kuras pilno aprakstu iespējams iepazīties tās lietotāja instrukcijā [5].

Aprēķiniem nepieciešamie parametri ir atšķirīgi abām metodēm, tad programmatūrā to uzdod katrai metodei atsevišķi, taču daži raksturīgie parametri paliek nemainīgi, piem., elementu laukumi un siltuma caurlaidības koeficients, tāpēc tos pietiek uzdot vienu reizi. Līdz ar to aprēķinam uz mēneša bilances bāzes ir nepieciešami daudz vairāk ieejas datu (gan visu ēku, gan arī klimatiskos apstākļus raksturojošie parametri), nekā aprēķinam atbilstoši LBN 002-01, kas ir daudz vienkāršāks. Atbilstoši tam arī rezultāti otrajai metodei sniedz lietotājam daudz mazāk informācijas par ēkas siltumefektivitāti. Tie tikai parāda tās atbilstību vai neatbilstību normatīva prasībām. Salīdzināsim ar abām metodēm iegūtos rezultātus un tālākās to izmantošanas iespējas.

1. tabula

Modelējamās ēkas (2. attēls) bloku parametri

Elements	Elementu laukums (m ²)		U (W/ m ² K)	
	Korpuss (K) (3 stāvi)	Piebūve (P) (1 stāvs)	1. variants	2. variants
Sienas (>100 kg/m ²)	508	96	0,4	0,3
Jumts	200	200	0,3	0,2
Grīda uz grunts	200	200	0,3	0,2
Durvis un logi	218	24	2,7	1,3
Siena uz neapkurinātu telpu	-	40	0,4	0,3

Aprēķinā uz pilnās mēneša siltuma bilances bāzes, ievērojot konvektīvos un radiācijas siltuma apmaiņas procesus, tiek iegūti:

- dati par ēkas integrālajiem siltuma zudumiem, avotiem un vajadzību;
- siltuma zudumu un avoti sadalījums pa to veidiem;
- siltuma vadīšanas zudumu sadalījums pa elementu tipiem.

Bez šo parametru skaitlisko vērtību aprēķina, tiek nodrošina arī to grafiskā attēlošana un salīdzināšana (3. attēls).

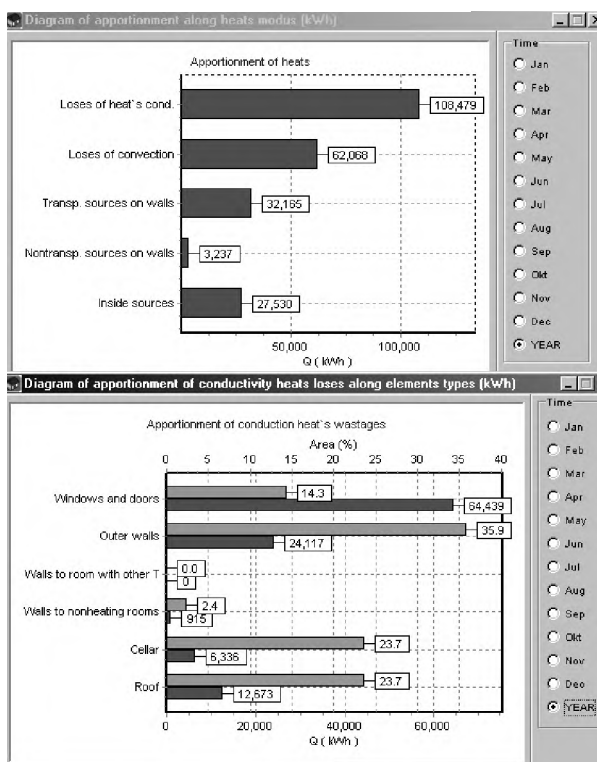
Informācija tiek aprēķināta un apkopota gan pa mēnešiem, gan visas apkures sezonas laikā, kas ļauj novērtēt ne tikai katram mēnesim raksturīgos siltuma zudumus vai avotus, bet arī noteikt apkures sezonas ilgumu. Pēc noklusēšanas apkures sezona tiek rēķināta

automātiski, taču lietotājam iespējams uzdot arī fiksētu apkures sezonas dienu skaitu, kā rezultātā tiks aplūkota ēkas siltuma bilance tikai attiecīgajos mēnešos. Kopējā ēkas siltuma vajadzība mēnešos, kuros apkure nav nepieciešama, netiek analizēta.

Veicot aprēķinus šai pašai ēkai atbilstoši Latvijas Būvnormatīvam, iegūstam sekojošu informāciju:

- ēkas un tās bloku siltuma zudumu koeficientus, kā arī atbilstošos normatīvos siltuma zudumu koeficientus saskaņā ar vispārīgo un vienkāršoto aprēķinu formulām;
- kopējo norobežojošo konstrukciju laukumu, siltuma tiltu kopgarumu un/vai skaitu;
- siltuma zudumu koeficientu sadalījumu pa būvelementiem un blokiem;
- salīdzinājumu būvelementu siltuma zudumu koeficientiem un to laukumiem.

Abu variantu aprēķinu pamatrezultāti, kas iegūti ar katru no metodēm, apkopoti 2. tabulā. Izmantojot uz mēneša siltuma bilances bāzētu aprēķinu, kopējā ēkas siltuma vajadzība tiek izrēķināta kWh. Savukārt izmantojot aprēķinu saskaņā ar LBN 002-01, ēkas siltuma zudumus raksturo t.s. siltuma zudumu koeficients (W/K). Atšķirības rezultātos ir izskaidrojamas ar dažādu faktoru neievērošanu vienkāršākajā modelī, it īpaši jāatzīmē konvektīvie siltuma zudumi. Veicot detalizētu ēkas siltuma efektivitātes analīzi, lietderīgi izmantot uz mēneša bilances bāzētu aprēķinu metodi. Tā sniedz pilnīgāku un detalizētāku pārskatu par siltuma zudumiem, un to sadalījumiem pa veidiem un elementu tipiem. Pie tam iespējams analizēt situāciju ne tikai visai sezonai kopumā, bet arī viena vai dažu mēnešu ietvaros.



3. attēls. Aprēķinu rezultātu grafiskā attēlošana

2. tabula

Siltuma zudumu raksturlielumi, kas iegūti ar dažādām metodēm

Aprēķinu metode	Gada siltuma patēriņš, kWh		Siltuma zudumu koef., W/K	
	1. variants	2. variants	1. variants	2. variants
Mēneša bilance	170547 (100%)	118307 (100%)	1781* (155%)	1235* (184%)
LBN 002-01	110220* (65%)	63968* (54%)	1151 (100%)	668 (100%)
Atbilstība LBN	-	+	-	+

* - netiek tieši aprēķināti programmatūrā

Literatūra

1. Jakovičs A., Gendelis S., Krievāns Z. *Ēku siltuma zudumu un apkures siltuma vajadzības modelēšana*. Latvijas Fizikas un tehnisko zinātņu žurnāls, Nr. 3, 2000. g., lpp. 3-18.
2. DIN 4108-6 *Wärmeschutz im Hochbau. Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden*. 1995.
3. Latvijas būvnormatīvs LBN 002-01. *Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika*, 2001.
4. EN 832 *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden. Berechnung des Heizenergiebedarfs. Wohngebäude*. 1992.
5. HeatMod v 5.01. *Lietotāja instrukcija*. 2002.

PARAMETRU OPTIMIZĀCIJA ŪDENS SILDĪŠANAS SISTĒMAI AR SAULES ENERĢIJU

Optimization of the Parameters of Solar Water Heating System

U. Iljins, I. Ziemeļis, H. Putāns, A. Šķēle, J. Navickas¹

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvija,

Telefons: 371-3005675, e-pasts: fkuldis@cs.llu.lv, faks: 371-3027238

¹Lietuvas Lauksaimniecības universitāte,

Studentu iela 15, Kauņa-Akadēmija, LT-4324, Lietuva

Telefons: 370-69846936, e-pasts: JuozasN@info.lzua.lt

Abstract

In order to investigate the possibility to increase the efficiency of a flat-plate solar collector the mathematical model of the collector has been worked out. By solving the Laplace heat transfer equation at the boundary conditions accordingly to the construction of the collector, the obtained solution gives possibility to simulate on a computer the construction of the collector in dependence on physical, thermal and economic values of materials used for the construction. The computed results by theoretical formulas with experimental results obtained on special laboratory equipment have been compared and good concurrence acquired.

Keywords: *efficiency, solar collector, mathematical model, construction, equipment.*

Ievads

Literatūrā ir atrodami daudzu autoru pētījumu rezultāti un dotās rekomendācijas ūdens sildīšanas sistēmu izveidei izmantojot saules radiāciju. Taču šī informācija bieži ir aptuvena, doto parametru vērtības svārstās plašās robežās, dažreiz tie ir pat pretrunīgi. Tas tāpēc, ka minētās vērtības iegūtas dažādās valstīs, pie vietējiem meteoroloģiskiem apstākļiem, kuri dažādos gada periodos un pa gadiem ir mainīgi. Piemēram, saulaino dienu (stundu) skaits tikai aptuveni raksturo uz zemes virsmas laukumu krītošo saules enerģijas daudzumu, jo saules starojuma plūsmas intensitāti arī saulainā laikā var ievērojami ietekmēt atmosfēras tīrības pakāpe (putekļi, dūmi, ūdens pilieni, dažādu gāzu klātbūtne utt.), kas dažādās pasaules vietās ir dažāda. Ienākot sadzīvē arvien jauniem materiāliem un tehnoloģijām, noveco iepriekšējās pieredzes un eksperimentu dati. Tā saules kolektoru šodien var noslēgt ne vienkārši ar divām vai trim stikla loksnēm, bet ar hermetizētu stikla lokšņu paketi, kas ievērojami izmaina siltumapmaiņu kolektorā. Mūsu darba mērķis bija izveidot saules kolektora matemātisko modeli, kuru varētu izmantot turpmākos pētījumos un projektēšanas vajadzībām.

Metodika

Kolektora darbības modelēšanai un optimālo siltumtehniko, konstruktīvo un ekonomisko parametru noteikšanai, izmantojot matemātiskās fizikas teoriju, tika radīts saules kolektora matemātiskais modelis. Ar tā palīdzību kļuva iespējams pēc zināmiem kolektora konstruktīviem un to veidojošiem siltumtehnikiem parametriem aprēķināt temperatūru dažādu kolektora virsmu un materiālu punktos. No otras puses, modeļa pārbaudei tika izveidota datorizēta eksperimentāla iekārta ar 50 termopāriem - sensoriem siltuma sadalījuma mērīšanai pa absorbera (kolektora) virsmu un citās vietās. Sensoru dotie signāli ar multimetra palīdzību tika pārveidoti un ievadīti datora atmiņā kā temperatūru vērtības sensoru nostiprināšanas vietās. Ar matemātisko modeli aprēķinu ceļā iegūtās temperatūras vērtības tika salīdzinātas ar tajos pašos punktos eksperimentāli iegūtam vērtībām.

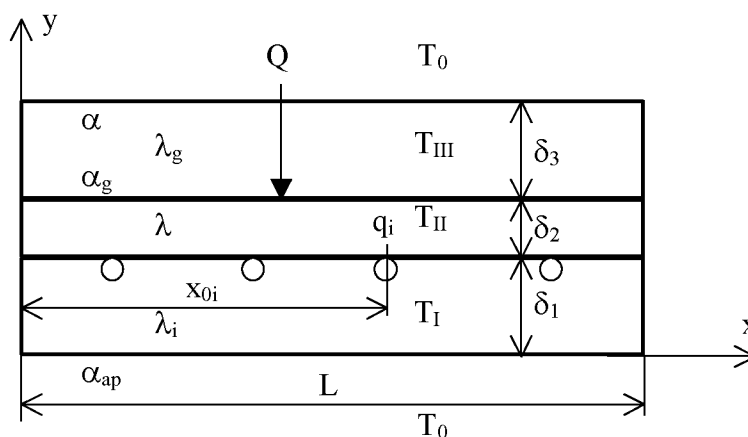
Kolektora matemātiskais modelis

Apskatītā kolektora galvenās sastāvdaļas ir koka, plastmasas vai cita materiāla kaste, kurā ievietots siltuma izolācijas slānis, uz tā absorberis – metāla loksne ar tai apakšpusē piestiprinātu (pielodētu, piemetinātu) izlocītu metāla cauruli, pa kuru plūst siltumnesējs (ūdens) un caurspīdīga materiāla (parasti stikla) vāks. Saskaņā ar reālo konstrukciju, matemātiskais modelis arī satur trīs slāņus (1. att.).

Stacionārā stāvoklī kolektora temperatūras sadalījumu nosaka siltuma vadīšanas vienādojums

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0. \quad (1)$$

Lai viennozīmīgi atrisinātu vienādojumu (1), nepieciešams formulēt konkrētā gadījuma robežnosacījumus. Tā kā absorbers kastē no visām pusēm norobežots ar siltuma izolācijas slāni un tā biezums salīdzinot ar virsmas laukumu ir niecīgs (0,8 mm), tad var uzskatīt, ka caur virsmām $x=0$ un $x=L$ siltuma plūsmas nav. Tam atbilstošie robežnosacījumi ir sekojoši



1. att. Aprēķina shēma.

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = 0. \quad (2)$$

Temperatūras sadalījums ir jāaprēķina trīs slāņos, tāpēc katram slānim lietosim atbilstošus temperatūru apzīmējumus - attiecīgi T_I , T_{II} , T_{III} .

Uz paneļa aizmugurējās virsmas, kad $y=0$, notiek konvekcija. Šeit siltuma plūsmu vienādību izsaka nosacījums

$$\lambda_i \left. \frac{\partial T_I}{\partial y} \right|_{y=0} = \alpha_{ap} (T_I|_{y=0} - T_0), \quad (3)$$

kur λ_i – siltuma izolācijas materiāla siltuma vadīšanas koeficients, $W/(m \cdot K)$;
 α_{ap} - siltuma atdeves koeficients no paneļa aizmugurējās virsmas, $W/(m^2 \cdot K)$.

Siltuma konvekcija ir arī uz paneļa priekšējās virsmas, kur $y=\delta_1+\delta_2+\delta_3$. Atbilstošais robežnosacījums ir analogs izteiksmei (3)

$$-\lambda_g \frac{\partial T_{III}}{\partial y} \Big|_{y=\delta_1+\delta_2+\delta_3} = \alpha (T_{III}|_{y=\delta_1+\delta_2+\delta_3} - T_0), \quad (4)$$

kur λ_g - gaisa slāņa ekvivalentais siltuma vadīšanas koeficients, W/(m·K);

α - siltuma atdeves koeficients, W/(m²·K);

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ - siltuma izolācijas, absorbera loksnes un gaisa slāņa starp stiklu un absorberi biezumi, m.

Uz robežas $y=\delta_1$ starp siltuma izolācijas slāni un metāla slāni temperatūras un siltuma plūsmas ir vienādas

$$T_I|_{y=\delta_1} = T_{II}|_{y=\delta_1} \quad (5)$$

un

$$\lambda \frac{\partial T_{II}}{\partial y} \Big|_{y=\delta_1} - \lambda_i \frac{\partial T_I}{\partial y} \Big|_{y=\delta_1} = \sum_{i=1}^n q_i \delta(x - x_{oi}), \quad (6)$$

kur λ - metāla slāņa siltuma vadīšanas koeficients, W/(m·K);

q_i - šķidruma cirkulācijas absorbētā siltuma intensitāte, W/m;

n - absorbera caurules vijumu skaits;

x_{oi} - absorbera novietošanas koordinātes, m;

$\delta(x-x_{oi})$ - delta funkcija punktveida absorberim, 1/m.

Uz robežas, kad $y=\delta_1+\delta_2$ arī siltuma plūsmas būs vienādas

$$\lambda \frac{\partial T_{II}}{\partial y} \Big|_{y=\delta_1+\delta_2} + \alpha_g (T_{II} - T_{III})|_{y=\delta_1+\delta_2} = Q, \quad (7)$$

kur α_g - siltuma atdeves koeficients starp absorberi un gaisa slāni, W/(m²·K);

Q - absorbētā saules enerģijas jauda, W/m²,

un

$$\alpha_g (T_{II}|_{y=\delta_1+\delta_2} - T_{III}|_{y=\delta_1+\delta_2}) = -\lambda_g \frac{\partial T_{III}}{\partial y} \Big|_{y=\delta_1+\delta_2}. \quad (8)$$

Izveidotā matemātiskās fizikas problēma (1-8) tika atrisināta ar mainīgo atdalīšanas metodi [1]. Temperatūras noteikšanai visu trīs slāņu atsevišķos punktos (ar koordinātēm x un y) iegūtas sekojošas sakarības:

$$T_I(x, y) = T_0 + A^I + B^I y + \sum_k A^I_k (\exp(\mu_k y) + \phi^I_k \exp(-\mu_k y)) \cos \mu_k x; \quad (9)$$

$$T_{II}(x, y) = T_0 + A^{II} + B^{II} (y - \delta_1) + \sum_k A^{II}_k (\exp(\mu_k (y - \delta_1)) + B^{II}_k \exp(-\mu_k (y - \delta_1))) \cos \mu_k x; \quad (10)$$

$$T_{III}(x,y) = T_0 + A^{III} + B^{III}(y - \delta_1 - \delta_2) + \sum_k B_k^{III} (\varphi_k^{III} \exp(\mu_k(y - \delta_1 - \delta_2)) + \exp(-\mu_k(y - \delta_1 - \delta_2))) \cos \mu_k x, \quad (11)$$

kur koeficientus $A^I, A^{II}, A^{III}, B^I, B^{II}, B^{III}$ nosaka atrisinot lineāru sešu vienādojumu sistēmu (12)

$$\begin{cases} \lambda_i B^I = \alpha_{ap} A^I \\ -\lambda_g B^{III} = \alpha(A^{III} + B^{III} \delta_3) \\ A^I + B^I \delta_1 = A^{II} \\ \lambda B^{II} - \lambda_i B^I = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n q_i \\ \lambda B^{II} + \alpha_g(A^{II} + B^{II} \delta_2 - A^{III}) = Q \\ -\lambda_g B^{III} = \alpha_g(A^{II} + B^{II} \delta_2 - A^{III}) \end{cases} \quad (12)$$

Koeficientu A_k^I nosaka no vienādojuma (13)

$$A_k^I = \frac{e_k(a_k - b_k)}{c_k(b_k - a_k) - a_k(\exp(\mu_k \delta_1) + \varphi_k^I \exp(-\mu_k \delta_1))}, \quad (13)$$

izmantojot sakarības (14-18)

$$\varphi_k^I = \frac{\lambda_i \mu_k / \alpha_{ap} - 1}{\lambda_i \mu_k / \alpha_{ap} + 1}, \quad (14)$$

$$a_k = \exp(\mu_k \delta_2) \left(\left(1 + \frac{\lambda \mu_k}{\alpha_g} \right) \left(1 - \frac{\lambda_g \mu_k (\varphi^{III} - 1)}{\alpha_g (\varphi^{III} + 1)} \right) - 1 \right), \quad (15)$$

$$b_k = \exp(-\mu_k \delta_2) \left(\left(1 - \frac{\lambda \mu_k}{\alpha_g} \right) \left(1 - \frac{\lambda_g \mu_k (\varphi^{III} - 1)}{\alpha_g (\varphi^{III} + 1)} \right) - 1 \right), \quad (16)$$

$$c_k = \frac{1}{2} \left(\exp(\mu_k \delta_1) \left(\frac{\lambda_i}{\lambda} - 1 \right) - \varphi_k^I \exp(-\mu_k \delta_1) \left(\frac{\lambda_i}{\lambda} + 1 \right) \right), \quad (17)$$

$$e_k = \frac{1}{\lambda \mu_k L} \sum_{i=1}^n q_i \cos \mu_k x_{0i}; \quad (18)$$

Koeficientus A_k^{II} un B_k^{II} attiecīgi nosaka no izteiksmēm (19, 20)

$$-B_k^{II} - A_k^I \cdot c_k = e_k, \quad (19)$$

$$A_k^{II} = \frac{b_k}{a_k} (e_k + A_k^I \cdot c_k). \quad (20)$$

Koeficientu B_k^{III} nosaka no izteiksmes (21), izmantojot formulu (22)

$$B_{\text{k}}^{\text{III}} = \frac{1}{\varphi_{\text{k}}^{\text{III}} + 1} \left(A_{\text{k}}^{\text{II}} \left(1 + \frac{\lambda \mu_{\text{k}}}{\alpha_{\text{g}}} \right) \exp(\mu_{\text{k}} \delta_2) + B_{\text{k}}^{\text{II}} \left(1 - \frac{\lambda \mu_{\text{k}}}{\alpha_{\text{g}}} \right) \exp(-\mu_{\text{k}} \delta_2) \right), \quad (21)$$

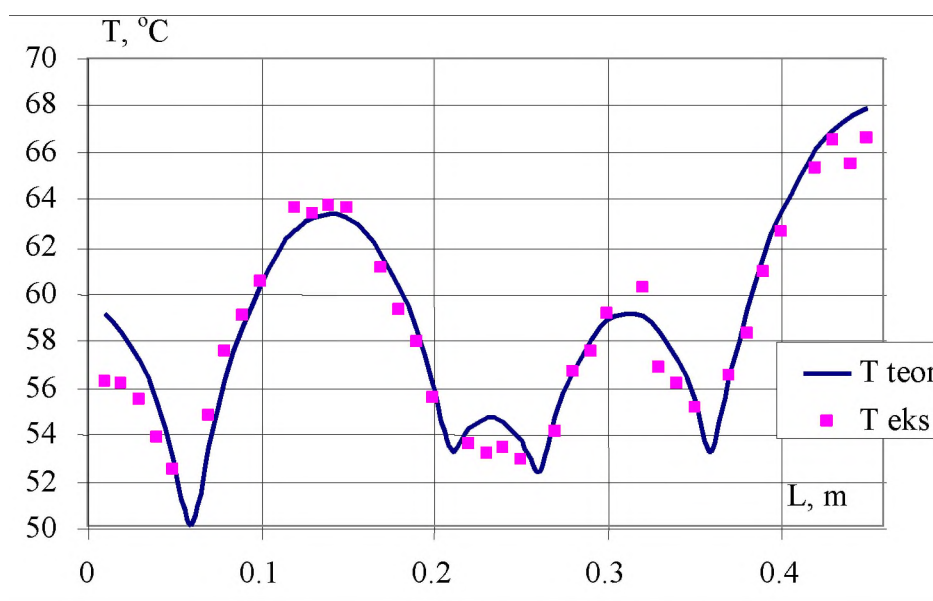
$$\varphi_{\text{k}}^{\text{III}} = \frac{\lambda_{\text{g}} \mu_{\text{k}} / \alpha - 1}{\lambda_{\text{g}} \mu_{\text{k}} / \alpha + 1} \exp(-2\mu_{\text{k}} \delta_3). \quad (22)$$

Īpašvērtības μ_{k} nosaka ar izteiksmi (23)

$$\mu_{\text{k}} = \frac{\pi k}{L}. \quad (23)$$

Teorētiskie aprēķini

Izveidotā matemātiskā modeļa formulas (9) – (23) tika ievadītas datorā atmiņā. Izmantojot eksperimentālās ierīces un izgatavotā eksperimentālā kolektora konstruktīvos parametrus, kā arī zināmos kolektora materiālu siltumtehnikos parametrus, ar iegūtās programmas palīdzību teorētiski tika aprēķināta temperatūra tajos punktos pa absorbera virsmu, uz siltumnesēja caurules un citām virsmām, kuros tā bija noteikta eksperimentāli. Tā kā dažu kolektorā izmantoto materiālu siltumtehniko parametru precīzas vērtības nebija zināmas, tad ievadot datorā eksperimentāli noteikto temperatūru vērtības kļuva iespējams šīs vērtības precizēt.



2.att. Teorētiski aprēķināto un eksperimentāli iegūto temperatūras vērtību salīdzinājums pa absorbera virsmu kolektoram ar 4 caurulēm

Eksperimentālie pētījumi

Izmantojot izveidoto eksperimentālo iekārtu, kolektora darba virsma tika apstarota ar 1000 W jaudas kvēlspuldzi. Kolektora absorberis izveidots no 0,9 mm bieza tērauda skārda ar laukumu 0,188 m², kura priekšpuse nokrāsota ar matētu, melnu silikona krāsu. Absorbera loksnes otrā pusē pielodēta vara caurulīte, ar iekšējo diametru 9 mm. Lai eksperimenta laikā

ētri varētu mainīt attālumu starp atsevišķiem caurulītes taisnajiem posmiem, galos tie lokveidā tika savienoti ar plastmasas caurulītes gabaliem. Ar cirkulācijas sūkņa palīdzību pa caurulīti tika nodrošināta siltumnesēja – ūdens plūsma. Mainot sūkņa apgriezību skaitu bija iespējams mainīt ūdens plūsmas ātrumu caurulē, t.i., absorbera plāksnes dzesēšanas intensitāti. Sildītāja īpatnējā jauda tika iestādīta $600-625 \text{ W/m}^2$, cirkulācijas sūkņa ražība ieturēta – 21 l/h. Temperatūra tika mērīta 40 punktos uz absorbera virsmas, atsevišķos punktos uz siltumnesēja caurules, kā arī uz citām kolektora sastāvdaļu virsmām. Visi rezultāti tika ievadīti un fiksēti datora atmiņā.

Rezultātu salīdzinājums

Izmantojot datorā ievadīto programmu, zināmos kolektora konstruktīvos un kolektoru veidojošo materiālu siltumtehnikos parametrus, tika aprēķinātas temperatūru vērtības tajos pašos punktos, kuros tās tika noteiktas eksperimentāli. Uzzīmētā teorētiski aprēķināto temperatūru līkne un temperatūru eksperimentālās vērtības redzamas 2.attēlā. Rezultātu sakrišanas precizitāti lielā mērā ietekmē matemātiskajā modelī ietilpstošo daudzo koeficientu skaitliskās vērtības, kuras teorētiskajam aprēķinam ņemtas no literatūras. Taču neraugoties uz to, novirzes starp teorētiski aprēķinātām un eksperimentālā ceļā iegūtajām temperatūru vērtībām ir nelielas, kas norāda uz matemātiskā modeļa izmantošanas iespējamību plāksnes tipa absorberu kolektoru projektēšanai un pētīšanai. Eksperimenta laikā tika mainīts absorbera caurulīšu posmu skaits no 2 līdz 4. Katram caurulīšu posmu skaitam tika noteiktas temperatūras vērtības pa absorbera virsmu, uzzīmētas un analizētas to sadalījuma līknes. Kolektora lietderības koeficienta vērtība atradās robežās no 0,44 līdz 0,49.

Visos gadījumos tika iegūta apmēram vienāda teorētiski un eksperimentāli iegūto rezultātu sakrišanas pakāpe.

Secinājumi

1. Izveidoto matemātisko modeli ir iespējams izmantot plakana absorbera kolektoru konstrukciju pētīšanai un projektēšanai;
2. Precīzāku teorētisko rezultātu iegūšanai matemātiskajā modelī nepieciešams ievietot precīzākas kolektora konstrukcijā izmantoto materiālu siltumtehniko parametru vērtības.

Literatūra

1. Riekstiņš E. Matemātiskās fizikas metodes. - R.: Zvaigzne, 1969. - 629 lpp.

SIMPLE METHODS OF ENGINEERING CALCULATION FOR SOLVING STATIONARY 2 –D HEAT TRANSFER PROBLEMS IN MULTILAYER MEDIA

Vienkāršas inženiertehniskas formulas stacionāras 2-D siltuma vadīšanas problēmas risināšanai daudzslāņu vidēs

H.Kalis, I.Kangro¹

Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia

Akadēmijas laukums1, LV – 1524, Rīga, Latvija, E-mail:kalis@lanet.lv

¹Rēzekne Higher Education Institution, Department of engineering Science

Atbrīvošanas aleja 90, LV – 4601, Rēzekne, Latvija, E-mail:kangro@cs.ru.lv

Abstract

There are well-known different numerical methods for solving the boundary value problems for partial differential equations. Some of them are: finite difference method (FDM), finite element method (FEM), boundary element methods (BEM), and others. In the given work two methods FDM and BEM for the mathematical model of stationary distribution of heat in the multilayer media are considered. These methods were used for the reduction of the two-dimensional heat transfer problem described by a partial differential equation to a boundary – value problem for a system of ordinary differential equations. (ODEs). Such a procedure allows obtaining simple engineering algorithms for solving heat transfer equation in multilayer domain. In the case of three layers the system of ODEs is possible for solving analytically.

Keywords: Poisson's type partial differential equation, two dimensional heat transfer problem.

Mathematical model

We will consider the partial differential equation of Poisson type

$$\partial(\lambda \partial u / \partial y) / \partial y + \partial(\lambda \partial u / \partial z) / \partial z = -q(z, y) \quad (1.1),$$

where λ is the coefficient of heat conductivity ($W / m \cdot K$), q is the function of the thermal sources (W / m^3), (z, y) are the 2 – D space coordinates in the space (m), $u = u(z, y)$ is the absolute temperature (K). Multilayer media Ω in the z - direction, which consists of N layers $\Omega = \{(z, y) : z \in \Omega_k, k = \overline{1, N}; y \in [0, L]\}$, where each layer is characterized by set $\Omega = \{(z, y) : z_{k-1} \leq z \leq z_k, k = \overline{1, N}; y \in [0, L]\}$, and $z = z_k, k = \overline{1, N-1}$ are the joint of the layers (the interior grid points in the FDM), $y = 0, y = L, z = 0, z = z_N$ are the surfaces on the rectangle domain.

If every layer has parameters of λ_k, q_k , then the equation (1.1) can be presented in the form of $\partial(\lambda_k \partial u_k / \partial z) / \partial z = F_k, k = \overline{1, N}$,

where $F_k = -\partial(\lambda \partial u / \partial y) / \partial y - q_k(z, y)$, $u_k = u_k(z, y)$ is the temperature in the layer Ω_k .

We have the following conditions:

1) conditions of a continuity on interior surfaces $z = z_k, k = \overline{1, N-1}$:

$$u_k(z_k, y) = u_{k+1}(z_k, y), \quad \lambda_k \partial u_k(z_k, y) / \partial z = \lambda_{k+1} \partial u_{k+1}(z_k, y) / \partial z,$$

2) boundary conditions on the surfaces $z = 0$ and $z = z_N$ in the form of

$$\begin{cases} \lambda_1 \partial u_1(z_0, y) / \partial z - \alpha_1 (u_1(z_0, y) - \theta_0) = 0 \\ \lambda_N \partial u_1(z_N, y) / \partial z - \alpha_N (u_N(z_N, y) - \theta_N) = 0 \end{cases} \quad (1.3)$$

where α_1, α_N are convective heat transfer coefficients, $\theta_0, \theta_N, u^{(0)}(z)$ are the dimensionless temperatures of air.

3) boundary conditions on the surfaces $y = 0$ and $y = L$ in the form

$\partial u(z, 0) / \partial y = 0$ - the symmetry condition, $u(z, L) = u^{(0)}(z)$ - the given temperature or $\partial u(z, L) / \partial y = 0$ - in the 1-D case.

Method of finite volumes and fdm

Using a method of finite volumes [1-4], we would find the finite- difference scheme of $N + 1$ equations on a joint of layers in the form

$$\begin{cases} \lambda_1 / h_1 (u_1 - u_0) - \alpha_1 (u_0 - \theta_0) = R_0^+ \\ \lambda_{k+1} / h_{k+1} (u_{k+1} - u_k) - \lambda_k / h_k (u_k - \theta_{k-1}) = R_k^- + R_k^+ \\ -\alpha_N (u_N - \theta_N) - \lambda_N / h_N (u_N - u_{N-1}) = R_N^- \end{cases} \quad (2.1)$$

where $k = \overline{1, N-1}$, $R_k^- = I_k^- + \tilde{R}_k^-$, $R_k^+ = I_k^+ + \tilde{R}_k^+$,

$$\tilde{R}_k^- = -\frac{\lambda_k}{h_k} \int_{z_{k-1}}^{z_k} (z - z_{k-1}) \ddot{u}_k(z, y) dz, \quad k = \overline{1, N},$$

$$\tilde{R}_k^+ = -\frac{\lambda_{k+1}}{h_{k+1}} \int_{z_k}^{z_{k+1}} (z_{k+1} - z) \ddot{u}_{k+1}(z, y) dz, \quad k = \overline{0, N-1},$$

$$\ddot{u}_k(z, y) = \frac{\partial^2 u_k(z, y)}{\partial y^2}, \quad h_k = z_k - z_{k-1}, \quad k = \overline{1, N},$$

$$I_k^- = -\frac{1}{h_k} \int_{z_{k-1}}^{z_k} (z - z_{k-1}) \dot{u}_k(z, y) dz, \quad k = \overline{1, N},$$

$$I_k^+ = -\frac{1}{h_{k+1}} \int_{z_k}^{z_{k+1}} (z_{k+1} - z) \dot{u}_{k+1}(z, y) dz, \quad k = \overline{0, N-1}.$$

We have the the exact 1-D difference scheme for given functions R_k^-, R_k^+ from (2.1).

Bem and the finite-difference scheme

The finite difference scheme (2.1) can be obtained by using the BEM. Using this method for equation (1.2) in the segment $[z_{k-1}, z_k]$, we multiply the equation with the function $w(z, \xi) = |z - \xi|, \xi \in [z_{k-1}, z_k]$ and partially integrate two times:

$$\lambda_k \int_{z_{k-1}}^{z_k} u_k w'' dz = \int_{z_{k-1}}^{z_k} F_k w dz + \lambda_k P_k, \quad (3.1)$$

where $P_k = (u_k w' - u_k' w)|_{z_{k-1}}^{z_k}$, $w' = \frac{\partial w}{\partial z}, \dots$

Due to $w' = \text{sign}(z - \xi)$, $w'' = \delta(z - \xi)$ (the Dirac-delta function) we obtain the third Green formula for the 1-D case:

$$\lambda_k u_k(\xi, y) = \int_{z_{k-1}}^{z_k} |z - \xi| F_k w dz + \lambda_k P_k, \quad (3.2)$$

where

$$P_k = v_k(z_k) \text{sign}(z_k - \xi) - v_k'(z_k) |z_k - \xi| - v_k(z_k - 1) \text{sign}(z_{k-1} - \xi) + v_k'(z_{k-1}) |z_{k-1} - \xi|, \quad v_k(z_k) \equiv u_k(z, y).$$

For the given values $v_k(z_k), v_k(z_{k-1}), v'_k(z_k), v'_k(z_{k-1}), F_k$ it is possible from (3.2) to find $v_k(\xi) \equiv u_k(\xi, y)$ for all $\xi \in [z_{k-1}, z_k]$.

Let us consider two limit cases, when $\xi \rightarrow z_{k-1}$ and $\xi \rightarrow z_k$. Then we have 2 equations for BEM in the following form:

$$\begin{cases} \lambda_k v_k(z_{k-1}) = \lambda_k (v_k(z_k) - h_k v'_k(z_k)) + h_k R_k^- \\ \lambda_k v_k(z_k) = \lambda_k (v_k(z_{k-1}) + h_k v'_k(z_{k-1})) + h_k R_k^+ \end{cases} \quad (3.3)$$

After substituting k by $k+1$ in second equation (3.3), then dividing this expressions respectively by h_k, h_{k+1} and applying the conditions of continuity $v_k(z_k) = v_{k+1}(z_k), \lambda_k v'_k(z_k) = \lambda_{k+1} v'_{k+1}(z_k), k = \overline{1, N-1}$ we obtain the difference equations (2.1) for $k = \overline{1, N-1}, (v_k(z_k) = u_k, v_k(z_{k-1}) = u_{k-1}, v_{k+1}(z_{k+1}) = u_{k+1})$. The first equation of (2.1) is obtained from the second equation (3.3), if $k=1, (v_1(z_1) = u_1, v_1(z_0) = u_0)$, but the last equation - from first equation (3.3), if $k=N, (v_N(z_{N-1}) = u_{N-1}, v_N(z_N) = u_N)$, (the boundary conditions (1.3) must be used).

We can obtain the values $u_{k-1}, u_k, k = \overline{1, N}$ from the finite difference scheme (2.1), but from (3.3) – the values $v'_k(z_{k-1}), v'_k(z_k)$ in the grid points

$$\begin{aligned} v'_k(z_{k-1}) &= (v_k(z_k) - v_k(z_{k-1})) \lambda_k^{-1} - \lambda_k^{-1} R_{k-1}^+, k = \overline{1, N}, \\ v'_k(z_k) &= (v_k(z_k) - v_k(z_{k-1})) \lambda_k^{-1} + \lambda_k^{-1} R_k^-, k = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Then in the interior points of Ω we have $u_k(z, y) = P_3(z, y) + \partial^4 u_k(\xi, y) / \partial z^4 \omega^2(z), k = \overline{1, N}$,

$$\begin{aligned} \text{where } z, \xi \in [z_{k-1}, z_k], \omega^2(z) &= (z - z_{k-1})^2 (z - z_k)^2 = O(h_k^4), \\ P_k(z, y) &= u_{k-1}(y) l_{11}(z) + u'_k(z_{k-1}, y) l_{12}(z) + u_k(y) l_{21}(z) + u'_k(z_k, y) l_{22}(z), \\ l_{11}(z) &= (z - z_k)^2 (2z + z_k - 3z_{k-1}) / h_k^3, l_{12}(z) = (z - z_k)^2 (z - z_{k-1}) / h_k^2, \\ l_{21}(z) &= (z - z_{k-1})^2 (3z_k - z_{k-1} - 2z) / h_k^3, l_{22}(z) = (z - z_{k-1})^2 (z - z_k) / h_k^2. \end{aligned} \quad (3.5)$$

This is the Hermite interpolation polynomial in the Z -direction for solving the temperature in other interior points of $\Omega_k u_k(z, y) \approx P_k(z, y)$.

For solving the loss of heat on the walls, we can calculate the heat flux functions

$$W_0 = \lambda_1 \int_0^L \frac{\partial u(0, y)}{\partial z} dy, W_N = \lambda_N \int_0^L \frac{\partial u(z_N, y)}{\partial z} dy \quad (3.6)$$

on the boundaries $z=0$ and $z=z_N$,

where $\partial u(0, y) / \partial z \equiv u'_1(0, y) \partial u, \partial u(z_N, y) / \partial z \equiv u'_N(z_N, y) \partial u$.

Approximation of integrals

The value of integrals $\tilde{R}_k^+, \tilde{R}_k^-$ is possible to find approximately with the help of kvadrature formulas of a different sort in a 2-D case and after rejection of residual members we find the system of $N + 1$ ODEs of the second order [1-3]:

$$\begin{cases} -\lambda_1 h_1 [(1/3)\ddot{u}_0(y) + (1/6)\ddot{u}_1(y)] = (\lambda_1 / h_1)(u_1(y) - u_0(y)) - \alpha_1(u_0(y) - \theta_0) - I_0^+ \\ -\lambda_k h_k [(1/6)\ddot{u}_{k-1}(y) + (1/3)\ddot{u}_k(y)] - \lambda_{k+1} h_{k+1} [(1/3)\ddot{u}_k(y) + (1/6)\ddot{u}_{k+1}(y)] = \\ = (\lambda_{k+1} / h_{k+1})(u_{k+1}(y) - u_k(y)) - (\lambda_k / h_k)(u_k(y) - u_{k-1}(y)) - I_k^- - I_k^+, \quad k = \overline{1, N-1}, \\ -\lambda_N h_N [(1/6)\ddot{u}_{N-1}(y) + (1/3)\ddot{u}_N(y)] = \lambda_N / h_N (u_N(y) - u_{N-1}(y)) - \alpha_N (u_N(y) - \theta_N) - I_N^-, \end{cases} \quad (4.1)$$

where $\ddot{u}_{k-1}(y) = \ddot{u}_k(z_{k-1}, y)$, $\ddot{u}_k(y) = \ddot{u}_k(z_k, y)$.

Here the continuity conditions of functions $u_k(z, y)$, $\ddot{u}_k(z, y)$ on a joint of layers are used.

Distribution of boundary temperature at $y=L$ we find under the linear law $u^{(0)}(z) = Bz + C$, coordinating it with the boundary conditions (1.3). Thus we find the system of two algebraic equations for the determination of constants B, C in the form

$$B = (\alpha_1 \alpha_N (\theta_N - \theta_0)) / (\alpha_1 (\lambda_N + \alpha_N z_N) + \alpha_N \lambda_1), C = \theta_0 + (\lambda_1 / \alpha_1) B.$$

From Dirichlet boundary conditions we obtain $B = (\theta_N - \theta_0) / z_N$, $C = \theta_0$. Then the boundary conditions of the system (4.1) can be presented in the form $\dot{u}_k(0) = 0, u_k(L) = u^{(0)}(z_k), k = \overline{0, N}$.

Analytical solution and numerical results

Let's consider numerical experiments, with a case $N = 3, q_1 = q_3 = 0, q_2 = 500 \text{ W/m}^3$, $\alpha_1 = \alpha_3 = \infty, u_0(y) = \theta_0, u_3(y) = \theta_3$ at the following values of parameters (in the wall of a house consisting of three layers: brick, metal, brick): $h_1 = h_3 = 0.4 \text{ m}, h_2 = 0.2 \text{ m}$ - the thickness of layers, $l = 1.5 \text{ m}$ - the half of the width of the metal - layer, $L = 2 \text{ m}$ - the half of the width of the wall, $\lambda_1 = \lambda_3 = 1.0 \text{ W/m} \cdot \text{K}, \lambda_2 = 50 \text{ W/m} \cdot \text{K}, \theta_0 = 290 \text{ K}, \theta_3 = 250 \text{ K}$ - the air temperatures in Kelvin degree (Fig. 1.).

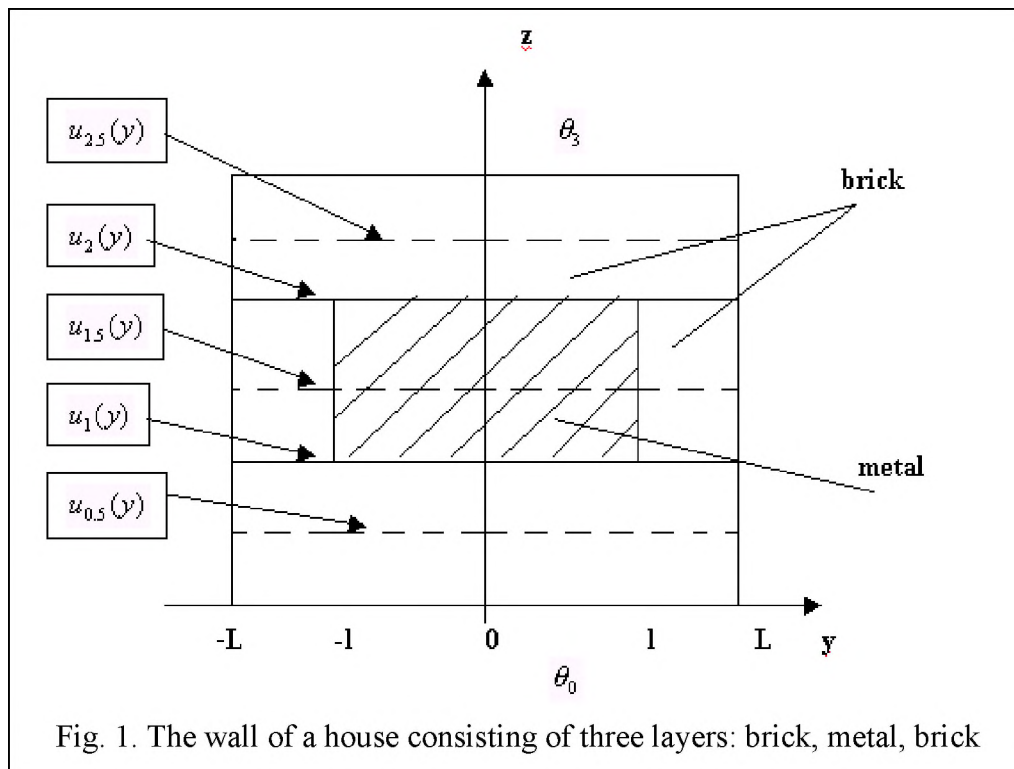


Fig. 1. The wall of a house consisting of three layers: brick, metal, brick

In this case we have the system (4.1) of two ODEs in following form:

$$\begin{cases} -\frac{1}{3}\lambda_1 h_1 \ddot{u}_1(y) - \frac{1}{6}\lambda_2 h_2 (-2\ddot{u}_1(y) + \ddot{u}_2(y)) = \frac{\lambda_2}{h_2}(u_2(y) - u_1(y)) - \frac{\lambda_1}{h_1}(u_1(y) - \theta_0) - I_1^+ \\ -\frac{1}{6}\lambda_2 h_2 (\ddot{u}_1(y) + 2\ddot{u}_2(y)) - \frac{1}{3}\lambda_3 h_3 \ddot{u}_2(y) = \\ = \frac{\lambda_3}{h_3}(\theta_3 - u_2(y)) - \frac{\lambda_2}{h_2}(u_2(y) - u_1(y)) - I_2^-, \end{cases} \quad (5.1)$$

where $I_1^+ = I_1^- = -\frac{1}{2}l_2 h_2$, $u_1'(0) - u_2'(0) = 0$, $y \in (0, L)$, $u_1(L) = (\theta_3 h_1 + \theta_0 (h_1 + h_2))(2h_1 + h_2)^{-1}$, $u_2(L) = (\theta_0 h_1 + \theta_3 (h_1 + h_2))(2h_1 + h_2)^{-1}$ or in the 1-D case $\dot{u}_1(L) = \dot{u}_2(L) = 0$.

It is possible to obtain the solution of boundary – value problem (5.1) (if $q_2 = q_2(y) \neq 0$ $y \in [0, l] \ l < L$) in the form

$$u_1(y) = C_2 ch(\mu_1 y) + C_4 ch(\mu_3 y) + d_1, \quad u_2(y) = C_2 ch(\mu_1 y) - C_4 ch(\mu_3 y) + d_2, \quad (5.2)$$

where $\mu_1 = (6\lambda_1 / (h_1(2\lambda_1 h_1 + 3\lambda_2 h_2)))^{\frac{1}{2}}$, $\mu_3 = ((6(2\lambda_2 h_1 + \lambda_1 h_2)) / (h_1 h_2 (2\lambda_1 h_2 + \lambda_2 h_2)))^{\frac{1}{2}}$, $a_2 = \lambda_1 h_1^{-1} + \lambda_2 h_2^{-1}$, $b_2 = -\lambda_2 h_2^{-1}$, $c_1 = \lambda_1 h_1^{-1} \theta_0 + 0.5 q_2 h_2$, $c_2 = \lambda_1 h_1^{-1} \theta_3 + 0.5 q_2 h_2$, $c_0 = a_2^2 - b_2^2 = \lambda_1^2 h_1 + 2\lambda_1 \lambda_2 (h_1 h_2)^{-1}$, $d_1 = (a_2 c_1 - b_2 c_2) c_0^{-1}$, $d_2 = (a_2 c_2 - b_2 c_1) c_0^{-1}$, $C_2 = -(d_1 + d_2 - u_1(L) - u_2(L)) / (2ch(\mu_1 L))$, $C_4 = -(d_1 - d_2 - u_1(L) + u_2(L)) / (2ch(\mu_3 L))$ (5.3)

If $\dot{u}_1(L) = \dot{u}_2(L) = 0$ (the 1-D case), then $C_2 = C_4 = 0$ and $u_1(y) = d_1 = (p_2 \theta_0 + p_1 \theta_3) / p_3 + Q$, $u_2(y) = d_2 = (p_1 \theta_0 + p_2 \theta_3) / p_3 + Q$, where $p_1 = \lambda_2 h_1 = 20$, $p_2 = \lambda_1 h_2 + \lambda_2 h_1 = 20.2$, $p_3 = p_1 + p_2 = 40.2$,

$Q = \frac{1}{2} q_2 h_2 h_1 / \lambda_1 = 20$. Therefore, $u_1 = 270.1 + Q = 290.1$, $u_2 = 268.8 + Q = 288.8$.

It is possible to obtain the solution of boundary – value problem (5.1) (if $q_2 = 0$, $\lambda_2 = \lambda_1$, $y \in [l, L]$) in the form

$$\begin{cases} u_1^*(y) = C_1^* sh(\mu_1^* y) + C_2^* ch(\mu_1^* y) + C_3^* sh(\mu_3^* y) + C_4^* ch(\mu_3^* y) + d_1^* \\ u_2^*(y) = C_1^* sh(\mu_1^* y) + C_2^* ch(\mu_1^* y) - C_3^* sh(\mu_3^* y) - C_4^* ch(\mu_3^* y) + d_2^* \end{cases} \quad (5.4)$$

where, $\mu_1^* = (6 / (h_1(2h_1 + 3h_2)))^{\frac{1}{2}}$, $\mu_3^* = (6 / (h_1 \lambda_2))^{\frac{1}{2}}$, $a_2^* = \lambda_1 (h_1^{-1} + h_2^{-1})$, $b_2^* = -\lambda_1 h_2^{-1}$, $c_0^* = \lambda_1^2 (h_1^{-2} + 2(h_1 h_2)^{-1})$, $c_1^* = \lambda_1 h_1^{-1} \theta_0$, $c_2^* = \lambda_1 h_1^{-1} \theta_3$, $d_1^* = (a_2^* c_1^* - b_2^* c_2^*) (c_0^*)^{-1}$, $d_2^* = (a_2^* c_2^* - b_2^* c_1^*) (c_0^*)^{-1}$, $\phi_k = \frac{\lambda^* \mu_k}{\lambda_1 \mu_k^*}$, $k = 1, 3$, $d_1^+ = (1/2)(d_1 - d_1^* + d_2 - d_2^*)$,

$d_1^- = (1/2)(d_1 - d_1^* - d_2 + d_2^*)$, $A_1 = ch(\mu_1 l) ch((L-l)\mu_1^*) + \phi_1 sh(\mu_1 l) sh((L-l)\mu_1^*)$, $A_2 = ch(\mu_3 l) ch((L-l)\mu_3^*) + \phi_3 sh(\mu_3 l) sh((L-l)\mu_3^*)$,

$$\begin{aligned}
 C_2 &= (1/2A_1)(u_1(L) + u_2(L) - 2d_1^+ ch((L-l)\mu_1^*) - d_1^* - d_2^*), \\
 C_4 &= (1/2A_1)(u_1(L) - u_2(L) - 2d_1^- ch((L-l)\mu_3^*) - d_1^* + d_2^*), \\
 C_1^* &= -d_1^+ sh(\mu_1^*l) + C_2(\phi_1 sh(\mu_1l)ch(\mu_1^*l) - ch(\mu_1l)sh(\mu_1^*l)), \\
 C_2^* &= d_1^+ ch(\mu_1^*l) + C_2(\phi_1 ch(\mu_1l)ch(\mu_1^*l) - \phi_1 sh(\mu_1^*l)sh(\mu_1^*l)), \\
 C_3^* &= -d_1^- sh(\mu_3^*l) + C_4(\phi_3 sh(\mu_3l)ch(\mu_3^*l) - ch(\mu_3l)sh(\mu_3^*l)), \\
 C_4^* &= d_1^- ch(\mu_3^*l) + C_4(ch(\mu_3l)ch(\mu_3^*l) - \phi_3 ch(\mu_3^*l)sh(\mu_3l)).
 \end{aligned} \tag{5.5}$$

In calculations d_1^* , d_2^* under formulas (5.3), at $y \in (l, L)$ ($l < L$) loss of significant figures was observed, for example, at $q_2 = 500$, $y = 1.8$ we find $u_1(y) = 278.256305$ (at calculation using up to 20 significant figures), $u_1(y) = 278.2$ (at calculation using up to 15 significant figures), $u_1(y) = 304$ (at calculation using up to 12 significant figures - it is visible, that all received figures are incorrect). Therefore it is more expedient to use formulas

$$\begin{aligned}
 u_1^*(y) &= d_1^+ ch((y-l)\mu_1^*) + d_1^- ch((y-l)\mu_3^*) + C_2A_1(y) + C_4A_2(y) + d_1^*, \\
 u_1^*(y) &= d_1^+ ch((y-l)\mu_1^*) - d_1^- ch((y-l)\mu_3^*) + C_2A_1(y) - C_4A_2(y) + d_2^*, \\
 \text{where } A_1(y) &= ch(\mu_1l)ch((y-l)\mu_1^*) + \lambda_{av}^{(1)} sh(\mu_1l)sh((y-l)\mu_1^*), \\
 A_2(y) &= ch(\mu_3l)ch((y-l)\mu_3^*) + \lambda_{av}^{(2)} sh(\mu_3l)sh((y-l)\mu_3^*), \text{ instead of (5.4).}
 \end{aligned}$$

If $l = L$, $\mu_1^* = \mu_1$, $\mu_3^* = \mu_3$, then the constants C_2, C_4 from (5.5) are equal C_2, C_4 from (5.3) and we can use only formulas(5.2). In the interior points we can used the interpolatioin with cubic polinomials (3.5), where

$$\begin{aligned}
 u_1'(0, y) &= (u_1(y) - \theta_0)h_1^{-1} + (h_1/6)B_1(y), \quad u_1'(z_1, y) = (u_1(y) - \theta_0)h_1^{-1} - (h_1/3)B_1(y), \\
 u_2'(z_1, y) &= (u_2(y) - u_1(y))h_2^{-1} + (h_2/6)(2B_1(y) + B_2(y)) + (q_2h_2)/(2h_2), \\
 u_2'(z_2, y) &= (u_2(y) - u_1(y))h_2^{-1} - (h_2/6)(B_1(y) + 2B_2(y)) - (q_2h_2)/(2h_2), \\
 u_3'(z_2, y) &= (\theta_3 - u_2(y))h_3^{-1} + (h_3/3)B_2(y), \quad u_3'(z_3, y) = (\theta_3 - u_2(y))h_3^{-1} - (h_3/6)B_2(y), \\
 B_1(y) &= C_2\mu_1^2 ch(\mu_1y) + C_4\mu_3^2 ch(\mu_3y), \quad B_2(y) = C_2\mu_1^2 ch(\mu_1y) - C_4\mu_3^2 ch(\mu_3y).
 \end{aligned} \tag{5.6}$$

If $l < L$, then for $y > L$ in the formulas (5.6) the functions B_1, B_2 can be replaced with B_1^*, B_2^* , and u_1, u_2 with u_1^*, u_2^* , where

$$\begin{aligned}
 B_1^* &= d_1^+(\mu_1^*)^2 ch((y-l)\mu_1^*) + d_1^-(\mu_3^*)^2 ch((y-l)\mu_3^*) + C_2(\mu_1^*)^2 A_1(y) + C_4(\mu_3^*)^2 A_2(y), \\
 B_2^* &= d_1^+(\mu_1^*)^2 ch((y-l)\mu_1^*) - d_1^-(\mu_3^*)^2 ch((y-l)\mu_3^*) + C_2(\mu_1^*)^2 A_1(y) - C_4(\mu_3^*)^2 A_2(y).
 \end{aligned}$$

For the flux functions on the borders (3.6) we obtain

$$W_0 = \lambda_1(W_0^{(1)} + W_0^{(2)}), \quad W_3 = \lambda_3(W_3^{(1)} + W_3^{(2)}), \tag{5.7}$$

where

$$\begin{aligned}
 W_0^{(1)} &= \int_0^l u_1'(0, y)dy = lh_1^{-1}(d_1 - \theta_0) + C_2K_1 + C_4K_3, \\
 W_3^{(1)} &= \int_0^l u_1'(0, y)dy = lh_3^{-1}(\theta_3 - d_2) - C_2K_1 + C_4K_3, \\
 W_0^{(2)} &= \int_0^l u_1'(0, y)dy = (L-l)h_1^{-1}(d_1^* - \theta_0) + d_1^+K_1^* + d_1^-K_3^* + C_2D_1 + C_4D_3, \\
 W_3^{(2)} &= \int_0^l u_1'(0, y)dy = (L-l)h_3^{-1}(\theta_3 - d_2^*) - d_1^+K_1^* + d_1^-K_3^* - C_2D_1 + C_4D_3,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{where } K_1 = sh(\mu_1 l) \left[(h_1 \mu_1)^{-1} + h_1 \mu_1 / 6 \right], \quad K_3 = sh(\mu_3 l) \left[(h_1 \mu_3)^{-1} + h_1 \mu_3 / 6 \right], \\
 &K_1^\bullet = sh((L-l)\mu_1^\bullet) \left[(h_1 \mu_1^\bullet)^{-1} + h_1 \mu_1^\bullet / 6 \right], \quad K_3^\bullet = sh((L-l)\mu_3^\bullet) \left[(h_1 \mu_3^\bullet)^{-1} + h_1 \mu_3^\bullet / 6 \right], \\
 &D_1 = ch(\mu_1 l) K_1^\bullet + \lambda_{av}^{(1)} sh(\mu_1 l) (ch((L-l)\mu_1^\bullet) - 1) K_1^0, \\
 &D_3 = ch(\mu_3 l) K_3^\bullet + \lambda_{av}^{(2)} sh(\mu_3 l) (ch((L-l)\mu_3^\bullet) - 1) K_3^0, \\
 &K_1^0 = (h_1 \mu_1^\bullet)^{-1} + h_1 \mu_1^\bullet / 6, \quad K_3^0 = (h_1 \mu_3^\bullet)^{-1} + h_1 \mu_3^\bullet / 6.
 \end{aligned}$$

If $l = L$, $\dot{u}_1(L) = \dot{u}_2(L) = 0$ (1-D case), then $C_2 = C_4 = 0$, $W_0^{(2)} = W_3^{(2)} = 0$ and $u_1'(0) = u_1'(z_1) = (\theta_3 - \theta_0)\lambda_2 / p_3 + Q_0 / \lambda_1 = -49.75 + Q_0$, $u_2'(z_1) = (\theta_3 - \theta_0)\lambda_1 / p_3 + Q_0 / \lambda_2 = -1 + 0.02 Q_0$, $u_2'(z_2) = (\theta_3 - \theta_0)\lambda_1 / p_3 - Q_0 / \lambda_2 = -1 - 0.02 Q_0$, $u_3'(z_2) = u_3'(z_3) = (\theta_3 - \theta_0)\lambda_2 / p_3 - Q_0 / \lambda_1 = -49.75 - 0.02 Q_0$, where $p_3 = 2h_1\lambda_2 + h_2\lambda_1 = 40.2$, $Q_0 = (q_2 h_2) / 2 = 50$.

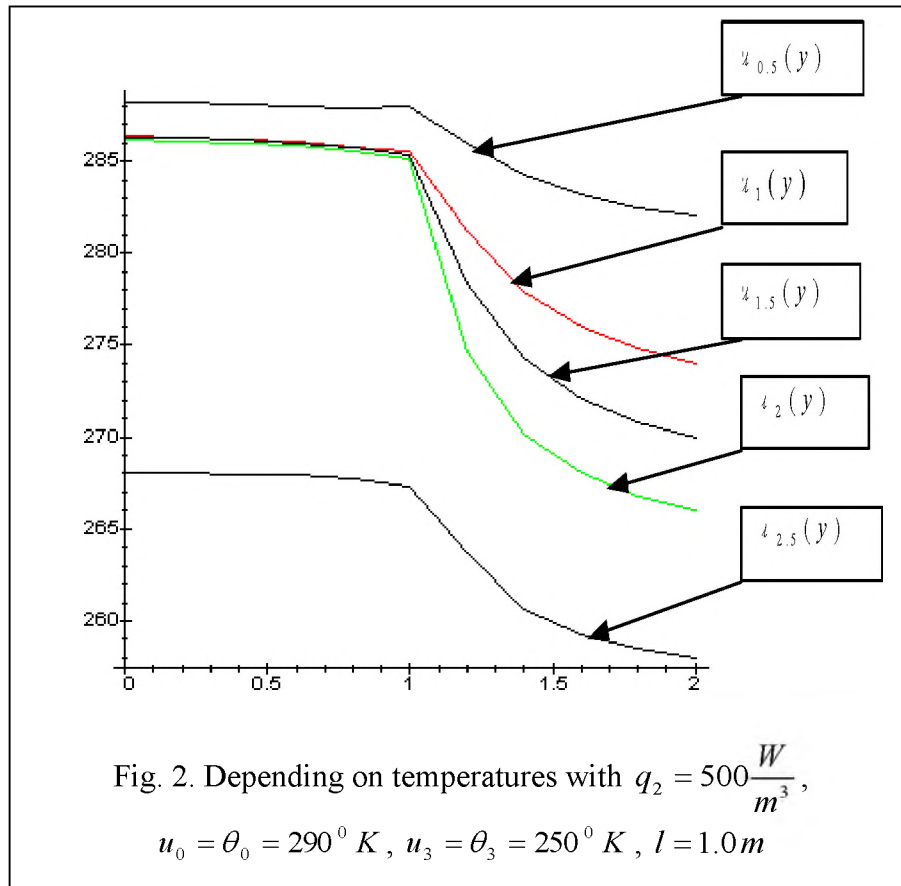
$$\text{Therefore } W_0 = L[(\theta_3 - \theta_0)\lambda_1\lambda_2 / p_3 + Q_0] = L(-49.75 + Q_0), \quad W_3 = L(-49.75 - Q_0).$$

We see, that at heating an average layer, loss of heat inside a house are practically equal to zero. Calculations were made by means of mathematical computer-system MAPLE-5, in the Table 1, Figure 2 we can see the dependence of temperature $u_{0.5}(y) = u(h_1 / 2, y)$, $u_1(y) = u(h_1, y)$, $u_{1.5}(y) = u(h_1 + h_2 / 2, y)$, $u_2(y) = u(z_2, y)$, $u_{2.5}(y) = u(z_2 + h_3 / 2, y)$ ($z_2 = h_1 + h_2$) on the coordinate $y \in (0, L)$ with $q_2 = 500 \text{ W} / \text{m}^3$. We have, $W_0 = -23.68$, $W_3 = -171.83$. If $l = L$ and $\dot{u}_1(L) = \dot{u}_2(L) = 0$, then $u_{0.5} = (u_1 + \theta_0) / 2 \approx 280 + Q / 2$, $u_1 = 270.1 + Q$, $u_{1.5} = (u_1 + u_2) / 2 + 0.005 h_2 Q_0$, $u_2 = 268.8 + Q$, $u_{2.5} = (u_2 + \theta_3) / 2 \approx 260 + Q / 2$, $Q = 20$, $Q_0 = 50$.

Table 1.

Depending on temperatures with $q_2 = 500 \frac{W}{m^3}$, $u_0 = \theta_0 = 290^0 K$, $u_3 = \theta_3 = 250^0 K$

y	$u_{0.5}$	u_1	$u_{1.5}$	u_2	$u_{2.5}$
0	288.77	287.57	287.51	287.37	268.67
0.2	288.76	287.54	287.49	287.34	268.66
0.4	288.72	287.47	287.41	287.27	268.62
0.6	288.66	287.34	287.28	287.14	268.56
0.8	288.57	287.16	287.10	286.96	268.47
1.0	288.45	286.92	286.87	286.72	268.35
1.2	288.30	286.62	286.57	286.42	268.19
1.4	288.16	286.27	286.20	286.04	267.96
1.6	286.72	283.47	281.67	278.68	266.73
1.8	284.41	278.26	174.77	270.81	261.10
2.0	282.00	274.00	270.00	266.00	258.00



Conclusion

In the given paper the used method allows to reduce a two-dimensional heat transfer problem to the system of the ordinary differential equations (5.3), solution of both it is easier to make theoretically and practically.

The considered method allows finding distribution of temperatures depending on the second coordinate on a joint of layers.

References

1. H.Kalis Effective finite-difference scheme for solving some heat transfer problems with convection in multilayer media. In: *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2000, vol.43, 4467-4474.
2. H.Kalis and I.Kangro. Simple algorithms for the calculation of heat transport problem in plate. *Mathematical modelling and analysis*, Vilnius "Technika", 2001, vol. 6, N 7, 85 –95.
3. H.Kalis Finite-difference scheme for solving of some heat transfer problems with convection in multilayer media. In: *Proc. Of the 2-nd int. conference "Finite-difference methods: theory and applications"*, vol.2, Minsk 1998, Belarus, 50-55.
4. H.Kalis, I.Kangro. Simple methods of engineering calculation for solving heat transfer problems. In: *Mathematical Modelling and Analysis*, Vilnius "Technika", 2003, vol. 8, N 2.

**МЕТОДЫ ОБРАТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И
РАСПРОСТРАНЕНИЯ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА**
*Back Propagation and Transformation Methods in Artificial Intelligence
Systems*

Г. Москвин

Латвийский сельскохозяйственный университет

Liela iela 2, Jelgava LV- 3001, LLU

E-mail: logicor@llu.lv.lu

Abstract

Detailed description of methods of back propagation and back transformation also distributions for training of neural networks is given. A comparative estimation of a priority of methods of back transformation and back propagation for the decision of tasks of synthesis and training of neural networks, also for intelligent automatic measuring and AI systems for the first time is carried out.

Key words: *neural network, intelligent automatic measuring systems, artificial intelligence.*

Введение

В последние десятилетия в мире бурно развивается новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях (НС). Актуальность исследований в этом направлении подтверждается многообразием различных применений НС. Это автоматизация технологических процессов и распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, создание экспертных систем (ЭС) и систем искусственного интеллекта (ИИ), разработка ассоциативной памяти и многие другие приложения. Но широкий круг задач, решаемый НС, всё ещё не позволяет в настоящее время создавать универсальные, мощные интеллектуальные сети, вынуждая разрабатывать специализированные НС, функционирующие по различным алгоритмам. Модели НС в системах ИИ могут быть выполнены в виде программного и аппаратного исполнения [1-11].

Основу каждой НС составляют относительно простые, в большинстве случаев однотипные элементы (ячейки), имитирующие работу нейронов мозга. Под нейроном подразумевается искусственный нейрон, ячейка НС, рис 1.

Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или заторможены. Нейрон обладает группой синапсов – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон – выходную связь данного нейрона, с которой сигнал (возбуждения или торможения) поступает на синапсы следующих нейронов. Каждый синапс по физическому смыслу эквивалентен электрической проводимости и характеризуется величиной синаптической связи или ее весом W_i .

Текущее состояние нейрона определяется как взвешенная сумма его входов:

$$S = \sum_{i=1}^n X_i \cdot W_i$$

Выход нейрона есть функция его состояния: $Y = f(S)$

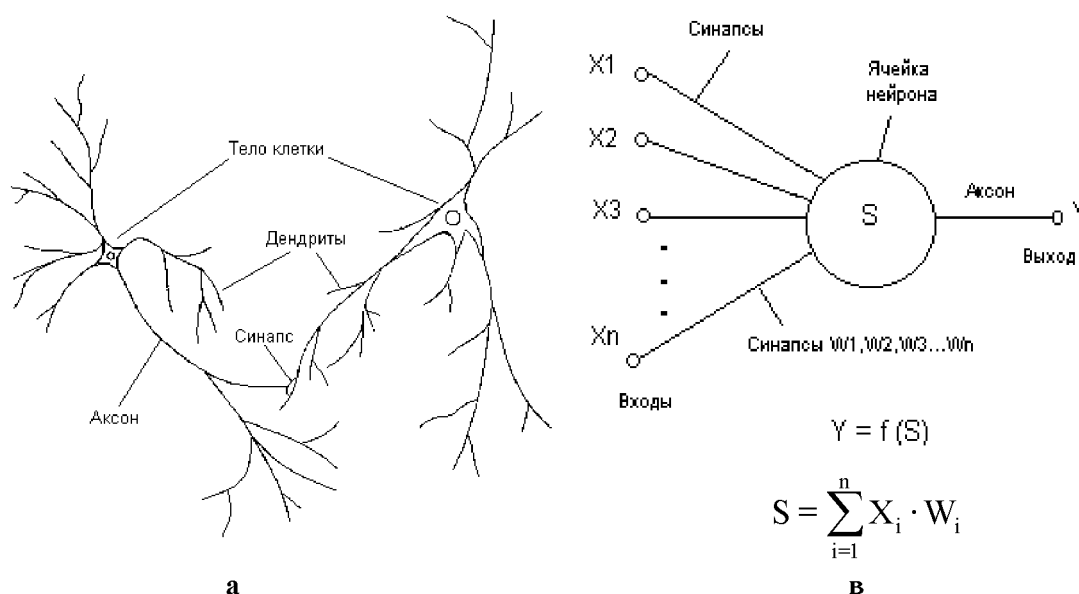


Рис.1 Нейрон мозга (а) и схема искусственного нейрона (в)

Вопрос о необходимых и достаточных свойствах сети для решения конкретных задач представляет собой отдельное направление нейрокомпьютерной науки. Так как синтез НС зависит от конкретно решаемой задачи, то в большинстве случаев оптимальный вариант получается на основе интуитивного подбора.

Процесс функционирования НС, то есть сущность действий, которые она способна выполнять, зависит от величин синаптических связей. Поэтому, задавшись определенной структурой НС, отвечающей какой-либо задаче, разработчик сети должен найти оптимальные значения всех переменных весовых коэффициентов. Этот этап называется обучением НС, и от того, насколько качественно он будет выполнен, зависит способность сети решать поставленные перед ней проблемы во время эксплуатации. На этапе обучения кроме параметра качества подбора весов важную роль играет время обучения. Как правило, эти два параметра связаны обратной зависимостью и их приходится выбирать на основе компромисса.

Обучение НС может вестись с учителем или без него. В первом случае сети предъявляются значения как входных, так и желательных выходных сигналов, и она по некоторому внутреннему алгоритму подстраивает веса своих синаптических связей. Во втором случае выходы НС формируются самостоятельно, а веса изменяются по алгоритму, учитывающему только входные и производные от них сигналы.

Существует множество различных алгоритмов обучения, которые делятся на два больших класса: детерминистские и стохастические. В первом из них подстройка весов представляет собой жесткую последовательность действий, во втором – она производится на основе действий, подчиняющихся некоторому случайному процессу [1-6,8,10]. Обычно формируют бинарные и аналоговые сети. Первые из них оперируют с двоичными сигналами, и выход каждого нейрона может принимать только два значения: логический ноль ("заторможенное" состояние) и логическая единица ("возбужденное" состояние). К этому классу сетей относится и перцептрон, так как выходы его нейронов, формируемые функцией единичного скачка, равны либо 0, либо 1. В аналоговых сетях выходные значения нейронов способны принимать непрерывные

значения. Алгоритмически ход времени в НС задается итерационным выполнением однотипных действий над нейронами.

Алгоритмы обратного распространения и преобразования

Алгоритмы обратного преобразования и распространения проще всего понять, когда все элементы сети линейны. Алгоритм вычисляет каждую EW_j , сначала вычисляя E_A - скорость, с которой изменяется ошибка при изменении уровня активности элемента. Для выходных элементов E_A является просто разностью между действительным и желаемым выходом.

Чтобы вычислить E_A для скрытого элемента в слое, непосредственно предшествующем выходному слою, сначала идентифицируются все веса между этим скрытым элементом и выходными элементами, с которыми соединен данный скрытый элемент. Затем эти веса умножаются на величины E_A для этих выходных элементов и складываются полученные произведения. Эта сумма равна E_A для данного скрытого элемента. Вычислив E_A для всех элементов скрытого слоя, прилегающего к выходному, можно аналогичным образом рассчитать E_A и для других слоев, перемещаясь в направлении, обратном тому направлению, в котором активность нейронов распространяется по сети. Отсюда и название алгоритма обратного «прослеживания» (обратного распространения или преобразования). После того, как значение E_A для элемента вычислено, подсчитать EW для каждой входной связи элемента уже несложно. Величина EW является произведением E_A и активности во входной цепи. Для нелинейных элементов алгоритм обратного распространения включает дополнительный шаг. Перед перемещением в обратном направлении E_A необходимо преобразовать в E_I - скорость, с которой изменяется ошибка по мере изменения суммарного входа элемента.

Чтобы обучить нейронную сеть (НС) решению какой-либо задачи, веса каждого элемента корректируются таким образом, чтобы уменьшалась ошибка - расхождение между действительным и желаемым выходом. Для этого нужно, чтобы нейронная сеть вычисляла производную от ошибки по весам (EW). Другими словами, она должна вычислять, как изменяется ошибка при небольшом увеличении или уменьшении каждого веса. Чаще всего для вычисления EW применяется именно алгоритмы обратного распространения и преобразования [1-12, 14, 17, 42].

Чтобы реализовать эти алгоритмы, в качестве примера дадим математическое описание нейронной сети. Предположим, что элемент j - типичный элемент выходного слоя, а элемент i - типичный элемент слоя, который предшествует выходному. Активность элемента выходного слоя определяется двух шаговой процедурой. Сначала вычисляется суммарный взвешенный вход X_j с помощью формулы:

$$X_j = S_i (Y_i W_{ij}),$$

где Y_i - уровень активности i -го элемента в предшествующем слое и W_{ij} - вес связи между i -м и j -м элементами. Далее, элемент вычисляет активность Y_j с помощью некоторой функции от суммарного взвешенного входа. Обычно применяется сигма-функция:

$$Y_j = 1 / [1 + e^{(-X_j)}]$$

После того, как активности всех выходных элементов определены, сеть вычисляет ошибку, которая определяется выражением:

$$E = 1/2 \sum (Y_j - D_j)^2$$

где Y_j - уровень активности j -го элемента в верхнем слое, а D_j - желаемый выход j -го элемента.

Алгоритм обратного преобразования и распространения состоит из следующих основных шагов.

1) Вычислить, насколько быстро меняется ошибка при изменении выходного элемента. Эта производная ошибки (EA) есть разность между действительной и ожидаемой активностью.

$$EA_j = \frac{dE}{dY_j} = Y_j - D_j$$

2) Вычислить, насколько быстро изменяется ошибка по мере изменения суммарного входа, получаемого выходным элементом. Эта величина (EI) есть результат шага 1, умноженный на скорость изменения выходного элемента с изменением его суммарного входа.

$$EI_j = \frac{dE}{dX_j} = \frac{dE}{dY_j} \frac{dY_j}{dX_j} = EI_j Y_j (1 - Y_j)$$

3) Вычислить, как быстро изменяется ошибка по мере изменения веса на входной связи выходного элемента. Эта величина (EW) есть результат шага 2, умноженный на уровень активности элемента, из которого исходит связь.

$$EW_{ij} = \frac{dE}{dW_{ij}} = \frac{E}{dX_j} \frac{dX_j}{dX_{ij}} = EI_j Y_i$$

4) Вычислить, как быстро изменяется ошибка с изменением активности элемента из предыдущего слоя. Этот ключевой шаг позволяет применять обратное распространение к многослойным сетям. Когда активность элемента из предыдущего слоя изменяется, это влияет на активности всех выходных элементов, с которыми он связан. Поэтому, чтобы подсчитать суммарное воздействие на ошибку, мы складываем все эти воздействия на выходные элементы. Но эти воздействия нетрудно подсчитать. Этот результат шага 2, умноженный на вес связи к соответствующему выходному элементу.

$$EA_i = \frac{dE}{dY_{ij}} = S \left(\frac{dE}{dX_j} \frac{dX_j}{dY_{ij}} \right) = S (EI_j W_{ij})$$

Пользуясь шагами 2 и 4, мы можем преобразовать величины EA одного слоя элементов в EA предыдущего слоя. Эту процедуру можно повторять, чтобы вычислять EA столько предыдущих слоев, сколько их есть. Зная EA для элемента, мы можем воспользоваться шагами 2 и 3, чтобы вычислить EW на его выходных связях. Нейронную сеть можно научить решать определенную задачу, пользуясь следующей процедурой. Сначала следует предъявить сети серию тренировочных примеров, которые состоят из паттерна активностей входных элементов вместе с желаемым паттерном активностей выходных элементов [1-6].

Предположим, что мы хотим научить сеть распознавать образы в виде рукописных цифр. Можно воспользоваться матрицей, из 256 сенсоров, каждый из которых регистрирует присутствие или отсутствие чернильного пятнышка в пределах маленькой площадки - фрагмента одной цифры. Для сети, таким образом, потребуется 256 входных элементов (по одному на каждый сенсор), 10 выходных элементов (по одному на каждую возможную цифру) и некоторое количество скрытых элементов. Для

каждой цифры, регистрируемой сенсорами, сеть должна генерировать высокую активность в соответствующем выходном элементе и низкую в остальных выходных элементах.

Чтобы натренировать систему, следует предъявить ей изображение цифры и сравнить действительную активность на 10 выходных элементах с желаемой активностью. Затем надо подсчитать ошибку, определяемую как квадрат разности между действительным и желаемым выходом. После этого мы изменяем вес каждой связи, с тем, чтобы уменьшить ошибку. Описанный процесс тренировки следует повторять со многими различными представлениями каждой цифры, пока сеть не научится правильно распознавать все возможные изображения. Эта величина, называемая производной ошибки по весу и обозначаемая EW , вычисляется. Один из способов вычисления EW заключается в том, чтобы изменить вес на очень маленькую величину и посмотреть, как изменится ошибка. Чтобы реализовать эту процедуру, нужно изменять каждый вес на величину, пропорциональную скорости, с которой изменяется ошибка по мере изменения веса [2-5,12-45]. Этот метод требует отдельных вариаций для каждого из многих весов.

Оценка приоритетов алгоритмов обратного преобразования и распространения

На протяжении нескольких лет после их опубликования, алгоритмы обратного распространения и преобразования оставались почти незамеченными и невостребованными. Вероятно, потому, что не были в должной мере оценены специалистами. В середине 70-х годов Г. Москвин (ЛСХА), в связи с разработкой автоматизированных микропроцессорных систем управления и созданием интеллектуальных измерительных приборов, которые были запатентованы в 26 ведущих странах мира, а затем в начале 80-х годов Д. Румельхарт, работавший в то время в Калифорнийском университете в Сан-Диего, и Д. Паркер из Стэнфордского университета независимо друг от друга впервые разработали свои оригинальные варианты применения алгоритмов обратного преобразования и распространения. В 1986 году Румельхарт, Р. Уильямс, также из Калифорнийского университета в Сан-Диего [9], и Джеффри Е. Хинтон [2] продемонстрировали уникальную способность алгоритмов обучать скрытые элементы и вырабатывать интересные представления для сложных паттернов на входе, что и обусловило их распространение.

В середине 70-х годов прошлого века, возможно, в 1974 году Поль Дж. Вербос и в 1977 году Геннадий Москвин (Латв.СХА) предложили эффективную процедуру для вычисления коэффициентов коррекции весовых функций различных статистических характеристик, например, производной ошибки по весу (EW), когда работали над своей докторской диссертацией - Поль Дж. Вербос (back propagation algorithm) в Гарвардском университете, Г. Москвин в Латвийской сельскохозяйственной академии, г. Елгава, (back transformation algorithm) [12-17,42]. Процедуры, известные теперь как алгоритмы обратного «распространения» (BPA) у П. Вербоса (back propagation algorithm) и «преобразования» (back transformation algorithm, BTA) у Г. Москвина, практически аналогичны и стали одними из наиболее важных инструментов в обучении нейронных сетей, в повышении точности автоматизированных систем и интеллектуальных измерительных приборов.

Г. Москвин [17, 42] (ЛСХА), а также Р. Андерсен из Массачусетского технологического института и Д. Зипсер из Калифорнийского университета в Сан-Диего [9] теоретически и практически доказали, что алгоритмы обратного преобразования и распространения представляют собой весьма эффективный инструмент не только для совершенствования технических систем, но и для понимания функций некоторых нейронов в коре головного мозга. Предложенные алгоритмы

позволяют научить нейронную сеть реагировать на различные сенсорные стимулы – звуковые сигналы, визуальные образы, импульсные и тактильные сигналы и так далее. Было обнаружено, что реакция скрытых элементов удивительно схожа с реакцией реальных нейронов, выполняющих преобразование визуальной информации, поступающей от сетчатки, в форму, необходимую для более глубоких областей мозга, перерабатывающих сигналы визуальных образов. При этом выяснилось, что восхождение абстракций перцептивных образов в системах ИИ происходит аналогично работе НС: от *абстрактных* ощущений, восприятий, представлений, понятий, суждений к *конкретным* выводам - умозаключениям. Этот результат сегодня имеет исключительно большое значение при разработке и создании локальных систем разделенного интеллекта, интеллектуальных адаптивных систем управления, при создании интеллектуальных высокоточных измерительных систем и систем искусственного интеллекта (ИИ). Алгоритмы обратного преобразования и распространения оказались на удивление эффективными в обучении сетей со многими слоями для решения широкого класса задач [1-5,12-45]. Они оказались наиболее эффективны в ситуациях, когда отношения между входом и выходом нелинейны, а количество обучающих данных достаточно велико.

Применяя обсуждаемые алгоритмы, были созданы нейронные сети, способные распознавать графические образы и рукописные символы [3], предсказывать изменения валютного курса, оптимизировать технологические процессы [12-16], обеспечивать высочайшую точность автоматических измерений в системах искусственного интеллекта, например, на основе парадигмы построения интеллектуальных измерительных систем с использованием фракталов метрических образов, рис 2. [42-45].

Видимая простота использования нейронных сетей весьма обманчива. Подобно настоящим живым организмам, нейронные сети обладают различными потенциальными возможностями. И хотя их можно контролировать, изменяя параметры создаваемых сетей, такая задача вовсе не является тривиальной. Настройка нейронных сетей и сейчас, после многих лет их успешного применения, остается в большой степени искусством, чем наукой. Поэтому не случайно сегодня на помощь НС пришли так называемые генетические алгоритмы (ГА). Они проводят естественный отбор, в ходе которого выживает «сильнейший», то есть, лучшая НС сеть, наиболее подходящая для решения поставленной задачи.

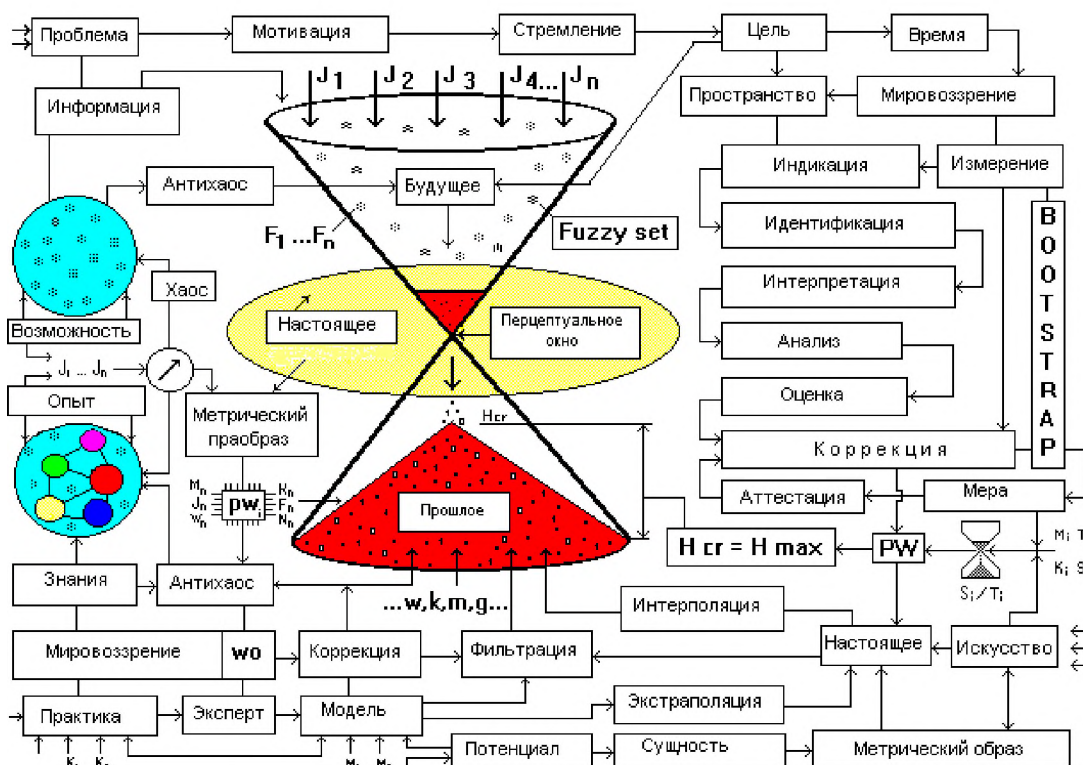


Рис.2 Парадигма интеллектуальной измерительной системы ИИ

Генетические алгоритмы – это самообучающаяся модель, которая для решения поставленных перед ней задач использует механизмы естественного отбора. Здесь используются такие понятия, как популяция, особь, наследование и мутация. Сначала алгоритм выдвигает возможные решения. Затем, в каждом поколении, подобно биологическим организмам, "сильнейшие" решения "скрещиваются", порождая новые решения, а "слабые" погибают. Генетические алгоритмы – это один из новых методов оптимизации НС. Возможности ГА не ограничиваются настройкой нейронных сетей. ГА используются для решения самых различных задач. Использование генетических алгоритмов совместно с нейронными сетями для подбора входных данных и выбора оптимальных конфигураций сетей и параметров обучения уже показало свои сильные стороны и получает все большее распространение в системах автоматического управления с ограниченным интеллектом. Когда мы, наконец, узнаем, каким образом обучаются живые нейроны мозга, тогда и системы ИИ, использующие НС и ГА смогут конкурировать с естественным интеллектом (ЕИ) человека. Разумеется, что пока искусственные НС и ГА с мозгом человека конкурировать не могут. Проблема заключается вовсе не в способе обучения системы, а в наличии великой тайны исходной модели устройства и функционирования живого нейрона. Методы обратного распространения и трансформации не имеют аналогов в живой природе, поэтому применение методов обратного распространения и преобразования сегодня не являются универсальным средством решения всех проблем. И, тем не менее, это достаточно эффективный метод интеллектуализации технологий, разумный дополнительный инструмент преобразования будущего на основе широкого применения нанотехнологий и систем искусственного интеллекта.

Выводы

1. Методы обратного преобразования и распространения сегодня довольно широко используются, так как они достаточно хорошо работают при создании представлений о распознаваемом зрительном или метрическом образе в скрытых элементах сети. В данной работе впервые расставлены акценты авторских приоритетов на алгоритмы методов обратного преобразования и распространения, которые показали высокую эффективность процедур обучения НС, уменьшения ошибки и коррекции точности интеллектуальных систем, в которых веса постепенно изменяются.
2. Следует признать заблуждением мнение многих ученых, которые около 25 лет назад полагали, что подобные методы окажутся совершенно бесполезными, поскольку должны были, по их мнению, неизбежно приводить к локальным оптимумам, и в более широком масштабе – к неверным решениям. Несостоятельным также оказалось распространенное убеждение, что процедура обучения представляет интерес только в том случае, если она гарантирует сходимость к глобально оптимальному решению. Методы обратного преобразования и распространения показали, что для многих задач глобальная сходимость не является необходимым условием для того, чтобы достичь приемлемых результатов.
3. С биологической точки зрения сегодня следует признать, что методы обратного преобразования и распространения, как принцип подобия работы головного мозга, сегодня выглядят не очень убедительно. Наиболее очевидная трудность однозначного утверждения заключается в том, что информация должна проходить по тем же самым связям в обратном направлении, от каждого последующего уровня к предыдущему. В реальных нейронах мозга существует множество путей, ведущих от последующих слоев нервных клеток к предыдущим. Эти нейронные связи могут использоваться для передачи информации, необходимой для обучения. Осуществляется ли такая обратная связь в нейронных сетях живого мозга на самом деле? Наука о мозге пока не дала нам однозначного ответа.
4. Более трудную проблему представляет собой быстрое действие алгоритмов обратного преобразования и распространения. Здесь центральным является вопрос о том, как быстро растет время, необходимое для обучения, по мере возрастания размеров сети. Время, требующееся для вычисления производных от ошибки по весам на заданном тренировочном примере, пропорционально размерам сети, поскольку объем вычислений пропорционален количеству весов. Однако более крупные сети требуют большего количества тренировочных примеров, и им приходится модифицировать веса большее число раз. Следовательно, время обучения растет значительно быстрее, чем размеры сети.
5. С точки зрения создания систем искусственного интеллекта (ИИ) самая серьезная проблема применения методов обратного преобразования и распространения сегодня заключается в том, что такая НС требует учителя, предоставляющего желаемый выход для каждого тренировочного примера. Но, во - первых, в естественной среде обитания человек способен обучаться и без помощи учителя. Во - вторых, никто не дает нам заранее детальное описание и готовые к употреблению идеальные глобальные представления картины мира, по которым мы могли бы научиться извлекать пользу при использовании нашего собственного, локального сенсорного входа. В третьих, мы учимся понимать речь, зрительные сцены и визуальные образы без каких-либо прямых инструкций, то есть, мы всё же способны воспринимать готовые к употреблению знания непосредственно, эзотерически, без участия интеллектуальных посредников.

6. Если нейронная сеть сталкивается с большим набором сочетаний сигналов, но не имеет никакой информации о том, что с ними следует делать, то, очевидно, что задача для нейронной сети просто нечетко сформулирована. Исследователи разработали несколько универсальных, неконтролируемых процедур, которые могут правильно регулировать весовые параметры сети. Все эти процедуры имеют два общих качества: они оперируют, явно или неявно, с некоторым понятием качества представления и работают, изменяя веса, чтобы повысить качество представления, вырабатываемого скрытыми элементами.
7. Несмотря на отмеченные недостатки, применение методов обратного преобразования и распространения и сегодня весьма эффективно, так как при этом снижается степень неопределенности системы и поэтому не возникает ситуации неопределенности действий, которые необходимо проделать с информацией, поступающей на вход отдельных нейронных сетей или системы ИИ в целом.

Литература

1. Барцев С.И. Некоторые свойства адаптивных сетей // Красноярск: Институт физики СО АН СССР, 1987.
2. Джеффри Е. Хинтон. Как обучаются нейронные сети. // В мире науки, 1992, N 11, N 12, с. 103-107.
3. Кузусль В.М., Байдык Т.Н. Разработка архитектуры нейроподобной сети для распознавания формы объектов на изображении. // Автоматика, 1990, N 5, с. 56-61.
4. Суворов С.В., Матихина Н.Ю. Программное моделирование нейроподобных структур. // Распределенная обработка информации. Улан-Уде, 1989, с. 28.
5. Трикоз Д.В. Нейронные сети: как это делается? // Компьютеры + программы, 1993, N 4(5), с. 14-20.
6. Bardcev S.I., Okhonin V.A. The algorithm of dual functioning (back-propagation): general approach, versions and applications. Krasnojarsk: Inst. of biophysics SB AS USSA - 1989.
7. Computing with neural circuits: a model. // Science, 1986. V. 233. p. 625-633.
8. Fogelman Soulie F. Neural networks, state of the art, neural computing. // London: IBC Technical Services, 1991.
9. Kuzewski Robert M., Myers Michael H., Grawford William J. Exploration of fourword error propagation as self organization structure. // IEEE Ist. Int. Conf. Neural Networks, San Diego, Calif., June 21-24, 1987. V. 2. - San Diego, Calif., 1987. - p. 89-95.
10. Rumelhart B.E., Minton G.E., Williams R.J. Learning representations by back propagating error. // Wature, 1986. V. 323. p. 1016-1028.
11. Takefuji D.Y. A new model of neural networks for error correction. // Proc. 9th Annu Conf. IEEE Eng. Med. and Biol. Soc., Boston, Mass., Nov. 13-16, 1987. V. 3, New York, N.Y., 1987 - p. 1709-1710.
12. Москвин Г. Некоторые вопросы точности автоматических измерительных систем // Труды ЛСХА, 1979, вып. 159, стр.51-58;
13. Москвин Г. и др. Распознавание животных при создании АСУТП. // Труды ЛСХА, 1979, вып.159, стр. 159-165.
14. Москвин Г., Бернис А. Пути повышения точности автоматизированного учета молока на молочных фермах с конвейерной технологией // 5-ый Всесоюзный симпозиум по машинному доению, часть 2, стр.17-22.
15. Москвин Г. Метод повышения точности учета молока // Труды ЛСХА, 1981, вып. 193, стр.35-43.
16. Москвин Г. Исследование метрологических аспектов повышения точности счетчиков молока // Труды ЛСХА, 1984, вып.224, стр. 113-124.
17. Москвин Г. Методы и технические средства учета молока на основе применения микропроцессорной техники. Автореферат к.т.н., Минск, 1988, 26 с.
18. Москвин Г. А.с. СССР №1109092.
19. Москвин Г. А.с. СССР №1175403.
20. Москвин Г. А.с. СССР №1345059.
21. Москвин Г. А.с. СССР №1432825.
22. Москвин Г. А.с. СССР №1720599.
23. Москвин Г. А.с. СССР №4413033.
24. Москвин Г. А.с. СССР №1720601.
25. Москвин Г. А.с. СССР №1720600.
26. Москвин Г. А.с. СССР №1424150
27. Москвин Г. А.с. СССР №1731107.
28. Москвин Г. Европатент №0381762 А1

29. Москвин Г. Европатент №0406426 A1
30. Москвин Г. Европатент №0382852 A1
31. Москвин Г. Европатент №0372089 A1
32. Москвин Г. Европатент №0471076 A1
33. Москвин Г. Патент США №4989445
34. Москвин Г. Патент США №5012762
35. Москвин Г. Патент США №5161483
36. Москвин Г. Патент США №5016569
37. Москвин Г. Патент Новой Зеландии №231781
38. Москвин Г. Патент Новой Зеландии №228985
39. Москвин Г. Патент Новой Зеландии №228983
40. Москвин Г. Патент Новой Зеландии №228982
41. Москвин Г. Патент Венгрии № 205529
42. Moskvins G. Intelektualizētas automātiskās mērīšanas, dozēšanas un uzskaites sistēmas.// Dr.hab.sc.ing. zin. darba kopsavilkums, Jelgava, 1996, 92 lpp.
43. Mākslīgā intelekta aktualitātes.// Zinātnes filozofija. LLU, Jelgava, 2002, lpp. 76-89;
44. Moskvins G.A. Artificial Intelligence Measuring, Automatic Control and Expert Systems in Agriculture, 3-rd IFAC-CIGR Workshop on Artificial Intelligence in Agriculture, Makuhari, Japan, April 24-26, 1998, Preprints, p.176-181.
45. New Method and Low-Cost Intelligent Instruments for the Fraud Detection and Conformity Control of Agricultural Products. 2002 ASAE Annual Meeting and XV CIGR WORLD Congress . July 28 -July 31, 2002 Hyatt Regency, Chicago, IL, USA, 14 pag., ASAE Paper 023077.

UNCERTAIN PROBABILITIES

Nenoteiktās varbūtības

O. Uzhga-Rebrov

Rezeknes Augstskola, Atbrivoshanas alej 90, Rezekne, Latvia,
tī. 3714622904, 3719472205

Abstract

The uncertainty of probabilistic evaluations results from the lack of sufficient information and/or knowledge underlying those random events. Uncertainty representation in the form of second order probability distribution or interval evaluations does not cause any objections from the theoretical point of view. On the other hand, what is worthy in the second order probabilities is that they allow one to model a real uncertainty of subjective probabilistic evaluations resulting from the lack of information and/or knowledge. Processing of uncertain information regarding probabilistic evaluations can help make a validated decision about the collection of additional information aimed to remove completely or to reduce the existing uncertainty.

Keywords: *probabilistic evaluations, uncertainty, decision making.*

Sources of occurrence of uncertain probabilistic evaluations

Whenever practical applications of probability theory are considered, it is explicitly assumed that all probabilistic evaluations are of deterministic nature. Strictly speaking, one can speak correctly about the absolute validity of probabilistic evaluations only within the classical approach to probability evaluation. In turn, the validity of probabilistic evaluations within the frequency approach greatly depends on the volume and validity of the initial statistical data. As regards subjective probabilistic evaluations, the theory of subjective probabilities imposes a strict requirement: the expert has to assign unambiguous point evaluations to the probabilities of random events or variables being evaluated. The theory of subjective probabilities is entirely based on that requirement. It simply forbids any uncertainty in probabilistic evaluations.

Let us consider the possibilities of practical implementation of this requirement in more detail. As is generally known, one of the underlying postulates of the general theory of measurement is formulated as the necessity to correctly account the measurement errors. Every measurement of physical values can be performed within the accuracy ensured by measuring equipment and conditions of measurement. Hence, the results of any measurement can always be represented in the form $A \pm \varepsilon$, where A is the result of measurement but ε is possible measurement error. In essence, that form represents a confidence interval within which there is for guarantee situated the real meaning of the measured value.

The occurrence sources of probabilistic evaluation uncertainties are described in numerous literature [1-6]. The main source of potential uncertainty is the uncertainty regarding the underlying events, facts, statements and hypotheses. The theory of subjective probabilities is based on the statement that any subjective probability assignment is made on the basis of all the information available. Frequently, that fact is explicitly emphasised by denoting the subjective probability of event e as $p(e / \zeta)$ where ζ is the information, on the basis of which the evaluation of $p(e)$ was performed. From this it can be concluded correctly that the subjective probabilistic evaluation is in essence an evaluation of the conditional probability. When making subjective evaluation of probabilities, the expert explicitly or implicitly takes into account the variety of conditions ζ . If the conditions are uncertain for the expert, it is quite natural that it would be difficult for him to produce point-valued probabilities required. The evaluation becomes uncertain for him over the whole set of uncertain conditions, ζ .

There also exists another important source of uncertainties or ambiguities in assigning subjective probability values. The reason for that could be mental limitations of ability of individuals to assign point-valued probabilities under the existing state of knowledge. Frequently, individuals cannot distinguish separate gradations of probabilities, even if there is enough information. Numerous studies have shown that certain extent of uncertainty is an inherent attribute of human thinking. The inability to distinguish and interpret sufficiently close probability values is akin to the inability of human beings to distinguish close colour nuances.

Second order probabilities

Current uncertainties regarding the values of probabilities can conveniently be modelled by belief networks. Fig. 1 represents an ordinary belief network [5].

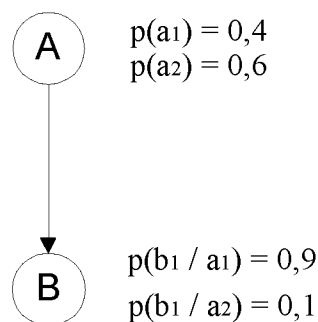


Fig. 1. Belief network that models the relationship between the disease and symptom

Node A represents two random events: a_1 – presence at the patient of the certain disease, a_2 – absence at the patient of this disease. Node B represents two random events: b_1 – presence at the patient of the certain symptom, b_2 – absence at the patient of this symptom. Unconditional probabilities of event a_1 and a_2 as well as conditional probabilities of event b_1 provided event a_1 and event a_2 , are specified. Conditional probabilities $p(b_2 / a_1)$ and $p(b_2 / a_2)$ are not of interest to us in the example under consideration, so their values are not set.

Let us first assume that all the probability values are determined on the basis of extensive statistical data, so their validity is high. If symptom b_1 is observed at the patient, the posterior conditional probability of disease a_1 can easily be calculated. By using Bayes' formula we obtain

$$\begin{aligned}
 p(a_1 / b_1) &= p(b_1 / a_1) p(a_1) / (p(b_1 / a_1) p(a_1) + p(b_1 / a_2) p(a_2)) = \\
 &= 0,9 * 0,4 / (0,9 * 0,4 + 0,1 * 0,6) \approx 0,86.
 \end{aligned}$$

On the basis of this probability value, the physician can make a decision about the method of treatment.

Let us now assume that there is no statistical data to determine the objective values of probabilities, so the expert is asked to assign the probabilities. The expert has a large experience in the area under consideration. He assigns with a large extent of confidence the same value of probabilities $p(b_1 / a_1)$ and $p(b_1 / a_2)$ that were determined previously on the basis of statistical data. The expert, however, finds difficulty in assigning point values of probability $p(a_1)$. Considering certain values of probability $p(a_1)$ as random events c_1 , c_2 , c_3 , he has assigned the probabilities of those events as follows:

$$p(c_1) = p(p(a_1) = 0,1) = 0,2;$$

$$p(c_2) = p(p(a_1) = 0,4) = 0,6;$$

$$p(c_3) = p(p(a_1) = 0,7) = 0,2.$$

The existing state of information is modelled using the belief network shown in Fig.2.

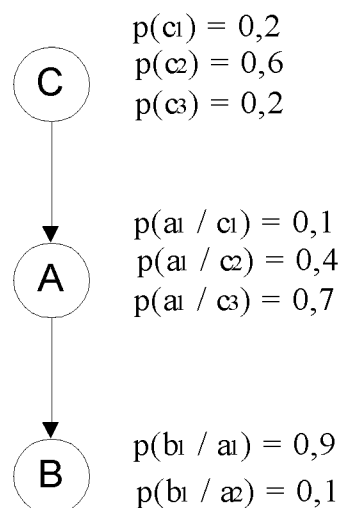


Fig. 2. Belief network modelling the uncertainty of probability values $p(a_1)$

The only way to determine point values of probability $p(a_1)$ is to calculate its expected value over the whole available set of random values:

$$E(p(a_1)) = \sum_{i=1}^n p(a_1 / c_i) p(c_i) = 0,1*0,2 + 0,4*0,6 + 0,7*0,2 = 0,40.$$

The calculated expected value $E(p(a_1))$ is exactly equal to the value of probability $p(a_1)$ previously determined by using valid statistical data. If the posterior probability of disease a_1 given symptom b_1 is determined, the same value of that probability will be obtained, i.e. 0,86. Although being formally similar, these evaluations represent quite different states of prior information. The first evaluation obtained on the basis of objective initial information has a large confidence degree. In other words, if the physician has such evaluation at his disposal, he can make a decision concerning the method of treatment in full confidence that this evaluation is exactly equal to the probability of presence of this disease at the patient. In the second instance the matter is far from being so successful. From uncertainty of expert's evaluation actual value $p(a_1)$ can be far from expected value. Using this example the following important conclusion can be drawn. When uncertain probabilistic evaluations are employed, the transition to the mathematical expectation does not reduce the initial uncertainty. That uncertainty is implicitly included in further calculations and leads to the implicit uncertainty of the results and consequences of the actions undertaken. An explicit account of that uncertainty by means of calculating the interval of possible values of the resulting probability can help further analyse the uncertainties in the following way. If the user is satisfied with that interval of probability uncertainty in the context of the problem of interest, he may use the expected value as a point value of the corresponding probability. If the uncertainty is large, a decision to collect additional information can be made. In other words, the correct analysis of uncertainties of probabilistic evaluations cannot raise the validity of the final results. It, however, makes the basis of evaluation of the suitability extent of the initial information.

Interval probabilities and multiple probability distributions

Specification of probabilistic evaluations in the form of intervals of possible values represents essential lack of information and/or knowledge on the subject domain. If the expert is not able to unambiguously evaluate probabilities of events and even assign the probability distribution in the set of uncertain probabilistic evaluations, he may simply set intervals of possible values of the required probabilistic evaluations. It can easily be seen that interval evaluations of probabilities lead to a set of probability distributions compatible with the existing state of information. Let us consider an evident example illustrating how the lack of the initial information is translated into the essential uncertainty of the results [7]. A hypothetical sensor produces indication of the temperature of the process of production. There are two temperature gradations: high (HT) and low (LT). When the temperature is high, the lamp is red (RC). If the temperature is low, it has a blue colour (BC). Unfortunately, sensor's thermometer is a very fragile device and can be broken even at a slight shaking. The probability that it is broken is 20% at any moment of time. When the thermometer is broken, the sensor indication is not related to the real temperature of the process. Imagine a new technician is observing that the lamp is blue. What is the real temperature at these conditions? How it is possible to evaluate the probability that the temperature is really high or low?

Cartesian product defines a common space of all possible scenarios for that situation

$$\Omega = S \times T \times Q,$$

where $S = \{BC, RC\}$ – a set of sensor indication states;

$T = \{HT, LT\}$ – a set of temperature states of the process;

$Q = \{WS, NWS\}$ – a set of sensor thermometer states: WS – working state; NWS – non-working state (the thermometer is broken).

All the scenarios are shown in Table 1. Each scenario is denoted by letter a, b, ... , and h.

Let us show that it is not possible to perform common probabilistic analysis under this state of information. From Table 1 it follows that these limitations are valid:

$$p(WS) = p(a) + p(b) + p(c) + p(D) = 0,8; \quad (1)$$

$$p(NWS) = p(e) + p(f) + p(g) + p(h) = 0,2. \quad (2)$$

Table 1.

Set of possible scenarios of states of a hypothetical sensor

State of sensor's thermometer	Colour of sensor			
	Blue colour (Blue)		Red colour (Red)	
	Temperature			
	HT (High)	LT (Low)	HT (High)	LT (Low)
WS (Working)	a	b	c	d
NWS (Non-working)	e	f	g	h

When the thermometer of the sensor is in operation (WS), the sensor has red colour (RC) at the high temperature (HT) and blue colour (BC) at the low temperature (LT). From this it follows that

$$p(a) = p(d) = 0.$$

If the sensor's thermometer is in non-working state (NWS), sensor indication (RC or BC) is not related to the temperature value: HT or LT. The state of the sensor can be represented as

$$p(BC / NWS, HT) = p(BC / NWS, LT).$$

Hence,

$$p(e) / (p(e) + p(g)) = p(f) / (p(f) + p(h)).$$

Let us denote the probability that the sensor has a blue colour provided that the thermometer is broken as

$$\alpha = p(BC, NWS) = (p(e) + p(f)) / ((p(e) + p(f) + p(g) + p(h)))$$

and the posterior probability that the temperature is low as

$$\beta = p(LT) = p(b) + p(f) + p(h).$$

As the state of the thermometer (WS or NWS) depends on another effects and is not related to the temperature (HT or LT), we have

$$p(WS / HT) = p(WS),$$

hence,

$$(p(a) + p(c)) / (p(a) + p(c) + p(e) + p(g)) = 0,8.$$

Using limitations (1) and (2), and all the preceding statements, Table 1 can be represented as follows (Table 2).

Table 2.

Probability distribution of scenarios in the task of hypothetical sensor

State of sensor's thermometer	Colour of sensor			
	BC (Blue)		RC (Red)	
	Temperature			
	HT (High)	LT (Low)	HT (High)	LT (Low)
WS (Working)	0	0,8β	0,8(1 - β)	0
NWS (Non-working)	0,2(1 - β)α	0,2βα	0,2(1-β)(1-α)	0,2β(1 - α)

The existing limitations (1) and (2) do not enable one to unambiguously determine values α and β. We are interested in knowing the probability that the temperature of the process is really low at the blue colour of the sensor and the existing state of information. Using the data of Table 2 we receive the following expression for the probability under consideration:

$$p(LT / BC) = (p(b)+p(f)) / (p(a)+p(b)+p(e)+p(f)) = (0,8 + 0,2α)β / (0,8β + 0,2α).$$

Even if probability β is known, it is not clear which value must probability α have to unambiguously define $p(\text{LT} / \text{BC})$. The information available is not sufficient to solve the task stated by means of conventional apparatus of probability theory. It is only possible to set some intervals for values α and β .

To reduce uncertainty in the tasks of this kind, one can employ the principle of maximum entropy or a model of lower and upper probabilities.

The method of interval probabilistic evaluations proposed by Neapolitan [5] is also of interest. The method is worked out for the case when there is a system of n random events, and the probability values for those events are specified in the form of intervals. Let us first consider a case when the system includes two random events $E = e_1, e_2$. The probabilities of the events are:

$$p(e_1) \in [0; 0,5]; \quad p(e_2) \in [0,5; 1].$$

Let us include random variables X_1 and X_2 in the consideration. X_1 represents possible values of probability $p(e_1)$ but X_2 represents possible values of probability $p(e_2)$. Variable X_1 may assume values in the interval $[0; 0,5]$. Since the values of probabilities $p(e_1)$ and $p(e_2)$ are connected by relationship $p(e_1) + p(e_2) = 1$, assigning of any value for X_1 unambiguously determines the corresponding value of X_2 , and vice versa. Assigning the interval of possible values of the probability does not assume any probabilistic distribution in this interval. One can, however, suppose that possible values of probabilities have a uniform distribution in the interval. That assumption is not in contradiction to the initial conditions. Then, treating the expected values of probabilities $p(e_1)$ and $p(e_2)$ in the corresponding interval as point-valued probabilities, we have:

$$E(X_1) = E(p(e_1)) = \int_0^{0,5} x_1 / (0,5 - 0) dx_1 = 0,25;$$

$$E(X_2) = E(p(e_2)) = \int_{0,5}^1 x_1 / (1 - 0,5) dx_1 = 0,75.$$

It should be noted that an assumption about the uniform distribution density of the evaluated variable in the interval of its determination is nothing but an assumption. It does not represent the real state of things but at the same time does not contradict evidently this state of things. Setting the probability distribution of the values of the random variable and setting an interval of its possible values are two different things that are not related to each other. The method suggested by Neapolitan is an attempt to at least consistently connect two different representations of uncertain information with each other.

Now consider the Neapolitan method in general form. A complete system of n random events is specified. The probabilities of the events are set in the form of intervals:

$$p_i \in [a_i; b_i], \quad i = 1, \dots, n.$$

Denote a random variable representing the uniform distribution values of probability p_i in the i -th interval as X_i . The difficulty is that point values $E(p_i)$ must satisfy the requirement of connectivity $\sum_{i=1}^n E(p_i) = 1$. To solve the task formulated, the author proposes first to determine new intervals of values of the corresponding probabilities as follows:

$$x^*_2(x_1) = \max(a_1, 1 - x_1 - b_3 - b_4 - \dots - b_n);$$

$$x^{**}_2(x_1) = \min(b_2, 1 - x_1 - a_3 - a_4 - \dots - a_n);$$

$$x^*_3(x_1, x_2) = \max(a_3, 1 - x_1 - x_2 - b_4 - \dots - b_n);$$

$$x^{**}_3(x_1, x_2) = \min(b_3, 1 - x_1 - x_2 - a_4 - \dots - a_n);$$

$$x_{n-1}^*(x_1, x_2, \dots, x_{n-2}) = \max (a_{n-1}, 1 - x_1 - x_2 - \dots - x_{n-2} - b_n);$$

$$x_{n-1}^{**}(x_1, x_2, \dots, x_{n-2}) = \min (b_{n-1}, 1 - x_1 - x_2 - \dots - x_{n-2} - a_n).$$

Then value $\mu_1(x_1)$ is calculated using expression that follows:

$$\mu_1(x_1) = \left(\int_{x_2^*}^{x_2^{**}} \int_{x_3^*}^{x_3^{**}} \dots \int_{x_{n-1}^*}^{x_{n-1}^{**}} dx_{n-1} dx_{n-2} \dots dx_2 \right) / \left(\int_{a_1}^{b_1} \int_{x_2^*}^{x_2^{**}} \int_{x_3^*}^{x_3^{**}} \dots \int_{x_{n-1}^*}^{x_{n-1}^{**}} dx_{n-1} dx_{n-2} dx_1 \right).$$

The expected value of probability p_1 is calculated as

$$E(p_1) = \int_{a_1}^{b_1} x_1 \mu(x_1) dx_1.$$

Then all the calculations are repeated in the same way for probabilities p_2, \dots, p_n .

The values of integrals in the above expressions can be calculated by means of integer integration.

Example. Assume that a complete system of random events $E = e_1, e_2, e_3, e_4$ is set with the following interval values of probabilities:

$$p(e_1) \in [0,2; 0,5]; \quad p(e_2) \in [0,2; 0,4]; \quad p(e_3) \in [0,1; 0,6]; \quad p(e_4) \in [0; 0,5].$$

Applying the above-considered method we obtain these point values of probabilities:

$$E(p(e_1)) = 0,320; \quad E(p(e_2)) = 0,287; \quad E(p(e_3)) = 0,246; \quad E(p(e_4)) = 0,146.$$

The undoubted advantage of the method is that it automatically meets the requirement of connectivity $\sum_{i=1}^n p(e_i) = 1$. The shortcoming of this method is computational difficulties.

Uncertain probability evaluations: the pros and cons

The uncertainty of probabilistic evaluations results from the lack of sufficient information and/or knowledge underlying those random events. Uncertainty representation in the form of second order probability distribution or interval evaluations does not cause any objections from the theoretical point of view. However, due to uncertain probabilities, certain problems of conceptual nature arise. First, many theorists and practitioners have a sharply expressed aversion of the fact that probability values act as random events. Educated in the way of classic probability theory, certain scientists are in principle against second order probabilities. Many adherents of the subjective probability theory are also against second order probabilities as these probabilities are simply forbidden by that theory. There exists another conceptual problem related to second order probabilities that consists in that, if second order probabilities are incorporated, then there is no any principal obstacle to incorporate probabilities of the third order and higher. In the limit case it could lead to infinite hierarchy of probabilities. This is the problem, which many scientists who work in the area of probability are anxious about. Real life, however, shows, that even in the most complicated situations it is quite enough to work with probabilities of the second order, or in the extreme case, of the third order. That is why the problem of the infinite hierarchy seems to be far-fetched.

On the other hand, what is worthy in the second order probabilities is that they allow one to model a real uncertainty of subjective probabilistic evaluations resulting from the lack of information and/or knowledge. In classic probability theory, the problem of probability

uncertainty simply does not exist as probability evaluations are based on extensive fact material and strict logical argumentation.

Based on the above short examination of uncertainties of the probability evaluations, the following general conclusions can be drawn.

1. Application of the second order probabilities and interval values makes it possible to model natural uncertainties of expert judgements regarding the evaluations assigned. These uncertainties are the result of insufficient initial information and/or knowledge.

2. The source of uncertainty of probabilistic evaluations is uncertainties underlying the conditions and limitations of human mental activities.

3. Various methods to manage uncertain probabilistic evaluations are developed. Each of the methods possesses both advantages and shortcomings.

4. Processing of uncertain information regarding probabilistic evaluations can help make a validated decision about the collection of additional information aimed to remove completely or to reduce the existing uncertainty.

5. Probability theory is successfully employed to cope with the uncertainties of the surrounding world provided that a whole series of fairly strict conditions are satisfied. The incorporation of uncertain probabilistic evaluations allows one to broaden the existing boundaries of probability theory application since the world surrounding us is too complicated to be described successfully by means of classical probability only.

References

1. Chavez T. Modeling and Measuring the Effects of Vagueness in Decision Models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans, Vol 26, No 3, 1996, pp. 324 – 339.
2. Dubois D., Prade H. and Smets Ph. Representing Partial Ignorance. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans, Vol. 26, NO 3, 1996, pp. 361 – 377.
3. Lehner P.E., Laskey K.B. and Dubois D. An Introduction to Issues in Higher Order Uncertainty. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, Vol 26, No 3, 1996, pp. 289 – 293.
4. Mosleh A. and Bier V.M. Uncertainty About Probability: A Reconciliation with the Subjectivist Viewpoint. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, Vol 26, No 3, 1996, pp. 303 – 310.
5. Neapolitan R.E. Probabilistic Reasoning in Expert Systems. Theory and Algorithms. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1990, 433 p.
6. Pearl J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, California, 1988, 550 p.
7. Smets Ph. and Kennes R. The Transferable Belief Model. IRIDIA, Université de Bruxelles, 1999, www.iridia.ulb.ac.be/~psmets/AAPapers, 45 p.

GRANULAR-INFORMATION-BASED RISK ANALYSIS IN UNCERTAIN SITUATIONS

Granulārās informācijas izmantošana riska analīzē neskaidrās situācijās

A. Vališeviskis

University of Latvia, phone: +371-9775840, e-mail: valisevskis@inbox.lv

Abstract

In the real life almost all of the decisions that we have to make incorporate uncertainty about the future events. Assessment of the uncertainty and, thus, the risk that is inherent in these decisions models can be critical. It is even truer if we are talking about the possibility of negative impact on the environment. It is very important to assess all the environmental risks in a project if there is any hazard to the environment.

In this paper the possibility of using granular information is considered. The main advantage of the granular information is that it can be used to assess risks in situations when information about future events is incomplete and imprecise. Moreover, we can use natural language to describe the problem area, as granular information paradigm uses both fuzzy and probabilistic information.

We propose to use entropy as the measure of uncertainty. However, the definition of entropy should be generalised, as values of probabilities, upon which the calculation of entropy is based on, are interval-valued. We propose several possibilities of generalizing the definition of entropy. Furthermore, we analyse these approaches to see whether the additivity feature holds for the generalized entropy.

Keywords: *risk analysis, fuzzy logic, f-granules, reasoning under uncertainty, entropy.*

Introduction

We live in the world where uncertainty is inherent in the vast majority of decisions that we have to make. It is no surprise that uncertainty prevails decisions, which are made in almost every field of human activity, from deciding whether to take an umbrella or not when going outside to managerial and political decisions, especially in a country like Latvia, which is in its transition period. This requires the development of more robust decision models. There are several analytical approaches to deal with uncertainty. This paper proposes to use granular bodies of evidence to model uncertainty of our world. One of the advantages of granular information is that it incorporates fuzzy information and probabilities, which also can be represented with the help of fuzzy values. Moreover, these paradigms enable one to use natural language to describe the problem, which facilitates modelling of the decision. However, generally fuzzy logic and probability theory are not used together to deal with uncertainty.

We show some of the advantages of using two of these paradigms together and propose a method for risk analysis based on this model.

Generally speaking, uncertain events can be considered as opportunities or risks, depending of whether they turn out to be favourable or not. The main tool for dealing with uncertainties is risk analysis. In the following chapters we consider our approach in detail. In chapter 2 we give a brief description of entropy and its relation to uncertainty. In chapter 3 we review fuzzy and granular information. Chapter 4 considers the possibility of using fuzzy granules and entropy in risk assessment. Moreover, in this chapter we suggest a generalized definition of entropy and give its analysis. In chapter 5 concluding remarks are given.

Entropy – Uncertainty about the Event

The possibility of using entropy for risk assessment was proposed in [1, 2]. Entropy is a notion from information theory used to measure amount of lacking information. Thus, we can use entropy to measure uncertainty associated with each alternative. Entropy is a criterion that

can be used by a decision maker who is adverse to uncertainty regardless of the value associated with each of the outcomes. He does not care what happens as long as he knows [1].

Usually risk is related to the uncertainty of the future events. In other words, risk is related to lack of knowledge about future events. So it would be natural to define risk as *amount* of the lacking information. Thus, in this approach we adapt the idea that risk reflects how much we do not know about the future.

Entropy is the basic notion in the information theory field. Informally we can define entropy as the measure of uncertainty of a system that at a given moment can be in one of the states, where set of all the possible states is defined and the probability that system is in some state is known.

We can define entropy formally as follows. Let us assume that there are n different states that a system can be in:

$$s_1, s_2, \dots, s_n.$$

With formula (1) we will denote that the probability that system S is in state s_i is p_i .

$$P(S \sim s_i) = p_i, \quad i = 1 .. n. \quad (1)$$

If values of all p_i in (1) are known, then entropy of a system can be calculated according to (2).

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i. \quad (2)$$

For further information on entropy and information theory you can refer to [3].

In the following chapters we consider the idea behind fuzzy and granular information and we show how the entropy can be calculated when values of the probabilities are interval valued.

Fuzzy Information

In this section we will consider the idea behind fuzzy information. We will give just the basic details, but you are encouraged to refer to [4, 5] for further information on fuzzy sets and fuzzy logic.

The basic idea behind fuzzy logic is that in the real world one can rarely obtain numerically precise measurements, as measurement devices have only a limited precision and humans (which also can be considered as 'measurement devices', in a broader sense) perceive and process information, which is fuzzy rather than precise numerically. For example, we usually say "there are a lot more small cars than big cars at a parking place" or "it is likely that it will rain today", but we rarely give a precise probability value, which denotes our confidence level that it will really rain.

Thus, we can use fuzzy values and quantifiers such as "big", "small", "old", "not very young", "most", "likely" etc. to describe perceptions of the events and processes in the real world. It is obvious that fuzzy values suit better for description of the real world, than crisp values. However, we need a lot more computational power if we are using fuzzy values. Each fuzzy value is given by a fuzzy subset represented with a membership function, which shows to what extent an element belongs to this set. For example, consider membership function of the fuzzy value "big" shown in Figure 1.

As you can see in Figure 1, all values starting from 30 are "full" members of the fuzzy subset "big", but membership of values from 15 to 30 gradually increases from 0 to 1 (i.e. from non-membership to being full members).

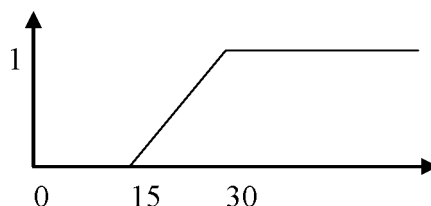


Figure 1. Fuzzy value "big"

Fuzzy logic is the basic component of the "soft computing" paradigm. In contrast to "hard" computing, we can use soft computing to do calculations when the data available is incomplete or imprecise, as well as if we do not need high degree of precision in our calculations, e.g. if they imply high costs of computing and/or modelling.

Fuzzy Granular Information

The idea of information granularity and its application in the context of fuzzy logic is presented in [6]. The idea of information granularity is very close to that of fuzzy information. Information is granular in the sense that, (a) the perceived information is fuzzy and, (b) the perceived information is granular with a granule being a bunch of values drawn together by similarity or indistinguishability.

In this paper conditioned π -granules are considered, which are characterised by propositions of the following form:

$$g_i = \overset{\Delta}{\text{If } X = u_i \text{ then } Y \text{ is } G_i},$$

where G_i and u_i are fuzzy values and X, Y are linguistic variables. Evidence E can be regarded as a collection of these granules:

$$E = \{g_1, \dots, g_N\}.$$

Variable X assumes its value with a specified probability. Thus, evidence is probability distribution P_X of conditional π - granules. Moreover, each granule can be regarded as conditional possibility $\Pi_{(Y|X=u_i)} = G_i$. Hence, evidence can be regarded as conditional possibility distribution $\Pi_{(Y|X)}$. Thus, evidence can be considered as the following construction:

$$E = \{P_X, \Pi_{(Y|X)}\}.$$

Given a collection of bodies of evidence $E = \{E_1, \dots, E_K\}$, one can ask questions about the information contained in these evidences. The main question is: "what is the probability of $(Y \text{ is } Q)$ ", where Q is a fuzzy subset of V . The probability of such an event is an *interval value* in which the expected possibility $E\Pi(Q)$ is regarded as the upper boundary, and the expected certainty $EC(Q)$ is regarded as the lower boundary of the probability sought. In [6] the following formulae are proposed:

$$E\Pi(Q) = \sum_{i,j} p_{ij} \sup(Q \cap G_i \cap H_j),$$

$$EC(Q) = 1 - E\Pi(Q'),$$

where Q' is a complement of set Q . These formulae are for a special case in which there are two evidences in the system but it would not present any difficulty to induce a more general form of the formula.

In paper [7] you can find description of an adaptive network, which can be used to calculate the upper and the lower bound of the probability.

Uncertainty and Granular Information-Based Risk Assessment

As we have learnt from previous chapters, granular information can be represented with the help of conditional granules of the "IF...THEN..." form. In order to adapt this methodology to risk assessment, we can describe our problem domain with the help of such granules putting in the consequence ("THEN") part evaluation of some criterion, which is important for us and which is in direct or indirect relation to the risk inherent in our problem domain.

For example, if we are considering a project of constructing a power plant, we ought to consider to what extent it will influence the environment and the locality. Thus, we can describe our problem with a set of bodies of evidence made up of the following granules.

Evidence I, for the description of the distance to the closest inhabited area:

IF (plant is pretty close to inhabited area) with probability $p_{1,1}$ THEN influence is medium

IF (plant is close to inhabited area) with probability $p_{1,2}$ THEN influence is moderately high

IF (plant is very close to inhabited area) with probability $p_{1,3}$ THEN influence is high

Evidence II, for the description of the forecasted air pollution:

IF (air pollution is medium) with probability $p_{2,1}$ THEN influence is moderately high

IF (air pollution is not high) with probability $p_{2,2}$ THEN influence is low

Evidence III, for the description of the forecasted water pollution:

IF (water pollution is very low) with probability $p_{3,1}$ THEN influence is low

IF (water pollution is low) with probability $p_{3,2}$ THEN influence is medium

IF (water pollution is medium) with probability $p_{3,3}$ THEN influence is high

We can continue describing factors that can influence the evaluation of the chosen criterion and, as can be seen, we can incorporate our confidence in the values of these factors. Moreover, we can construct other sets of bodies of evidence, which describe evaluation of other criteria.

After we define bodies of evidence, we can calculate the probability that influence on the environment will be high or medium. Obtained probability will have an interval value $[p_{min}, p_{max}]$, which defines the lower and the upper bound of the probability.

We can calculate what are the probabilities that the criterion takes different values, e.g. "high", "low" etc. Moreover, we can consider different criteria.

In the following chapter we discuss how we can assess the uncertainty related to the probabilities obtained and how it can be related to risk.

Entropy and Interval-Valued Probabilities

Let us consider how entropy can be calculated if we are dealing with interval-valued probability values. Obviously, the entropy itself will be interval valued.

In this section we show how a generalised definition of entropy can be obtained, which is suitable for interval-valued probabilities. As before, we assume that system can be in n states, but the probability that system is in i -th state is interval and is equal to $[p_i^{min}, p_i^{max}]$. In case when probabilities are single-valued rather than interval-valued, it is required that probabilities sum to 1, i.e.

$$\sum_i p_i = 1. \tag{3}$$

If probabilities are interval valued, then (3) can be rewritten as (4):

$$\sum_i p_i^{\min} \leq 1 \leq \sum_i p_i^{\max}. \tag{4}$$

It is easy to show that (3) is a special case for (4) when $p_i^{\min} = p_i^{\max} = p_i$ for each i . Moreover, if we define p_i^{avg} as (5) then it can be shown that (6) holds.

$$p_i^{avg} = \frac{p_i^{\min} + p_i^{\max}}{2}, \tag{5}$$

$$\forall i: p_i^{\min} \leq p_i^{\max} \Rightarrow -p_i^{avg} \log p_i^{\min} \geq -p_i^{avg} \log p_i^{\max}. \tag{6}$$

It should be noted that states with lower probability values are more informative. Thus, we can expect that in order to calculate the upper boundary of entropy H^{\max} we should use the lower probability bounds p_i^{\min} . We can find the upper boundary of entropy for a system as follows:

$$H^{\max} = -\sum_{i=1}^n p_i^{avg} \log p_i^{\min}, \tag{7}$$

and the lower boundary of entropy:

$$H^{\min} = -\sum_{i=1}^n p_i^{avg} \log p_i^{\max}, \tag{8}$$

From (6) it follows that $H^{\min} \leq H^{\max}$. Moreover, as was mentioned above, entropy for a system with interval-valued probability is interval-valued as well and is equal to (9).

$$H = [H^{\min}, H^{\max}]. \tag{9}$$

The obtained definition of interval-valued entropy is generalisation of the ‘traditional’ entropy of a system with single-valued probabilities. In the following chapter we examine whether the additivity feature holds for the generalized version of entropy defined in (7), (8).

What about Additivity Feature?

If additivity holds, it means that if we have two independent systems, say, X and Y , then entropy of a system that is obtained by joining systems X and Y is equal to sum of individual entropies for X and Y . In other words, if additivity feature holds, then

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y). \tag{10}$$

If we define entropy as (7) and (8), then it can be shown that if we have two systems X and Y with states accordingly x_1, x_2, \dots, x_n and y_1, y_2, \dots, y_m , moreover, $P(X=x_i)=p_i$ and $P(Y=y_j)=r_j$, then

$$H^{\min}(X, Y) = -\left(\sum_{i=0}^n p_i^{q.avg} \log p_i^{\max} + \sum_{j=0}^m r_j^{q.avg} \log r_j^{\max} \right) \approx H^{\min}(X) + H^{\min}(Y), \tag{11}$$

$$\text{and } H^{\max}(X, Y) = -\left(\sum_{i=0}^n p_i^{q.avg} \log p_i^{\min} + \sum_{j=0}^m r_j^{q.avg} \log r_j^{\min} \right) \approx H^{\max}(X) + H^{\max}(Y), \tag{12}$$

$$\text{where } p_i^{q.avg} = \frac{\left(p_i^{\min} \sum_{j=0}^m r_j^{\min} + p_i^{\max} \sum_{j=0}^m r_j^{\max} \right)}{2} \text{ and } r_j^{q.avg} = \frac{\left(r_j^{\min} \sum_{i=0}^n p_i^{\min} + r_j^{\max} \sum_{i=0}^n p_i^{\max} \right)}{2}. \tag{13}$$

As can be seen, (13) does not differ from (5) much. In (13) summation factors appear. If we are dealing with single-valued probabilities then it is obvious that these sums are equal to 1 and the additivity feature holds. If the probabilities are interval-valued then from (4) it follows that formulae (14) hold.

$$0 \leq \sum_{j=0}^m r_j^{\min} \leq 1, \sum_{j=0}^m r_j^{\max} \geq 1, 0 \leq \sum_{i=0}^n p_i^{\min} \leq 1, \sum_{i=0}^n p_i^{\max} \geq 1. \quad (14)$$

Summation factors (14) can be considered as a sort of scaling factors, where the first may have reducible influence and the second may have augmenting influence, so we may expect that two of these factors compensate each other. Hence, entropy for the joined system calculated according to (11) and (12) *should not* differ much from the sum of individual entropies of the systems considered. Thus, it can be stated that we have *quasi-additivity*, as the summation factors compensate each other to some extent.

Incorporating Entropy and Risk Assessments

In the previous sections we described how we could use natural language to describe problem domain. After we construct fuzzy bodies of evidence, we can use them to calculate probability that criteria will take different values. Entropy values for systems corresponding to different criteria should be calculated separately and then summed according to the additive property of entropy. Obtained entropy is interval valued and we can use it to measure uncertainty of our problem domain and of evaluations of the criteria chosen.

System₁ that corresponds to Criterion₁

System₂ that corresponds to Criterion₂

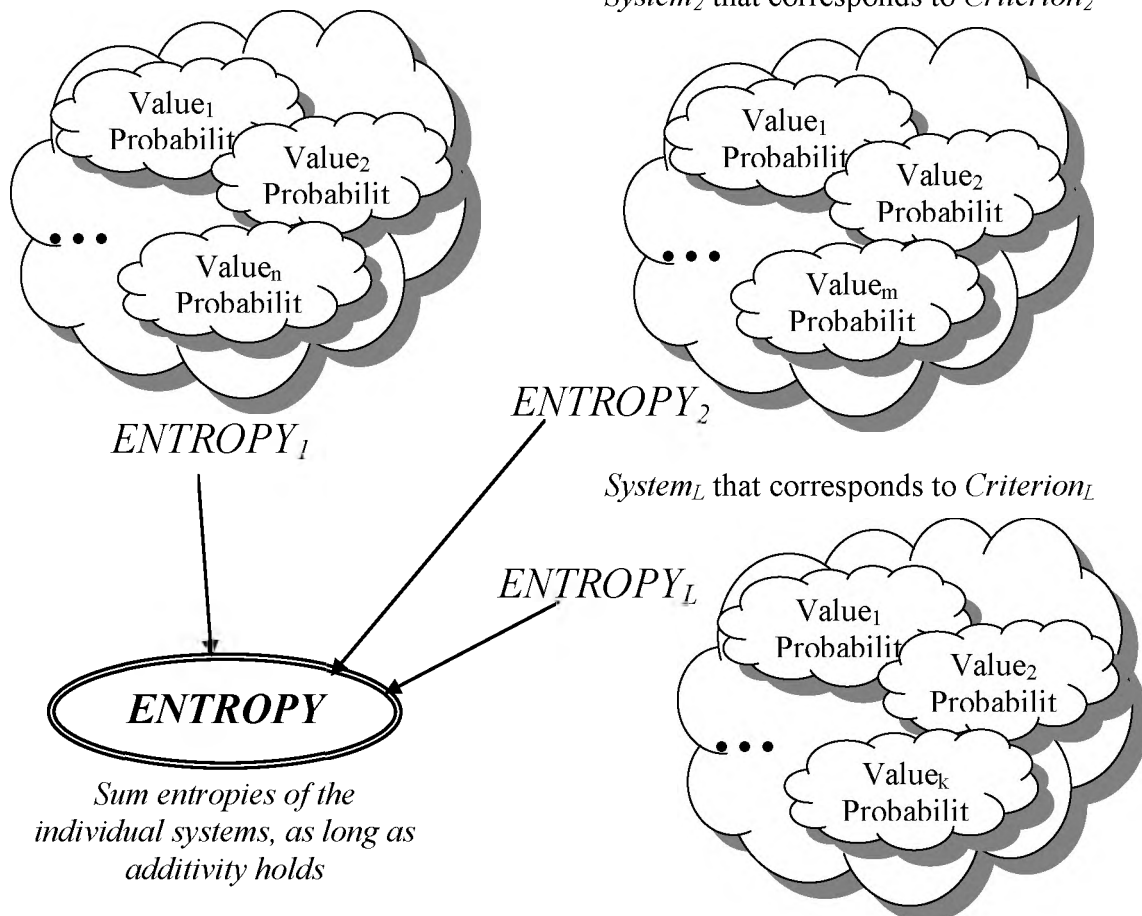


Figure 2. Entropy calculation for an alternative

Figure 2 shows this approach towards risk assessment graphically. First we have to define what criteria are of interest for us. After that for each alternative we construct fuzzy granules that describe each criterion and evaluate the probabilities that a particular criterion will take some value. The probabilities are interval-valued. A particular value of some criterion corresponds to a separate state in a system (we use this word in a broad sense). For example, in Figure 2 the first system corresponds to *criterion*₁, which can take *n* different values with corresponding probabilities. After having evaluated probabilities of values for all criteria we can calculate entropy for each system. In order to get evaluation of overall entropy, we can sum entropies calculated for separate systems. Now it is clear why the additivity feature is so important. If it would not hold, we could not just sum up individual evaluations in order to get overall evaluation.

The overall entropy value obtained can be considered as evaluation of uncertainty for a particular alternative.

Conclusion

This paper shows how fuzzy granular information can be used in order to measure risk and uncertainty. The uncertainty assessment is based on the generalised definition of entropy.

One of the advantages of the approach proposed in this paper is that one can use natural language to describe problem domain, upon which the uncertainty is assessed. This is due to fuzzy logic upon which the approach is based, which enables one to use fuzzy rather than crisp values.

Moreover, we show how entropy can be generalized to the case of interval-valued probabilities and we analyse the new definition to see whether the additivity holds. We conclude that quasi-additivity holds for the generalized entropy.

Acknowledgement

I would like to thank Professor Arkady Borisov from Riga Technical University for the fruitful discussions on risk analysis that we had.

References

1. Yager R.R. *Fuzzy Sets, Probabilities and Decision*, Journal of Cybernetics, 10:1-18, 1980, pp. 1-18.
2. Vališevskis A. *Granular-Information-Based Decisions*, to be published in the proceedings of Information Society and Modern Business, Ventspils, Latvia, January 30 - February 1, 2003.
3. Shannon C.E., Weaver W. *The mathematical theory of communication*, Urbana: University of Illinois Press, 1949.
4. Zadeh L.A. *Fuzzy Sets and Systems*. Proceedings of Symposium on System Theory, Polytechnic Institute of Brooklyn, 1965, pp. 29-37.
5. Zadeh L.A. *Fuzzy Logic*, Computer Magazine, No.4, 1988, pp. 83-93.
6. Zadeh L.A. *Fuzzy Sets and Information Granularity*, Advances in Fuzzy Set Theory and Applications, Editors: Gupta M.M., Ragade R.K et al., North-Holland Publishing Company, 1979, pp. 3-18.
7. Vališevskis A., Borisov A., *ANGIE: Adaptive Network for Granular Information and Evidence Processing*, Fifth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing ICAFS-2002, Milan, Italy, September 17-19, 2002, pp. 166-173.

FINANCIAL FORECASTING USING NEURAL NETWORKS

Neironu tīklu izmantošana finansu prognozēšanā

A. Zorins

Rezekne Higher Educational Institution
Atbrivosanas al. 90, Rezekne, LV-4600, LATVIA
E-mail: alex@ru.lv

Abstract

This paper presents an application of neural networks to financial time-series forecasting. No additional indicators, but only the information contained in the sales time series was used to model and forecast stock exchange index. The forecasting is carried out by two different neural network learning algorithms – error backpropagation and Kohonen self-organising maps. The results are presented and their comparative analysis is performed in this article.

Keywords: *neural networks, backpropagation, Kohonen network, financial forecasting.*

Introduction

Neural networks are very sophisticated modelling techniques, capable of modelling extremely complex functions. In particular, neural networks are non-linear. For many years linear modelling has been the commonly used technique in most modelling domains, since linear models had well-known optimisation strategies. Where the linear approximation was not valid (which was frequently the case) the models suffered accordingly. Neural networks also keep in check the curse of dimensionality problem, which bedevils attempts to model non-linear functions with large numbers of variables.

Neural networks have seen an explosion of interest over the last few years, and are being successfully applied across an extraordinary range of problem domains, in areas as diverse as finance, medicine, engineering, geology and physics [2, 4]. Indeed, anywhere that there are problems of prediction, classification or control, neural networks are being introduced.

This paper examines a task of forecasting the stock exchange index. In the paper, well-known error back-propagation algorithm and Kohonen self-organising maps carry out forecasting this factor. The back-propagation algorithm has been widely implemented in forecasting tasks, especially, in finance and economics. Kohonen neural networks or self-organising maps have been used mostly in classification tasks, for example, pattern recognition and others. Financial forecasting by these networks is quite new and unexplored.

The above mentioned prediction methods are investigated and their comparative analysis is performed on the basis of the results of the Dow Jones RSE index forecasting for the Riga Stock Exchange. The paper is organised as follows: section 2 provides information about neural networks, section 3 describes implementation of Kohonen self-organising maps in financial forecasting and section 4 describes comparative experiments, which test the performance of the proposed approaches.

Error back-propagation algorithm

This part of the paper describes the main idea of the error backpropagation algorithm. Neural network typically consists of many simple neurone-like processing elements that are grouped together in layers (see Fig. 1). Each unit has activity level that is determined by the input received from the other units in the network (input neurones) [4, 5].

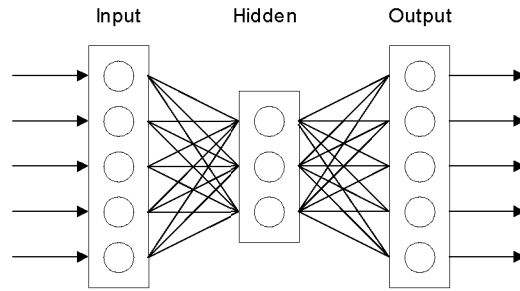


Fig. 1. Neural network with one hidden layer

Information is processed in each unit by computing a dot product between its input vector (o_j) and its weight vector (w_{ij}):

$$x_i = \sum_j^n o_j w_{ij} \quad (1)$$

This weighted sum x_i is then passed through a sigmoid squashing function to produce the state of unit i , denoted by o_i . The most common squashing functions are the Sigmoidal and the Hyperbolic Tangent. We consider squashing function defined by (2):

$$f(x) = k + \frac{c}{1 + e^{Tx}} \quad (2)$$

where k , c and T are constants. Before training, the weights are initialised with small random values. Training the network to produce a desired output vector involves systematically changing the weights until the network produces the desired output (within a given tolerance). This is repeated over the entire training set. Each connection in the network computes the derivative, with respect to the connection strength, of a global measure of the error in the performance of the network. The connection strength is then adjusted in the direction that decreases the error. The error measure is given by E in:

$$E = \frac{1}{2} \sum_j^n (y_j - d_j)^2 \quad (3)$$

where y_j is the actual state of the output unit j in input – output case, and d_j is the desired state.

Learning is thus reduced to a minimisation procedure of the error measure given in (3). This is achieved by repeatedly changing the weights by an amount proportional to the derivative $\partial E / \partial W$, denoted by δ_i :

$$\Delta W_{ij}(t+1) = \lambda \delta_i y_{ij} \quad (4)$$

The learning rate λ (the fraction by which the global error is minimised during each pass) is kept constant at least for the duration of a single pass. The value of $\delta_i = \partial E / \partial W$ is computed by differentiating (2) and (3):

$$\delta_i = (d_j - y_j) f'(y_j) \quad (5)$$

In the limit, as λ tends to zero and the number of iterations tends to infinity, this learning procedure is guaranteed to find the set of weights that gives the Least Mean Square Error [1].

Kohonen self-organising maps

The self-organising neural networks assume a topological structure among the cluster units. This property is observed in the brain, but is not found in other artificial neural networks. There are m cluster units, arranged in a one- or two-dimensional array: the input signals are n -dimensional.

The weight vector for a cluster unit serves as an exemplar of the input pattern associated with that cluster. During self-organisation process, the cluster unit whose weight vector matches the input pattern most closely (typically, the square of the minimum Euclidean distance) is chosen as the winner. The winning unit and its neighboring units (in terms of the topology of the cluster units) update their weights. The weight vectors of neighboring units are not, in general, close to the input pattern.

The architecture and algorithm that follow for the net can be used to cluster a set of p continuous-valued vectors $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ into m clusters. Complete description of the Kohonen learning algorithm can be found in [3].

The qualities of self-organising maps make it ideally suited for index prediction strategies. The supervised approach is based on grouping patterns that produce the same change in price. An output neuron is assigned to each range of price changes to be identified, including two neurons to represent greater than a maximum and less than a minimum (see Fig.2).

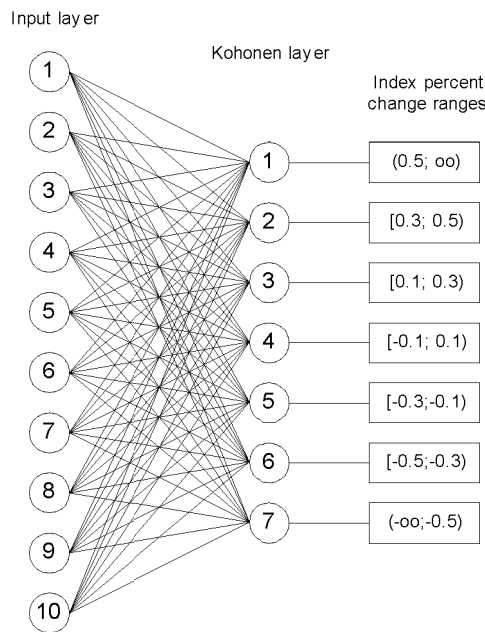


Fig.2. Self-organising map for index prediction

As shown in the figure, the net will classify all of the patterns that fit into the predefined ranges by forcing the appropriate neuron to be the winner. Also included is a neuron that represents the unchanged or, more accurately, almost unchanged state. After the Kohonen network training process is completed, new patterns can be presented to the network and the corresponding output neuron will be active.

Experimental results

The data set consists of a total of 276 data points, which represent the index values between 1 October 2001 and 31 October 2002. This data set is further divided into two parts: a training data set from the beginning till 1 October 2002 and a test set from 1 October till 31 October 2002.

The first forecasting model is error back-propagation neural network. The accuracy of the approximation depends on a number of factors such as the network structure, learning method and training parameters. In this study, learning is done by error back-propagation algorithm using Statistica Neural Networks 4.0 software. The results depend very much on the input layer size. After a number of the experiments the final parameters of the neural network with the best performance for the DJ RSE index are as follows:

- learning constant and momentum have the same value 0.1 (here is better to use relatively small values because they give minimal learning error);
- squashing function is defined by (2);
- network architecture is 32-15-1, which means 32 input layer neurones, 15 hidden layer neurones and 1 output neurone (less complicated architecture can not deal with given kind of time series);
- weight initialisation range from 0 to 0.01.

The Kohonen network consists of 15 input units and 7 clustering units. Here prediction is made as an interval of index changes. Therefore it is difficult to compare the prediction results of two methods. It is possible to give only errors for both methods. Fig.3 gives back-propagation network results on the training set (solid line gives actual values and dashed line is prediction).

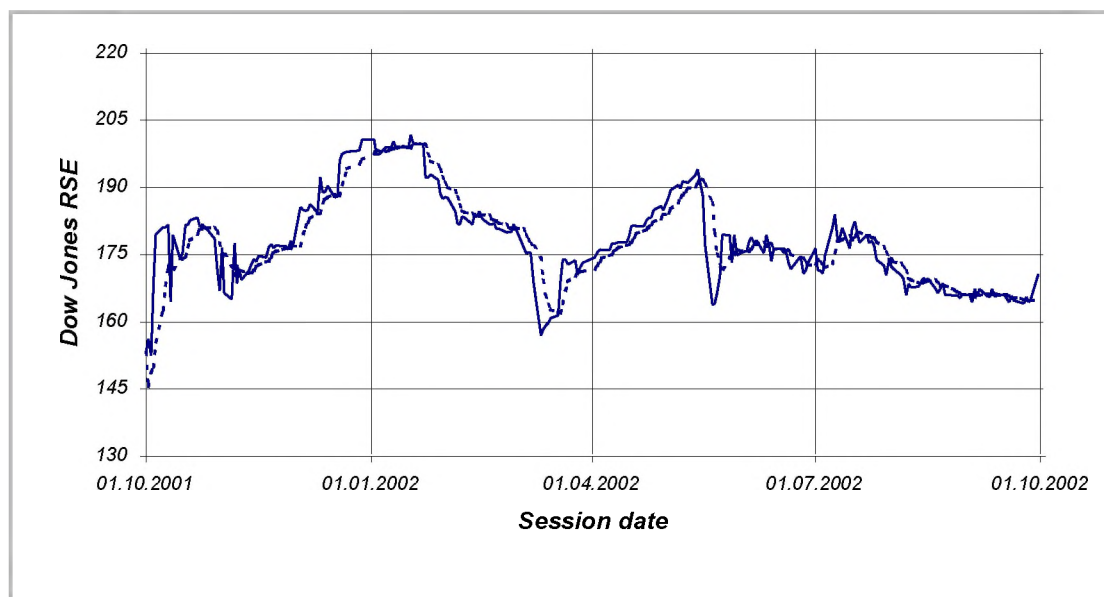


Fig.3. Back-propagation network performance on the training set (MSE=22.56)

The performance of Kohonen self-organising map can be summarised as follows: the training set input vectors were correctly classified in 87% cases, while on the test set the correctly classified index changes rate is only 75%.

Conclusions

This paper gives an example of neural network implementation to financial forecasting task. The error back-propagation networks and Kohonen self-organising maps give different results and we cannot compare them, but it is also possible to use extended and updated version of these two algorithms – counterpropagation networks, which can be used as for classification as well as for time series prediction task. The main advantage of Kohonen networks is the ability to organise the neurons in clusters, which corresponds to required number of states. The back-propagation algorithm can be considered as “universal” one, it is also rather easy to use. These networks combine advantages of both earlier mentioned networks and allow overcoming their shortages.

The future work will be connected with the further study of possible ways of forecasting accuracy improvements as well as with counterpropagation network implementation possibilities for financial forecasting.

References

1. Anderson O. D. (1976). Time Series Analysis and forecasting. Butterworths, Londod and Boston, 182 p.
2. Baestaens D. E., Van den Bergh W. M. (1995). Tracking the Amsterdam Stock Index Using Neural Networks. Neural Networks in Capital Markets, Vol. 5. P. 149-161.
3. Fausett L. (1994). Fundamentals of Neural Networks. Architectures, algorithms and applications. Prentice Hall, New Jersey, 560 p.
4. Refenes A. N., Azema-Barac M., Chen L., Karoussos S. A., (1993). Currency Exchange Rate Prediction and Neural Network Design Strategies. Springer-Verlag, London Limited. P. 46 – 58.
5. Zurada J. M. (1992). Introduction to Artificial Neural Systems. St. Paul: West Publishing Company, 684 p.

AUTORU SARAKSTS LIST OF AUTHORS

Abricka Ērika, M.chem.	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 76, Rezekne, LV-4600, Latvia e-mail: erika20@navigators.lv	LATVIA
Adamovičs Aleksandrs, Dr.agr., asoc. prof.	Latvian University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, e-mail: alexadam@cs.llu.lv , tel./fax.: +371 30 05629	LATVIA
Adliene Diana, Dr.	Kaunas University of Technology Studentų str. 50, Kaunas, Lithuania Ph. 37037300342, fax 37037456472 e-mail: Gediminas.Adlys@fmf.ktu.lt	LITHUANIA
Adlys Gediminas	Kaunas University of Technology Studentų str. 50, Kaunas, Lithuania Ph. 37037300342, fax 37037456472 e-mail: Gediminas.Adlys@fmf.ktu.lt	LITHUANIA
Ausmane Maija, Dr.agr., assist.prof.	Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Ulbroka Research Centre, 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia, Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; e-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA
Bačelis Kęstutis	Upyte Research Station of The Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų – 3, Upytė, Panevėžys distr., LT-5335 Tel.: (370 5) 555 423, e-mail: lzi.upyte@post.omnitel.net	LITHUANIA
Bankina Biruta, Dr.biol., asoc.prof	Latvian University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, 3021985, e-mail efaiz@cs.llu.lv	LATVIA
Bērziņš Andrejs, M. ing.	Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts, Latvijas universitāte, Kronvalda bulv.4, Rīga, Latvija, tel. 7034884, FAX 7034885, e- mail: lumbi@lanet.lv	LATVIA
Bērziņš Spodris, M. silv.	Latvian University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, e-mail: spodris.berzins@vdaugava.vzd.gov.lv	LATVIA
Biteniece Gunta	SIA Brīvzemnieki, Lizuma pag., Gulbenes raj., Tel. 4443302, 9496714	LATVIA

Bušmanis Mārtiņš	BO Valsts SIA "Agroķīmisko pētījumu centrs", Strukturoru ielā14a, Rīga, LV –1039, tālr. 7 5529966, e –pasts: agrokimisko.petijumu.centrs@tec2000.lv , fakss:7 551272	LATVIA
Castiglione Filippo	Istituto Applicazioni del Calcolo (IAC) "M. Picone" Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) Viale del Policlinico, 137 - 00161 Rome, Italy filippo@iac.rm.cnr.it	ITALY
Cēsniņš Aivars, Dr.sc.ing.	Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Ulbroka Research Centre, 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia, Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; e-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA
Cēsniņš Sandris, B.sc.ing	Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Ulbroka Research Centre, 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia, Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; e-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA
Chrzan Tadeusz, prof.	University of Zielona Góra Ul. Podgórna 50, Zielona Góra E-mail: T.Chrzan@iis.uz.zgora.pl Tel.: (0-68) 3282674	POLAND
Cudečkis Vladimirs, M.oec.	a/s "Hoetika"	LATVIA
Daugulis Peteris, PhD.	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 90, Rezekne, LV-4600, Latvia e-mail: pdk@ru.lv	LATVIA
Denafas Gintaras, Dr.	Department for Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, LT-3028, Radvilenu 19, Kaunas, Lithuania Tel. +370-37-351008, Fax. +370-37-451582, e-mail: Gintaras.Denafas@ktu.lt	LITHUANIA
Dolacis Jānis, Dr.sc.ing.	Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV – 1006, tālr. 7553063, e-pasts: dolacis@edi.lv , fakss: 7550635	LATVIA
Dzenajaviciene Eygenija Farida	Lithuanian Energy Institute, Breslaujos 3, LT-3035 Kaunas, ph.370-37-401935 e-mail: farida@isag.lei.lt	LITHUANIA

Endriukaitis Algimantas	Upyte Research Station of LIA Upyte, Panevezys district, LT-5335 LITHUANIA tel.: +370 45 555 413, fax: +370 45 555 573	LITHUANIA
Erg Katrin	Tallinn Technical University, Department of Mining 82, Kopli Str., 10412 Tallinn, Estonia, http://www.ttu.ee/maeinst/ Phone: +372 620 38 50, Fax: + 372 620 36 96, e-mail: erg@staff.ttu.ee	ESTONIA
Galinis Arvydas, Dr.	Lithuanian Energetic Institute, Kaunas, Lithuania	LITHUANIA
Gendels Staņislavs	Latvijas Universitāte, Vides un tehnoloģisko procesu modelēšanas laboratorija, Zeļļu 8, Rīga, Latvija tālr. 7033783, e-pasts: stasis@modlab.lv , fakss: 7033781	LATVIA
Gontaszewska Agnieszka	Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Z. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra, Poland A.Gontaszewska@ib.uz.zgora.pl	POLAND
Gruzdevienė Elvyra	Upyte Research Station of The Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų – 3, Upytė, Panevėžys distr., LT-5335 Tel.: (370 5) 555 423, e-mail: lzi.upyte@post.omnitel.net	LITHUANIA
Gudriniece Emīlija, Dr.habil.chem., prof.	Rīgas Tehniskā universitāte, Āzenes 14/24, LV-1048, Rīga, e-mail: gudr@ktf.rtu.lv	LATVIA
Gulbis Vilnis, Dr.sc.ing., prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Spēkratu institūts J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, LV-3001, Latvija tālr. 3080703, e-mail: biodegv@cs.llu.lv , fax: 3027238	LATVIA
Halicki Wojciech, Dr.habil.ing.	Uniwersytet Zielonogórski, ul. Podgorna 50, Zielona Góra, Poland 65-246 e-mail: W.Halicki@iis.uz.zgora.pl	POLAND
Hrols Jurijs, Dr.habil.chem., prof.	Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV – 1006, tālr. 7553063, e-pasts: dolacis@edi.lv , fakss: 7550635	LATVIA
Iljins Uldis, Dr.habil.sc.ing., prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvija, Tel. 371-3005675, e-pasts: fkuldis@cs.llu.lv , faks: 371-3027238	LATVIA

Ilsters Andrievs, Dr.sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Ulbrokas zinātnes centrs, Institūta iela 1, Ulbroka, Rīgas raj., LV-2130 tālr. 7910917, e-pasts: uzc@delfi.lv , fakss 7910873	LATVIA
Ivanovs Semjons, Dr.sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, Ulbrokas Zinātnes centrs, Institūta iela 1, Ulbroka, Rīgas raj., LV – 2130, Latvija Tel.: +3717910945, fax: +3717910873, e-mail: semjons@delfi.lv	LATVIA
Jakovičs Andris, Dr. phys., asoc. prof.	Latvijas Universitāte, Vides un tehnoloģisko procesu modelēšanas laboratorija, Zeļļu 8, Rīga, Latvija, tālr. 7033779, e-pasts: ajakov@latnet.lv , fakss: 7033781	LATVIA
Jankauskaitė Margarita, Dr.	Institute of Geology and Geografy, T. Ševčenkos str. 13, Vilnius, LT-2600, tel. 370-5-2-104-692, e-mail rita@geologin.lt	LITHUANIA
Jankauskienė Zofija, Dr.	Upyte Research Station of LIA Upyte, Panevezys district, LT-5335 LITHUANIA tel.: +370 45 555 413, fax: +370 45 555 573 E-mail: soja@upyte.lzt.lt	LITHUANIA
Januševskis Edgars	Rīgas Tehniskā Universitāte, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Āzenes 14/24, Rīga, gudr@ktf.rtu.lv	LATVIA
Jevsejeva Svetlana, M.oec.	K.Ulmaņa gatve 3, Rīga, LV – 1004; tālr. 7627504; e-mail: gc@parks.lv ; fakss 7623512	LATVIA
Kaķītis Aivars, Dr.sc.ing., asoc.prof.	J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, tālr.: 3080674, fakss: 3005685, e-pasts: aka@cs.llu.lv	LATVIA
Kalis Harijs, Dr.habil.math.phys., prof.	Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia Akadēmijas laukums1, LV – 1524, Rīga, Latvija, e-mail: kalis@lanet.lv	LATVIA
Kangro Ilmārs	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 76, Rezekne, LV-4600, Latvia e-mail: kangro@ru.lv	LATVIA
Kavaliauskaite Inga	Kaunas University of Technology Environmental Engineering Department Radvilenu str.19, LT-3028 Kaunas tel.: +37061572323 tel.: +37069870760 Lithuania	LITHUANIA

Klāsens V., Dr.habil.agr., prof.	Latvian University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, e-mail: alexadam@cs.llu.lv, tel./fax.: +371 30 05629	LATVIA
Klavs Gaidis, Dr.	Institute for Physical Energetics, Riga, Latvia	LATVIA
Kraiński Andrzej, Dr.	Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Z. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra, Poland	POLAND
Kreita Dzintra, M.agr., asoc.prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava tel. 3005629, dzintrak@cs.llu.lv , fakss 3005629	LATVIA
Kronbergs Ēriks, Dr. sc. ing., asoc. prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, TF Mehānikas institūts, J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV3001, tel.: 30 80674, fakss: 30 27238, e-mail: eriks@cs.llu.lv	LATVIA
Krotovs Miervaldis, M.agr.	Valsts Stendes selekcijas stacija P/n Dižstende, Talsu rajons, tel. 3292289, stende.selekcija@apollo.lv, fakss 3281288	LATVIA
Kudrenickis Ivars, Dr.	Institute for Physical Energetics, Riga, Latvia	LATVIA
Labuntsova L.M.	Geophysical Center of Russian Academy of Sciences, Molodezhnaya 3, 117296, Moscow, Russia Ph. +7(095)930-55-09	RUSSIA
Lāčgalvis Edgars, Dr.sc.ing., prof.	Latvijas Lauksaimniecības Universitāte Ulbrokas Zinātnes centrs, Institūta iela 1, Ulbroka, , Rīgas raj., LV – 2130, Latvija Tel.: +3717910945, fax: +3717910873	LATVIA
Laizāne Ināra, M.paed.	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 76, Rezekne, LV-4600, Latvia	LATVIA
Lielpētere Anita, Dr. biol.	SIA "Bioefekts"	LATVIA
Liepiņš Juris, Dr.agr., assist.prof.	Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Ulbroka Research Centre, 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia, Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; e-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA

Lebedeva Gaļina, Dr. chem.	Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV-1006, Latvija Tel. 7555916, ligno@edi.lv	LATVIA
Malecki Adam	University of Zielona Góra, Department of the Environmental Protection, Poland	POLAND
Maļeckā Solveiga, M.agr.	Valsts Stendes selekcijas stacija P/n Dižstende, Talsu rajons, tel. 3292277, stende.selekcija@apollo.lv , fakss 3281288	LATVIA
Mander Ulo, prof.	Tartu University, Tartu, Estonia	
Melngalvis Indulis, M.agr.	Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Ulbroka Research Centre, 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia, Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; e-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA
Miklašēvičs Ziedonis, M.sc.ing.	VAS "Latvenergo" DET Koksnes apstrādes cehs Tukums, Cīruļu iela1. T.9118720 e-mail: Ziedonis.Miklasevics@energo.lv , Fax: 3057925	LATVIA
Morozov Vladislav, prof.	Geophysical Center of Russian Academy of Sciences, Molodezhnaya 3, 117296, Moscow, Russia Ph. +7(095)930-05-46 morozov@wdcb.ru	RUSSIA
Moskvins Gennady, Dr.sc.ing., prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības enerģētikas institūts Liela iela 2, Jelgava LV- 3001, E-mail : logicor@llu.lv	LATVIA
Navickas Juozas, Dr.sc.ing.	Lithuania University of Agriculture, Studentu Str. 15, Kaunas-Akademy, LT-4324, Lithuania Ph: 370-69846936, e-pasts: JuozasN@info.lzua.lt	LITHUANIA
Nikitin Oleg	Tallinn Technical University, Department of Mining 82 Kopli St., 10412, Tallinn, Estonia oleg@staff.ttu.ee , web page: http://www.ene.ttu.ee/maeinst/rock	ESTONIA
Nulle Imants, B. sc. ing.	J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, tālr.: 3080674, fakss: 3005685, e-pasts: aka@cs.llu.lv	LATVIA

Oja Tonu, prof.	Tartu University, Tartu, Estonia	ESTONIA
Oļukalns Aigars, M.agr.	Praulienas pagasta “Grāvīšu” māju zemnieku saimniecība, “Grāvīši”, Praulienas pag., Madonas raj., LV-4825, +371-9427599, olukalns@madona.lv	LATVIA
Pastarus Jūri-Rivaldo, Dr.sc.ing.	Tallinn Technical University, Department of Mining 82 Kopli St, Tallinn, 10412, Estonia Tel.:+(372)6203850, Fax: +(372)6203696, e-mail: Pastarus@cc.ttu.ee	ESTONIA
Pinnis Uldis, Dr.sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Ulbrokas Zinātnes centrs, Institūta iela 1,Ulbroka, Rīgas rajons, LV-2130, Latvija tālr: +371-7910987, +371-7910879; fakss: +371- 7910873; E-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA
Plūme Imants, M.sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Tehniskā Fakultāte, Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV-3001 Tel: 30-80674, fax: 30-27238, e-mail: imants@cs.llu.lv	LATVIA
Ponomarev A.V.	Geophysical Center of Russian Academy of Sciences, Molodezhnaya 3, 117296, Moscow, Russia	RUSSIA
Priekule Ilze, M. agr.	Valsts augu aizsardzības centrs, Lielvārdes 34/38, Rīga, LV-1755, Latvia	LATVIA
Prols Jānis	K.Ulmaņa gatve 3, Rīga, LV – 1004; tālr. 7627504; e-mail: gc@parks.lv ; fakss 7623512	LATVIA
Punculis Pēteris, Dr.sc.ing.	Valsts SIA “Lauksaimniecības tehnikas sertifikācijas un testēšanas centrs” , Dārza 12, Priekules pag., Cēsu raj., LV-4126, Latvija, Tel. 371 4130730, e-mail: andris@vbmis.apollo.lv	LATVIA
Putāns Henriks, M.sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvija	LATVIA
Radzevičius A.	Institute of Geology and Geography T.Ševčenkos str., 13, Vilnius, LT-2600, tel. 370- 5-2-104-708 e-mail: aradzev@geologin.lt	LITHUANIA

Reinsalu Enno, PhD	Tallinn Technical University, Department of Mining 82, Kopli Str., 10412 Tallinn, Estonia, http://www.ttu.ee/maeinst/ Phone: +372 620 38 50, Fax: + 372 620 36 96, e-mail: ere@cc.ttu.ee	ESTONIA
Rimaityte Ingrida	Department for Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, LT-3028, Radvilenu 19, Kaunas, Lithuania Tel. +370-37-351008, Fax. +370-37-451582, e-mail: ingrima@yahoo.com	LITHUANIA
Ruciņš Ādolfs, M.sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Ulbrokas Zinātnes centrs, Institūta iela 1,Ulbroka, Rīgas rajons, LV-2130, Latvija tālr: +371-7910987, +371-7910879; fakss: +371- 7910873; E-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA
Ruža Antons, Dr.habil.agr., prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava tel. 3005629, aruza@cs.llu.lv , fakss 3005629	LATVIA
Seeger Hendrik	Fachgebiet Abfalltechnik, Kassel University, Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel, Germany Tel.: +49-561-804-3744, Fax: +49-561-804-3744 e-mail: hseeger@uni-kassel.de	GERMANY
Serģe Inta	Gulbenes Lauksaimniecības Konsultāciju birojs Ābeļu 2, Gulbene, LV-4400, Latvija Tel. 9121874	LATVIA
Seržane Rasma	Rīgas Tehniskā Universitāte, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Āzenes 14/24, Rīga, gudr@ktf.rtu.lv	LATVIA
Sidlauskas V.	Lithuanian Energy Institute, Breslaujos 3, LT- 3035 Kaunas, ph.370-37-401935	LITHUANIA
Sitnikovas Denisas	Department for Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, LT-3028, Radvilenu 19, Kaunas, Lithuania Tel. +370-37-351008, Fax. +370-37-451582, e-mail: rnb@one.lt	LITHUANIA
Skujiņš Visvaldis	SIA "Delta Rīga", Naukšēni	LATVIA
Stramkale Veneranda, Dr. agr.	SIA "Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs", Rēzeknes raj., p.n.Viļāni, Jaunviļāni, 4628140, strzin@apollo.lv	LATVIA

Straupe Inga, M.agr.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV-3001, E-mail:alexadam@cs.llu.lv, tel./fax.: +371 3005629	LATVIA
Strēle Maija	Rīgas Tehniskā Universitāte, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Āzenes 14/24, Rīga, gudr@ktf.rtu.lv	LATVIA
Strikauska Silvija, Dr. biol.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela, 2, Jelgava, Latvija, tel/ FAX 3005659 , e- mail: aazl@cs.llu.lv	LATVIA
Sulojeva Jeļena, Dr. chem.	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 76, Rezekne, LV-4600, Latvia e-mail: askif@ru.lv	LATVIA
Szymanczyk Artur, M.sc.ing.	Uniwersytet Zielonogórski, ul. Podgorna 50, Zielona Góra, Poland 65-246 e-mail: A.Szymanczyk@iis.uz.zgora.pl	POLAND
Šķēle Arnolds, Dr.habil.sc.ing., prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvija	LATVIA
Šmits Mareks, B. sc.ing.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, TF Mehānikas institūts, J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV3001, tel.: 30 80674, fakss: 30 27238 e-mail: mareksmi@cs.llu.lv	LATVIA
Šnīders Andris, Dr.habil.ing., prof.	LLU TF Lauksaimniecības enerģētikas institūts J.Čakstes bulv. 5, Jelgava LV-3001 tel.: 3022242, 3080687 e-pasts: sniders@cs.llu.lv fax: 3027238	LATVIA
Štreimikienė Dalia, Dr.	Lithuanian Energetic Institute, Kaunas, Lithuania	LITHUANIA
Taraškevičius R.	Institute of Geology and Geography T.Ševčenkos str., 13, Vilnius, LT-2600, tel. 370- 5-2-104-708 e-mail: ricardta@geologin.lt	LITHUANIA
Tatarinov Victor	Geophysical Center of Russian Academy of Sciences, Molodezhnaya 3, 117296, Moscow, Russia Ph. +7(095)930-55-09	RUSSIA
Teirumnieks Edmunds, M.sc.env.	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 76, Rezekne, LV-4600, Latvia e-mail: edmunds t@navigators.lv	LATVIA

Teliševa Gaļina, Dr. habil. chem	Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV-1006, Latvija Tel. 7555916 ligno@edi.lv	LATVIA
Timbare Regīna, Dr. agr.	BO Valsts SIA "Agroķīmisko pētījumu centrs", Strukturu ielā14a, Rīga, LV –1039, tālr. 75529966, e – mail: agrokimisko.petijumu.centrs@tec2000.lv , fakss:7 551272	LATVIA
Tomsons Elmārs, Dr.sc.ing.	Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV – 1006, tālr. 7553063, e-pasts: dolacis@edi.lv , fakss: 7550635	LATVIA
Urban Arndt, Dr., prof.	Fachgebiet Abfalltechnik, Kassel University, Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel, Germany Tel.: +49-561-804-3744, Fax: +49-561-804-3744 e-mail: urban@uni-kassel.de	GERMANY
Užga-Rebrovs Olegs, Dr., asoc.prof.	Rezekne Higher Education Institution, Atbrivoshanas al. 90, Rezekne, LV-4600, Latvia tel. 3714622904, 3719472205	LATVIA
Vaišnorienė Rosita, M.	Department for Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, LT-3028, Radvilenu 19, Kaunas, Lithuania Tel. +370-37-351008, Fax. +370-37-451582	LITHUANIA
Valgma Ingo, Dr.sc.ing.	Tallinn Technical University, Department of Mining 82, Kopli Str., 10412 Tallinn, Estonia, http://www.ttu.ee/maeinst/ Phone: +372 620 38 50, Fax: + 372 620 36 96, e-mail: ingoval@cc.ttu.ee	ESTONIA
Vališevskis Aleksandrs	Matemātikas un informātikas institūts, Latvijas Universitāte, Vējavas 10/1-33,Rīga, LV-1035, Latvija Ph.: +371-9775840, e-mail: valisevskis@inbox.lv	LATVIA
Viesturs Uldis, prof.	Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts, Latvijas universitāte, Kronvalda bulv.4, Rīga, Latvija, tel. 7034884, FAX 7034885, e- mail: lumbi@lanet.lv	LATVIA
Vilde Arvīds, Dr.habil.sc.ing., prof.	Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Engineering, Ulbroka Research Centre 1 Instituta Street, Ulbroka LV-2130, Latvia Phone: +371-7910879, +371-7910987; Fax: +371-2910873; E-mail: uzc@delfi.lv	LATVIA

Zaķis Ilmārs, M.sc.ing.	Valsts SIA “Lauksaimniecības tehnikas sertifikācijas un testēšanas centrs”, Dārza 12, Priekules pag., Cēsu raj., LV-4126, Latvija, Tel. 371 4130730, e-mail: andris@vbmis.apollo.lv	LATVIA
Zaļoksnis Jānis, Dr.	Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, Peldu iela 25, LV – 1494, Rīga, tālr. 7026423, fakss 7820442, e – pasts Janis.Zaloksnis@varam.gov.lv	LATVIA
Zariņa Dzidra, Dr. biol.	Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts, Latvijas universitāte, Kronvalda bulv.4, Rīga, Latvija, tel. 7034884, FAX 7034885, e- mail: lumbi@lanet.lv	LATVIA
Zevenhoven Ron	Helsinki University of Technology Laboratory for Energy Engineering and Environmental Protection PO Box 4400, FIN-02015 Espoo tel.: +35894512847 Finland	FINLAND
Ziemeļis Imants, Dr.sc.ing., prof.	Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Ulbrokas zinātnes centrs Institūta iela 1, Ulbroka, Rīgas raj., LV-2130 tālr. 7910917, e-pasts: uzc@delfi.lv , fakss 7910873	LATVIA
Zinkutė Rimantė, Dr.	Institute of Geology and Geography T.Ševčenkos str., 13, Vilnius, LT-2600, tel. 370- 5-2-104-708 e-mail: zinkute@geologin.lt	LITHUANIA
Zorins Aleksejs, M.sc.ing.	Rezekne Higher Educational Institution Zemnieku 44-38, Rezekne LV-4600, LATVIA E-mail: alex@ru.lv	LATVIA