

RĒZEKNES AUGSTSKOLA
INŽENIERU FAKULTĀTE
LATGALES ILGTSPĒJĪGĀS ATTĪSTĪBAS
PĒTNIECISKAIS INSTITŪTS

REZEKNE HIGHER EDUCATION
INSTITUTION
FACULTY OF ENGINEERING
LATGALES RESEARCH INSTITUTION OF
LONGTERM DEVELOPMENT

VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI

VI starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli
2007.gada 20. - 22.jūnijs

ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES

Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference
June 20-22, 2007

Rēzekne
2007

VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI: 6.starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli 2007.gada 20.-22.jūnijā. Rēzekne, 2007. 304 lpp.

ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference, June 20-22, 2007. Rezekne, 2007. 304 p.

Zinātnisko rakstu krājumā iekļauti VI 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 izglītību. Vairāki referāti ir saistīti ar datorzinātņu un matemātikas pielietojumu vides un citu nozaru problēmu risināšanā.

Proceedings include papers presented at the 6th 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:

prof. G.Noviks - the Chairman (Rezekne Higher Education Institution, Latvia)

prof. T.Chrzan (Zielona Gora Polytechnic, Poland)

prof. M.Klavinsh (University of Latvia, Latvia)

asoc. prof. L.Kliucininkas (Kaunas University of Technology, Lithuania)

prof. V.Morozov (Geophysics Institute, Russian Academy of Sciences, Russia)

asoc.prof. J.-R.Pastarus (Tallinn Technical University, Estonia)

prof. R.Tepfers (Chalmers University, Sweden)

prof. W.Leal (TuTech Innovation GmbH, Germany)

Recenzenti / Reviewers:

asoc. prof. Dr.agr. A.Adamovičs (Latvijas Lauksaimniecības universitāte)

prof. Dr.habil.chem. M.Kļaviņš (Latvijas Universitāte)

vad. pētnieks Dr.habil. ing. E.Lavendelis (Latgales ilgtspējīgās attīstības pētnieciskais institūts)

vad. pētnieks Dr.agr. G.Norvele (Latgales ilgtspējīgās attīstības pētnieciskais institūts)

pētnieks Dr.sc.ing. Z.Miklaševičs (Latgales ilgtspējīgās attīstības pētnieciskais institūts)

prof. Dr.ing. I.Silineviča (Rēzeknes Augstskola)

vad. pētnieks Dr.agr. V.Starmkale (Latgales ilgtspējīgās attīstības pētnieciskais institūts)

asoc. prof. Dr.agr. J.Švarcbahs (Latvijas Lauksaimniecības universitāte)

prof. Dr.paed. P.Vucenlīdzāns (Rēzeknes Augstskola)

prof. Dr.habil.sc.ing. Ģ.Vulfs (Rīgas Tehniskā universitāte)

Redkolēģija / Editorial committee:

prof. G.Noviks, atbildīgais redaktors (Rezekne Higher Education Institution, Latvia)

prof. V.Morozov (Geophysics Institute, Russian Academy of Sciences, Russia)

prof. R.Tepfers (Chalmers University, Sweden)

prof. W.Leal (TuTech Innovation GmbH, Germany)

prof. T.Chrzan (University of Zielona Gora, Poland)

© Rēzeknes Augstskola,

Atbrivošanas alejā 90, Rēzeknē, LV 4600

RA Izdevniecība, 2007

Atbrivošanas alejā 115, Rēzeknē, LV 4601

ISBN 978 - 9984 - 779 - 54 - 6

Tirāža 90 eks.

SATURS

VIDE UN ENERĢĒTIKA

Kundziņa A. Sarma U.	Koksnes resursu efektīva izmantošana Latvijas enerģētikā	11
Urbanovičs I. Dobeļe G. Jurkjane V. Kampars V. Samulis Ē.	Pirolītiskā eļļa – koksnes atkritumu ātrās pirolīzes produkts energoresursiem	16
Kaķītis A. Nulle I.	Biomasa maisījumu viendabīguma pakāpes novērtēšana	23
Kronbergs Ē. Šmits M.	Augu biomasa smalcināšana kurināmā maisījumiem	31
Hill B.	Dzīvā daba kā ideju avots jaunas produkcijas izveidei	36
Dubrovskis V. Plūme I. Spīdāns A. Straume I.	Biogāzes ražošanas iespējas Latvijā	46

VIDE UN ZEMES DZĪLES

Nikitin O. Vāļi E. Sabanov S. Pastarus J.-R.	Atklāto karjeru ilgtspējīgo tehnoloģiju ieviešana Igaunijas degslānekļa raktuvēs	55
Gibowski S.	Klasisko un neklasisko algoritmu izvēle deformāciju ģeodēziskajos mērījumos	62
Morozov V. Belov S. Kolesnikov I. Tatarinov V.	Tektonisko procesu prognoze izvēlēto radioaktīvo atkritumu deponēšanas vietās	70
Nikitin O. Sabanov S. Pastarus J.-R.	Zemestrīču iespējamās ietekmes uz „Estonia” pazemes raktuvju konstrukciju stabilitāti analīze	78

ATKRITUMU UN PIESĀRŅOJUMA PROBLĒMAS

Noviks G.	Minerālatkritumu pārstrādes procesu optimizācijas pamatojums	87
Teirumnieks E. Bērziņa-Cimdiņa L. Mālers J. Pelčers G. Teirumnieka Ē.	Sadzīves atkritumu poligonu infiltrāta attīrīšanas pētījumi	102

Bassioni G.	Kaļķakmens – saistvielu inerto sistēmu modelis?	108
Jankauskienė Z. Endriukaitis A. Balčiūnas M.	Stiebriņu smalcināšana – ekoloģiski draudzīga linu apstrāde	114

ILGTSPĒJĪGĀS LAUKSAIMNIECĪBAS PROBLĒMAS

Lejiņš A. Lejiņa B.	Dažādas sējumu struktūras augseku un pesticīdu ietekme uz graudaugu ražu	125
Lebedeva G. Alsiņa I. Teliševa G.	Lignīna preparātu ietekme uz graudaugu sausumizturību	132
Lebedeva G. Teliševa G. Rancāne S. Tiltiņa L.	Lignosilīcija izmantošana sarkanā āboliņa (<i>Trifolium pratense</i> L.) audzēšanā	141
Vigovskis J. Jermušs A. Švarta A.	Mēslojuma un kaļķošanas ietekme uz augsnes agroķīmiskajiem rādītājiem un barības elementu zudums ar drenu ūdeni	150
Borovko L.	Kūdras eliksīra izmantošana vasaras rapšu un kartupeļu sējumos produkcijas ražības un kvalitātes palielināšanai	157
Gruzdevienė E. Mankevičienė A.	Mikotoksīnu novēršana un kontrole linsēklās	162
Raipulis J. Toma M.M.	Vairāku bioloģiski aktīvu vielu genotoksicitātes pētīšana	168
Taraškevičius R. Zinkutė R. Radzevičius A. Strazdas D.	Glazēto flīžu ķīmiskais sastāvs kā grunts potenciālā piesārņojuma avots	175
Sprūžs J. Šeļgovska E. Remeza I. Vasiļjeva S.	Barības piedevas bioloģiskajā kazkopībā	182
Alsiņa I. Anševica A. Dubova L. Dudare I. Niedrīte M. Šteinberga V.	<i>Rhizobium leguminosarum</i> celmu efektivitātes novērtējums dažādos saimniekaugos	190
Stramkale V. Stramkalis A. Pakarna G. Vikmane M.	Vasaras kviešu sēklu ražas kvalitātes fizioloģiskie aspekti atkarībā no minerālelementu piegādes caur lapām	195

INFORMĀCIJAS TEHNOLOĢIJAS UN MATEMĀTISKĀS METODES VIDES ZINĪBĀS

Buiķis A. Kalis H. Kangro I.	Nesaspiežama šķidrums plūsmas skaitliskā modelēšana caurulē virpuļlauka ietekmē	203
Zorins A.	Datu pirmapstrādes metodes intervālu bāzētai prognozēšanai ar neironu tīkliem	211
Mrówczyńska M.	Neironu tīkla funkcijas kļūdu noteikšanas apraksts masīva modeli	219
Vandāns J. Porozovs J. Tolmača N.	Informācijas tehnoloģiju izmantošana bērna psihofizioloģiskā stāvokļa novērtēšanā un uzvedības korekcijā	225

DABAS RESURSI UN VIDES APSAIMNIEKOŠANA

Ciegis R. Streimikiene D. Pareigis R. Gineitiene D.	Kuznets likņu vide: ekonomiskā iekļaušanās	235
Vindele L. Buģina V.	Dabas resursu ekonomiskā analīze Vidzemes reģiona rajonos	244
Matisovs I.	Ekoloģiskā ekspedīcija kā efektīva vides izpēti un ekoloģiskās audzināšanas darba forma	254
Grauda D. Lapiņa L. Stramkale V. Rashal I.	<i>Idra (Camelina sativa)</i> – augs lauksaimnieciskās vides dažādošanai un augstas kvalitātes eļļas ieguvei	262
Matisovs I.	Pilsētvides ainavas transformācija Latgales reģionā 20.- 21.gadsimtu mijā	266
Atstāja Dz. Brīvers I.	Sabiedrības loma vides problēmu risinājumos	277
Ernšteins R. Šulga D. Štelmahere D. Grundšteina S.	Vides pārvaldība un līdzsvarota attīstība pašvaldībās: integrācijas un sistemizācijas prakse tālākizglītības procesā	285
	Autoru saraksts	295

CONTENT

ENVIRONMENT AND POWER

Kundziņa A. Sarma U.	Efficient use of wood resources on the power industry of Latvia	11
Urbanovičs I. Dobele G. Jurkjane V. Kampars V. Samulis Ē.	Pyrolytic oil – a product of fast pyrolysis of wood residues for energy resources	16
Kaķītis A. Nulle I.	Estimation of homogeneity stage of biomass mixtures	23
Kronbergs Ē. Šmits M.	Herbaceous biomass shredding for biofuel compositions	31
Hill B.	Living nature as a source of ideas for new product solutions	36
Dubrovskis V. Plūme I. Spīdāns A. Straume I.	Facility of biogas production in Latvia	46

ENVIRONMENT AND BOWELS OF THE EARTH

Nikitin O. Väli E. Sabanov S. Pastarus J.-R.	The surface miner sustainable technology introduction for oil-shale mining in Estonia	55
Gibowski S.	The chosen classical and non-classical algorithms in the geodetic measurements of displacements	62
Morozov V. Belov S. Kolesnikov I. Tatarinov V.	Prediction of the tectonic processes at a selected areas for dispose radioactive waste	70
Nikitin O. Sabanov S. Pastarus J.-R.	Analysis of earthquakes available influence on „Estonia” mine underground construction stability ..	78

PROBLEMS OF WASTE AND POLLUTION

Noviks G.	Basis of optimal mineral inorganic waste processing methods	87
Teirumnieks E. Bērziņa-Cimdiņa L. Mālers J. Pelčers G. Teirumnieka Ē.	Investigations of municipal solid waste landfills leachate treatment	102

Bassioni G.	Limestone – an inert model system of cement?	108
Jankauskienė Z. Endriukaitis A. Balčiūnas M.	Stem crushing – an eco-friendly way to effect on flax dew-retting	114

PROBLEMS OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

Lejiņš A. Lejiņa B.	The grain crop yield in different crop rotation and efficiency of herbicides and fungicides treatment	125
Lebedeva G. Alsiņa I. Teliševa G.	Influence of lignin preparation on crops dry resistant	132
Lebedeva G. Teliševa G. Rancāne S. Tiltiņa L.	Application of lignosilicon in growing of red clover (<i>Trifolium pratense</i> L.)	141
Vigovskis J. Jermušs A. Švarta A.	Influence of fertilizers and liming on the agrochemical parameters of soil and losses of plant nutrients through drain water	150
Borovko L.	Use of peaty elixir on spring rape and potato sowings for improvement of production fertility and quality ...	157
Gruzdevienė E. Mankevičienė A.	Mycotoxin prevention and control in linseed	162
Raipulis J. Toma M.M.	Evaluation of the genotoxic effects of some biologically active substances	168
Taraškevičius R. Zinkutė R. Radzevičius A. Strazdas D.	Chemical composition of tile glaze as potential source of soil contamination	175
Sprūžs J. Šeļegovska E. Remeza I. Vasiļjeva S.	Feed additives in nutrition of organic goat	182
Alsiņa I. Anševica A. Dubova L. Dudare I. Niedrīte M. Šteinberga V.	The evaluation of effectiveness of <i>Rhizobium eguminosarum</i> strains in different host plants	190
Stramkale V. Stramkalis A. Pakarna G. Vikmane M.	Physiological aspects of wheat yield quality in dependence on mineral supply through leaves	195

IT AND MATHEMATICAL METHODS IN ENVIRONMENTAL SCIENCES

Buiķis A. Kalis H. Kangro I.	Numerical modelling a stream of not compressed liquid in a pipe under influence of a vortical field	203
Zorins A.	Data preprocessing methods for interval based neural network prediction	211
Mrówczyńska M.	The estimation of errors of area models described by the shape functions by the means of neural networks	219
Vandāns J. Porozovs J. Tolmača N.	The use of information technologies in the assesment of child's psychophysiological state and correction of behaviour	225

NATURE RESOURCES AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Ciegis R. Streimikiene D. Pareigis R. Gineitiene D.	Environmental Kuznets curves: economic implications	235
Vindele L. Buģina V.	Economic analysis of the natural resources in the districts of Vidzeme region	244
Matisovs I.	Ecological expedition as effective form of environmental research and ecological education	254
Grauda D. Lapiņa L. Stramkale V. Rashal I.	Idra (<i>Camelina sativa</i>) as a crop for diversification of agriculture and as a producer of high quality oil	262
Matisovs I.	Transformation of urban landscape in Latgale region on change of 20 - 21 centuries	266
Atstāja Dz. Brīvers I.	The role of society in the measure of environment protection	277
Ernšteins R. Šulga D. Štelmahere D. Grundšteina S.	Municipal environmental management and sustainable development: integration and systemization practice for further education	285
List of Authors		295

VIDE UN ENERĜĒTIKA

***ENVIRONMENT AND
POWER***

KOKSNES RESURSU EFEKTĪVA IZMANTOŠANA LATVIJAS ENERĢĒTIKĀ

EFFICIENT USE OF WOOD RESOURCES ON THE POWER INDUSTRY OF LATVIA

Antra Kundziņa¹, Uģis Sarma²

¹ Rīgas Tehniskās universitātes Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts
Āzenes 16/20, Rīga, LV-1048, Latvija; +(371)29411618, e-mail: antrak@latnet.lv

² Rīgas Tehniskās universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts
Kronvalda bulvāris 1, Rīga, LV-1010, Latvija

Abstract. *The aim of the paper is to determine the potential of energy-efficiency in the production of the wood resources. The beginning of the paper provides a short review of the existing situation as well as a list of main problems in wood resource usage in the power industry of Latvia. A special attention is paid to large amounts of fuelwood exports. The paper gives information on the potential of fuelwood and its distribution. The result of the research is the calculation of potential wood resource savings resulting from energy-efficiency increase activities in heat sources, heating mains and consumer systems, which are already run using fuelwood. As a result of energy-efficiency activities in the heat energy production process, it is possible to save up to even 4.2 million MWh of wood fuel. At the end, approximate calculations of emission savings in case of the utmost efficient wood usage have been carried out.*

Keywords: *wood, fuelwood, energy balance, efficiency, district heating*

Koksne Latvijas energobilancē

Latvija ir viena no mežainākajām valstīm Eiropā, jo meži aizņem 45% no kopējās teritorijas. Kopējā mežu platība ir 2,95 miljoni ha – vidēji 1,23 ha meža uz katru iedzīvotāju, kas ir 4,5 reizes vairāk nekā vidēji Eiropā [6].

Nozīmīgu vietu kopējā koksnes patēriņa bilancē ieņem kurināmā (enerģētiskā) koksne, kuru pašlaik izmanto enerģētiskā galvenokārt siltumenerģijas ražošanai. Koģenerācijas procesā koksne tiek izmantota atsevišķās nelielas jaudas iekārtās, un tās izmantošanas apjomi ir nelieli (aptuveni 200 tūkst. m³ gadā [3]).

Koksnes īpatsvars 2005.gada Latvijas primāro energoresursu bilancē bija 29,1% no kopējā energoresursu un 46,4% no kurināmā patēriņa [4;5]. Koksne tiek izmantota visa veida (centralizētajā¹, lokālajā² un individuālajā³) siltumapgādē [1].

Vislielākais koksnes izmantošanas īpatsvars ir māsaimniecības, kas izmanto aptuveni tādu pašu apjomu koksnes kurināmā kā centralizētā un lokālā siltumapgāde kopā.

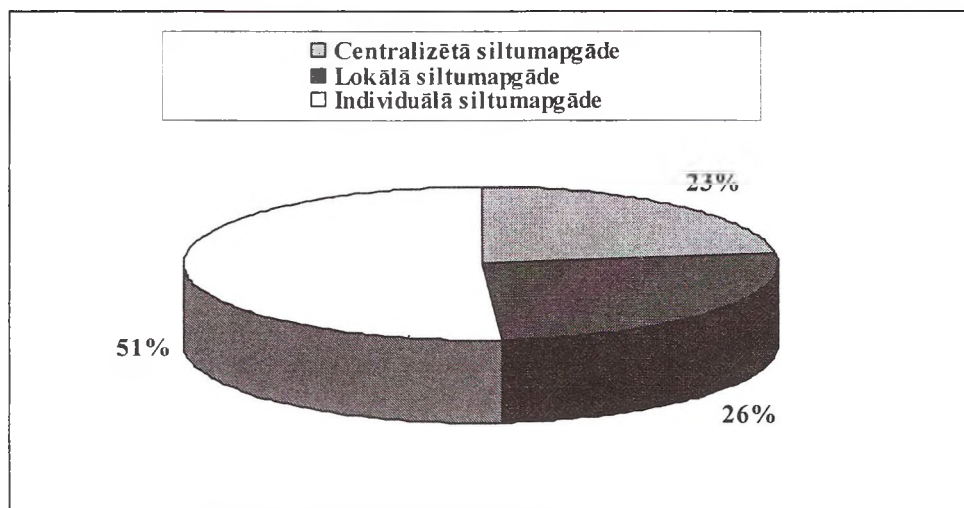
Pašlaik enerģētiskā pamatā tiek izmantoti šādi koksnes veidi [8]:

- malka;
- mežistrādes atlikumi;
- kokapstrādes blakusprodukti – šķelda, skaidas, mizas, gabalatlikumi, koksnes putekļi;
- speciālie produkti – briketes, granulas, kokogles.

¹ **Centralizētā siltumapgāde (pārveidošanas sektors)** – siltumavota/vairāku siltumavotu, maģistrālo un sadales siltumtīklu un patērētāju iekšējo sistēmu tehnoloģiski vienota sistēma, kas nodrošina patērētāju apgādi ar siltumenerģiju noteiktā teritorijā, transportējot siltumenerģiju lielos attālumos.

² **Lokālā siltumapgāde** – siltumavota un patērētāja/patērētāju siltumenerģiju izmantojošo iekšējo sistēmu tehnoloģiski vienota sistēma, kur siltumenerģijas piegādei nav nepieciešami maģistrālie tīkli, t.i., siltumenerģija no siltumavota ar vai bez sadales siltumtīkliem tiek sadalīta un piegādāta patērētājiem.

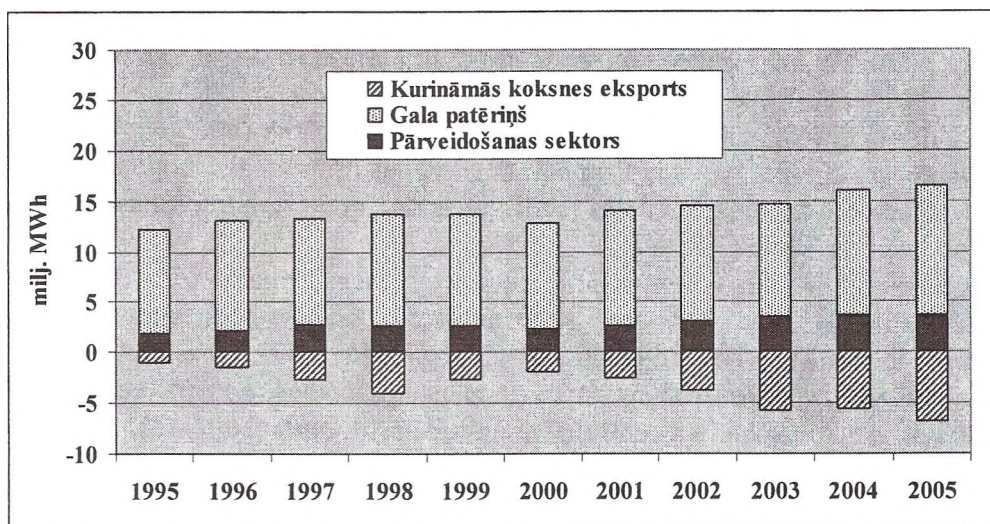
³ **Individuālā siltumapgāde (māsaimniecības)** – atsevišķas māsaimniecības (dzīvokļa, privātmājas) siltumapgāde.



1.attēls. Koksnes izmantošana enerģētikā

Kopš 20.gs.90.gadu vidus kurināmā koksne tiek eksportēta arī uz dažādām Eiropas valstīm, un koksnes eksporta apjomiem ir pieaugoša tendence.

Kurināmās koksnes eksporta apjomi gandrīz divas reizes pārsniedz pārveidošanas sektora (katlu mājas un koģenerācijas stacijas) patēriņu, un tie varētu būt viens no potenciālajiem avotiem nepieciešamajam koksnes izmantošanas apjomam koģenerācijā, kā arī pārejai no fosilajiem kurināmajiem uz atjaunojamajiem. Noteicošais faktors koksnes eksportam vai izmantošanai uz vietas ir un arī nākotnē būs koksnes kurināmā cena.



2.attēls. Enerģētiskās koksnes izmantošana Latvijā

Enerģētiskās koksnes resursu potenciāls Latvijā

Latvijā pēdējo 10 gadu laikā ir veikti vairāki pētījumi par koksnes resursu izmantošanas potenciāla novērtēšanu [2]. Šo pētījumu rezultātu vidējo datu kopsavilkums dots 1.tabulā. Zemākā potenciāla novērtējuma robeža ir mazāka nekā jau tagad enerģētikā gadā patērētais koksnes resursu apjoms (16,5 milj. MWh jeb 8,8 milj. m³ [3]), neieskaitot eksportēto daudzumu – 6,8 milj MWh jeb 3,6 milj. m³ [3] (skat. **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**), savukārt pašreizējais enerģētiskās koksnes izmantošanas apjoms kopā ar eksportu sasniedz kurināmās koksnes potenciāla augšējo robežu.

Kurināmās koksnes potenciāls

<i>Kurināmās koksnes veids</i>	<i>Potenciāls, milj. m³ gadā</i>	<i>Potenciāls, PJ</i>	<i>Potenciāls, milj. MWh</i>
Malka (mazvērtīgie apaļie cirsma sortimenti)	1,8 - 2,4	12 - 16	3,3 - 4,5
Mežizstrādes atlikumi (koka vainaga daļa cirmās, jaunaudžu kopšana)	1,8 - 2,7	12 - 18	3,3 - 5,0
Koksne no krūmājiem	0,3 - 0,75	2 - 5	0,6 - 1,4
Celmi	0,1 - 0,4	0,7 - 3	0,2 - 0,7
Ikgadējais dabiskais atmirums	~ 0,3	~ 1,5	~0,6
Kokapstrādes atlikumi	1,6 - 4,5	14 - 37	3,0 - 8,4
Otrreizējā koksne atkritumu izgāztuvēs	~ 0,3	~ 1,5	~0,6
Kopā	6,2 - 11,35	44,5 - 82,5	11,5 - 21,1

Tas nozīmē, ka koksnes izmantošanas ilgtspējības nodrošināšanai nepieciešams, lai tās ieguve nepārsniegtu koksnes resursu atjaunošanās iespējas. Tāpēc vispirms nopietna uzmanība būtu jāpievērš koksnes pilnīgākai, efektīvākai un racionālākai izmantošanai esošajās sistēmās, kas izpaužas šādās darbībās:

- efektivitātes paaugstināšana siltumenerģijas ražošanas procesā;
- efektivitātes paaugstināšana siltumenerģijas pārvades procesā;
- efektivitātes paaugstināšana pie patērētājiem.

Šajā darbā tiek apskatīts kurināmās koksnes ietaupījuma potenciāls siltumenerģijas ražošanas procesā, jo tas visciešāk saistīts ar koksnes tiešu izmantošanu, kā arī ir salīdzinoši vienkāršāk realizējams nekā, piemēram, efektivitātes paaugstināšana pie patērētājiem. Siltumenerģijas ražošanas efektivitātes paaugstināšanai nepieciešams ieviest modernas, efektīvas, mūdienu prasībām atbilstošas tehnoloģijas, kas ir siltumenerģijas ražotāja (lielākoties gadījumu - uzņēmuma) uzdevums. Siltumapgādes uzņēmumos galvenais šķērslis energoefektivitātes pasākumu realizācijai ir lielās investīcijas, kuras piesaistīt kavē patērētāju (pamatā mājsaimniecību) zemā maksātspēja, kas daudzviet neļauj paaugstināt siltumenerģijas tarifu. Tomēr uzņēmumiem pastāv iespējas saņemt Eiropas Savienības fondu, dažādu vides aizsardzības fondu (Vides investīciju fonds, Latvijas Vides aizsardzības fonds u.c.), kā arī Valsts Investīciju programmas līdzekļus, kas atvieglo šo procesu.

Problēmas energoefektivitātes pasākumu realizācijai pie patērētājiem ir mājsaimniecību sektorā, kur privatizēto dzīvokļu īpašnieku sabiedrības veidojas ļoti lēni, un mājsaimniecību zemās aktivitātes dēļ ir apgrūtināta lēmumu pieņemšana par energoefektivitātes pasākumu īstenošanu tām piederošajās ēkās. Ēku energoefektivitātes pasākumu ieviešanu kavē mājsaimniecību zemā maksātspēja, kas vienlaikus rada papildus apgrūtinājumu arī lēmuma pieņemšanai par šo pasākumu realizāciju ēkā. Problēmas rodas arī tad, ja vienā ēkā atrodas vairāki siltumenerģijas lietotāji (dzīvokļu īpašnieki) – fiziskas un juridiskas personas. Turklāt nav viennozīmīgi definēta robeža starp siltumenerģijas piegādātāju un lietotāju, kā arī starp lietotāju un iekšējo sistēmu apsaimniekotāju [1].

Atsevišķs jautājums kurināmā efektīvas izmantošanas veicināšanā ir koksnes izmantošana koģenerācijas procesā.

Energoefektivitātes potenciāla aprēķins

Energoefektivitātes potenciāla aprēķināšanai izmantoti Latvijas oficiālās statistikas dati (pamatā Latvijas energobilance) un to analīzes rezultāti apskatāmajos sektoros.

Latvijā centralizētās siltumapgādes sistēmās tiek saražotas 8,6 miljoni MWh siltumenerģijas un 1,5 miljoni MWh elektroenerģijas, un šajā procesā tiek patērētas aptuveni 14,9 miljoni MWh kurināmā [3;4]. Vidējā enerģijas ražošanas efektivitāte Latvijā ir 68,2%, kas ir ļoti

zems rādītājs, ņemot vērā to, ka modernās dabas gāzes un naftas produktu katlu mājās kurināmā izmantošanas efektivitāte pārsniedz 92%, cietā kurināmā katlu mājās - 85%, bet koģenerācijas stacijās - 80%. Iegūtie rezultāti norāda uz lielu potenciālu kurināmā energoefektivitātes paaugstināšanas jomā.

Tā kā uz doto brīdi koģenerācijas stacijās pamatā tiek izmantota dabas gāze, tad attiecībā uz koksnes izmantošanu centralizētajā siltumapgādē var tikt apskatītas katlu mājās. Katlu mājās tiek saražotas 4,5 miljoni MWh siltumenerģijas un patērēts 7,25 miljoni MWh kurināmā, no kā var secināt, ka katlu māju vidējā ražošanas efektivitāte ir 62,3%. Jāpiezīmē, ka zemā efektivitāte pārsvarā ir tieši katlu mājās, kurās kā kurināmo izmanto koksni. Tā kā dabas gāzes un naftas produktu katlu mājās siltumenerģijas ražošanas efektivitātes rādītājs ir augstāks par vidējo, tad var secināt, ka koksnes katlu mājās tas ir zemāks par vidējo, un, kā rāda prakse, daudzviet ir 50% un pat zemāks.

Lokālajās un individuālajās siltumapgādes sistēmās kopā tiek patērēti 22,8 miljoni MWh kurināmā, bet saražotais siltumenerģijas apjoms netiek uzskaitīts un apkopots oficiālajos valsts statistikas datu krājumos. Tomēr, kā rāda prakse, var pieņemt, ka siltumenerģijas ražošanas efektivitāte ir līdzīga kā centralizētajās siltumapgādes sistēmās.

2.tabula

Kurināmo patēriņi dažādās siltumapgādes sistēmās

	Centralizētā siltumapgāde, tūkst. MWh	Lokālā siltumapgāde, tūkst. MWh	Individuālā siltumapgāde, tūkst. MWh	Centralizētā siltumapgāde, %	Lokālā siltumapgāde, %	Individuālā siltumapgāde, %
Dabas gāze	10426	5114	1222	69,9%	40,6%	12,0%
Koksne	3609	4156	8096	24,2%	33,0%	79,3%
Naftas prod.	781	3100	673	5,2%	24,6%	6,6%
Ogles	80	51	219	0,5%	0,4%	2,1%
Citi	17	175	0	0,1%	1,4%	0,0%
Kopā	14912	12596	10209			

Centralizētās siltumapgādes sistēmas koksnes īpatsvars ir aptuveni 24,2% koksnes, lokālās siltumapgādes sistēmas - aptuveni 33,0%, bet individuālās siltumapgādes sistēmas - 79,3% no kopējā kurināmā daudzuma.

Ja esošo siltumenerģijas ražošanas efektivitāti paaugstinātu no 62,3% uz 80%, tad veidots koksnes kurināmā ietaupījums aptuveni 4,2 miljoni MWh jeb 2,3 milj. m³ (pārrēķinam izmantots koeficients⁴ 1,861 MWh/m³). Šeit gan jāpiezīmē, ka iespējamais kurināmā ietaupījums ir vēl lielāks, jo, kā jau minēts iepriekš, siltumenerģijas ražošanas lietderība praksē ir zemāka nekā vidējais rādītājs. Tomēr, tā kā oficiālā statistika nesniedz informāciju par siltumenerģijas ražošanas efektivitāti, izmantojot dažādus kurināmā veidus, kā arī nav pieejami dati par saražotajiem siltumenerģijas apjomiem lokālajā un individuālajā siltumapgādē, aprēķiniem tiek izmantots vidējais katlu māju lietderības koeficients. Detalizēti aprēķinu rezultāti doti 3.tabulā.

3.tabula

Koksnes kurināmā potenciālais ietaupījums, tūkst. MWh/(tūkst. m³)

	Saražotā siltumenerģija, tūkst. MWh	Kurināmais (pirms energoefektivitātes pasākumiem)	Kurināmais (pēc energoefektivitātes pasākumiem)	Kurināmā ietaupījums
Centraliz. siltumapgāde	1674	3609 (1939)	2093 (1124)	1516 (815)
Lokālā siltumapgāde	2590	4156 (2233)	3237 (1740)	918 (493)
Individuālā siltumapgāde	5045	8096 (4350)	6307 (3389)	1789 (961)
Kopā		15860 (8522)	11637 (6253)	4223 (2269)

⁴ Saskaņā ar LR Centrālās statistikas pārvaldes pārveidošanas koeficientiem [3]

Emisiju aprēķini

Samazinoties izmantotās koksnes apjomiem siltumenerģijas ražošanā, samazinās arī emisiju apjoms atmosfērā. Koksne ir CO₂ neitrāls kurināmais, tāpēc efektivitātes paaugstināšana konkrētajā gadījumā neietekmē siltumnīcefekta gāzu bilanci Latvijā.

Tomēr koksnes sadedzināšanas procesā veidojas virkne citu emisiju, kā CO, NO_x, cietās daļiņas u.c., kuru apjomi ir atkarīgi no konkrētās tehnoloģijas.

Darba gaitā, izmantojot vidējās pieļaujamās emisiju vērtības [9], kas dotas **Kļūda! Nav atrasts atsauces avots.**, aprēķināti iespējamie aptuvenie emisiju ietaupījumi.

4.tabula

Emisiju ietaupījuma aprēķini

	CO	NO _x	PM
Īpatnējās emisiju vērtības, g/GJ	375-1125	150-244	188-1125
Aprēķinā izmantotās emisiju vērtības, g/GJ	500	200	500
Centralizētā siltumapgāde, t	211	84	211
Lokālā siltumapgāde, t	128	51	128
Individuālā siltumapgāde, t	248	99	248
Kopā, t	587	235	587

Secinājumi

Vidējā enerģijas ražošanas efektivitāte Latvijā ir 68,2% (katlu mājās 62,3%), kas ir ļoti zems rādītājs, ņemot vērā to, ka modernās dabas gāzes un naftas produktu katlu mājās kurināmā izmantošanas efektivitāte pārsniedz 92%, cietā kurināmā katlu mājās - 85%, bet koģenerācijas stacijās - 80%.

Paaugstinot siltumenerģijas ražošanas efektivitāti esošajos siltumavotos no 62,3% līdz 80%, veidojas koksnes kurināmā ietaupījums 4,2 miljoni MWh jeb 2,3 milj. m³. Šis ietaupījums ir aptuveni 25% no pašreizējā kurināmās koksnes patēriņa enerģētiskā un aptuveni 60% no 2005.gadā eksportētās enerģētiskās koksnes apjoma.

Koksnes kurināmā efektīva izmantošana sekmē emisiju apjomu samazināšanos atmosfērā:

- CO samazinājums - aptuveni 587 t/gadā;
- NO_x samazinājums - aptuveni 235 t/gadā;
- cCieto daļiņu samazinājums - aptuveni 587 t/gadā.

Literatūra

1. Enerģētikas attīstības pamatnostādnes 2007.-2016.gadam.
2. Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādnes 2006.-2013.gadam.
3. Latvijas energobilance. LR Centrālā statistikas pārvalde, 2004., 2005.
4. Ilgtermiņa plānošanas instrumentu ieviešana klimata pārmaiņu, emisiju samazināšanas un atjaunojamo resursu attīstības scenāriju novērtēšanā. LZA Fizikālās enerģētikas institūts, 2005.
5. Ziņojums par tautsaimniecības attīstību, Ekonomikas ministrija, 2006
6. Kundzina, A., Vostrikovs, S., Turlajs, D., Sarma, U. Optimal fuel wood modelling in Latvia using MESAP program. 10th International symposium on heat transfer and renewable sources of energy. 2004, Poland Miedzzydroje.
7. Vostrikovs, S., Kundzina, A., Turlajs, D. Fuel wood in energetic balance of Latvia, 2005. III-я международная научно-практическая конференция нетрадиционные и возобновляемые источники энергии как альтернативные первичным источникам энергии в регионе. Львов.
8. Vostrikovs, S., Kundzina, A., Turlajs, D., Sarma, U. Biomass usage potential in power industry of Latvia. Heat transfer and renewable sources of energy. HTRSE-2006, Szczecin 2006, 11th International symposium on heat transfer and renewable sources of energy 2006 – Poland Miedzzydroje.
9. LR Ministru Kabineta noteikumi par gaisa kvalitāti Nr.286 (02.07.2002.).

**PIROLĪTISKĀ EĻĻA – KOKSNES ATKRITUMU ĀTRĀS PIROLĪZES
PRODUKTS ENERGORESURSIEM**
*PYROLYTIC OIL – A PRODUCT OF FAST PYROLYSIS OF WOOD
RESIDUES FOR ENERGY RESOURCES*

Igors Urbanovičs, Gaļina Dobeļe, Vilhelmīne Jurkjaņe

Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas Institūts
Dzērbenes iela 27, Rīga, Latvija, LV 1006
Tālr.: 371 7545142; fakss: 371 7550653; e-pasts: gdobele@edi.lv

Valdis Kampars

Rīgas Tehniskās Universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte
Āzenes iela 14/24, Rīga, Latvija, LV 1048
Tālr.: 371 7089224; fakss: 371 7615765; e-pasts: kampars@ktf.rtu.lv

Ēriks Samulis

AS "Strūžānu kūdras fabrika"
Miera iela 15a, Strūžāni, Rēzeknes rajons, Latvija, LV 4643
Tālr.: 29272595; e-pasts: erikss@latnet.lv

Abstract. *The application of renewable energy resources for energy production becomes increasingly urgent worldwide. Fast pyrolysis is one of the trends of obtaining liquid fuel from solid biomass.*

The aim of the present study was to investigate the yield, chemical composition, physical properties and water amount of hardwood pyrolytic oil (PO) depending on the pyrolysis and pre-treatment conditions in an ablative type reactor.

The results of the analysis of the heat capacity of pyrolytic oil show an increase in this parameter from 12 MJ/kg (without drying) to 15-16 MJ/kg, drying the wood, and then pyrolysing it.

Pyrolytic oil with a decreased amount of pyrolytic water and a high heat capacity was obtained in an ablative type reactor, drying the wood and then pyrolysing it. For the pyrolytic oil obtained in the two-stage fast pyrolysis equipment process, pH increases.

Keywords: *wood, pyrolytic oil, fast pyrolysis, products of pyrolysis.*

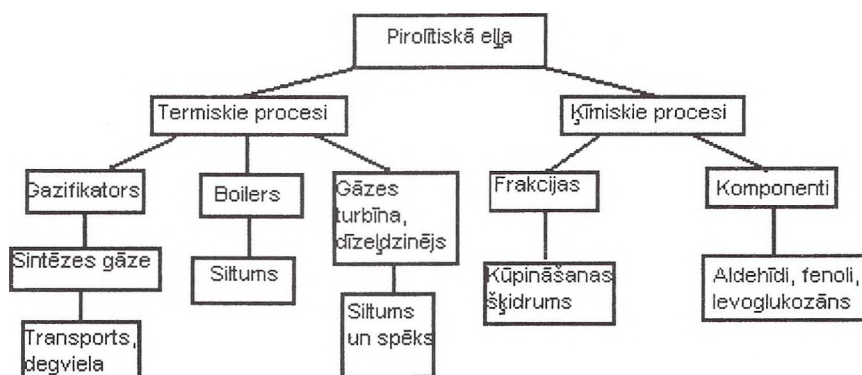
Ievads

Pasaulē kļūst aktuālāka atjaunojamo dabas resursu pielietošana enerģijas ieguvei. Izmantojot dažādas izejvielas enerģijas ieguvei, liela vērība tiek pievērsta arī ekoloģiskajiem aspektiem, it īpaši ES ilgpējīgās attīstības koncepcijas ietvaros, kur šo problēmu reglamentē likumi. Tāpēc videi draudzīga kurināmā, ko iegūst, pirolizējot dažādus koksnes atkritumus – skaidas, mizas, zarus, kā arī citas biomasas formas, piemēram, kūdru, salmus, izmantošana ir ļoti perspektīva.

Viens no virzieniem šķidrā kurināmā iegūšanai no cietās biomasas ir ātrā pirolīze. Ātrās pirolīzes tehnoloģijas attīstība pasaulē sākās pagājušā gadsimta 80.gados, un pašlaik biomasas ātro pirolīzi uzskata par termokīmisko konversiju ar lielu enerģētisko potenciālu [1-3]. Procesu var enerģētiski organizēt kā pašnodrošinātu, jo pirolīzei var izmantot ātrās pirolīzes rezultātā iegūstamos gāzveida un cietos produktus. Ātrā pirolīze dod iespēju pārvērst biomasu un tās pārstrādes atkritumus šķidrumā, ko ir vieglāk transportēt, uzglabāt un izlietot nekā pašu biomasu. Galvenā tās priekšrocība salīdzinājumā ar tradicionālo naftas produktu kurināmo ir tā, ka to iegūst no atjaunojamajiem dabas resursiem.

Šķidrās produkts (pirolītiskā bioeļļa - PE), ko iegūst, koksni ātri pirolizējot, ir sarežģīts fenolu un ogļūdeņražu savienojumu maisījums. Pastāv divi galvenie pirolītisko eļļu pārstrādes virzieni: termiskais un ķīmiskais (1.attēls).

Termiskais virziens ietver sevī PE izmantošanu gazifikācijas procesā un sintēzes – gāzes ieguvei, boileru uzsildīšanai, gāzu turbīnās un dīzeļdzinējos.



1.attēls. Pirolitiskās eļļas pārstrādes virzieni

Liela uzmanība tiek pievērsta arī ķīmiskajam virzienam, kas ietver atsevišķu monomēru vai savienojumu grupu izdalīšanu. Pirolīzes produktos tika konstatēti vairāki simti savienojumu. Visvērtīgākie no tiem ir 1,6-anhidrocukuri, furfurols, levulīnskābe, hidroksiacetaldehīds, polifenolu grupas savienojumi [4]. Šo atsevišķo ķīmisko produktu augstā vērtība, salīdzinot ar kurināmo, varētu radīt izdevību tos izdalīt pat nelielās koncentrācijās [5].

Pirolitiskās eļļas sastāvs ir līdzīgs biomasas sastāvam, tam ir nedaudz lielāka siltumietilpība – 15-20 MJ/kg, salīdzinot ar koksnī. Produktu sastāvs ir atkarīgs no pirolīzes apstākļiem un koksnes tipa. PE salīdzinoši ar citām kurināmām eļļām ir analogisks blīvums un zems pelnu elementu saturs. PE no šķīdriem kurināmiem – rapšu eļļas un smagām naftas eļļām – atšķiras ar augstu ūdens un zemu oglekļa saturu (1.tabula) [6].

1.tabula

Piroeļļas, rapšu eļļas, smagās degvielas eļļas fizikālo un ķīmisko īpašības salīdzinājums

Parametri	Pirolitiskā eļļa	Rapšu eļļa	Smagās degvielas eļļa
Blīvums [g/cm ³] pie 15°C	1,2	0,9	1,0
Viskozitāte [mm ² /s] pie 15°C	11	8	175
Siltumietilpība [MJ/kg]	15	37	40
Ūdens[%]	25	0,1	0,1
Pelni [%]	0,3	0,01	0,1
Elementu analīze			
- C [%]	52	77	86
- H [%]	7	6	10
- O [%]	40	10	0,5
- N [%]	0,1	< 0,1	0,6
- S [%]	0	0	2

Pastāvošās ātrās pirolīzes tehnoloģijas iedalās atkarībā no galvenā reaktora konfigurācijas principiem. Visvairāk izplatīti ir verdošā slāņa reaktori (Itālijā, Grieķijā – GRES; Itālijā, ASV, Kanādā – ENSYN; Somijā – VTT, Spānijā – FENOSA). Pēdējā laikā popularitāti iegūst cirkulējošā verdošā slāņa reaktori. Turklāt augstu novērtējumu izpelnās arī virpuļa vakuumreaktori (Kanādā – PYROVAC), (ASV – NREL), plāksņveida (Anglijā), ablatīvais (Anglijā, Vācijā).

Ablatīvo reaktoru raksturo augsta darbietilpība, mazāki izmēri, gāzes nesēja prombūtne un uzlabota procesa vadāmības iespēja. Šajā procesā siltumatdeve notiek, cietām izejvielām daļiņām tieši kontaktējot ar reaktora siltumdeves virsmu.

Ātrās pirolīzes tehnoloģijas problēmas nav pilnīgi atrisinātas, neskatoties uz to, ka ASV, Kanādā un vadošajās Eiropas valstīs ir iekārtas ar ražību no 1 līdz 2500 kg/stundā un ātrā pirolīze tur ir kļuvusi par izmantotu biomasas termokīmiskās konversijas tehnoloģiju. Paliek vairāki svarīgi jautājumi, uz kuriem jāatbild zinātniekiem un tehnologiem. Galvenie no tiem: augstā cena, ūdens satura samazināšana un eļļas pH palielināšana.

Dotā darba mērķis ir izpētīt lapu koksnes pirolītiskā eļļas iznākumu, ķīmisko sastāvu, fizikālās īpašības un ūdens daudzumu atkarībā no pirolīzes un pirmsapstrādes apstākļiem ablatīva tipa reaktorā.

Materiāli un metodes

Izejmateriāls: jauktas lapu koksnes skaidas (frakcija 0,1 mm, mitrums 8- 9%).

Pirolīze: ātro pirolīzi veica, izmantojot pārtrauktas darbības laboratorijas iekārtu. Iekārta sastāv no divām secīgi savienotām kamerām: 1- kamera izejmateriāla žāvēšanai; 2- ablatīvā tipa darbības reaktors. Katrai kamerai ir sava autonoma uzsildīšanas un gaistošo produktu kondensācijas sistēma. Iekārtas ražīgums – 150 g izejmateriāla vienā ciklā. Pirolīzi veica divos režīmos: 1.- bez koksnes žāvēšanas, pirolīze 550°C; 2.- ar koksnes žāvēšanu pie 200°C un pirolīzi pie 550°C.

Hromatogrāfiskā analīze: gāzu - šķidrums hromatogrāfs Shimadzu GC/MS-QP 2010, kolonna RTX-1701 (60m x 0,25mm x 0,25µm). Bibliotēka MS Nist 147.LI13.

Ūdens daudzumu noteikšana: titrators Karl Fischer – 270, šķīdums – HYDRONAL-Conlomat AG.

Siltumietilpība: saskaņā ar ISO 1928-76, izmantojot Oxygen Bomb Calorimeter-1341.

Elementu analīze: iekārta Vario MACRO CHNS.

Rezultāti un to izvērtējums

Žāvēšanas un ātrās pirolīzes procesu veicam divkameru reaktorā, kas dod iespēju samazināt koksnes mitrumu pirms pirolīzes, tādā veidā samazināt ūdens daudzumu pirolītiskajā eļļā un palielināt tās siltumspēju.

Koksnes žāvēšanas diapazonu ierobežo iespējamā termiskās oksidēšanās reakciju attīstība, kas izraisa kondensācijas reakciju attīstību un saišu nostiprināšanos koksnes kompleksā. Kā piemēru tādām īpašību izmaiņām var minēt koksnes hidrofobizāciju zemo temperatūru termiskajā modifikācijā [7].

Eksperimentos tika noskaidrots, ka, žāvējot koksni 200°C temperatūrā, no tās tiek izvadīts lielākais mitruma daudzums. Kondensāta gaistošo produktu sastāvā identificēta arī etiķskābe, furfurols un hidroksipropanons (2.tabula). Šie savienojumi ir raksturīgi koksnes gaistošajiem produktiem zemo temperatūru apstrādei.

2.tabula

Gaistošo monomēro produktu ķīmiskais sastāvs
(pēc gāzu - šķidrums hromatogrāfijas datiem, relatīvos %)

Savienojumi	Saturs, % Režīms: pirolīze - 500°C	Saturs, % Režīms: žāvēšana - 200°C, 90 min.	Saturs, % Režīms: žāvēšana -200°C, 90 min.; pirolīze - 500°C
H ₂ O	22,0	80,1	14,4
<i>Acid, Ester</i>	20,2	11,6	17,8
Acetic acid ethenyl ester	0,6	-	0,5
Formic acid	1,2	0,2	1,0
Acetic acid	14,2	11,1	11,7
Propanoic acid	0,7	0,3	0,6
Acetic acid, methyl ester	3,1	-	3,5
Acetic acid, 2-methylpropyl ester	0,4	-	0,5
<i>Alcohol, Aldehyde</i>	9,3	0,9	11,9
Formaldehyde	0,6	0,2	0,7

2.tab. turpin.

Methylglyoxal (Acetylformaldehyde)	1,3	-	1,3
Hydroxyacetaldehyde	2,3	0,7	5,1
1-Butanol, 3-methyl	0,5	-	0,5
1,2-Propanediol	0,7	-	0,6
1-Butanol, 2,2-dimethyl	0,4	-	0,4
2-Butanone-4-hydroxy	1,0	-	1,3
2-Buten-1-ol	0,7	-	0,4
n-Pentanal	1,3	-	1,3
2-Pentanol	0,4	-	0,3
<i>Ketone, Lactone</i>	15,0	3,1	16,0
Acetone	1,0	0,6	2,6
2,3-Butandione	0,2	0,2	0,4
1-Hydroxy-2-butanone	0,4	0,1	0,6
2-Propanone, 1,3-dihydroxy	0,5	-	0,4
2-Propanone, 1-hydroxy	6,3	1,9	6,1
2(3H) Furanone,5-ethoxydihydro	1,6	-	1,5
Ethyl glycidyl ether	0,7	0,1	0,4
2-Heptanone, 3-methyl	0,8	-	0,8
1,2-Cyclopentanedione	1,7	0,2	1,5
Cyclopentanone,-3-methyl	1,8	-	1,7
<i>Pyrane</i>	1,5	-	1,5
4-Hydroxy-5,6-dihydro-(2H)-pyran-2-one	1,5	-	1,1
3-Hydroxy-2-methylpyran-4-one	-	-	0,4
<i>Furane</i>	6,6	1,7	7,4
2(3H) Furanone, 5-ethoxydihydro	0,9	-	1,5
Furfural	2,5	1,6	2,7
Furfural alcohol	0,8	0,1	0,7
5-Methyl-2-furaldehyde	0,9	-	0,7
2,(5H)-Furanone	1,1	-	1,3
5-Hydroxymethyl-dihydro-2-(3H)-furanone	0,4	-	0,5
<i>Sugars</i>	1,6	-	3,7
1,4-3,6-Dianhydroglucopyranose	0,3	-	0,4
Nav identificēts	0,4	-	0,4
Levoglukozāns	0,9	-	2,9
<i>Lignīna atvasinājumi</i>	23,5	0,8	24,2
Phenol	0,7	0,3	0,7
<i>Guaiacyl-</i>	6,5	0,3	6,7
o-Guaiacol	1,2	0,2	1,2
Guaiacol, 4-methyl	1,3	0,1	1,3
Guaiacol, 4-ethyl	0,4	-	0,5
Guaiacol, 4-vinyl	0,7	-	0,9
Eugenol	0,3	-	0,4
Cis-isoeugenol	0,4	-	0,3
Trans-isoeugenol	1,7	-	1,7
Acetoguaiacone	0,5	-	0,4
<i>Syringyl-</i>	16,3	0,2	16,8
Syringol	2,7	0,1	2,6
Syringol, 4-methyl	2,6	0,1	2,7
Syringol, 4-ethyl	1,3	-	1,3
Vinylsyringol	1,0	-	1,0
Syringol, 4-allyl	1,4	-	1,5
Syringol, 4-propenyl (cis)	0,6	-	0,6
Syringol, 4-propenyl(trans)	5,3	-	5,6
Syringaldehyde	0,4	-	0,4
Acetosyringone	0,5	-	0,5
Syringylacetone	0,5	-	0,6

2.tabulā attēlots (gāzu - šķidrumu hromatogrāfijas dati) gaistošo produktu sastāvs kondensātam, nežāvētās un žāvētās koksnes pirolīzēm.

Galvenās PE ķīmiskā sastāva izmaiņas, iegūtas bez koksnes žāvēšanas un ar to, tiek raksturotas ar ūdens, etiķskābes un levoglukozāna saturu. Ūdens daudzums PE divu stadiju režīma apstākļos samazinās par 7,6%, kas praktiski atbilst koksnes sākotnējam mitrumam. Etiķskābes daudzums samazinās par 2,5%, bet levoglukozāna daudzums palielinās par 2%, iespējams, pateicoties etiķskābes katalīzei celulozes depolimerizācijas procesā.

Pirolītisko eļļu siltumietilpības analīzes rezultāti (3.tabulā) parāda šī rādītāja palielināšanos no 12 MJ/kg (bez žāvēšanas) līdz 15-16 MJ/kg, žāvējot koksni un pēc tam pirolizējot. Acīmredzot galvenais faktors, kas ietekmē šo rādītāju ir piroģenētiskā ūdens daudzuma samazināšanās no 28% līdz 19-21%. Eļļas iznākums, pirolizējot žāvēto koksni, nedaudz palielinās.

Jāatzīmē arī pirolītiskās eļļas pH palielināšanās divstadiju procesā, ko var izskaidrot ar etiķskābes izdalīšanu procesa pirmajā stadijā.

3.tabula

Lapu koksnes pirolītiskās eļļas īpašības

Eksperimenta apstākļi	Ātrā pirolīze - 550°C	1.stadija (žāvēšana) - 200°C, 90 min.; 2.stadija (ātrā pirolīze) - 550°C	Elementārā analīze (aprēķināts uz a.s. vielu)	
			C, %	
Siltumietilpība, MJ/kg	12	15-16	C, %	57-58
Ūdens daudzums, %	28	19-21	H, %	6,5
pH	2,5	3,0-3,5	O, %	35-36
Pelnu daudzums, %	0,2	0,2-0,25	N, %	0,2
Pirolītiskās eļļas iznākums, %	58	62		

Pirolītisko eļļu elementu analīze abos režīmos parādīja identitāti (3.tabula). Viens no galvenajiem iegūto pirolītisko eļļu rādītājs – C daudzums (57-58%) – ir augstāks salīdzinājumā ar literatūras datiem (52%).

Secinājumi

Pamatojoties uz eksperimentālajiem rezultātiem, var secināt, ka 200°C temperatūrā žāvētā koksne var kalpot kā izejviela pirolītiskās eļļas ieguvei ātrās pirolīzes procesā. Ablatīvā tipa reaktorā, žāvējot koksni un pēc tam pirolizējot, iegūta piroeļļa ar samazinātu piroģenētiskā ūdens daudzumu un augstāku siltumietilpību.

Divstadiju ātrās pirolīzes iekārtas iegūtajai pirolītiskajai eļļai palielinās pH, kas ir svarīgi, ņemot vērā pirolītisko eļļu augsto korozitāti, samazinās piroģenētiskā ūdens daudzums un ir augsts elementārā oglekļa saturs.

Summary

The application of renewable energy resources for energy production becomes increasingly urgent worldwide. In the use of different types of energy raw materials, much attention is given also to ecological aspects, which are acquiring the legislative level in the framework of the European Union. Therefore, the use of environmentally friendly fuel, which is obtained by way of pyrolysis of different types of wood residues such as chips, bark, branches and other forms of biomass, for example, peat and straw is a promising direction.

Fast pyrolysis is one of the trends of obtaining liquid fuel from solid biomass.

The aim of the present study was to investigate the yield, chemical composition, physical properties and water amount of hardwood pyrolytic oil (PO) depending on the pyrolysis and pre-treatment conditions in an ablative type reactor.

Raw material: mixed hardwood chips (fraction 0.1 mm, moisture 8-9%).

Pyrolysis: fast pyrolysis was carried out using batch action laboratory equipment. The equipment consists of two successively joined chambers: 1 – chamber for drying the raw material; 2 – ablative type operation reactor. Each chamber has its own autonomous heating and volatile products' condensation systems. The equipment's capacity is 150 g of the raw material in one cycle. Pyrolysis was carried out in two regimes: 1 – without wood drying, pyrolysis at 500°C; 2 – with wood drying at 200°C and pyrolysis at 500°C.

Chromatography analysis: the chemical analysis of pyrolytic oil was determined with the help of a gas-liquid chromatograph Shimadzu GC/MS – QP 2010, column RTX-1701, 60m x 0.25mm x 0.25µm. Library MS Nist 147.LI13.

The processes of drying and fast pyrolysis of wood were performed in a 2-chamber reactor, enabling to decrease the moisture of wood prior to pyrolysis, thereby decreasing the water amount in the pyrolytic oil and to increase its calorific value.

The temperature range of wood drying is limited by the possibility of the development of thermal-oxidative reactions, which results in the development of condensation reactions and the strengthening of bonds in the wood complex. The changes in the properties of wood can be exemplified by its hydrophobisation at low-temperature thermal modification.

It has been found experimentally that, drying wood at the temperature 200°C, the major amount of moisture is removed from it. In the condensate volatile products' composition, also acetic acid, furfural and hydroxypropanone are identified (Table 2.). These compounds are characterised for volatile products of wood in the region of low-temperature treatment.

Table 2. shows compositions of volatile products for condensates as well as products of pyrolysis of non-dried and dried wood.

The main changes in the chemical composition of PO, obtained without and with wood drying, and characterised by water, acetic acid and levoglucosan contents. The water content in PO two-stage regime conditions decreases by 7.6%, which practically corresponds to the initial moisture of wood. The acetic acid amount decreases by 2.5%, while the levoglucosan amount increases by 2%, obviously owing to the acetic acid catalysis in the cellulose depolymerisation process.

The results of the analysis of the heat capacity of pyrolytic oil (Table 3.) show an increase in this parameter from 12 MJ/kg (without drying) to 15-16 MJ/kg, drying the wood, and then pyrolysing it. Obviously, the main factor that influences this parameter is the decrease in the amount of pyrolytic water from 28% to 19-21%.

An increase in the pH of the pyrolytic oil in the two-stage process should be noted, which can be explained by the release of acetic acid in the first stage of the process. These parameters are important for choosing the material for the pyrolytic oil reactor and storage tanks.

An analysis of the elements of pyrolytic oils in both regimes has shown a full identity in terms of the water-free product (Table 3.). The main indicator of pyrolytic oils, namely, C amount (57-58%) is high in comparison with the data available in the literature (52%). Based on the experimental results, it may be concluded that dried wood may be used as a raw material for obtaining pyrolytic oil in the fast pyrolysis process.

Literatūra

1. Ledes, J., Panagopoulos, J. Li H., Villermaux, J. Fast pyrolysis of wood: direct measurement and study of ablation rate. *Fuel*, 1985. 64, 1514-1520.
2. Radlein, D., Piskorz, J., Scott, D. Fast pyrolysis of natural polysaccharides as a potential industrial process. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 1991. 19, 41-63.

3. Bridgwater, A., Czernik, S., Piskorz, J. The status of biomass fast pyrolysis. In: Fast Pyrolysis of Biomass: A Handbook. Ed. A. Bridgwater, CPL Press, UK, 2002. 2, 1-23.
4. Bridgwater, A. Production of high grade fuel and chemicals from catalytic pyrolysis of biomass. Catalysis Today. 1996. 29, 285-295.
5. Kuznecov, B.N. Šķidro kurināmo iegūšana no koksnes biomasas. Žurnāls Ros. him. obšestva. im. Mendeleeva, 2003. XLVII. 6, 83-91.
6. Faix, O., Meier, D. Applied and analytical pyrolysis of Wood. Where are we? Where are we going? Paper. 17. International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis, 2006, May 21-26, Hungary.
7. Chirkova, J., Dobele, G., Urbanovich, I., Andersone, I., Andersons, B. Structural and chemical changes in wood and lignins at low temperature treatment. 9. European workshop on lignocellulosics and pulp, 2006 Vienna, Austria, 196-199.

ESTIMATION OF HOMOGENEITY STAGE OF BIOMASS MIXTURES

BIOMASAS MAISIĀJUMU VIENDABĪGUMA PAKĀPES NOVĒRTĒŠANA

Aivars Kakitis, Imants Nulle

Institute of Mechanics, Faculty of Engineering,
Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia

e-mail: Aivars.Kakitis@llu.lv

Abstract. Components of mixtures have to be in required proportion and homogeneous mixed to provide good quality (density, durability, and burning properties) of briquettes or pellets. For estimation of proportion of components and homogeneity several methods can be used: density of briquettes; durability of briquettes; proportion of the components in a determined volume; visual estimation. Visual estimation is a picture analyzing when quality tests through processing of digital pictures are performed. Standard deviation of the visual estimation of area occupied by mixture component particles does not exceed 5%. Standard deviation of the distance between straw particles has good correlation with increased peat proportion. Coefficient of determination is 0.98.

Keywords: Biomass mixtures, homogeneity, visual estimation.

Introduction

As the fossil fuel resources are decreasing, in future we will have to rely on renewable energy sources. The main resources for solid biofuel in rural area of Latvia are residues of cereal crops, peat and emergent vegetation in lakes as common reeds (*Phragmites australis*). Straw more than 340 000 t annually can be used for heat production. Besides that more than 230 million tons of peat is available for biofuel production. To provide quality of biomass briquettes and pellets according Standards mixture of different biomass (straw and peat, reed and peat) can be used.

Components of composition have to be in required proportion and homogeneous mixed to provide good quality (density, durability, and burning properties) of briquettes or pellets. Components of granular mixtures vary in terms of grain dimensions, density, shape, humidity etc. Those factors have an important influence on the segregation phenomenon concurrent with mixing process. Homogeneity of mixture is the keystone in selection process of the mixer type for biomass materials. To define proportion of components in granular mixtures and homogeneity several methods can be used:

- ✓ Density measuring of briquettes or mixture – can be used if components of mixture are various in densities and changes in proportion of components let detect changes of density in determined volume of biomass;
- ✓ Durability measuring of briquettes – if changes of component substantially influences durability (shear test, other strength parameters) of briquettes then it could be a qualitative indicator of quality (proportion and homogeneity) of mixture;
- ✓ Proportion measuring of the components in a determined volume – if the components particles is easy to separate from each other then the mass of component is precise indicator of mixture quality;
- ✓ Visual estimation – computer based picture analyzing methods. Visual estimation is a picture analyzing when quality tests through processing of digital pictures are performed. It could be realized in different ways, for example, the area occupied by particles can be determined or distance between particles can be analyzed.








The visual estimation (image processing) of biomass compositions could be good solution for quality assessment of different color and tonality components mixture. Important condition for high precision of estimation is the system calibration. The methods of calibration and

results of image processing of different biomass mixtures using Matlab software is described in the article.

Materials and methods







Evaluation of visual estimation system was done by imitative picture made in graphical software. The basic test area contains 49 squares: 25 black and 24 white (Tab. 1). In the every next sample was added one black square. Precision of visual estimation method for measuring area ratio between white squares and total area was defined by manually calculated area ratio.

Table 1.

Estimation of system		1	2	3	4	5	6	7
Number of sample								
Type of sample								

To evaluate precision of visual estimation of peat and straw mixtures for briquetting the specific mixtures were tested. Six different mixtures were made from chopped straw and peat: 100% straw; 80% straw 20% peat; 60% straw 40% peat; 40% straw 60% peat; 20% straw 80% peat; and 100% peat (Table 2.). Particle size of components was 1 – 2 mm. Moisture of components 12%. Mixing of components was done by hands till consummation of homogeneous mixture.

Table 2.

Samples of peat and straw mixtures		1	2	3	4	5	6
Number of sample							
Image of sample							
Peat proportion, %		0	20	40	60	80	100

Mixtures were scanned by regular picture scanner and as the result one size (75 × 70 mm) and one resolution (200 dpi) pictures were obtained. To increase contrast of mixture components in the pictures, they were changed in one way using software *Corel-PhotoPaint* and after that saved in file type *.png. Picture analyzing was done by software *Matlab-Simulink*. *Matlab* functions used for image analyzing process is showed and explained in the Table 3.

In this case background is area set by darker particles i.e. peat particles, but light particles what characterize mixture and are further analyzed are straw particles. Pictures were converted to binary image where each pixel assumes one of only two discrete values: 1 or 0. Forward variable name BW is used to refer the binary images.

$D1=bwdist(bw,'euclidean')$ computes the Euclidean distance transform of the binary image BW. For each pixel in BW, the distance transform assigns a number that is the distance between that pixel and the nearest nonzero pixel of BW. *bwdist* uses the Euclidean distance metric by default. BW can have any dimension. D is the same size as BW.

The function *bwdist* supports several distance metrics, listed in the following Table 4.

Standard deviation of distance transform for columns of pixels in the picture is calculated by *Matlab*. To get overall view about the picture (mixture) average of the standard deviations was calculated.

Table 3.

Explanation of used Matlab functions [2]

<code>I = imread('salmi_100.png')</code>	Read and display the image with name "salmi_100" and file type *.png
<code>background = imopen(I, strel('disk', 200))</code>	Estimation the value of background pixels.
<code>I2 = imsubtract(I,background)</code>	Subtract the background image from original image.
<code>I3 = imadjust(I2)</code>	To adjust the contrast of the image.
<code>level = graythresh(I3)</code>	This function automatically computes an appropriate threshold to use to convert the grayscale image to binary.
<code>bw = im2bw(I3,level)</code>	Function performs the conversion.
<code>figure, imshow(bw)</code>	This function displays the black and white image.
<code>[labeled,numObjects] = bwlabel(bw,4)</code>	This function determines the number of objects.
<code>graindata = regionprops(labeled,'basic')</code>	This function measures objects or region properties in an image and returns them in a structure array.
<code>D1=bwdist(bw,'euclidean')</code>	Computes the distance transform.
<code>y = std(D1)</code>	Standard deviation of distance transforms in one column of the pixels.
<code>mean(y)</code>	Mean of the standard deviations.
<code>whos</code>	Gives information about variables in the workspace.
<code>G=sum([graindata.Area])</code>	Gives value of area occupied by one component particles.

Second parameter obtained from the pictures was ratio of nonzero pixel occupied area and background (whole picture) area. If this method satisfies the requirements then ratio of area have to match with percentage of component.

Standard deviation of area ratio can be calculated:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - p)^2} \quad (1)$$

where: x_i – obtained ratio of area;

p – theoretically obtainable ratio of area;

n – the number of examples.

Standard deviation served to determine the degree of mixing based on Rose's formula [1]:

$$M = 1 - \frac{S}{S_0} \quad (2)$$

where:

$$S_0 = \sqrt{p(1-p)} \quad (3)$$

Table 4.

Distance Metric [2]

Distance Metric	Description	Illustration																										
		Description	Distance transform																									
Euclidean	The Euclidean distance is the straight-line distance between two pixels.	In 2-D, the chessboard distance between (x_1, y_1) and (x_2, y_2) is $\max(x_1 - x_2 , y_1 - y_2)$	<table border="1"> <tr><td>1.41</td><td>1.0</td><td>1.41</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>0.0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>1.41</td><td>1.0</td><td>1.41</td></tr> </table>	1.41	1.0	1.41	1.0	0.0	1.0	1.41	1.0	1.41																
1.41	1.0	1.41																										
1.0	0.0	1.0																										
1.41	1.0	1.41																										
City Block	The city block distance metric measures the path between the pixels based on a 4-connected neighborhood. Pixels whose edges touch are 1 unit apart; pixels diagonally touching are 2 units apart.	In 2-D, the cityblock distance between (x_1, y_1) and (x_2, y_2) is $ x_1 - x_2 + y_1 - y_2 $	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td></tr> </table>	2	1	2	1	0	1	2	1	2																
2	1	2																										
1	0	1																										
2	1	2																										
Chessboard	The chessboard distance metric measures the path between the pixels based on an 8-connected neighborhood. Pixels whose edges or corners touch a 1 unit apart.	In 2-D, the Euclidean distance between (x_1, y_1) and (x_2, y_2) is $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ This is the default method.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	1	0	1	1	1	1																
1	1	1																										
1	0	1																										
1	1	1																										
Quasi-Euclidean	The Quasi-Euclidean metric measures the total Euclidean distance along a set of horizontal, vertical, and diagonal line segments.	In 2-D, the quasi-Euclidean distance between (x_1, y_1) and (x_2, y_2) is $ x_1 - x_2 + (\sqrt{2} - 1) y_1 - y_2 $ if $ x_1 - x_2 > y_1 - y_2 $ $(\sqrt{2} - 1) x_1 - x_2 + y_1 - y_2 $ if $ x_1 - x_2 < y_1 - y_2 $	<table border="1"> <tr><td>2.8</td><td>2.2</td><td>2.0</td><td>2.2</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>2.2</td><td>1.4</td><td>1.0</td><td>1.4</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>1.0</td><td>0</td><td>1.0</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>2.2</td><td>1.4</td><td>1.0</td><td>1.4</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>2.8</td><td>2.2</td><td>2.0</td><td>2.2</td><td>2.8</td></tr> </table>	2.8	2.2	2.0	2.2	2.8	2.2	1.4	1.0	1.4	2.2	2.0	1.0	0	1.0	2.0	2.2	1.4	1.0	1.4	2.2	2.8	2.2	2.0	2.2	2.8
2.8	2.2	2.0	2.2	2.8																								
2.2	1.4	1.0	1.4	2.2																								
2.0	1.0	0	1.0	2.0																								
2.2	1.4	1.0	1.4	2.2																								
2.8	2.2	2.0	2.2	2.8																								

Results and discussion

To test the precision of visual estimation system area ratio between white pixels and total area of imitative image was calculated manually and compared with the area ratio obtained by image analyzing. Fig. 1 shows difference between images analyzes and manually calculated data of area ratio for pictures from Table 1. Maximal relative error of those data is less than 1% and could be prevent with more particular measuring of image.

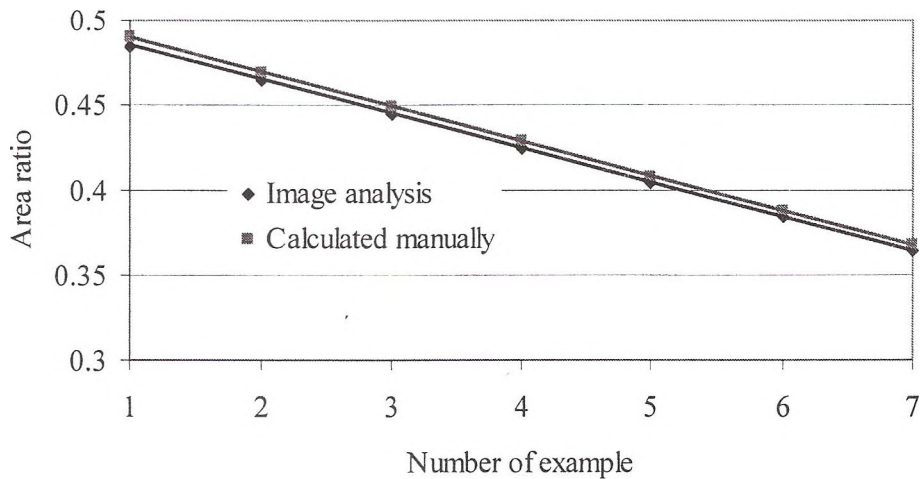


Fig.1. Estimation of system

Growing of standard deviation of distance consistently grows with dispersion of distances between nonzero pixels or white particles. Changes of area ratio of 25% change the standard deviation about 50%.

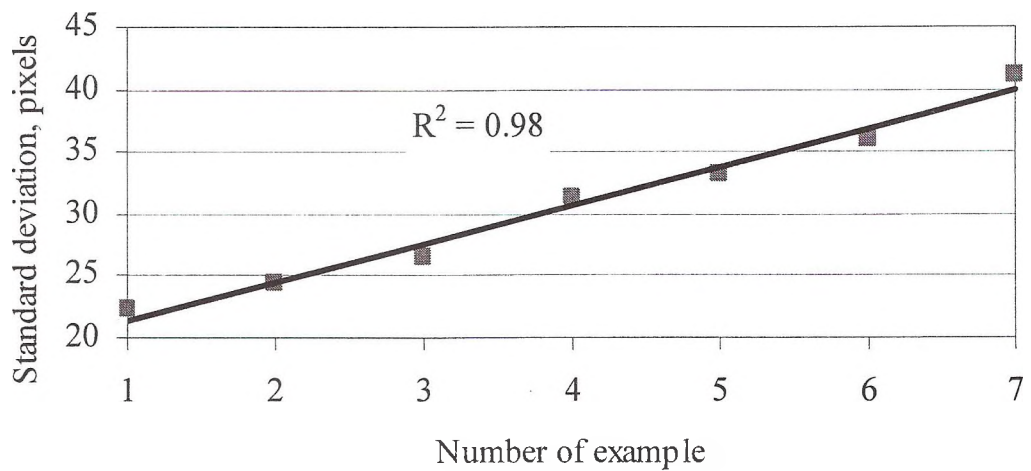


Fig.2. Standard deviation of distances between particles

Results of peat and straw mixtures analyze are showed in Fig. 3. In general, the results are close for image analyze and theoretically obtainable data. Deviation from theoretical line increases when straw proportion comes close to 100% and peat proportion comes close to 100%. It depends on specific character of color transform of images: conversion of straw picture to black and white image did not give 100% white color similarly with peat there were approximately 7% difference of average values (theoretically and image analyze).

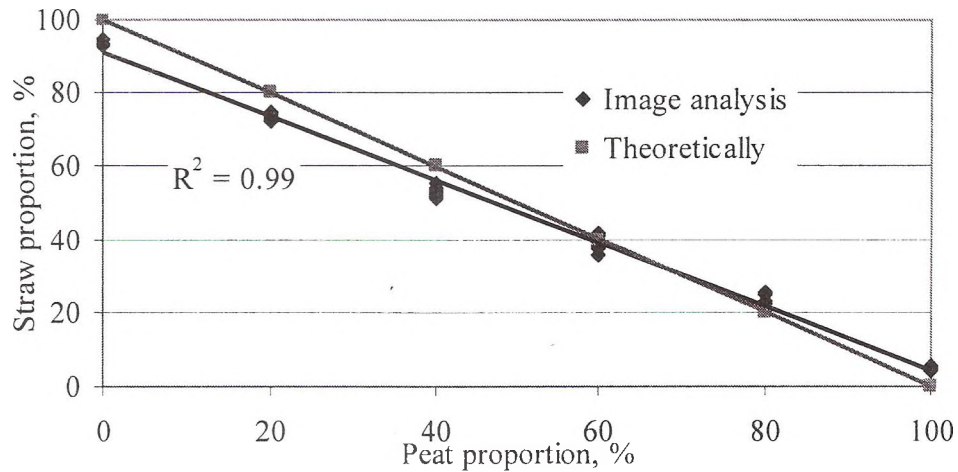


Fig.3. Comparison data of Image analyze and theoretical data

Error of color transform can be substantially decreased by calibration of system and precise selection of white and black levels on image transformation (Fig. 4). Standard deviation of the data does not exceed 5%. This is acceptable indicator for biomass material where homogeneity of mixture depends on so many parameters: particle size, dispersion of particle size, particle size ratio of components, density of particles, moisture of components, and other bulk properties. High influence of data accuracy gives particle orientation, if they are thin and long, then area of particle lateral area is much larger than area of the ends.

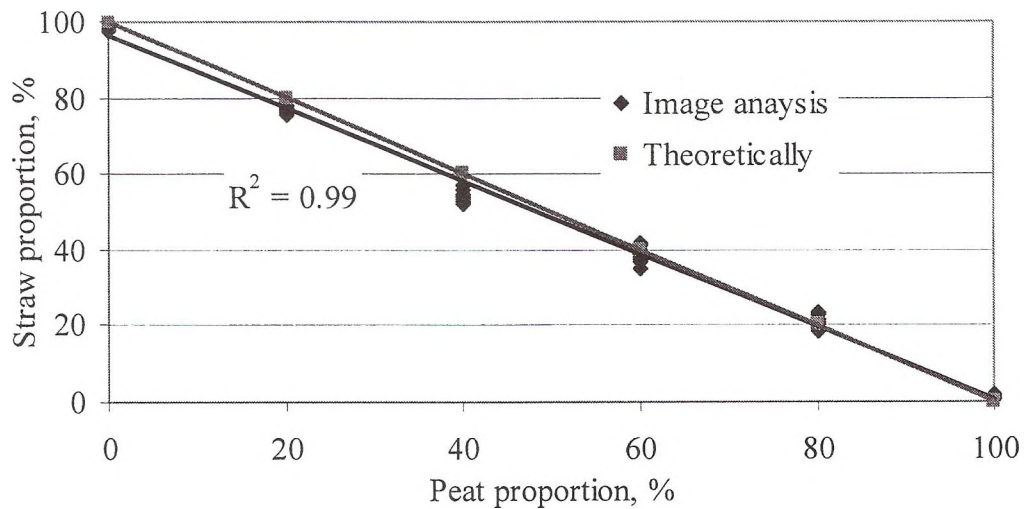


Fig.4. Comparison adjusted data of Image analyze and theoretical data

Standard deviation of the distance between straw particles has good correlation with increased peat proportion (Fig. 5). Coefficient of determination is 0.98. Considering that for those experiments homogeneous mixtures were used (Figure 5) for mixture quality described before assessment can be applied. For example if peat proportion is 20% than standard deviation of Euclidean distance transform have to be approximately 0.5 for homogenous mixture.

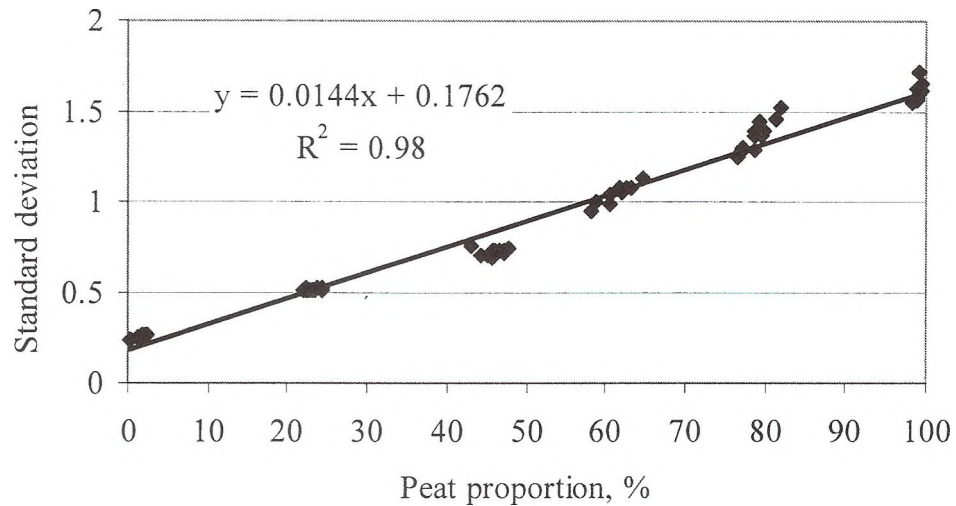


Fig. 5. Standard deviation (pixels) of the distance between straw particles in dependence on peat proportion

To estimate influence of picture resolution on standard deviation of distance between straw particles and mixture proportion in software Corel Photo Paint the resolution of the picture was changed from 200 to 20 dpi. For fixed straw proportion of the mixture (straw 60% and peat 40%) standard deviation changes from 0.53 to 0.73 on dependence of image resolution (Fig. 6). It shows that resolution of picture is important parameter in visual estimation process.

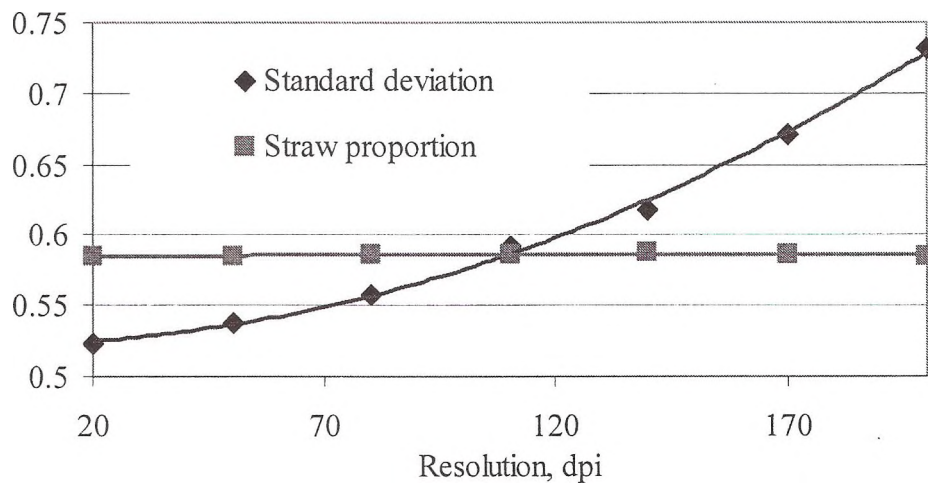


Fig.6. Changes of standard deviation and mixture proportion in dependence on picture resolution

Conclusions

1. Homogeneity of mixture depends on many parameters: particle size, dispersion of particle size, particle size ratio of components, density of particles, moisture of components, and other bulk properties.
2. Visual estimation of area ratio of mixture components is recommended to define the proportion of mixture components. Standard deviation of the visual estimation of area occupied by mixture component particles does not exceed 5%.

3. Standard deviation of the distance between straw particles has good correlation with increased peat proportion. Coefficient of determination is 0.98. Standard deviation of the distance between straw particles is recommended to define homogeneity of mixture.
4. Standard deviation changes from 0.53 to 0.73 if resolution of picture changes from 200 to 20 dpi. Resolution of picture is important parameter in visual estimation process.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the funding from European Union (ESF Postgraduate Study grand PD15) and Latvia Board of Science (grand 05.1598).

References

1. Rose H. E., 1959. A suggested equation relating to the mixing of powders and its application to the study of the performance of certain types of machine. *Trans. I Chem. Eng.* 37, 47-64.
2. The MathWorks. Accelerating the pace of engineering and science. Available at: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/> 16.01.2007.

HERBACEOUS BIOMASS SHREDDING FOR BIOFUEL COMPOSITIONS

AUGU BIOMASAS SMALCINĀŠANA KURINĀMĀ MAISIĀJUMIEM

Eriks Kronbergs, Mareks Smits

Institute of Mechanics, Faculty of Engineering, Latvia University of Agriculture,
J. Čakstes bulv. 5, LV-3001, Jelgava, Latvia

E-mail: Eriks.Kronbergs@llu.lv , Mareks.Smits@llu.lv

Abstract. *The 2003 reform of the EU Common agricultural policy stimulates farmers to grow more energy crops, including short rotation coppice and other perennial crops. Peat can be used as additive for manufacturing of solid biofuel, because it improves density, durability of stalk material briquettes (pellets) and avoid corrosion of boilers. For these reason herbaceous biomass compositions with peat for solid biofuel production is recommended. The main conditioning operation before biomass compacting is shredding. It was stated that common reed stalk material particle size reduction during cutting (shredding) process increased energy consumption very significantly. The calculation of energy consumption for common reed cutting to sizes 0.6 and 0.5 mm was giving results 31.3 kJ kg⁻¹ and 43.5 kJ kg⁻¹. The shredder cutter bar has to be designed with friction energy losses decreased to minimum. This aim can to be realized by reducing of area of cutter bar knives moving into stalk biomass and minimizing biomass pressure (Patent LV13447) on cutter bar.*

Keywords: *biofuel compositions, herbaceous biomass shredding.*

Introduction

The 2003 reform of the EU Common agricultural policy stimulates farmers to grow more energy crops, including short rotation coppice and other perennial crops. There are others resources of bioenergy as agricultural residues and peat. Peat can be used as additive for manufacturing of solid biofuel, because it improves density, durability of stalk material briquettes (pellets) and avoid corrosion of boilers. The burning performance of stalk material biomass fuel if we use peat additive is improved also. If only wood chips or herbaceous biomass are burned, the sulphur content is low and chlorides are formed. The chlorides then tend to condense on heat transfer surfaces of the steam boiler, slowing down the heat transfer and causing the risk of high temperature corrosion. If the sulphur content of the fuel is increased, e.g. by blending peat with chips or herbaceous biomass, sulphates are formed instead of chlorides and high temperature corrosion is avoided. For these reason herbaceous biomass compositions with peat for solid biofuel production is recommended.

Naturally herbaceous biomass is a material of low density (20-60 kg m⁻³) and not favorable for transportation on long distances. Straw baling can increase bulk density to 100-200 kg m⁻³. This practice is usable for energy crop as reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) compacting, which would be source for solid biofuel in future. For small scale biofuel production, as pellets and briquettes, usage of small square bales with size 0.36x0.5x0.8 m is preferable. The acceptance of the small rectangular baler for straw has come about because people like the size, shape and density of the bales. Bales are small enough to be stacked by hand and dense enough for efficient long distance hauling and inside storage.

The main conditioning operation before biomass compacting is shredding. There is necessity to improve mechanization equipment for biomass shredding for solid biofuel production. The shredder cutter bar has to be designed with friction energy losses decreased to minimum. This aim can to be realized by reducing of area of cutter bar knives moving into stalk biomass and minimizing biomass pressure on cutter bar. There is also possibility to cut down energy consumption for stalk material shredding by increasing the size of particles for compacting. Previously for production of straw briquettes it was necessary to reduce size of straw particles

less than 3 mm. Peat usages as additive improves densification properties of such biomass composition and let to increase the size of stalk material particles.

Materials and methods

Technology of small square baling causes some orientation of straw stalks. There are stalk crosscuts on bale sides (Fig. 1a) and slightly flattened stalks without strong orientation have been seen on top of bale (Fig. 1b).



a) b)
Fig.1. Orientation of stalks in a straw bale

This stalk orientation in bale has to be taken into account designing a shredder cutter bar. Former experimentally were stated values for wheat stalks [1] ultimate tensile ($118.7 \pm 8.63 \text{ N mm}^{-2}$) and shear ($8.47 \pm 0.56 \text{ N mm}^{-2}$) strength, modulus of elasticity ($13.1 \pm 1.34 \text{ GPa}$) and shear modulus ($0.643 \pm 0.043 \text{ GPa}$) in order to find methods for mechanical conversion with minimal energy consumption. Reed canary grass stalks (stems) are more useful with delayed harvesting for fuel production [2] than leaf blades. According this mainly stalk material cutting properties have to be investigated.

Experimental investigation of common reed stalk conditioning properties as flattening and cutting can characterize maximum of energy consumption in these operations for all group of mentioned stalk materials because reeds have higher tensile strength ($\sim 200 \text{ N mm}^{-2}$) and accordingly another strength parameters.

Specific cutting energy per mass unit E_{sc} for stalk material can be calculated using equation:

$$E_{sc} = \frac{E_{scq}}{\rho}, \quad (1)$$

where: E_{sc} - specific cutting energy per mass unit, J m kg^{-1} ;

ρ - reed stalk material density, kg m^{-3} .

Specific cutting energy per area unit E_{scq} for reed stalk biomass varies in $8\text{-}16 \text{ kJ m}^{-2}$, depending of stalk strength.

Reed stalk material density varies from $500\text{-}700 \text{ kg m}^{-3}$. According equation (1) for average density 600 kg m^{-3} calculated specific cutting energy per mass unit $E_{sc}=13.3\text{-}27 \text{ J m kg}^{-1}$. The value of $E_{sc}=38 \text{ J m kg}^{-1}$ can be found for alfalfa stalk material [3] cutting energy requirement calculations. These specific cutting energy values are the same order and can be used for calculations in cutting equipment design process. The cutting (chopping) energy E_c for stalk biomass unit (kg) is calculated [4] using equation:

$$E_c = \frac{E_{sc}}{L_c}, \quad (2)$$

where: E_{sc} - specific cutting energy per unit mass ($J m kg^{-1}$);
 L_c - length of stalk cut (m).
 E_c - cutting energy per unit mass ($J kg^{-1}$);

Innovative shredder (patent LV13447) with aim to reduce friction energy losses during shredding operation has been designed. This aim is realized by reducing of area of cutter bar knives moving into stalk biomass and minimizing biomass pressure on cutter bar.

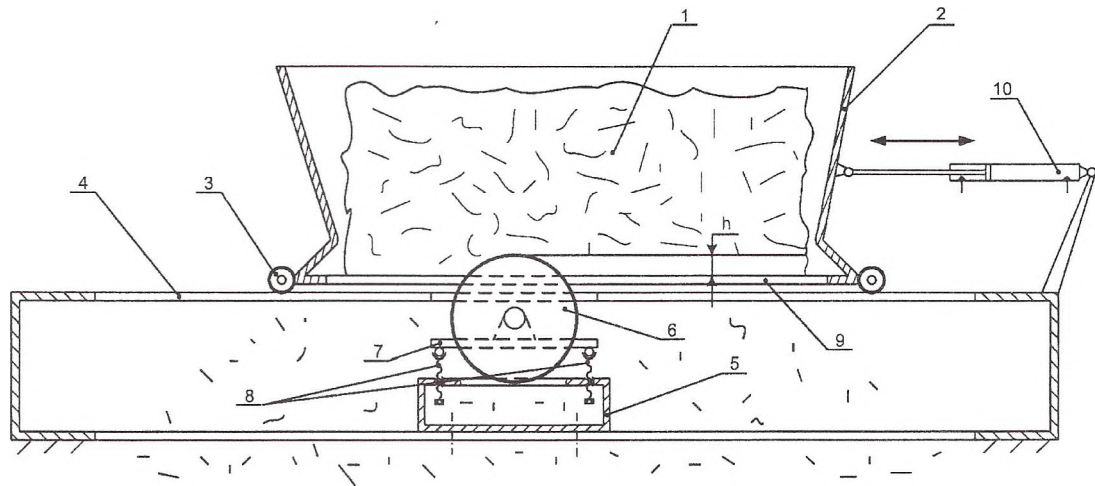


Fig.2. Patented shredder design

Biomass bale 1 is placed into hopper 2, which has reciprocating movement during shredding operation by means of rolls 3, connected with frame 4. Cutter frame 5 and cutter bar 6 have height adjustment possibility for bearing base 7 by means of regulate bolts 8. Cutter bar 6 blades is positioned into hopper slots 9. The cutting height h is adjusted with regulate bolts 8. The shredding reciprocating movement for hopper 2 is provided by means of hydraulic drive cylinder 10. Experimental shredder with described patented design is shown in Fig. 3.

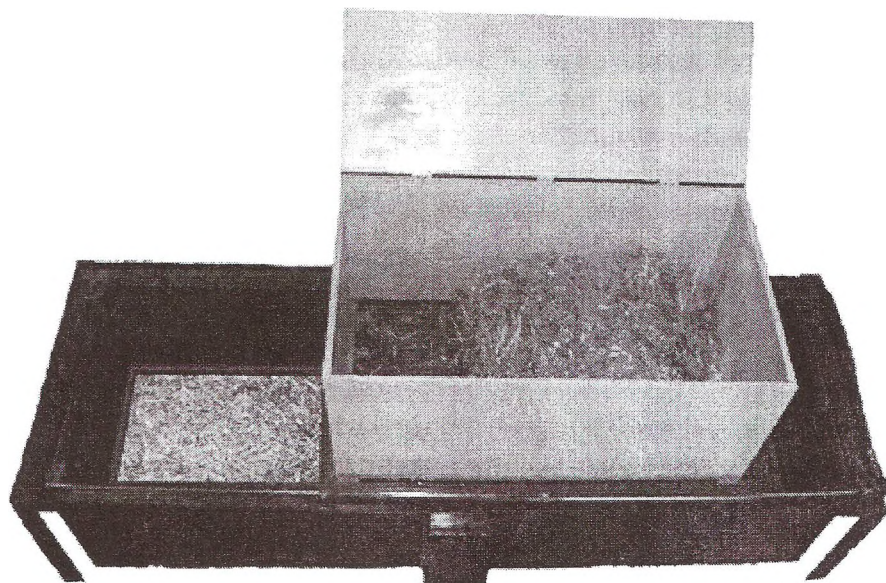


Fig.3. Experimental shredder

During laboratory experiments shredder output was determined as function of hopper speed in reciprocating movement. For this purpose hopper displacement was measured using displacement transducer and Picolog program. The shredded biomass was weighed on electronic scales with accuracy 1g.

Results and discussion

Energy consumption for common reed cutting (average specific cutting energy per mass unit $E_{sc}=20 \text{ J m kg}^{-1}$) according formula (2) illustrates Fig. 4.

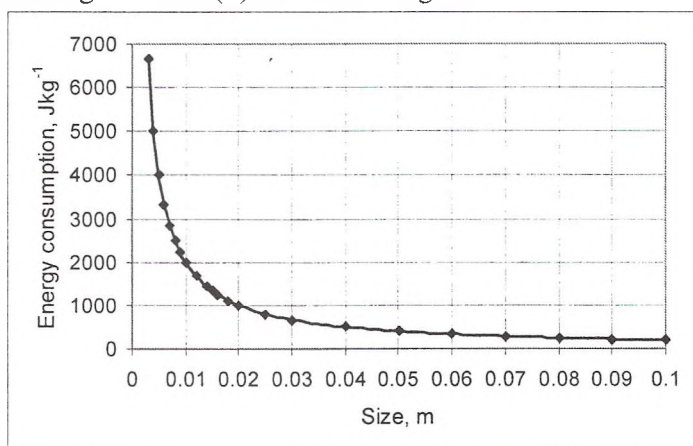


Fig.4. Energy consumption for common reed cutting

Reed stalk material particle size reduction during cutting (shredding) process increases energy consumption very significantly. Wheat straw and switchgrass grinding performance investigation [5] shows the same order values of energy consumption per mass unit. The grinds from hammer mill with screen size of 3.2 mm had a large size distribution with a geometric mean particle diameter 0.64 mm for wheat straw and 0.46 mm for switchgrass grinds. Corresponding energy consumption for grinding is $11.36 \text{ kW h t}^{-1}$ (40.9 kJ kg^{-1}) for wheat straw and $23.84 \text{ kW h t}^{-1}$ (85.8 kJ kg^{-1}) for switchgrass. The calculation of energy consumption for common reed cutting to sizes 0.64 and 0.46 mm is giving results 31.25 kJ kg^{-1} and 43.48 kJ kg^{-1} . Taking into account that common reeds have higher values of ultimate tensile and shear strength, this theoretical calculation, without energy losses from friction during shredding process, is giving feasible results. The shredder cutter bar has to be designed with friction energy losses decreased to minimum. This aim can to be realised by reducing of area of cutter bar knives moving into stalk biomass and minimizing biomass pressure on cutter bar. With these conditions taken into account common reed specific cutting energy per mass unit $E_{sc}=13.3 - 27 \text{ J m kg}^{-1}$.

Determined output of experimental shredder as function of hopper average speed in reciprocating movement illustrates Fig. 5.

Shredder output is linear function of hopper speed. Speed more than 0.20 m s^{-1} for hopper is not recommended because then significant dynamic forces result from reciprocating movement.

There is possibility to increase shredder output with increasing of cutting height for blades. In this situation the friction of blades is growing up and more energy is wasted. Optimum of cutting height adjustment has to be determined during shredding in dependence of biomass properties.

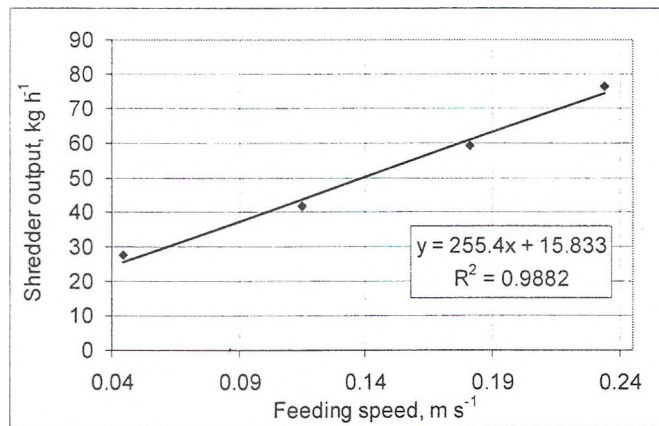


Fig. 5. Shredder output

Conclusions

1. The orientation of biomass stalks in bale has to be taken into account designing a shredder cutter bar and hopper size.
2. Reed stalk material particle size reduction during cutting (shredding) process increases energy consumption very significantly then size is less 0.01m.
3. The common reed specific cutting energy per mass unit is $E_{sc}=13.3-27 \text{ J m kg}^{-1}$.
4. Shredder output is linear function of hopper speed.
5. Speed more than 0.20 m s^{-1} for hopper is not recommended because then significant dynamic forces result from reciprocating movement.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the funding from Latvia Board of Science this work under grant 05. 1598

References

1. Kronbergs E. Mechanical strength testing of stalk materials and compacting energy evaluation. *Industrial Crops and Products*, Elsevier Science B. V., 11 (2000) 211-216
2. Pahkala K., Pihala M. Different plant parts as raw material for fuel and pulp production , *Elsevier Science B. V.*, 11 (2000) 119-128
3. Persson, S., 1987. *Mechanics of cutting plant material*. An ASAE Monograph Number 7.
4. Srivastava A.K., Goering C.E., Rohrbach R.P. *Engineering principles of agricultural machines*. ASAE Textbook Number 6. Pamela De Vore-Hansen, Editor, Books&Journals. 1993. p. 601
5. Mani S, Tabil LG, Sokhansanj S. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. *Biomass and Bioenergy* 2004; 27; 339-52

LIVING NATURE AS A SOURCE OF IDEAS FOR NEW PRODUCT SOLUTIONS

DZĪVĀ DABA KĀ IDEJU AVOTS JAUNAS PRODUKCIJAS IZVEIDEI

Bernd Hill

University of Münster (Vestfälische Wilhelms-Universität),

Department of Physics Institute of Technics and Didactics

Wilhelm-Klemm-Str. 10, 49149 Münster

Ph.: +49 251 83-24393; fax: +49 251 83-25337; mail: hillb@uni-muenster.de

Abstract. *The future of enterprises depends among other things also on its rate of innovation. Particularly for the development of product ideas the innovation potential of living nature is used hardly or insufficiently during the construction process. Development teams orient themselves still too little at the evolution regularities and structure principles of biological systems. Orienting at the regularities of the evolution of biological systems as well as at the efficient principles of operation, structure and organization of living nature could supply various suggestions for new product ideas. For this reason the author of this contribution conceived a construction bionics, which helps the development engineer to use living nature systematically and purposefully as source of inspiration.*

Introduction

Among the about 40.000 announced inventions in Germany is also an increasingly rising number, which are to due to structures of biological systems. This “copying” of nature is not new, because from ever ago it already accompanied humans in their history of development.

The science bionics helps to get a way to important innovations, as for example the Velcro, the bulging nose of a ship, self-cleaning surfaces, riblet-foils for airplanes for fuel saving and many other things. But also with numerous, less spectacular inventions the animated nature served as a starting point for generating solution ideas.

Over three billion years of evolutionary nature processes brings out a streaming fullness of biological structures of almost difficult-to-understand diversity, which offer themselves as suggestions for organization for new products. The evolution as an universal self organization process, which brings out constantly new species, is an “inexhaustible source of innovation” and at the same time model for energy and material-saving technology.

Inventions of nature, used for the technology of humans, were already often starting point for the successful solution of technical problems. In addition, the human inventor spirit in many cases brought out technical solutions, which, as proved, already existed in nature for millions of years. Developing costs could be substantially reduced, if the technical designer would use living nature systematically as a source of idea (HILL 1998). Development teams (engineers, technical designers, designers...) orient themselves still too little at the evolution regularities and principles of biological systems. For example insufficient knowledge across biological systems and ecological connections leads the engineers to the fact that technology and nature are advised into a contrast. The reasons for the fact are, among other things, that appropriate information systems about biological structures in the construction process are not yet generally accessible and available. It is therefore suggested to strength the employment of strategically oriented proceedings and methodical means for the aim determination of technical development tasks and their solution identification on basis of bionic facts. With the solutions, which nature makes available “free of charge”, the inspiration and creativity of an engineer can be increased. The central point crux in the construction process is to orient purposeful and systematic at the streaming fullness and variety of biological structures, brought out in millions of years of evolutionary nature processes and optimised on defined requirements, to derive promising solution types for future product generations. For this reason the author sug-

gests establishing a construction bionics. The following remarks point out first attempts for the structuring of a construction bionics.

Systematic of construction and applied bionics as basis of the construction bionics

The systematic of construction is a methodological science for the solution of constructional problems. It covers the entire process of "finding" technical solutions, beginning with setting of tasks and its specifying, coming to the concept identification and the shape definition in the context of a draft up to the development of the final manufacturing and assembly documents with for use and disposal instructions of a product. HANSEN says substantial components of this process are regulations, which "are suitable to control this process rationally" (HANSEN 1974).

Because there is no clear allocation possibility of function and structure of a technical system, but always a multiplicity of different solution types for a technical problem, during designing there are no schematically or algorithmically processable steps sample as orientation help for thinking and acting, which by means of given information and security leads to the aim of a function-fulfilling structure. To that extent such a proceeding is rather a Heurism, which, paired with creativity and methods, makes a transition realization possible from one step to the next. For the solution trail there have to be generated function-fulfilling structures, which can be won over analogy formation. A possibility for the extension of the analogy search area exists in the use of biological structures to the solution identification (HILL 1998). Here starts the applied bionics¹. At the beginning of our century OSTWALD (1986), EYTH (1908) FRANCÉ (1926) and others already employed themselves with methodical proceedings to the increase of effectiveness of the process cycle with solving technical problems. Among others HANSEN (1974), HERRIG (1986), KOLLER (1971), ROTH (1982), MÜLLER (1990), PAHL/BEITZ (1972), LINDE (1993) argued with the structuring of the process cycle by heuristically usable orientation models to the systematic of designing.

Bionics presupposes the modelling of biological systems for the purpose of the transmission on technical constructions. Fundamental method for this is the analogy formation². In this connection the analogy width plays a crucial role, because it represents a measure for the originality of the analogy. The analogy formation and so the release of associations to the solution identification can be more effective, if the proceeding is systematically and purposefully and so creative free spaces will be created. For this purpose catalogs are conceived, which support the solution identification and lead the intuition in a solution- pregnant direction. On this way the technical designer receives a fast overview of possible structures and can select the most suitable solution for his problem. By the use of these association catalogs users of all technical branches have a rich arsenal of similar solution types for constructional problems to the choice. They are a solution-generating assistance and make by their employment a shortening of development times possible. With the help of the analogy method similarly functioning systems from nature are analysed and their structures abstracted, in order to uncover the underlying principle. This in such a way won principle can be turned into a suitable technical solution by variation and/or combination of structural components on the basis of to be carried out requirements, conditions and desires of technical-technological, economical, ecological and social character. Applied bionics and systematics of construction form the basis for a construction bionics.

¹ bionics as science discipline is concerned systematically with the technical conversion and the use of constructions, procedures and design philosophies of biological systems (NEUMANN 1993).

² on the basis of a function which can be realized technically, biological systems with similar functions are determined, operation characteristics are compared and afterwards the possibilities of a transmission of structural characteristics of the biological system for the anticipating technical system is examined.

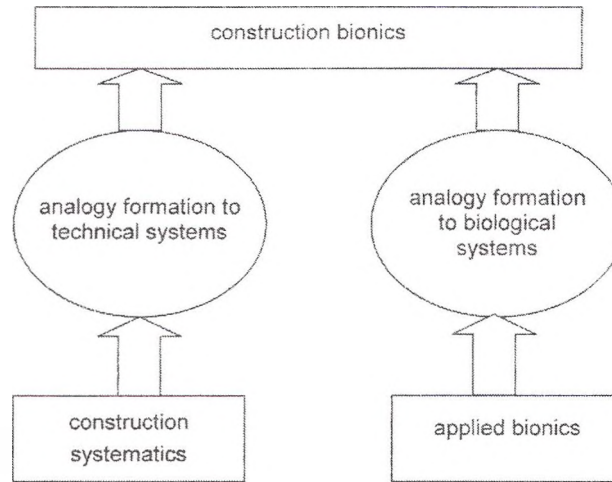


Fig. 1. Roots of the construction bionics

The construction bionics uses the “patent arsenal” of living nature systematically and purposefully by using analogy formation. To this end the engineer can use memory systems for biological structure representations, in which he finds suggestions for the solution of technical problem definitions. A component of the construction bionics is a superordinated strategy model (signal element sequence / procedure), a method system, which serves the individual steps in the strategy model of transition realization as well as the above mentioned memory system of function-fulfilling bio structures.

Strategy model for aim determination and solution identification

Bionic thinking and acting integrated into the construction process can be described as a systematic way for the development of efficient technical solutions. In this respect this procedure bases on the necessary knowledge production for the nature-oriented possibility of forming of technology. Helping methods for the accomplishment of the individual steps and so for the successful overcoming of thinking barriers are assigned to the strategy model for aim determination and solution identification. The aim determination ends with the formulation of the task of development.

Goal setting for the use of evolutionary laws and contradiction

The creative transfer of the orientation function - technology using the directional analogy with the natural world - to current technological solutions (state of technology) makes it possible to a limited extent to view technology from the point of view of biological evolutionary laws. It is not about the direct transfer of these laws to the state of technology, but rather, about gaining stimuli for further development towards greater effectiveness and ecological efficiency. “The comparative analysis of biological and technical evolution has demonstrated the existence of many surprising analogies. We should not be surprised that these analogies can be traced back in part to the same evolutionary factors and laws.” (Reichel, 1984).

Through the examination of analogy, the opportunity arises to transfer insights regarding heuristically useful laws which are abstractable and thereby open to comparison with technology. This makes it possible to define the future direction of development of the technological system being developed and to arrive at promising directions for solutions. We always therefore start from a point which embodies the most developed state of technology. The heuristic exploitation of evolutionary laws characterises the following representation.

Evolutionary laws also serve to find factors affecting effectiveness from the points of view of manufacturer and user, to confirm the developmental goals from the evolutionary point of view and to discern rough initial starting points for solutions (Linde / Hill, 1993).

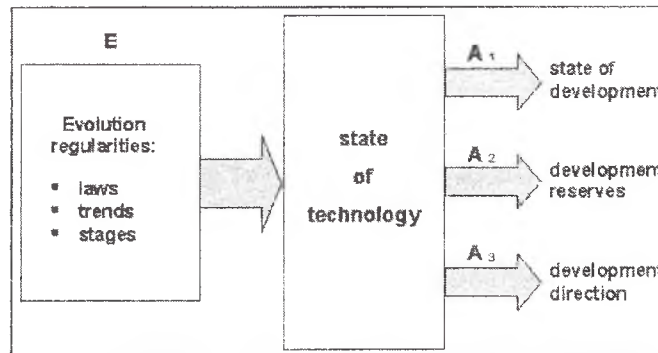


Fig.2. Examination of evolutionary status

Factors affecting effectiveness are technical-economic parameters, such as material and energy consumption, transport-economy, environmental friendliness, user-friendliness, assembly time, efficiency, reliability etc. These parameters should be considered from the points of view of both user and manufacturer. The basic aim is to raise the effectiveness of a system. This depends on the parameter x_j described above.

$$E = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

Since the effectiveness of the system being developed is to be increased in comparison with the current state of technology, the values of the parameters show an increase.

$$E \uparrow = f(x_1 \uparrow, x_2 \uparrow, x_3 \uparrow, \dots, x_n \uparrow) \quad (2)$$

Each effectiveness factor x_j is in turn dependent on physical or geometric variables y_k .

$$x_j \uparrow = (y_k \uparrow \text{ or } y_k \downarrow) \quad (3)$$

Using these physical or geometric parameters, contradictions between the requirements can be found from a table of requirements. Effectiveness factors are target values, which show positive increases and are directly connected to the directions of increase or decrease of the y system parameter.

Functional requirements for problem-solving are derived from the y system parameter. The functional requirements are assigned to the appropriate basic function (forming, transforming, storing, blocking, connecting, transferring of materials, energy and information). These provide the starting point for the determination of significant biological structures from the catalogues (see step 2.2 in the strategy model). These insights are demonstrated below by means of an example.

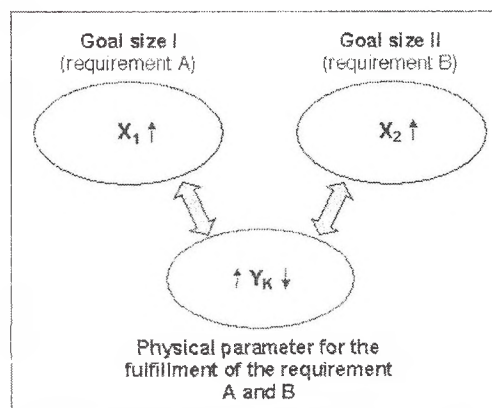


Fig.3. Contradictions as core element of goal-setting

Recognition, formulation and resolution of contradictions

Contradictions are uncovered by the human capacity for recognition in both the natural world and in technology. Ultimately, it comes down to increasing the effectiveness of the system. The effectiveness of biological structures is understood as the interrelationship between maximisation of the “survival function” and the related computed minimisation of energy use and biomass, with the survival function being designated as a complete function and including necessary sub-functions of reproduction, feeding, defence, movement, nest or burrow building, information capture, processing and transmission etc. This state of affairs represents a cost-benefit relationship which consists of keeping the cost in materials and energy in the carrying out of life-functions with regard to autogenesis as low as possible. Evolution often moves in the direction of higher effectiveness and it can be characterised by the effectiveness factors mentioned above such as reliability, stability, speed, sensitivity, tear-resistance, spatial requirements, energy use, use of materials, the ability to regenerate warmth etc. These “performance parameters” of biological systems are implemented through efficient structures. Through the effect of the evolution process, these structures are always constructed as well as they need to be and generally perform multiple functions 11 principle of multi-functionality. For this reason, a single effectiveness factor is rarely fully optimised. There can never be an absolute optimum, since certain life functions can change as a result of changing environmental conditions or adaptation to new habitats. For this reason, biological systems seek a phylogenetic compromise within the framework of the actual conditions and the totality of the environmental demands placed upon them.

For example, if a blade of grass becomes too long as a result of growth disorders, it will break. Although a longer blade of grass will be able to take in more sunlight than a shorter blade, since it would have a larger surface, it will be quicker to break under the effects of the wind. Here too, the evolutionary process tends towards a compromise between the contradictory pressures - a blade of grass which has sufficient length and effective resistance to kinking as a result of a good arrangement of materials.

There is therefore a contradiction between the actual prerequisites of achieving the goal of increasing effectiveness set and the actual unreliability of achieving this goal with these given prerequisites. That biological structures are suitable for the resolution of contradictions should not surprise us. Biological structures also fulfil contradictory requirements.

During the evolution of bears and the splitting off of the polar bear from the bear evolutionary tree, a contradiction can be recognised, which, through the action of the evolutionary process, has led to a more efficient structure of significance for the new habitat. The requirements of life in the new habitat were connected with increasing the amount of heat produced and a change in fur colour. A brown coat proved suitable for heat production, but unsuitable for melting into the white surroundings in the northern polar regions.

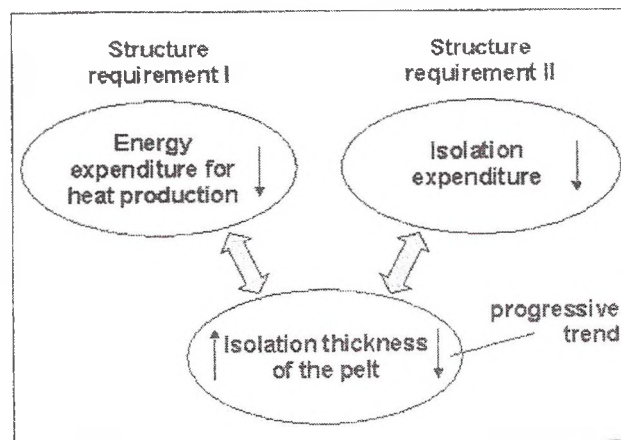


Fig. 4. Determination of contradiction in a biological system

It the progressive trend which leads to minimisation of materials or to a maintenance of the same quantity of materials alongside a reduction in energy consumption in heat generation is followed, it can be seen that the difference in temperature between body temperature and body-like isolation chambers is slight. This is, however, only possible because polar bear hairs are hollow and serve as light channels, which allow the black skin to be warmed through absorption (resolution of contradiction).

The light channel system of the polar bear coat can be interpreted as a contradiction between the requirements of having a white coat for camouflage and simultaneously of using the available sunlight. These insights are stored in catalogue systems for problem-solving. Through the complete function storage, transferable structures are arrived at as a starting point for solutions for technical heat insulation systems.

Normal heat insulation systems are aimed at minimising heat loss through radiation from the buildings outer surface using insulating materials. On the basis of this understanding of the polar bear's skin and fur, transparent heat insulation (TUP) was developed. If this is defined as the state of technology, a low level of efficiency is recognizable.

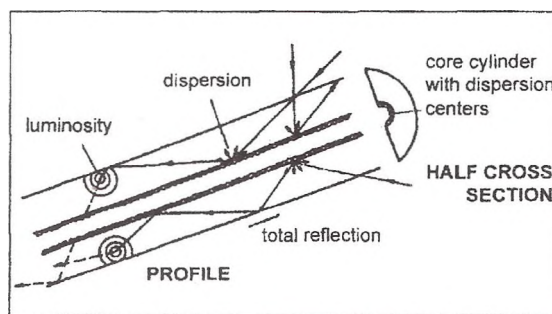


Fig.5. Polar bear hair functions as a light channel with the sub-functions of light scattering, luminescence and total reflection (after Tributsch, 1990)

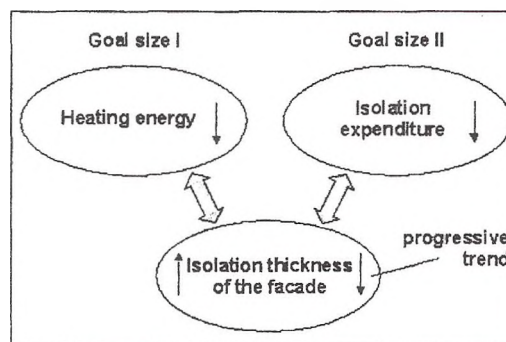


Fig.6. Determination of contradictions, building facade (with TUP)

For the amount of heat arises:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (4)$$

With a higher temperature difference Δt between the ambient temperature and the temperature on the inside of the buildings outer surface, the expenditure for Q will be very large.

To resolve this contradiction, the integrated biological system of polar bear fur and skin was used as the basic solution for the systematic variation. The start point for a solution from the natural world could be reached through variation of the mechanism. Solar warmed water with a low temperature on the inside of the outer wall of buildings obstructs the transport of heat from the inside to the outside.

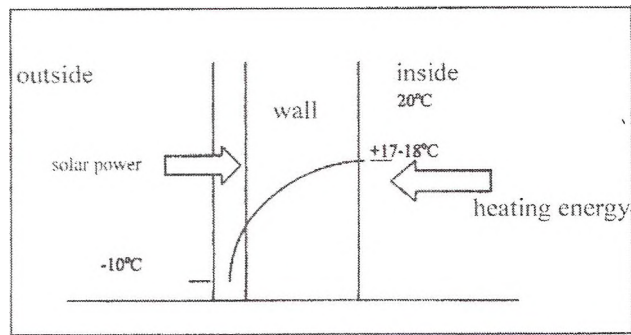


Fig. 7. **Transparent heat insulation** (Stumpf I V0B, 2003)

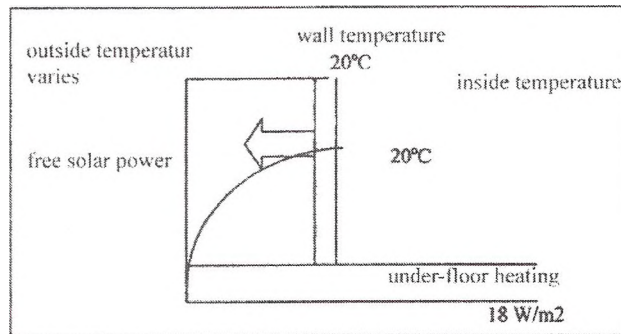


Fig. 8. **Active heat insulation** (Stumpf I V0B, 2003)

At on the inside of the outer wall is very small and so, therefore, is the quantity of heating Q . Conductions of just 0.5 to 0.8 W/m^2 of cooling area obstruct the transport of heat to the outside and allow a doubling of the duration of solar panel utilization.

The application of the nature-orientated innovation strategy with core elements of evolutionary laws and contradictions for goal-setting and solution catalogues yields new opportunities and possibilities for strategic product development. A bionic thought and action process as a general orientation model of bionics-orientated problem-solving can be inferred from these insights. The bionic thought and action process provides important stages of abstraction and actualisation, in order to generate the basic effective principle from the actual biological system and then to transfer these across to the relevant technical solution. This process is a component of steps 2.2 to 2.4 of problem-solving in the strategy model of the bionics-orientated construction for systematic and goal-orientated goal-setting and problem solving (see fig. 9).

In this model, goal-setting is of the utmost importance. Bio-strategic means of orientation in the form of catalogues of laws of biological evolution are used for the derivation of inventive tasks. It is also not about producing as many variant solutions as possible, but rather that the requirements for the task are made so exaggerated that contradictions which can lead to inventiveness in problem-solving become apparent.

With the help of the strategy model as a procedure the thought process, which is to lead to innovative solutions, is directed purposefully. By this procedure the technical designer organizes his thinking and acting and forms it more effective. By the supporting use of catalogues for aim determination with evolution regularities of the biological evolution and for solution identification with biological structure representations he can increase the imaginative power and promote his creativity at long last.

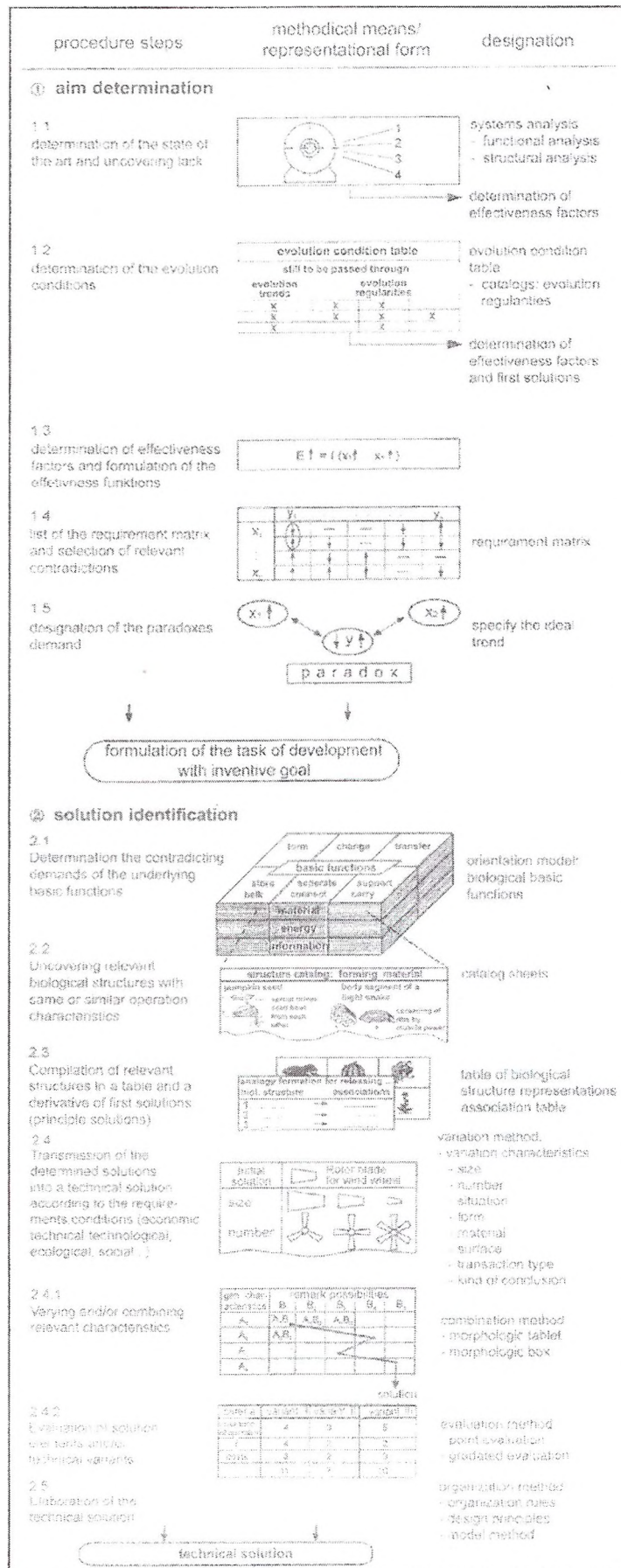


Fig. 9: Strategy model of the construction bionics

Structure catalogues for solution identification

Technology uses the functional analogy with living nature for solution identification. For the purpose of the systematic solution identification catalogues of biological structures are conceived and used. These support the solution identification. The biological structures are arranged according to the basic functions like forming, changing, transferring, storing/bulking, separating/connecting and supporting/carrying of material, energy and information. The search field for original solutions can be extended by the use of the basic functions. Because of the advantage of the higher degree of the abstraction of the basic functions, you are not bound to a special function.

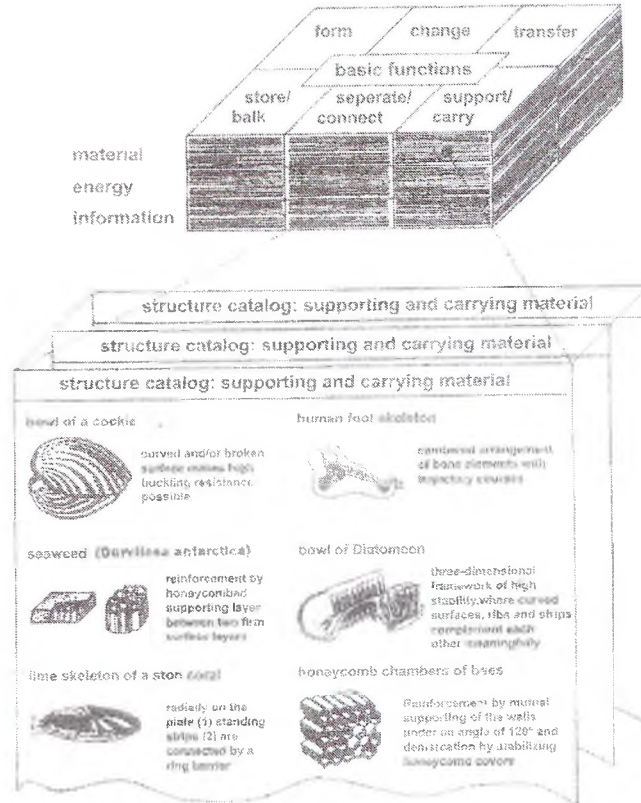


Fig.10. Orientation model and catalogue sheets

As above suggested, a technical function can be realised by different technical solution structures. For example in transmission teachings the technical function “producing a straight-line to and fro movement from a homogeneously rotating movement” can be realised by different kinds of transmission, like:

- swinging crank bow,
 - push crank transmissions,
 - sinus-wave generator,
- and so on.

However these transmissions have different speed and acceleration conditions, the general characteristic to be able to transform rotary movement in straight-lined to and fro movement is all the same.

You can describe these transmissions as transmissions with similar functional characteristics, while all transmissions mentioned possess the characteristic of forming. If you idealise these characteristics and extend such principal functional connections on the basis of analogies, you reach the category of the technical basic functions. As technical basic functions we declare the abstractions of a class of technical functions, which call out same or similar effects.

By its high degree of generalisation each individual basic function includes a multiplicity of possible building groups as realization variants, without confining itself rashly on one building group only.

in animated nature similar conditions prevail. For example the tail fins of the fish produce the function of the propulsion during progressive movement (transferring). This can be achieved by different tail fin forms. The orientation model contains all necessary basic functions sorted after the organization characteristics material, energy and information. It represents an overview of usable basic functions and contains the appropriate catalogue sheets. In the catalogue sheets structure representations and operation characteristics of biological systems are shown, which are to serve for the release from associations for the solution identification.

The technical designer receives a fast overview of possible basic functions by the orientation model and can select the most suitable structures as the solutions for the available technical problem. Not at last the use of the strategy model and its catalogue system, full of far diversified suggestion potential, makes it possible to reach regularness, effectiveness, creativity increase and of course a shortening of product development times, also.

Literature

1. Beitz, W. Übersicht über Konstruktionsmethoden. In: Konstruktion Heft 24, S. 159 - 173 (1972), Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
2. Eyth, M.: Zur Philosophie des Erfindens. In: Sieben Vorträge aus dem Gebiet der Technik (1908), Berlin, S. 251 - 284.
3. France, R. H. Bios - Die Gesetze der Welt (1926). Leipzig
4. Hansen, F. Konstruktionswissenschaft - Grundlagen und Methoden (1974). München/Wien: Carl Hanser Verlag.
5. Herrig, D. Rechnerunterstütztes Erfinden (1986), Suhr.
6. Hill, B. Orientierungsmodelle und ihre heuristische Nutzung im bionisch orientierten Konstruktionsprozess. In: Biona-Report 12 (1998), Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer Verlag, S 245 - 256.
7. Koller, R. Ein Weg zur Konstruktionsmethodik (1971). In: Konstruieren Heft 23, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. 388 - 400.
8. Linde, H.-J.; Hill, B. Erfolg reich Erfinden - Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure (1993). Darmstadt: Hoppenstedt Verlag.
9. Müller, H. Erfindungsmethodik und Kreativitätstraining - Ergebnisse ihrer Einbeziehung in die Forschungsarbeit zur Gestaltung der flexiblen automatisierten Fertigung (1990). In: Maschinenbautechnik 39 (1990) 10, S. 436- 441.
10. Nachtigall, W. Bionik-Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler (1998). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
11. Neumann, P.: Technologieanalyse Bionik (1993). Düsseldorf: VDI-Verlag.
12. Roth, K.-H. Konstruieren mit Konstruktionskatalogen (1982). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
13. Reichel, R. Dialektisch-materialistische Gesetzmäßigkeiten der Technikevolution (1984). Berlin: Urania Verlag.
14. Stumpf, H.-G. / VOB, B. Bionik-Transfer aus der Natur-Ein Vortrag zur Nutzung niedrigster Temperaturen aus Solaranlagen zur Verringerung / Beseitigung des Transmissionswärmeverlustes von Bauteilen (2003). Firmenschrift EAS Energie Agentur Steinfurt.

BIOGĀZES RAŽOŠANAS IESPĒJAS LATVIJĀ

FACILITY OF BIOGAS PRODUCTION IN LATVIA

Vilis Dubrovskis, Imants Plūme, Andis Spīdāns, Indulis Straume

LLU TF Lauksaimniecības Enerģētikas institūts

e-pasts vilisd@inbox.lv

Abstract. *According to increasing of prices for energy resources, increasing interest for renewable energy resources. As one of the most profitable is biogas production. In this paper is presented potential of biomass for biogas production. It is presented possibility to produce biogas and energy from different recourses and total 156,9 million m³/year. For development of biogas production is necessary financial support, increasing of research works and education.*

Key words: *biogas, energy resources, biomass.*

Ievads

Sakarā ar straujo enerģijas cenu kāpumu pasaulē un Latvijā arvien lielāka vērība tiek veltīta alternatīvajiem enerģijas avotiem. Par vienu no perspektīvākajiem tiek uzskatīta biogāze. Tās ražošana pēdējos gados strauji attīstās ES un it īpaši Vācijā, kur notiek plaša biogāzes iekārtu būvniecība. To kopējais skaits jau pārsniedz 3500. Vācijā uzbūvēts arī pasaulē lielākais biogāzes iekārtu parks ar 40 bioreaktoriem. Kopējās izmaksas pārsniedz 78 milj. eiro. Tas panākts ar labvēlīgu valsts atbalstu. No zaļmasas un biogāzes ražotā elektroenerģija tiek subsidēta pat līdz 0,17 eiro/kwh. Arī Latvijā jāattīsta biogāzes ražošana, jo atkritumu biomasas anaerobā pārstrāde ir ļoti laba tās utilizācijas tehnoloģijas tādēļ, ka samazina vides piesārņojumu.

Daudzās valstīs ir īpašas biogāzes attīstīšanas programmas, jo tur jau agrāk ir sapratuši šīs tehnoloģijas lietderību. Latvijā to aptvēra jau pirms 20 gadiem, bet tad pieļautās lauksaimniecības produktu ražošanas samazināšanas dēļ laukos visi domāja par privatizēšanas un izdzīvošanas iespējām. Biogāzes ražošana šodien neattīstās arī informācijas trūkuma dēļ. Vairums par to maz ko zina un domā, ka tā ir dārga un neekonomiska. Faktiski tā jau ir kļuvusi par izdevīgu ne tikai no vides saudzēšanas viedokļa, jo to ir lētāk saražot, nekā iepirkt dabas gāzi vai koksnes granulas.

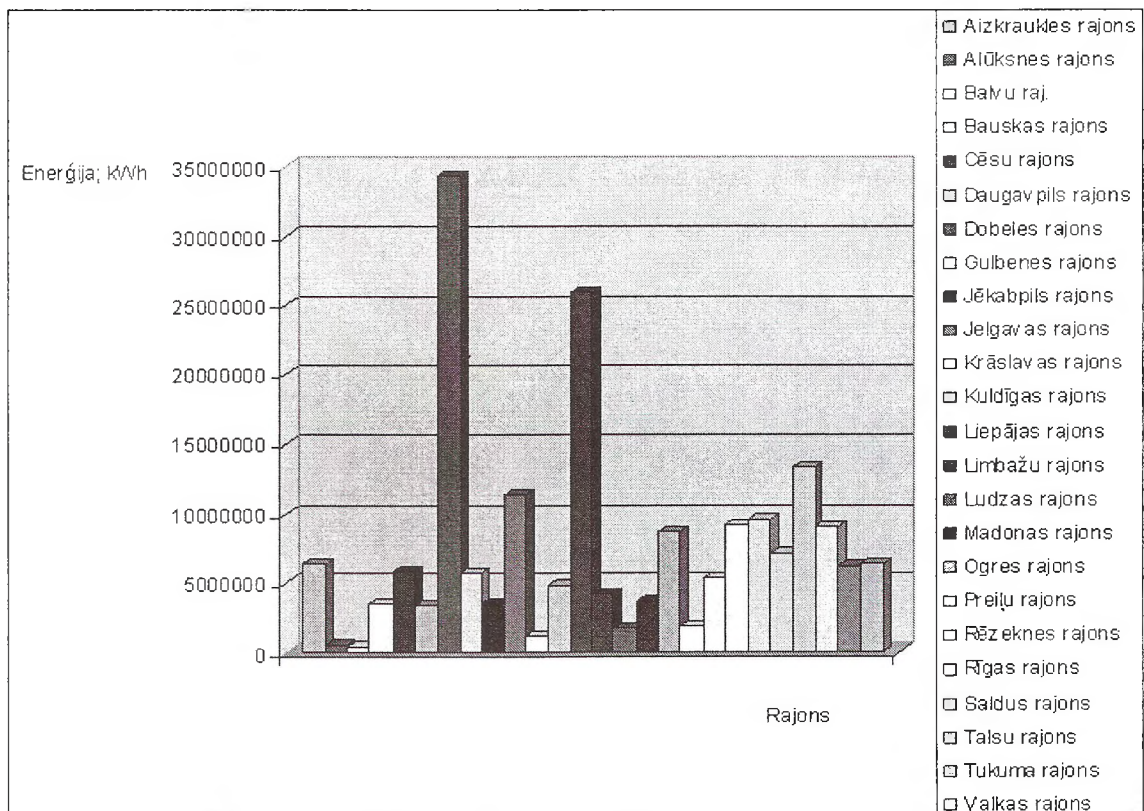
Izejvielas

Anaerobajai fermentācijai ir derīga jebkura organiskā viela, kas nesatur mikroorganismiem kaitīgas un procesu inhibējošas vielas lielākās koncentrācijās kā pieļaujams. Ja izveidosies labvēlīgi apstākļi, mikroorganismi sadalīs jebkuras lauksaimniecības biomasas atkritumus. Piemērotas izejvielas biogāzes ražošanai ir kūtsmēsli un lielo lauksaimniecības produktu ražošanas un pārstrādes uzņēmumu atkritumi.

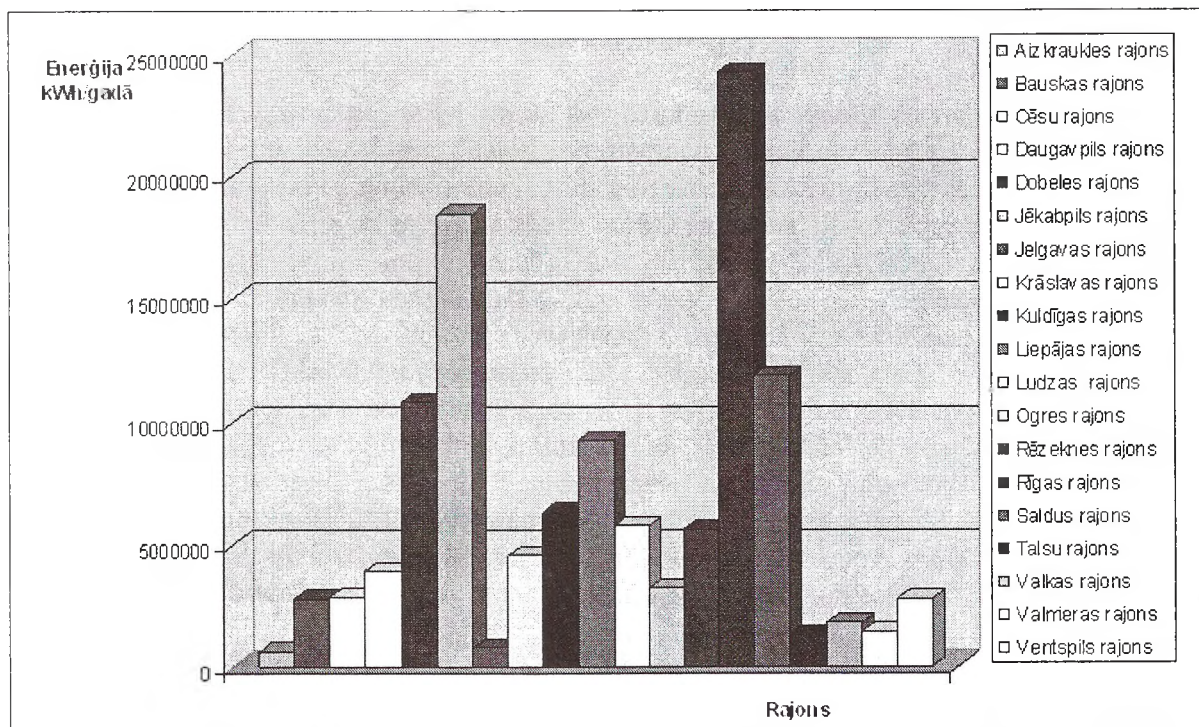
Aprēķinos par biogāzes iegūšanai potenciālo izejvielu daudzumu izmantota CSP, LDC, ZM un PVD informācija. Ražošanai par izdevīgu tiek pieņemts, ka mazākais liellopu skaits fermā ir 100 un cūku fermā – 1000 cūku. Tā kā nav precīzu datu, cik katrā fermā ir katra vecuma, dzimuma un svara liellopu, tad ir pieņemts, ka liellops izdala diennaktī vidēji 45 kg ekskrementu, cūka – 4,5 kg. Katrā ekskrementu veidā ir daļa sausnas, no kuras biogāzi iegūt nevar. To faktiski iegūst no gaistošās sausnas, t.i., organiskās vielas, kuru mikroorganismi ir spējīgi mineralizēt.

Enerģijas potenciāls no liellopu mēsliem Latvijas rajonos parādīts 1.attēlā.

Anaerobā pārstrāde, īpaši, ja notiek termofilā režīmā, mēslus padara nekaitīgus un uzreiz izmantojamus, tādēļ ir īpaši labi pielietojama cūkkopības kompleksu problēmu risināšanai. Izejvielu potenciāls un iespējamā biogāzes ieguve no cūku mēsliem parādīta 2.attēlā.



1.attēls. Liellopu mēslu biomasas enerģētiskais potenciāls, kWh



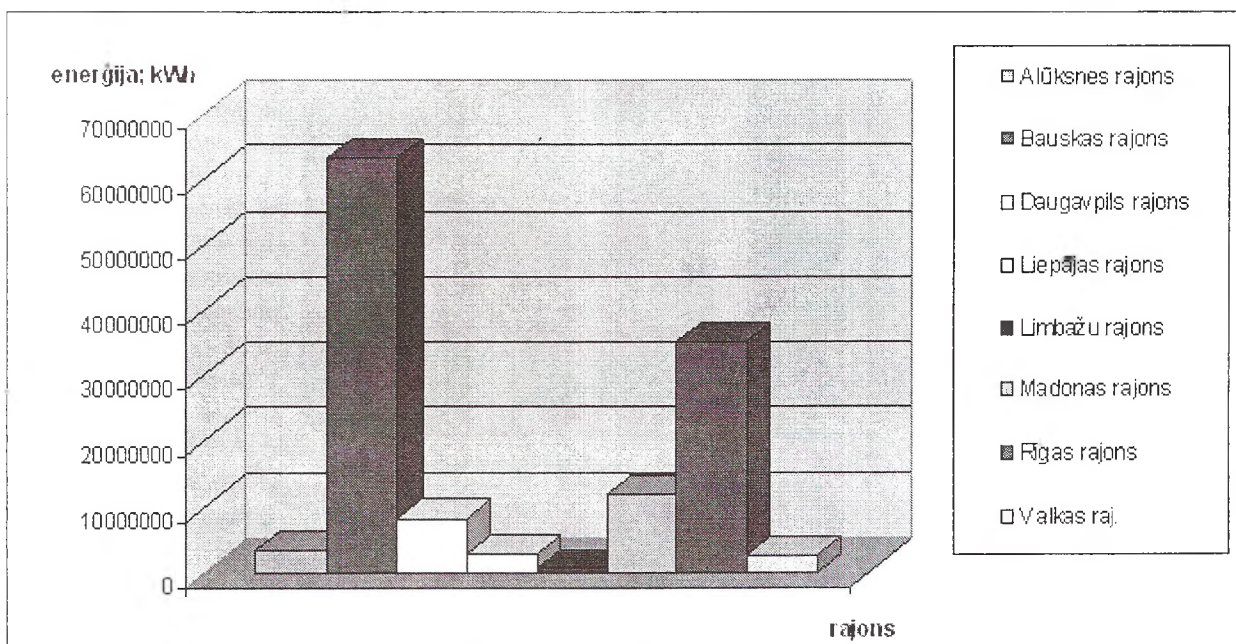
2.attēls. Cūku mēslu biomasas enerģijas potenciāls, kWh

Putnu mēsli pēc savām īpašībām arī ir piemēroti biogāzes ražošanai. Tomēr tos šim nolūkam arī ārzemēs izmanto retāk šādu apstākļu dēļ:

- putnu mēslus ir daudz procesu traucējošu piemaisījumu, piemēram, grants un spalvas var radīt sūknēšanas traucējumus, ja nelieto īpašus sūkņus;

- C/N attiecība nav metanoģenēzei tik labvēlīga, jo daudz N, vēlams maisīt ar liellopu mēsliem vai citu vairāk C saturošu biomasu;
- putnu mēsli ir ar lielu sausnas saturu un tāpēc vairāk piemēroti sausā mēslojuma gatavošanai ar vai bez žāvēšanas.

Enerģijas potenciāls no putnu mēsliem parādīts 3. attēlā.



3.attēls. Latvijas rajonu putnu fermu kūstmēsļu biomasas enerģijas ražošanas potenciāls, kWh

Latvijā ir arī aitas un kazas, bet nav lielu to turēšanas fermu. Mēsli, kas rodas, kad dzīvnieki ir kūtīs, tiek izmantoti pašu zemnieku vai kaimiņu lauku mēslošanai un tādēļ biogāzes potenciāla aprēķinā nav ietverti. Kaut arī zirgu fermu skaits pieaug, tomēr zirgu skaits katrā fermā nav liels, un līdz ar to arī saražoto mēsļu daudzums nav liels un tādēļ arī biogāzes potenciāla aprēķinā nav ietverts.

Pēc PVD datiem, Latvijā ir 31 oficiāli atzīts augļu un dārzeņu pārstrādes uzņēmums, 4 kartupeļu pārstrādes uzņēmumi, 4 iesala ražošanas un 6 graudu malšanas uzņēmumi. Tiem visiem ir atbilstoši sakārtota atkritumu utilizācija, vai nu ievadot notekūdeņus pilsētas vai ciemata bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās, vai arī ir lokālās attīrīšanas būves. Lielākā daļa šo uzņēmumu ir izvietoti pilsētās vai ciematos, kas aprūpina BEI būvi to teritorijās.

Lielākajai daļai šo uzņēmumu atkritumu daudzums nav tik liels, lai pašiem būtu izdevīgi būvēt BEI, un tādēļ arī interese par šo tehnoloģiju nav liela. Tādēļ arī biogāzes ieguves potenciāls šim atkritumu veidam nav aprēķināts. Šos atkritumus labi varētu izmantot atsevišķos gadījumos, kad tuvākajā apkārtnē kāds cits no organisko atkritumu ražotājiem vai zaļmasas audzētājiem plānotu uzbūvēt BEI.

Latvijā, pēc PVD datiem, ir 122 oficiāli atzītie gaļas ieguves un pārstrādes uzņēmumi. Lielākā daļa no tiem ir nelieli uzņēmumi, un to saražotie atkritumi tiek utilizēti un attīrīti vietējās vai centralizētajās attīrīšanas iekārtās. Eiropas Parlamenta un EP 03.10.2002. regula Nr.1774/2002 nosaka veselības aizsardzības noteikumus attiecībā uz dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, kuri nav paredzēti cilvēku uzturam, un EK 19.01.2005. regula Nr.92/2005, ar kuru īsteno biogāzes ražošanas tehnoloģijas iespējas šo produktu pārstrādē. Tiek atzīts, ka anaerobā fermentācija, ja tā notiek termofilajā procesā jeb mezofilajā ar pasterizācijas iekārtu, kur atkritumus uzkarsē līdz 70°C un iztur 1 stundu, nodrošina nepieciešamās sanitārās prasības.

Kautuvju atkritumi jāpārstrādā specializētos uzņēmumos. Pēc PVD datiem Latvijā tādi ir 6 un 2 kuģi, kas apstrādā zvejas produktus. Tie no šiem atkritumiem ražo kaulu miltus. Visus šos atkritumus ir lietderīgi izmantot biogāzes ražošanai, jo no tiem ir labs biogāzes iznākums. Nevienā gadījumā atkritumu nav tik daudz, lai uzņēmumam vienam atmaksātos būvēt BEI. Bet, kooperējoties ar citiem, tas būtu lietderīgi.

Pēc PVD datiem, Latvijā ir 47 piena apstrādes un pārstrādes uzņēmumi. Piena produktu pārstrādē kā blakus produkts rodas sūkalas. To utilizācija līdz šim lielajiem uzņēmumiem radīja problēmas. To lietderīgai izmantošanai tika pielietotas dažādas tehnoloģijas – gan acidofilo produktu ražošana, gan arī vienkārša izbarošana tuvākajās fermās un lauku mēslošana.

Tā kā sūkalas satur daudz sausnas, tās būtu laba izejviela biogāzes ražošanai. Tomēr to potenciāls nav aprēķināts vairāku iemeslu dēļ. AS „Rīgas piena kombināts” un AS „Preiļu siers” ir uzsākušas ražotņu būvi, kas, piemēram, RPK dos iespēju saražot 3800 t sūkalu sausā pulvera.

Latvijā ir 3 spirta ražotnes, divas no tām ražo pārtikas spirtu, viena – degvielas spirtu. Visu trīs rūpnīcu ražošanas procesā rodas blakus produkts – šķiedenis. Šķiedenis ir labi piemērota izejviela biogāzes ražošanai.

Dažādos pārtikas pārstrādes procesos veidojas notekūdeņi ar lielu organiskās vielas daudzumu. Notekūdeņu attīrīšanā izmantojot bioloģiskos attīrīšanas procesus, kā blakusprodukts veidojas notekūdeņu dūņas. Piesārņojošo vielu daudzums dūņās atkarīgs galvenokārt no apstrādājamo notekūdeņu sastāva. Dūņas var būt laba izejviela biogāzes ražošanai.

Cietajos sadzīves atkritumos, ko deponē izgāztuvēs, ir daudz organiskās vielas un no tās veidojas biogāze. Ir lietderīgi to savākt, lai samazinātu SEG izmešu daudzumu. Mazajās izgāztuvēs biogāze jāsadedzina lāpā vai jāpārveido nekaitīgos ķīmiskos savienojumus. Lielajās no biogāzes var ražot elektroenerģiju un siltumu.

Kopējais biogāzes ražošanas potenciāls

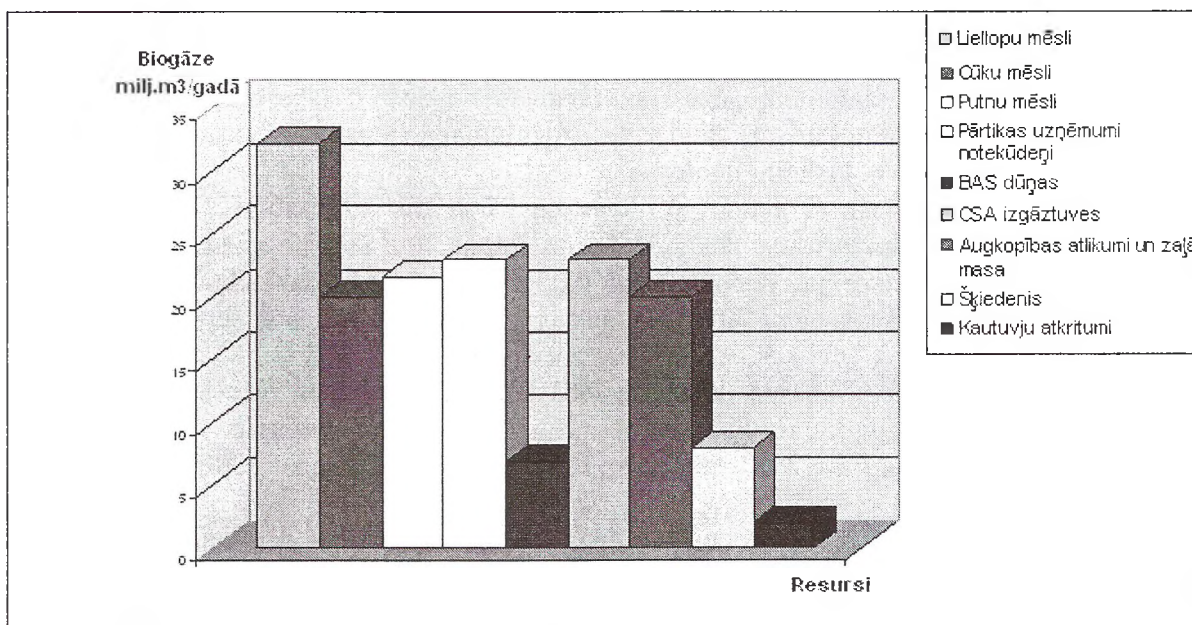
Biogāzes ieguves potenciāls Latvijā no visām izejvielām parādīts 4.attēlā un 1.tabulā.

Attēlā dots enerģijas potenciāls no augkopības – tikai 20 milj. m³ biogāzes gadā, bet tabulā divi rezultāti – 20 un 200 milj. m³/gadā. Faktiski, ja biogāzes ražošanai būs nepieciešamais valsts atbalsts, tad būs iespējams vēl lielāks ražošanas apjoms, jo Latvijā ir ļoti daudz neizmantotās zemes, kur varētu audzēt zaļmasu biogāzes ražošanai.

1.tabula

Biogāzes ražošanas potenciāls Latvijā

<i>N.p.k.</i>	<i>Resurss</i>	<i>Biomases sausna t/gadā</i>	<i>Biogāze milj.m³/gadā</i>	<i>Enerģija MWh/gadā</i>
1.	Liellopu mēsli	107300	32,2	193295
2.	Cūku mēsli	44400	20	1188300
3.	Putnu mēsli	43159	21,6	129478
4.	Pārtikas uzņēmumu notekūdeņi	57500	23	138000
5.	BAS dūņas	23000	7	42000
6.	CSA izgāztuves	400000	23	138000
7.	Augkopības atlikumi un zaļā masa	80000 - 800000	20	120000 - 1200000
8.	Šķiedenis	20000	8	64000
9.	Kautuvju atkritumi	3500	2,1	12600



4.attēls. Biogāzes ražošanas potenciāls Latvijā

Secinājumi

Biomases apjoms un iegūstamās enerģijas potenciāls no tās ir pietiekoši liels, lai ražotu biogāzi.

Lai biogāzes ražošana sekmīgi attīstītos arī Latvijā, ir nepieciešams:

- izstrādāt un ieviest Biogāzes ražošanas programmu;
- izveidot alternatīvās enerģijas pētījumu un projektu attīstīšanas centru uz LLU TF un citu zinātnisko laboratoriju bāzes;
- finansēt zinātniski pētnieciskos biogāzes tehnoloģiju, iekārtu un fermentācijas procesu optimizēšanas darbus;
- izstrādāt biogāzes projektu ieviešanas finansiālā atbalsta noteikumus;
- turpmākajos gados paredzēt budžetā reālu finansējumu biogāzes projektu realizētājiem;
- laika posmā līdz 2013.gadam paredzēt uzbūvēt 10 BEI pie lielākiem uzņēmumiem, kas ražo organiskos atkritumus;
- izstrādāt tipveida dokumentāciju galvenajām BEI sastāvā ietilpstošajām iekārtām;
- apgūt tipveida iekārtu ražošanu Latvijā;
- LLU izveidot BEI operatoru apmācību programmu;
- veikt potenciālo investoru un ražotāju informācijas kampaņu par BEI būvēšanu;
- izpētīt biogāzes ražošanas no augstākajām kultūrām efektivitāti Latvijas apstākļos.

Lai plašāk Latvijā ieviestu šķidrās un gāzveida biodeģvijas ražošanu, būtu vēlams rīkoties šādi:

1. Tehnoloģiju popularizēšana un potenciālo uzņēmēju izglītošana.
2. BEI būves atbalsta nosacījumu izstrādāšana.
3. BEI potenciālo būvēšanas vietu noskaidrošana un projektu priekšlikumu sagatavošana visā Latvijā.
4. Ekonomikas ministrijas pakļautībā esošajai LIAA vajadzētu pieteikumu vērtējumā uz ES struktūrfondu naudas saņemšanu izveidot „zaļo koridoru,” šādiem projektiem, kas nodrošina bez tādiem parastiem ieguvumiem kā darba vietu radīšana un infrastruktūras uzlabošana arī valstiski ļoti svarīgus ieguvumus kā – vides piesārņojuma pārtraukšana un enerģētiskās neatkarības un energoapgādes drošuma palielināšana, un arī atjaunojamo enerģijas resursu izmantošanas palielināšana.

5. Piešķirt īpašu finansējumu zinātniski pētnieciskajām organizācijām anaerobās pārstrādes procesu un tehnoloģiju pētījumiem.
6. Steidzami noskaidrot biogāzes ražošanas no augstražīgas zaļmasas (kukurūzas, saulpuķu u.c.) ekonomisko efektu Latvijas apstākļos un, ja tas ir pozitīvs, izstrādāt jaunu programmu un uzsākt plašu BEI būvniecību un tai pakārtotās infrastruktūras izveidošanu.

Literatūra

1. Vederņikovs, N. Vienlaicīga metanola un furfuroļa ieguve no lignocelulozi saturošām izejvielām. Alternatīvā enerģija Latvijā, 1999.
2. Dubrovskis, V. Biogas from landfills in Latvia. International workshop „Utilization of landfill gas for energy production”. Kaunas, 2001.
3. Dubrovskis, V., Viesturs, U. Lauksaimniecības atkritumu metānrūgšana. Rīga: Zinātne, 1988.
4. Plūme, I. Ilgtspējīgas tehnoloģijas lauksaimniecības ražošanas blakusproduktu uzkrāšanai un pārstrādei. RA starptautiskās zinātniski praktiskās konferences „Vide. Tehnoloģija. Resursi.” rakstu krājums. Rēzekne: RA izdevniecība, 1999.
5. Plūme, I., Plūme, B. Biodegradējamo mājsaimniecības atlikumu utilizācijas tehnoloģiju novērtējums. Rēzekne, 2006.
6. Gemste, I., Vucāns, A. Notekūdeņu dūņas un to izmantošana. Jelgava, 2002.
7. Willumsen, H.C. Energy recovery from landfill gas in Denmark and worldwide. Kaunas, 2001.
8. Dalroth, B. Waste not-Burn it. Energy from waste and biomass. Tallinn, 1998.
9. Reķis, J. Par enerģijas efektivitāti LIAA. Rīga, 2006.

VIDE UN ZEMES DZĪLES

***ENVIRONMENT AND
BOWELS OF THE EARTH***

**THE SURFACE MINER SUSTAINABLE TECHNOLOGY
INTRODUCTION FOR OIL-SHALE MINING IN ESTONIA**
*ATKLĀTO KARJERU ILGTSPĒJĪGO TEHNOLOĢIJU IEVIEŠANA
IGAUNIJAS DEGSLĀNEKĻA RAKTUVĒS*

Oleg Nikitin & Erik Väli

AS Eesti Põlevkivi, Development Department
Jaama str. 10, Jõhvi, 41533, Estonia; e-mail: oleg.nikitin@ep.ee; erik.vali@ep.ee

Sergei Sabanov & Jyri-Rivaldo Pastarus

Tallinn Technical University, Department of Mining
Ehitajate tee 5, VII-202, Tallinn, 19086, Estonia
e-mail: sergei.sabanov@mail.ee; pastarus@cc.ttu.ee

Abstract. *The paper introduces a high-selective oil-shale mining technology and the first results of surface miner Wirtgen 2500SM tests. The technology allows to decrease oil-shale loses from 10-15% up to 5-7%. Mining process of the surface miner has a lower disturbing impact, which is topical in open pits and quarries especially in densely populated areas. The low level of dust and noise emissions and also very low vibration are arguments to mine oil shale with surface miner instead of drilling-blasting operations. The risk analysis for testing technology was elaborated.*

Keywords: *surface miner, Wirtgen 2500SM, high-selective mining.*

Introduction

For more than eighty years oil shale has been mined in Estonia. During that period about 950 million t from estimated four billion tonnes reserves have been extracted. About 98% of electric power and a large share of thermal power were produced from Estonian oil shale. Mining sector faces challenges to increase the output of mines and to minimize the environmental impact of mining at the same time. Continuous mining and milling techniques for the hard rock industry are up to now limited through the hardness of rock material. The application limits for the future technique will be placed above the limits of bucket wheel excavating systems with a diggability of normal up to 10 MPa of uniaxial compressive strength (UCS). This can be expanded with special designed excavators for frozen hard coal or soft limestone [1]. Horizontal and vertical ripping techniques are currently used for materials up to 50 MPa UCS, sometimes combined with in-pit crushing systems.

Technological improvements are necessary in this situation and surface miners have perspectives to offer solutions because there are some experiences of the continuous mining with surface miners in Estonia. Wirtgen surface miner (SM) was used for limestone mining from 1989 to 1991. Tests for oil shale mining through in 2004 and 2006 with MANTAKRAF and Wirtgen surface miners [2]. Surface mining is carried out in open casts with maximum overburden thickness of 30 m. Draglines with 90 m boom length and 15 m³ bucket size are used for overburden removal. Hard overburden consists of limestone layers and is blasted before excavation. Oil shale layers are blasted as well or broken by ripping (semi-selective mining). Disadvantage of ripping is excessive crushing of oil shale by bulldozer crawlers. Excavated rock is transported with 32-42 or 60 tonnes trucks (Belaz and Euclid) to the processing or crushing plant depending on opencast.

Aim of the research and in-situ SM testing is to introduce continuous mining technology on example of Estonian oil shale deposit in areas with arduous layering conditions. The results of in-situ testing can be used to improve existing situation in EU mining fields with complicated geological conditions and in densely populated regions.

Perspective Advantages of Surface Miner technology

Surface miners can find their natural applications in projects where drilling and blasting is prohibited or where selective mining of mineral seams, partings and overburden is required. Besides they offer further advantages as for example:

- Less mineral loss and dilution.
- Improved mineral recovery especially in areas sensitive to blasting.
- Less stress and strain on trucks due to minimum impact of the excavated material.
- Primary crushing and fragmentation of mineral rock.
- Reduced capacity requirements for preparation plants.

The most perspective advantage of SM is high-selective mining. Surface miner can cut limestone and oil-shale seams separately and more exactly than rippers (2-7 cm) with deviations about one centimeter. It is estimated that due to precise cutting enables surface miner to increase the output of oil shale up to 1 tonne per square meter. Its mean, that oil-shale looses on the case of SM technology can be decreased from conventional 12 up to 5 percent. The thickest and harder limestone seam "C/D" has sufficient quality to produce aggregate for road building and concrete. Separately extracted limestone (C/D and A₁/B) can be left directly in mine which reduces haul costs and increase run-out oil shale heating value by 18% without additional processing.

The oil yield increase by 30%, up to 1 barrel per tonne during the oil shale retorting, because of better quality. The same principle is valid for oil shale burning in power plants because of less limestone containing in oil shale. Its results higher efficiency of boilers, because up to 30% of energy is wasted for limestone decompose during the burning process. Positive effect would result in lower carbon dioxide and ash emissions [2].

Another perspective of surface miner would apparent in places with relative small overburden thickness (less than 10 m) and near the towns where the removal of hard overburden with SM should be considered as well instead of overburden blasting. On these cases the SM would "cut" considerably operating costs of stripping and possibility mine out reserves near the densely populated areas.

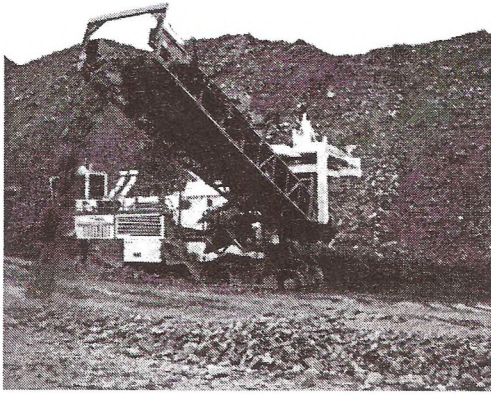
Surface Miner Wirtgen 2500SM

Continuous surface miner, which are designed to cut softer rock materials like sandstone, clay, bauxite, hard coal, phosphate, gypsum and marl are operating between 10 MPa and 70 MPa compressive strength. Nowadays, road cutting machines are working materials up to 100-110 MPa compressive strength. The very recent developments show that there is a need for investigations to enlarge the mentioned application limits.

The Wirtgen 2500SM design with a mid-located cutting drum (diameter 1.4 m, cutting width 2.5 m) was expected to be more promising for hard rock (80-110 MPa) applications than the front-end designs. Here, the whole weight of the machine (100 t) is available for the penetration process and only a smaller torque resulting from the cutting process (cutting depth up to 0.6m) has to be counterbalanced. Besides, the surface miner with middle drum concept moves during the winning process. Due to this great moved mass, much more dynamic mass forces are possible than during the movement of the small mass of the cutting organ mounted on a boom.

Modifications and development work for the prototype focused mainly on different cutting tool location systems, the corresponding cutting drums and specifications of the cutting tools, different loading technologies (windrowing or direct truck loading) also (Fig. 1 A, B).

A.



B.



Fig. 1. Windrowing (A.) and direct truck loading with Wirtgen 2500SM

“Narva” open-pit Tests

The Wirtgen 2500SM surface miner was delivered to AS Eesti Põlevkivi at the end of 2006. The testing of SM was beginning at “Narva” oil-shale open pit. The test place “Narva” is located approx. 200 km north-east of Tallinn near the city of Sillamae in the north-eastern part of Estonia (N59 15; E27 44). The SM testing was held from 01.01.2007 to 31.01.2007 and was divided into three-decade period. The machine was operated in two or three-shift systems.

During the first decade (03.01.-10.01.2007) 111 total operating hours from 112 available shift-hours the SM with windrowing method was applied. The average cutting speed during the real cutting time was 11.5 m/min. During the second decade (11.01.-21.01.2007) 145 total operating hours from 200 available (9.4 m/min) and during the third decade (22.01.-31.01.2007) 151 from 208 available shift-hours (9.0 m/min) the SM with direct truck loading was tested. But the real cutting time was 35, 36 and 41% from available shift-hours for the each period correspondingly. The Figure 2 illustrate the shift-hours distribution graphics for the while testing period.

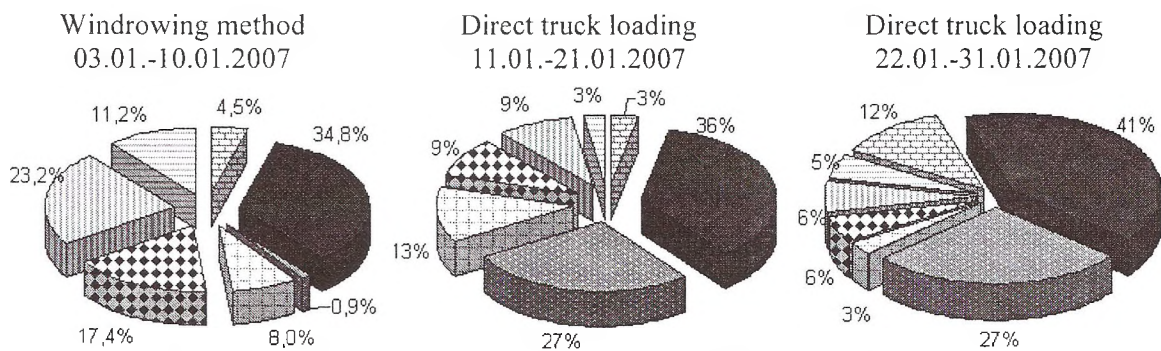


Fig. 2. Shift-hours distribution graphics for three testing decades

Where – repairing; – real cutting; – other downtimes; – manoeuvres; – pick replacement/control; – maintenance; – refuelling.

During the first decade registered “other downtimes” is about 1% for the next periods this number about 27%. Obviously, the main reason is direct truck loading method. Analysis has shown that by direct truck loading method, truck-waiting downtime decrease real cutting time by 1.0-1.5 hour per shift and average cutting speed by 20-25%.

Another problem is the oil-shale bed geological characteristics. Estonian oil-shale bed consists from oil-shale and limestone seams with different thickness and compressive

strength. Oil shale is relatively soft rock with UCS 15-40 MPa but limestone is 40-80 MPa. There are also places near the karsts zones with 100-120 MPa compressive strength. During the cutting process the loads in cutting tools vary greatly due to the differences in rock physical and mechanical parameters, which lead increased loading of the cutting drum.

The applicants have recently encountered many situations where manufacturers cutting drum/head designs could be significantly improved upon, as they were not tailored to the actual geotechnical conditions predominant at the mine. However, without more user-friendly tools, the opportunity to make such improvements in practice has been limited. Improved designs have the potential to increase cutting speed and efficiency, reduce pick replacement costs, reduce machine down time through gearbox failure and pick changing, improve machine reliability by reducing excessive vibration during cutting, improve loading efficiency and reduce fine oil shale and dust production. Research program to develop design of cutting tools/drums to minimise cutting tools consumption and machine down time on the basis of testing data will be develop. New design of cutting drums will lead to improved tool cutting (pick) loading efficiency with less fine rock and dust production. The result of this work will be taken into account for the next SM design.

Rock Breakability Results

To be able to transfer the achieved results to other EU rock mines, it is necessary to identify the SM and cutting rock parameters responsible for the breakability factor of a deposit. The development of such a generalised classification system is therefore an important objective of the project as well.

Applying statistical distribution according to Weibull, the function of size distribution of oil-shale particles may be assumed as follows:

$$W = 1 - \exp[-(d/d_0)^m] \quad (1)$$

where $d_0 = d_{0.63}$ is diameter of screen opening to pass 63.2% of broken oil shale; m is breakability factor.

The results from sieving analysis made for limestone and oil-shale layers show that for "Narva" open pit test site conditions breakability factor $m = 1.1$. Hence, the share of oil shale δ passing the 25×25 -mm screen in the total mine-run shale equals to

$$\delta_{-25} = d_{-25} = 1 - \exp[-(25/d_{0.63})^{1.1}] \quad (2)$$

where, $d_{0.63} = 20.0 + 2.16S'$ for SM up-cutting direction (see Figure); S' is cross-section of cut, cm^2 .

In 1968 E. Reinsalu had proposed an approximate relationship between energy consumption by different methods of breaking and average size of mined oil-shale particles, which was later completed with the present investigation data (Figure 2).

Concentratibility and trade oil shale grade depend on sizing extracted oil shale, which, in its turn, is closely related to energy consumption and the selected method of oil shale breaking. Equation (3) and Figures 3.A, 3.B demonstrates the correlation of the distribution law parameters and specific energy consumption with the parameters of oil-shale and limestone particles sizing. The tested SM sizing parameters are inside the areas with number 7 and 8 (see Fig.3.A).

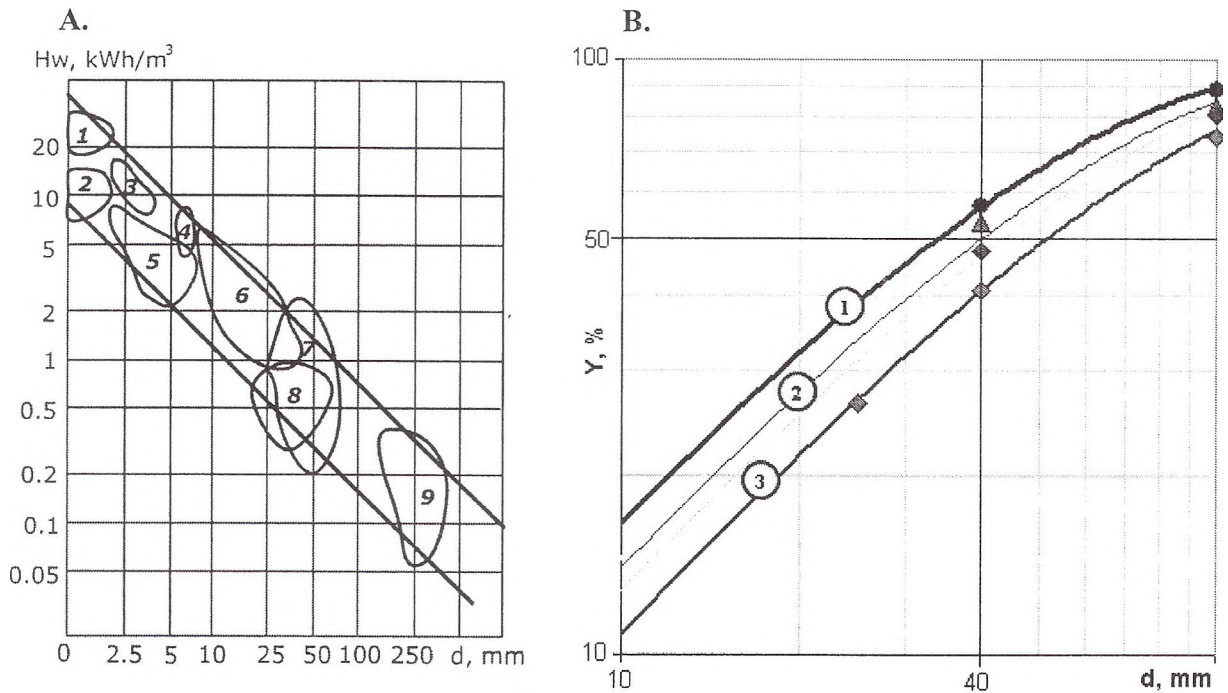


Fig. 3. Effect of method of breakage on specific energy consumption (A.) and the resulting average oil shale and limestone sizing (B.)

Where, 1 – drilling in limestone; 2 – drilling in oil shale; 3 – cutting machine in limestone; 4 – cutting machine in oil shale; 5 – cutting of layer B with shearer loader UKR-1; 6 – cutting with shearer; 7 – cutting with DKS (a mean for measuring cuttability) in limestone; 8 – cutting with DKS in oil shale; 9 – breaking with ripper (surface mining); Wirtgen 2500SM sizing data (up-cutting direction): ① – cutting in oil-shale complex EF (0.43m); ② – cutting in limestone seams A/B (0.18m) and C/D (0.25m); ③ – cutting in oil-shale complex CB (0.36m).

Risk Analysis of SM Productivity

Risk assessment is the process of deciding whether existing risks are tolerable and risk control measures adequate. Risk assessment incorporates the risk analysis phases [3; 4].

Main aspects influencing the efficiency of the combine work concern the duration of the processes. Cutting different layers, track dumper loading (waiting), manoeuvres and maintenance processes are the most important factors. Investigations have shown that duration of the processes influence on productivity. The main quantitative approach used in risk analysis is the fault tree method [4; 5]. This method was selected as the most appropriate one for the risk analysis of the SM. In the first stage of the project time factor was taken into consideration. For probability determination the empirical approach was used. The fault tree indicating the probabilities of the SM processes and spent time. It is possible to select different variants and to determine the probability of one.

Figure 3 presents the fault tree that allows determining time deviations from the mean value. Four different test periods (variants: I-IV) of the SM were observed. Three of them was described above (Fig. 2) and the next one was on the basis of recent experimental data at “Kiviõli” open pit. For determination suitable variants positive numbers were chosen in comparison analysis with productivity received during the tests. Application of the fault tree is presented in Table 1. Selected variant of the tests give different value of the probabilities and deviations from the mean value. Having this information, a specialist can come to an adequate decision and improve the quality of the processes.

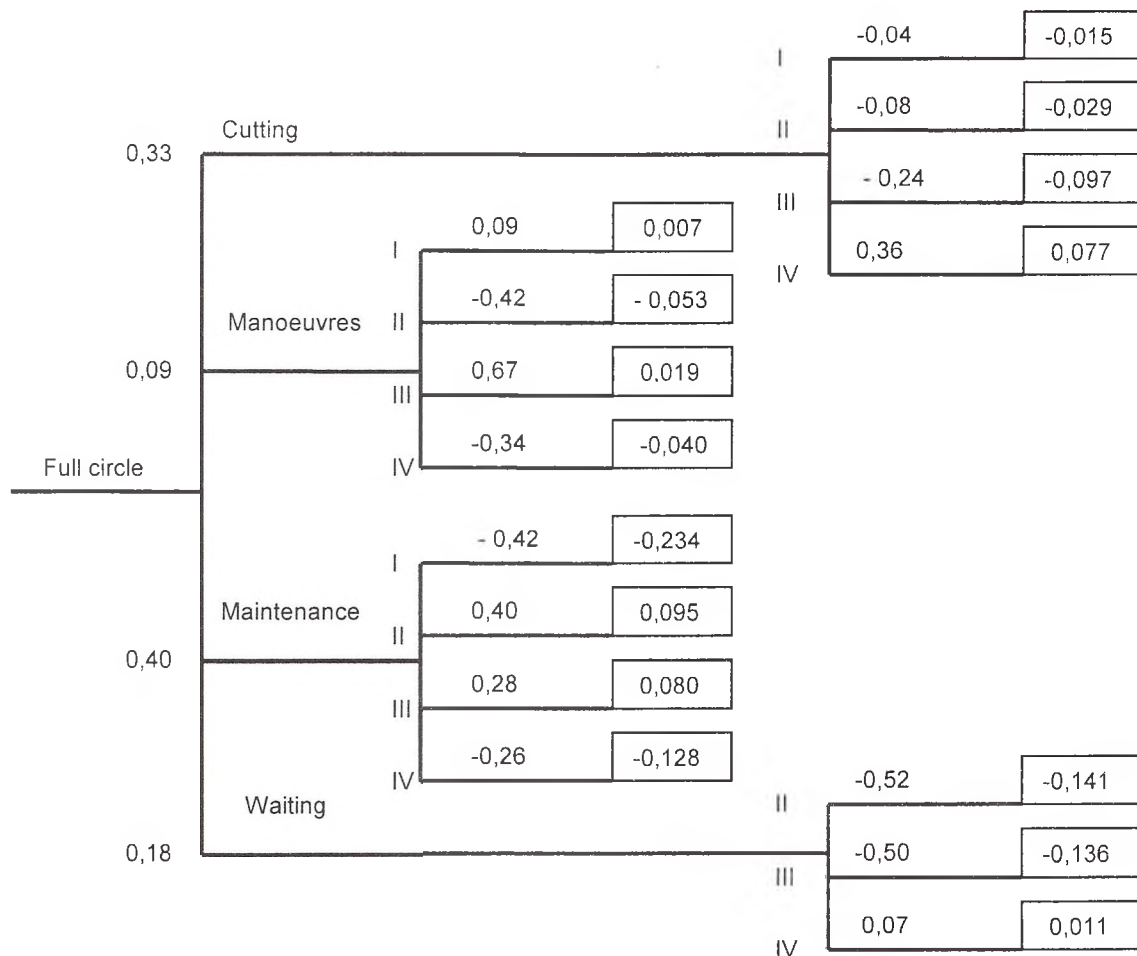


Fig.1. Fault tree of time deviations from the mean value

Table 1.

Different value of the probabilities deviations from the mean value in comparison with productivity

Test	I	II	III	IV
Maintenance	-0.234	0.095	0.080	-0.128
Cutting	-0.015	-0.029	-0.097	0.077
Waiting	-	-0.141	-0.136	0.011
Manoeuvres	0.007	-0.053	0.019	-0.040
Productivity, %	100	82	78	75

Discussion

Currently Estonia is independent energy producer thanks to existing of Oil-Shale deposit and favourable mining and processing conditions. Due to environmental restrictions and social pressure testing of high-productive, environmentally friendly, mechanical mining is needed for successful continuation of independent energy supply (oil shale) for EU state country, Estonia. Situation in energy market of EU will be change in the nearest future. Decreasing need for energy import to Estonia will be very helpful for European energy market. New flexible and powerful mining technology will guarantee securing independence of Estonian energy sector [6]. Development of mining machinery and mining technology by the way of

selective mining will improve environmental situation in Europe and Baltic Sea region. Effect can be achieved in decreasing CO₂ pollution, ash pollution and water pollution.

Selective mining enhances the quality of oil shale. Through the cutting quality the mineral resource utilisation is more effective and environmental impact is lower. The disturbing impact of drilling-blasting operations in quarries and open pits next to densely populated areas causes vibration, dust and noise emissions which are arguments to stop operations where blasting is used. Surface miner high-selective technology has perspectives due to reduced dust and noise, non-existent vibration and dust emission levels also.

By extending the applicability of the surface miner/road cutting technology from soft material into semi-hard and hard rocks with UCS of up to 110-120 MPa, an economically and environmentally acceptable alternative to drilling and blasting could be available. By taking into account the rock-mechanical and mine planning aspects of the test application, an evaluation of the overall economical feasibility and the transfer of the results to other European hard rock mines can be ensured.

Conclusions

Results which will be obtained by this project can result in applications in different industrial sectors. The main applications will of course be found in the surface mining and road construction sectors. Further applications or input can be expected into all those sectors utilising bits comparable to those tested in the project (e.g. improved underground cutting head machines or machines for railway construction, rebuilding of concrete/asphalt pavements of roads and airport runways, water and gas pipeline trenches, underground installations, etc.). New applications could be seen in zones where rock soils could be transformed into zones with agricultural capacities.

Fault tree allows determining suitable choice for different tests of surface miner. Surface miner productivity of test (I) were accepted as 100 %. This high productivity could be explainable absence of waiting time (different loading technology). Worse result demonstrate test (III) where cutting present greatest negative value. Having this information, we can come to find adequate decision for improve the quality of the processes and achieve high productivity. For determination of the best productivity is necessary to give attention on processes with negative value and try to improve their quality.

Acknowledgment

Estonian Science foundation (Grand No. 6558, 2006-2009) supported the research.

Bibliography

1. Wilke, F.L., Spachtholz, F.X., 1993. Operational Conditions for Continuous Mining Systems in Hard Rock Open Pit Mines. Brite EuRam II project BE 6044 of the European Commission, www.tu-berlin.de.
2. Adamson, A., Jostov, M., Kattel, T., 2006. Perspectives for the Mining of Oil Shale and Limestone with Surface Miner in Estonia. ISCSM Aachen 2006.
3. Calow, P. Handbook of Environmental Risk Assessment and Management. – Oxford, Blackwell Science, 1998
4. Williams, D. J., Loch, R. J., Vacher, C. Risk assessment applied to tunnel erosion of mine spoils // Proc. of the 11th Tailings and Mine Waste Conference. 10–13 October 2004, Vail, Colorado, USA, 2004, P. 63–70.
5. Rail safety research // Collection of the research reports. 1992–2005. www.railreg.gov.uk/server/show/nav.1184.
6. Valgma, I., Nikitin, O., Lohk, M., 2006. Oil Shale Mining Development in Estonia. Taiex Workshop on EU Legislation as it Affects Mining, TUT, Department of Mining, Tallinn 2006.

THE CHOSEN CLASSICAL AND NON-CLASSICAL ALGORITHMS IN THE GEODETIC MEASUREMENTS OF DISPLACEMENTS *KLASISKO UN NEKLASISKO ALGORITMU IZVĒLE DEFORMĀCIJU ĢEODĒZISKAJOS MĒRĪJUMOS*

Sławomir Gibowski

University of Zielona Góra, Faculty of Civil and Environmental Engineering
65-516 Zielona Góra, ul. Prof. Z. Szafrana 2, Poland
Ph: (0-68) 3282636, fax: (0-68) 3247292, e-mail: S.Gibowski@ib.uz.zgora.pl

Abstract. *The approach to analysing the measurement results of a levelling network which was established to identify the vertical displacements of the earth dam crone of a waste pond was presented in the paper. The obtained measurement results carried out by a precise levelling method were used in determining the precise displacements of the controlled points in the time function. The non-linear models of a kinematic network were applied to describe the displacements. A numerical evaluation of periodic measurement results was carried out by classical algorithms and neural networks. The neural networks recognized as the sophisticated modelling techniques were able to copy the non-linear functions.*

Keywords: *non-uniform settlements, kinematic geodetic network, neural networks.*

Introduction

The kinematic state of a geodetic measuring-controlling network is determined on the basis of the estimated parameters values of a given kinematic model. This model describes the points movement. The kinematic model of a geodetic network differs from the static model because it also enables to record the object deformation changes in time and in space. The following three issues have been taken into consideration while analysing the measurement results in the kinematic way: determination of a hypothetical model structure, estimation of numerical values, checking the model adequacy (its structure and the estimated values).

The characteristics of a given object

The waste pond, consisting of two chambers, was located on the area of an industrial establishment. The sketch of a geodetic network consisting of 30 measurement points located on the earth dam crone of the waste pond was presented in the fig.1. The points were located according to the project made by the experts in geotechnics. The measurement periods were carried out within the years 2001-2004. Calculations were done by the precise levelling method by the means of a levelling instrument Ni 007 and at the same time the 70 height differences were observed in each measurement period.

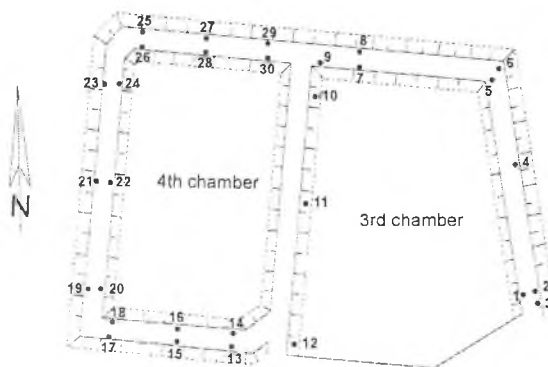


Fig.1. The sketch of the points arrangement of a measuring-controlling network
The data analysis

The displacements research was preceded by the data analysis. The simplest protection was applied to avoid observation errors which had the values severally crossing the limit of random errors in the form of the loop traverse closing. The error value $m_{[\Delta h]} = 2m\sqrt{n+n'}$ was assumed as the correctness criterion of the done observations. The value m means a measurement square error of a single height difference and the values n and n' mean the number of the levelling instrument stations in the „forward” and „backward” direction. The precise control was carried out on the basis of the correction number ratio to its square mean error:

$$\frac{|v|}{m_v} < 2 \quad (1)$$

The diverged observations ($|v|/m_v > 2$) were eliminated on the basis of the observation adjustment results done by a least square method within the minimal limitation of the freedom degrees.

The sensitivity of the displacements model

The application of a definite structure of the displacements model in the description of the kinematic state of a network requires the precise analysis of the model due to its sensitivity. The model sensitivity can be calculated by the following scalar coefficient:

$$a = \sigma_0 \sqrt{\frac{\delta}{\lambda_{\min}(\mathbf{M})}} \quad (2)$$

where: a – sensitivity of a model

σ_0 – mean error of a typical observation

δ – non-centrality parameter

λ_{\min} – minimal eigenvalue matrix of the normal equation system ($\mathbf{M} = \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A}$)

The value of the above-presented coefficient (2) stands for the least absolute deformation value which may be detected by the given model. The non-centrality parameter is the basis for calculating the sensitivity of a model. This parameter was calculated according to Gil's (Gil, 1995) suggestion in this paper. The non-centrality parameter can be calculated from the correlation:

$$\delta = \frac{\Delta E}{\sigma_0^2} \quad (3)$$

where: ΔE – the increase of the square norm of the corrections' vector V determined on the basis of an observation system adjustment within the minimal limitation of the freedom degrees and the adjustment fixed on the assumption of the absolute constancy of the reference points set.

σ_0 – mean error of a typical observation

The maximum value of the non-centrality parameter reached the level of $\delta = 2.0$ but sensitivity of a model reached the level of $a = 1.4$ mm

The geometry of the least square method

The adjustment issues in the linear and non-linear aspects are connected with the knowledge of the geometrical aspects of a least square method. In the case of a linear model the plane is the space estimation (fig.2) but in the case of a non-linear model the surface is the space estimation (fig.3). Minimization of the sum of the second powers corrections $V(X)$ of a linear model aims at searching for an estimator \hat{X} of parameters' vector X in order to place a given point $P(P_1, P_2, \dots, P_n)$ located in the estimation space as a vector $\hat{L} = \mathbf{A}\hat{X}$ as close as possible to the point L determined by an observation vector $L(l_1, l_2, \dots, l_m)$.

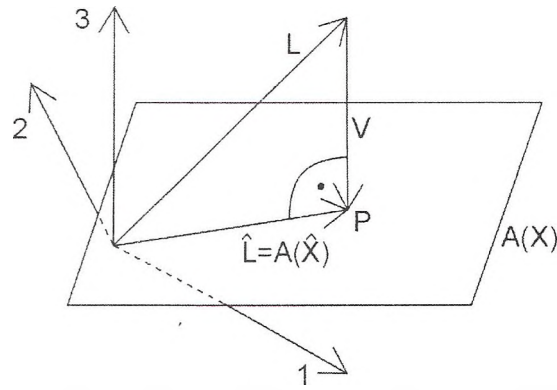


Fig.2. The geometry of the least square method in the linear aspect

In the case of a non-linear model minimization of the sum of errors second powers to observations $V(X)$ aims at searching for such an estimator $\hat{L} = A(\hat{X})$ in the estimation space which is located closely to the point determined by an observation vector $L(l_1, l_2, \dots, l_m)$ (fig.3).

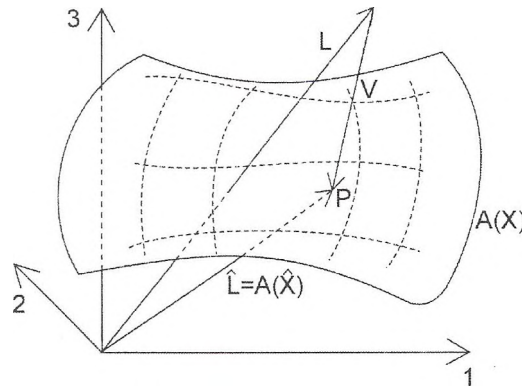


Fig.3. The geometry of the least square method in the non-linear aspect

The non-linear feature of the displacements model

The non-linear model can be presented in the general form as:

$$E(L) = A(X) \quad (4)$$

where: E – operator of an expected value (the average value of a random variable L)

L – observations vector

A – non-linear projection which assigns an observation vector $L \in R^m$ to the parameters' vector $X \in R^n$, provided that $m \geq n$

R^m – measurements space

R^n – parameters space

Most of the adjustment tasks were proceeded by the linearization of a non-linear model in the point of the known approximation X_0 in the form of:

$$E(\Delta L) = \partial A(X_0) \Delta X \quad (5)$$

where: $\partial A(X)$ - partial derivatives matrix of A projection

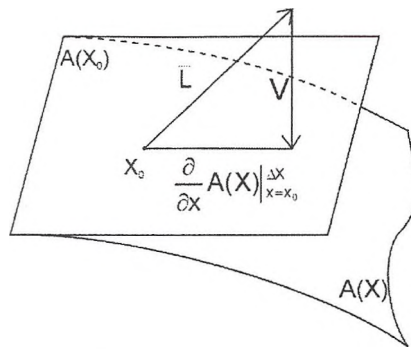


Fig.4. Linearization of a non-linear model $A(X)$

A reference system identification

The correct defining of the displacements model depends on the way the reference system is defined. Gil's method of defining a reference system (Gil, 1995) was adopted in the paper. This method consists of the two stages:

- the preliminary identification,
- the final identification.

The preliminary identification aims at determining the most possible numerous set of points which can remain the reciprocal constancy within the defined approximation. The idea of the two adjoining objects (O^1) and (O^2) represented by the two n -element sets of points $\{S^1\}$ and $\{S^2\}$ in the space R^1 was applied to search for an object location (O^2) with regard to the object (O^1) in order to the differences of their geometrical internal features would reach the minimal value. The optimal solution can be found on the segment between the two points or in the one of the extreme points. If the numbers of sets points $\{S^1\}$ and $\{S^2\}$ are sorted out provided that the lengths h_i fulfil the condition $h_1 \leq h_2 \leq \dots \leq h_n$, hence, the function of the sum of absolute divergences reaches its minimum in the range of $h_{n/2} \leq x \leq h_{n/2+1}$ for the even number of points (fig.5) but for the odd number of points, the function of the sum of absolute divergences reaches its minimum in the point $x = h_{(n+1)/2}$ (fig.6).

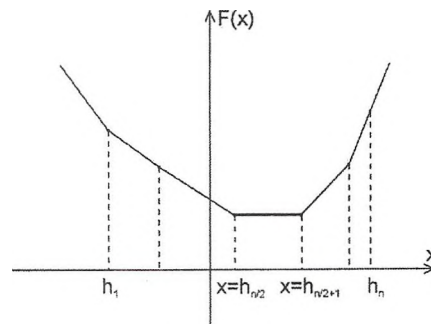


Fig.5. Minimum sum of absolute divergences for the even number of points

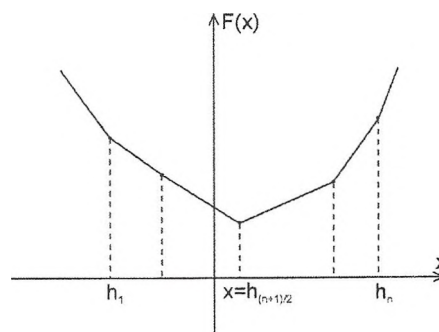


Fig.6. Minimum sum of absolute divergences for the odd number of points

Defining a reference system in the final version aims at doing research on the reaction of an observation system which is caused by the increase of points number fulfilling the condition of the absolute constancy in the process of adjustment. The differences values of geometrical features of points sets $\{S^1\}$ and $\{S^2\}$ can be sorted out according to the increasing absolute value $|w_1| \leq |w_2| \leq \dots \leq |w_n|$ on the basis of the preliminary identification. The consecutive network adjustment within the absolute constancy of its points can be done provided that the increase of the number of constant points according to the fixed order is taken into consideration. This can be done until the increase of the second power of error corrections norm reaches the critical value ΔE_k :

$$\Delta E_k = -2\left(m^2 + \frac{m^2}{2r}\right) \ln\left(1 - P^{\frac{1}{k}}\right) \quad (6)$$

where: P – probability value

m – mean error of a single observation defined from the adjustment within the minimal limitation of freedom degrees

r – number of supernumerary observations

k – number of points within the absolute constancy assumption

The way of identification of a reference system for the obtained measurement data was presented graphically in the fig.7.

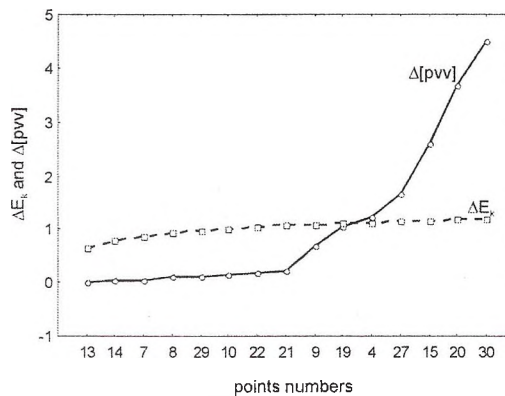


Fig. 7. Identification of points of a reference system on the basis of a critical value ΔE_k

Finally, the reference system was defined on the following four points 7, 8, 9, 13, which remained the reciprocal constancy in the whole period of measurement process.

The models of kinematic networks

The general form of a kinematic model of vertical displacements of the geodetic points network shows the following formula:

$$\Delta h = \Delta h(t, x) \quad (7)$$

where: Δh – change of height difference

t – time (real variable)

x – parameters vector

The following three kinematic models were applied in the paper:

$$1. \quad \Delta h_1(t, \alpha) = \alpha_1 + \alpha_2 t + \alpha_3 t^2 \quad (8)$$

$$2. \quad \Delta h_2(t, \alpha) = \alpha_1 + \alpha_2 \exp(-\alpha_3 t) \quad (9)$$

$$3. \quad \Delta h_3(t, \alpha) = \frac{\alpha_1 t}{\alpha_2 + t} + \frac{\alpha_3}{t} \quad (10)$$

The optimized neural network

The optimized neural network with the circular structure was used in the process of estimation of parameters of points movements in both the linear and non-linear model. This optimized neural network was applied to solve a system of equations in the form of (Osowski, 1996):

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{l} \quad (11)$$

where: $\mathbf{A} \in R^{m \times n}$ – ($m > n$) matrix of coefficients of equations system corrections

$\mathbf{x} \in R^n$ – vector of the unknowns

$\mathbf{l} \in R^m$ – vector of absolute terms

The task solutions aimed at defining the coefficients of parameters vector \mathbf{x} which was to meet the condition (12) with the smallest error (Osowski, 1996). Hence, the objective function can be presented in the following formula:

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}) = (\mathbf{Ax} - \mathbf{l})^T (\mathbf{Ax} - \mathbf{l}) = \|\mathbf{Ax} - \mathbf{l}\| \rightarrow \text{minimum (for } \mathbf{x} \in R^n) \quad (12)$$

In order to minimize the sum of the second power of observation correction, the gradient method was also applied to solve a differential system of equations written in the matrix form:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = -\mu \nabla \mathbf{F}(\mathbf{x}) = -\mu \mathbf{A}^T (\mathbf{Ax} - \mathbf{l}) \quad (13)$$

where: $\nabla \mathbf{F}(\mathbf{x}) = \left[\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial x_1}, \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial x_n} \right]^T = \mathbf{A}^T (\mathbf{Ax} - \mathbf{l})$ - the gradient vector defined by partial derivatives of the objective function with regard to individual variables

μ - neural network learning coefficient within the range of (0,1)

The obtained results

Firstly, the values of points displacements were determined on the condition that the network was static. The calculations were done by the means of least square method within the defined reference system based on the points 7, 8, 9, 13. The calculated displacements were in the range of -5,9 - +2,2 mm (fig.8) in the course of the whole measurements periods.

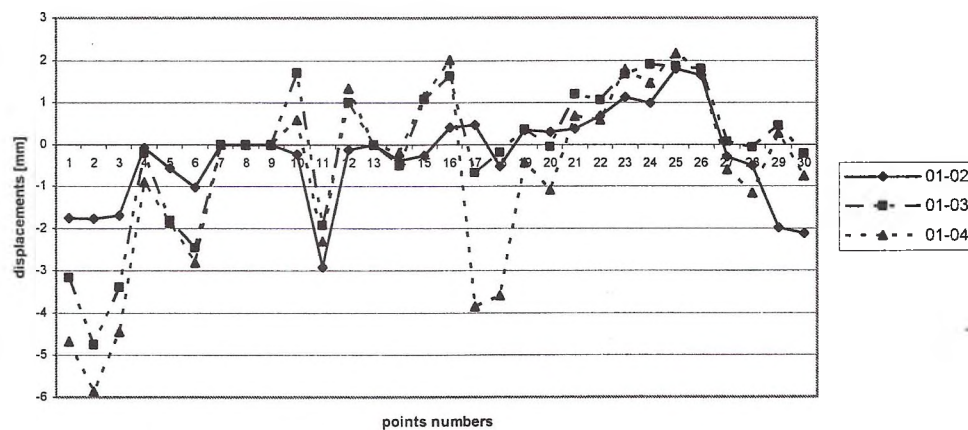


Fig.8. The diagram of displacements calculated by a least square method

The model (8) in the form of quadratic polynomial is a linear model according to the parameters vector $\mathbf{x} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$. The coordinates values of this parameters vector can be determined either by a classical procedure of the least square method or by a neural network. As a result of the application of the above-mentioned algorithms the deflection differences among those three models were within the range of 0,01-0,07 mm. The state of a kinematic network described by the model (8) was shown in the fig.9.

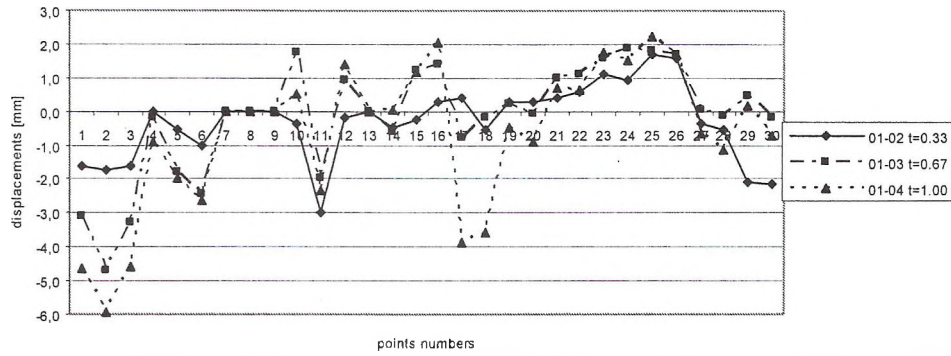


Fig.9. The diagram of points displacements for the model (8) defined by a least square method and by a neural network

The expected results were not achieved in the process of the model linearization (9) in the form of the exponential function because the mentioned model could not be transformed into a linear one. Hence, this parameters model were estimated by a hybrid method according to the following way:

- the estimation of parameters α_1 and α_2 of a linear model for α_3 equalling a given constant,
- the estimation of parameters α_3 of a non-linear model for α_1 and α_2 having the constant values.

The linear estimator of the vector parameter $\hat{\alpha}_1$ i $\hat{\alpha}_2$ was being searched by an iterative Jacobi's method. While the non-linear estimator $\hat{\alpha}_3$ was determined by the biggest descent method. The displacements diagram was presented in the fig.10. In the case of neural networks the problem of estimation of points movements parameters can be solved by a neural network based on the conjugation gradients method (fig. 11).

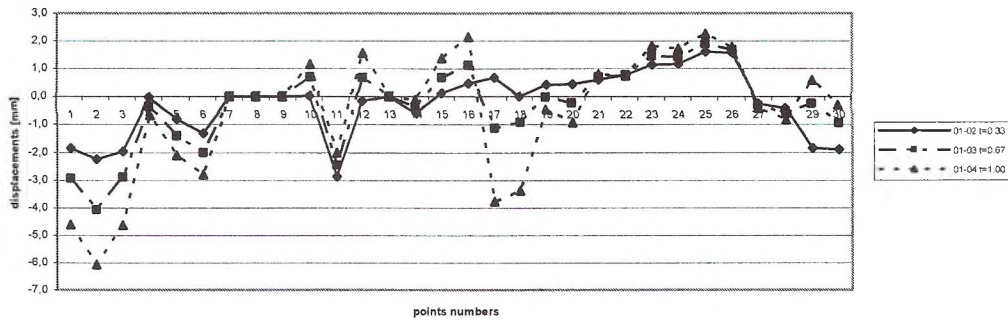


Fig.10. The diagram of points displacements for the model (9) calculated by the hybrid method

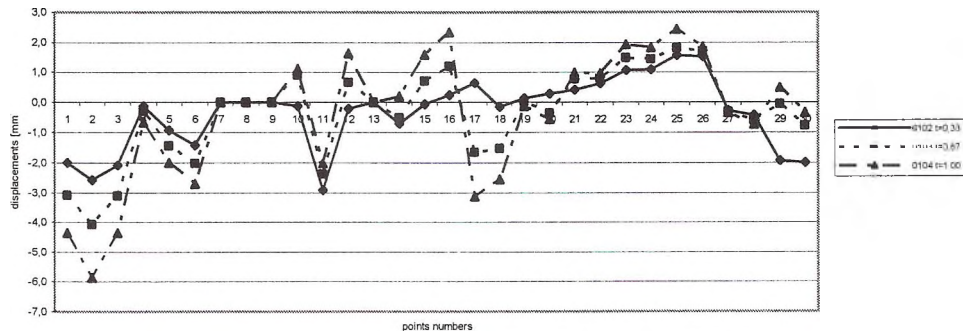


Fig.11. The diagram of points displacements for the model (9) calculated by a neural network basing on the conjugation gradient method

The difference in displacements calculated by the exponential model and the polynomial model was within the limit of 1 mm.

Michaelis-Menten's modified model (10) was compiled by a neural network with the application of a bipolar activation function with the fixed value of a slope coefficient $\beta=0,05$. The non-linear activation functions did not generally improve the process of parameters estimation. The displacements values calculated by this model were graphically presented in the fig. 12.

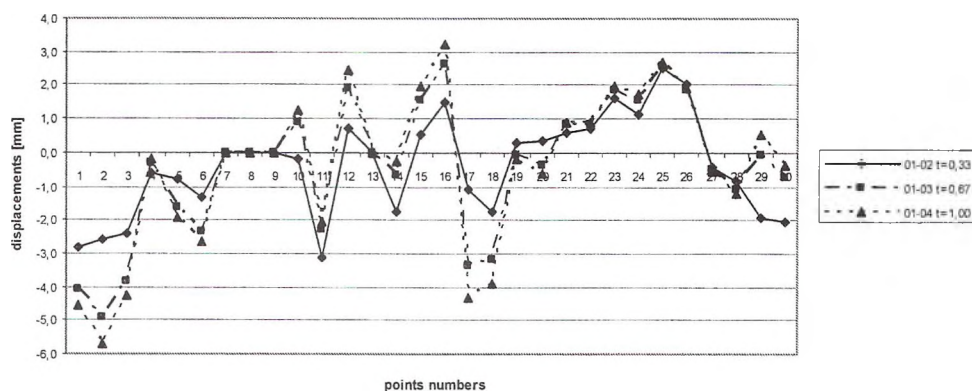


Fig.12. Displacements determined on the basis of the modified Michaelis-Menten's model (10) calculated by a neural network with the application of a bipolar activation function

The general characteristics of this model accuracy and the accuracy of a model in the form of an exponential function reached the level of a mean error of a single observation $m_0=0,5-0,6$ mm, while the coefficients differences of displacements vectors determined by those two above-mentioned models and by the polynomial were within $1 \div 3$ mm range.

Conclusions

- The values of mean errors of a single observation m_0 resulted from the application of a neural network and classical algorithms were within the range of $0,4 \div 0,6$ mm.
- The differences of displacements values determined by the above-mentioned models were within the range of $1 \div 3$ mm provided that the whole measurements periods were taken into consideration.
- A neural network applied in estimation of kinematic models of a vertical measuring-controlling geodetic network has been an effective tool providing us with authoritative results.

Bibliography

1. Brillouin L. „Nauka a teoria informacji”, PWN, Warszawa 1969.
2. Gil J. „Badanie nieliniowego geodezyjnego modelu kinematycznego przemieszczeń (na przykładzie obciążanego podłoża gruntowego)”, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, Zielona Góra 1995.
3. Kadaj R., „Modele, metody, i algorytmy obliczeniowe sieci kinematycznych w geodezyjnych pomiarach przemieszczeń i odkształceń obiektów”, Wydawnictwo AR w Krakowie, Kraków 1998.
4. Lazzarini T. oraz zespół współautorów. „Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia”, PPWK, Warszawa 1997.
5. Niemeier W., 1982. „Design, diagnosis and optimization of monitoring networks in engineering surveying”, Proceed. Of Centennial Convention, Canadian Institute of Surveying.
6. Osada E. „Analiza, wyrównanie i modelowanie geo-danych”, Wydawnictwo AR we Wrocławiu, Wrocław 1998.
7. Osowski S. „Sieci neuronowe”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996.
8. Pelzer H., 1972. „Nachweis von Staumauerdeformationen unter Anwendung statistischer Verfahren”, Berichte DVW Arbeitsgruppe B, Deutscher Geodätentag, Braunschweig.

**PREDICTION OF THE TECTONIC PROCESSES AT A SELECTED
AREAS FOR DISPOSE RADIOACTIVE WASTE**
*TEKTONISKO PROCESU PROGNOZE IZVĚLĚTO RADIOAKTĪVO
ATKRITUMU DEPONĒŠANAS VIETĀS*

Vladislav Morozov, Sergey Belov, Ilya Kolesnikov, Victor Tatarinov

Geophysical Center of RAS

117296, Moscow, GSP-1, Molodeznaja, 3, Russia

Tel. +7 (495) 9305639, fax +7 (495) 9300506; e-mail: morozov@wdbc.ru

Abstract. *The possibility of using deep geological formations to dispose of high-level radioactive waste (HLW) is a subject raising heated debate among scientists. In Russia, the idea of constructing HLW repository in the Niznekansky granitoid massif (NKM) in Krasnoyarsk area is widely discussed. To solve this problem we are elaborating a technology associated with time – space stability prediction of the geological environment, which is subject to geodynamic processes evolutionary effects. It is based on the prediction of isolation properties stability in a structural tectonic block of the Earth's crust for a given time. The danger is in the possibility that the selected structural block may be broken by new tectonic faults or movements on a passive fault may be activated and thus underground water may penetrate to HLW containers.*

Key words: *tectonic, radioactive waste, evolution of Earth's crust, modern stress, faults, GPS.*

The technology comprises the following complex of research methods.

1. Structural geology, engineering geology and geomorphology methods of fault block tectonics.
2. Heterogeneous finite-element modeling of stress fields distribution in structural blocks.
3. Paleotectonic reconstruction of stress – strain state of the areas under investigation for a period of time of up to 1 million years.
4. Zoning of the area and separation of deep linear zones from geological and geophysical data that can be potential zones of tectonic faults on the basis of artificial intelligence methods.
5. GPS-observations of modern movements of the Earth's crust.
6. The method of rock destruction time calculation on the basis of the kinetic theory of solid bodies' strength.

Introduction

Scientists have heated discussions on the possibility of using deep geological formations to dispose of high-level radioactive waste (HLW). In Russia the possibility of construction a HLW repository in the NKM in the area of city Krasnoyarsk is being widely debated (Anderson, 2001). The major problem is the required prognosis of the geological environment isolation characteristics persistence for a long interval of time such as $10^4 - 10^5$ years. In such a period of time, geodynamic processes are able to make radical changes in engineering geology and hydrogeology features (variation of groundwater level, water-bearing horizon head, new infiltration channels formation and others) and result in the destruction of HLW repository with disastrous impacts on the environment. Solving this problem, we are developing a technology to predict the stability in time and space of the geological environment, which is subject to evolutionary effects of geodynamic processes (Morozov V. N., 1996, 2004). It is based on the use of a combination of methods having the final goal to make a prognosis of structural tectonics blocks destruction of the Earth's crust.

Any area of the Earth's crust in which a repository could be planned to be located is a system of blocks limited with surfaces of tectonic dislocations of various hierarchy levels. The technique of selecting sites suitable for HLW repositories construction is based on the search

in stable geological areas for structural tectonic blocks having the least density of faults in maximum volume. At the same time, evidently, there are no areas free of dislocations in the crust and the separated blocks are relatively less dislocated; local stress fields, which are non-stationary with time, surround them. The blocks get destroyed, and new channels of ground water infiltration are formed.

The elaboration of prognosis technology (fig.1) is based on the following prerequisites:

1. The evolution of the Earth's crust is determined by the intensity of tectonic process development in the region. The process velocity depends on the level of effective tectonic stresses and physical and mechanical characteristics of rocks.
2. Tectonic stresses field retaining the inherited tendencies of the region tectonic evolution varies in time and space.
3. Modern stress – strain state in combination with the inherited tendency of time – space variation of tectonic stress local fields is a basis of the destruction processes development in structural tectonic blocks.
4. Inherited directions depending on the effective tectonic stress tensor determine the direction of new tectonic faults formation and the old faults activation.
5. Local areas of increased stress concentration are the most likely places to initiate destruction of the geological environment and the structural block.

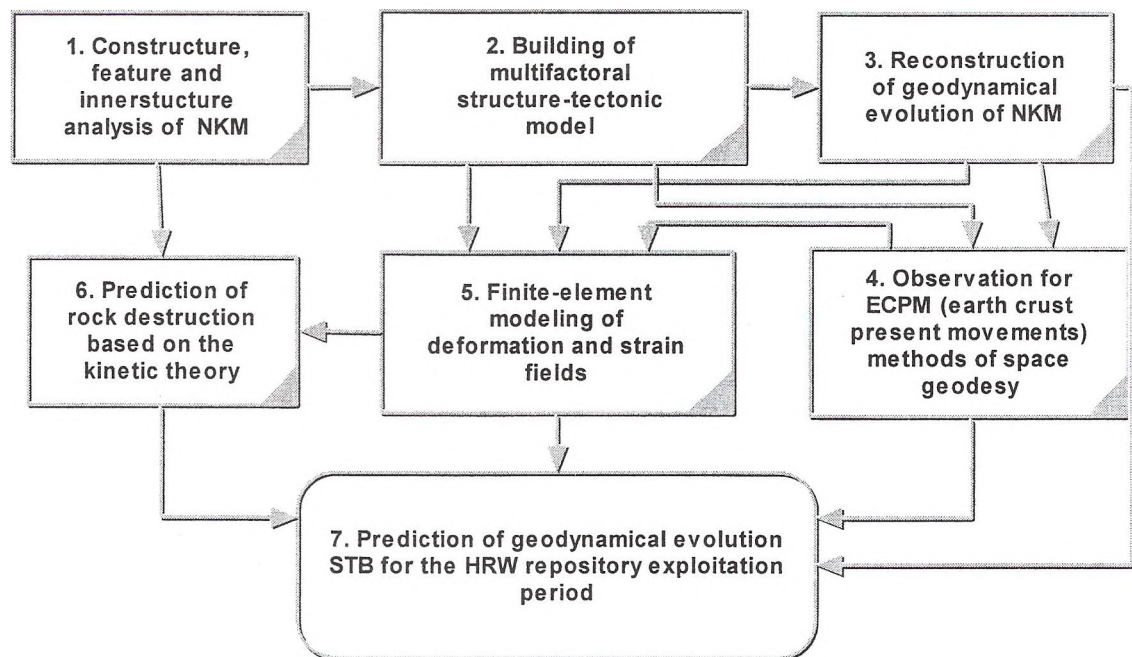


Fig.1. The basic stages of technology

From practical viewpoint, it is reasonable to predict crustal blocks evolution of NKM in Russia where work is being carried out to select a site of underground laboratory construction. The urgency of work in that region is caused by the fact that now a decision is to be made on the underground laboratory construction (this stage is obligatory in compliance with the concept of HLW repositories construction). Thus the prediction of geological environment evolution will allow us to avoid unjustified financial loss and to decrease the risk of radionuclide pollution of the environment if the selected sites do not meet safety standards.

Results of researches

Multifactoral structure-tectonic model of NKM

NKM is a single, independently formed and synorogenic bathylite (fig.2).

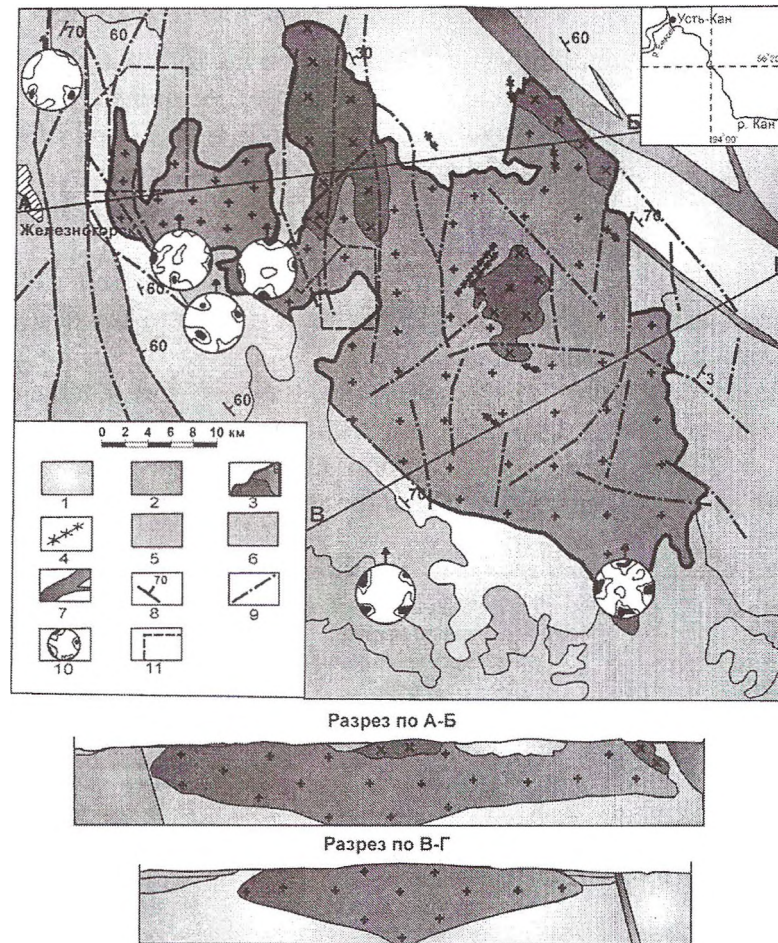


Fig.2. NKM area geological structure scheme

1 - geiss (AR); 2 - amphibolite, quartzite and marble (AR-PR); 3 - contour of NKM granitoids: a - diorite of 1-st stage; b-granite of 2-nd stage; 4 - dikes; 5 - terrigenous-volcanic deposits (PZ_2); 6 - terrigenous deposits (J); 7 - mylonite areas; 8 - main faults; 9 - grike orientation diagram; 10 - rock position elements; 11 - areas of detailed research (from south-east to north-west: "Kamenniy", "Itatskiy", "Eniseiskiy").

Top edge morphology

Massive top edge morphology analysis is important because the surface of top edge is its depth geodynamical activity "mirror". NKM occupies a floor space of 2000 sq. km. Its length amount to 60 km. in the north-west direction and its width amount to 23-35 km. Top edge densely desiccated with present erosion processes. Vary of absolute elevation is amount 250 m. with a maximum elevation more than 500 m.

Relief flattering action, which was added by present elevation average thickness diminution from of loose deposits in amount of 50 m, was applied for the revealing of general regularity for NKM top edge structure. Scheme on fig. 3 is a result of this transformation. Its analysis shows that east roof half is raised and has enough simple rolling relief with smooth isolines and minimum number of areas with harsh grade of isolines massif roof.

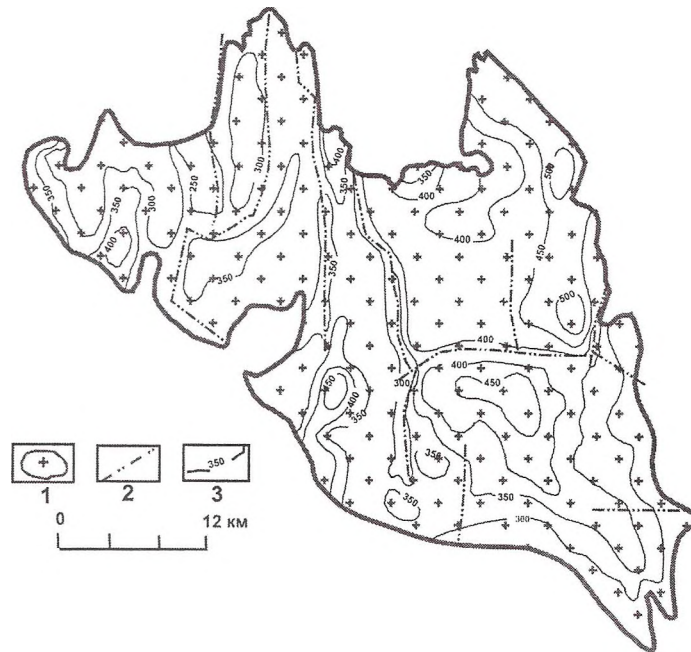


Fig. 3. Scheme of NKM top edge morphology
 1-NKM contour; 2-main faults; 3-contour lines of NKM top edge

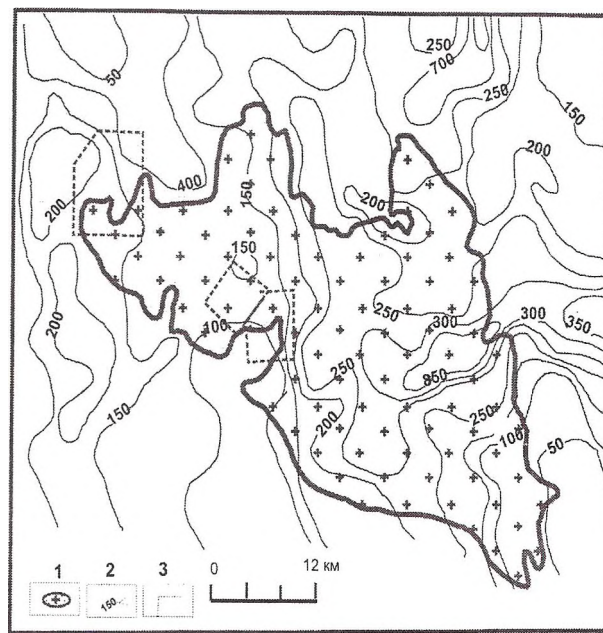


Fig. 4. Relief desiccate density map
 1- granites, 2-isolines of КИР; 3- "Kamenniy", "Itatskiy", "Eniseiskiy" areas contours

The Tectonic features of Relief

Relief is a second element of NKM structure-tectonic model, because it describes its present tectonic activity. Relief density dissection scheme is the integral characteristic of activity. This scheme built in C_{IR} isolines (fig.4). This coefficient was estimated by clusters with 4x4 km. sliding window, like a dependence of difference between minimum and maximum absolute elevation to unit area. C_{IR} reflects type of vertical ECPM and present endogen area activity. Level of C_{IR} rises when rate elevation becomes density.

Right side of NKM, situated to the east from Maliy Itat river, defines by more density elevation ($C_{IR} \approx 200\div 400$). Area with maximum values of C_{IR} situated on the territory with maximum roof elevation. In this area Kan river changes its course direction from meridional to latitudinal and valley becomes deeply incised into massif. Just at that place occurs maximum thickness of granites. Another part, situated to the west from M. Itat river, defines by low C_{IR} amount ($\approx 150\div 100$) and that gives an tectonic stability evidence of this area. "Eniseiskiy" block situated in rather unsafe area, which one contacts in the west to the maximum C_{IR} level area. Blocks "Kamenniy", "Itatskiy" situated within the stable part of NKM. This part of NKM slowly rises on the present stage of region tectonic evolution.

Analysis of block morphostructures and cleavage

Morphostructural relief analysis of 1:200 000 scale enabled creating detailed block composition of the area. This included revealing relief faults and blocks of varied height (fig. 5) into ten block levels with 50 m hypsometric gaps and 580 to 230 m height range. They are mainly isometric 2 to 8 km in diameter with often intra-block faults that could not be referred to as inter-block due to different height of their sides. The Eastern part of NKM features higher hypsometric level with blocks absolute height of 530 to 380 m. The Western part has lower blocks ranging 430 to 280 m.

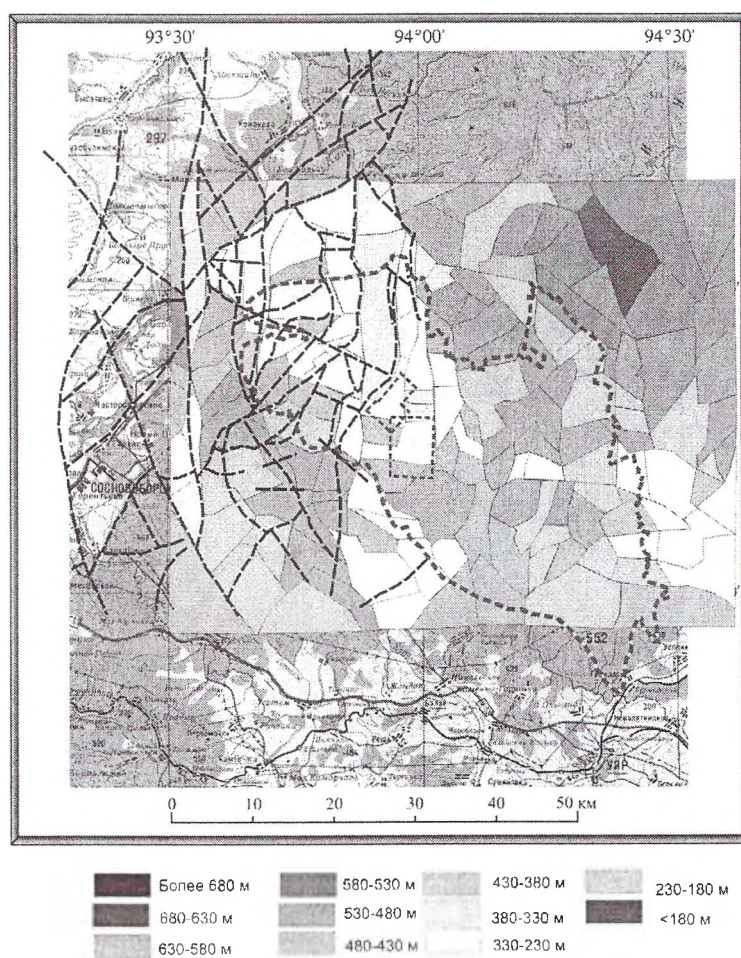


Fig.5. Structural and tectonic blocks of NKM

Finding structural non-uniformities and sign of tectonic activity

The described NKM model can be substantially improved and adjusted based on the survey of geophysical field, which enable identifying and tracing deep-earth geodynamic zones. In these terms, the data of airborne magnetic survey shall be processed through Euler inverse filtering with *RODIN* and *KRISTALL* artificial intelligence algorithms. See details in (Mikhailov, 2003).

Fig. 6 displays interpretation of anomaly magnetic field for $n=3,0$ and pattern 15 (center of mass for anomaly-forming objects). Application of cluster analysis enabled identifying isometric structure blocks dominating the NKM structure with average size of 6 to 9 km. Linear zones of different height found could be large tectonic faults.

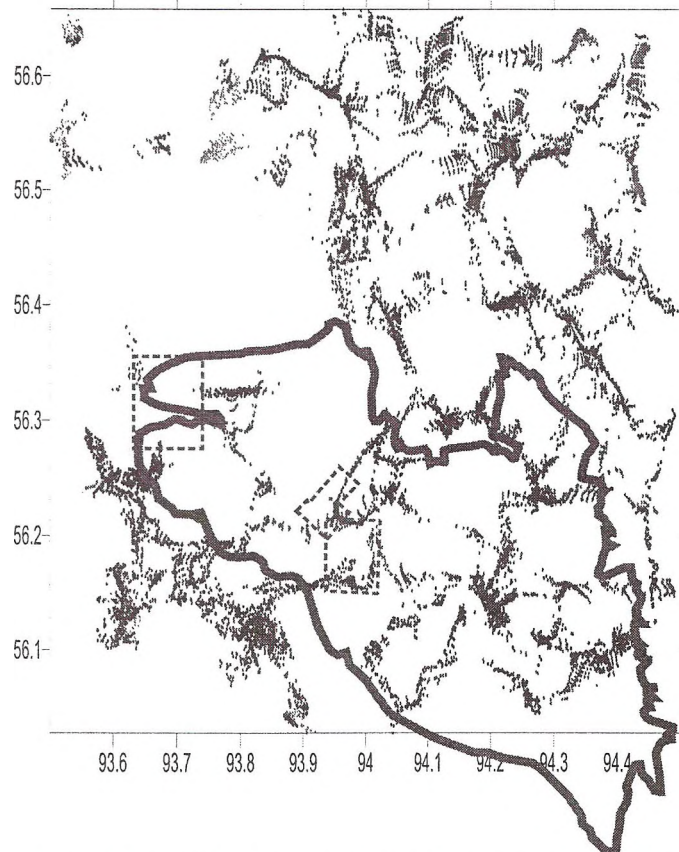


Fig.6. Interpretation of anomaly magnetic field

Simulating stress-deformed state

The aforementioned results of structural-tectonic and cluster analysis were used as the basis for SDS simulation through isoparametric rectangular finite elements of the finite elements method. Reconstructing the tectonic conditions of the area directed and measured the main stress activities (NE – SW).

Distributing the stress fields identified the following specificities:

1. Linear zones that can be geodynamic zones of faults through elongated zones of increased σ_l and τ_{xy} values, with dominating orientation 45° to the main stress direction.
2. The fault system of the central part of the area generally contributes to unloading a rock mass with average stress field of 10 to 25 mega Pascal.

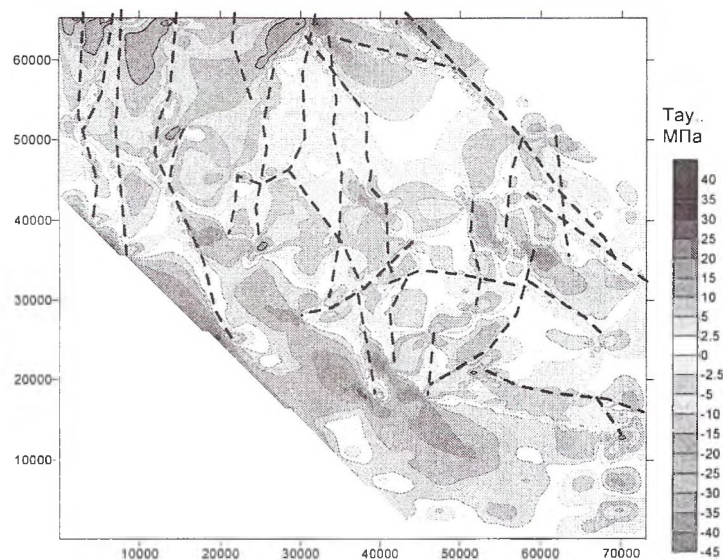


Fig.7. SDS simulation, τ_{xy} component

Monitoring the modern earth crust movements with GPS

Monitoring of the modern earth crust movements is a crucial step when forecasting how safe the isolation features of geologic formations will be. No geodynamic mode can be researched without definition of the rate the main tectonic deformations within the area of 100-200 km radius have. Analyzing the entire database, including space-geological images, geological and geophysical data, different tectonic maps and real topography of the area enabled identification of GPS points and optimizing the geodynamic network. Fig. 8 displays location of 1- and 2-tier geodynamic network points.

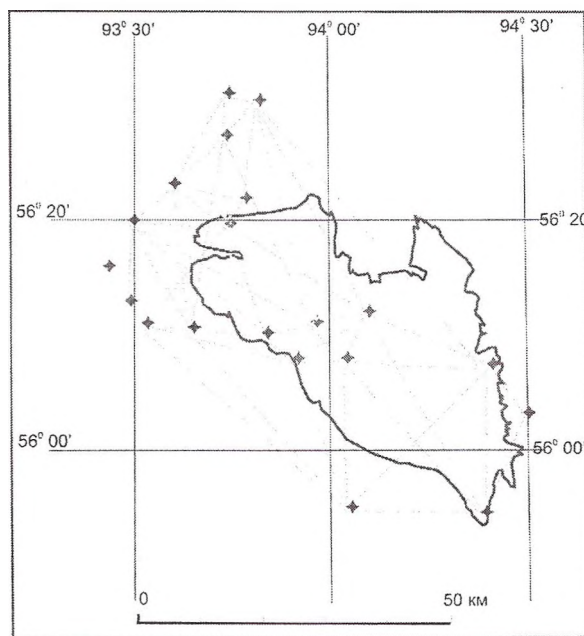


Fig.8. GPS point location

The main problem was selecting the place meeting the following criteria for survey:

1. No forest and radio wave deflector within 15 m from each mark.
2. Exposure of bedding rocks or a building with secure basement.
3. Transportation availability of the survey site.

Meeting all the requirements above was not feasible for the NKM area, because almost no exposures found. This is why uneven configuration of the network is intended to optimization and density increasing. Survey is planned to be carried out twice a year in a 5-6 year term.

Bibliography

1. Morozov V.N., Tatarinov V.N. The methods of selecting crustal areas of the Earth to dispose of ecologically hazardous waste. *Geoecology*. M. 1996. No. 6. Pp. 109 – 120.
2. Morozov V.N., Tatarinov V.N. From expert assessments to prognosis of the development with time of tectonic processes in the areas of HLW disposal. VII International conference “Nuclear Technologies Safety. Treatment of radioactive waste”. *Pro Atom*. 2004. Pp. 331 – 339.
3. Anderson E.B., Alekseev E. P., Datsenko V.M. et al. The results of combined geological and geophysical and specialized research in the area of Kamenny and abutting areas (Nizhnekansky massif). Report on research work of GUP “NPO V. Khlopin Radium Institute”. S-Petersburg, 2001.
4. Mikhailov V., Galdeano A., Diament M., Gvishiani A., Agayan S., Bogoutdinov S., Graeva E., and Sahlhac P. Application of artificial intelligence for Euler solutions clustering. *Geophysics*. 2003, vol. 68, no.1, p.168-180.

**ANALYSIS OF EARTHQUAKES AVAILABLE INFLUENCE ON
„ESTONIA” MINE UNDERGROUND CONSTRUCTION STABILITY**
*ZEMESTRĪČU IESPĒJAMĀS IETEKMES ANALĪZE UZ „ESTONIA”
PAZEMES RAKTUVJU KONSTRUKCIJU STABILITĀTI*

Oleg Nikitin

Eesti Põlevkivi Ltd, Development Department

10 Jaama str., Jõhvi, 41533, Estonia

e-mail: oleg.nikitin@ep.ee

Sergei Sabanov & Jyri-Rivaldo Pastarus

Tallinn University of Technology, Department of Mining

5 Ehitajate tee St, Tallinn, 19086, Estonia

e-mail: sergei.sabanov@mail.ee, pastarus@cc.ttu.ee

Abstract. *The processes of immediate roof exfoliation and pillars collapse accompanies by significant subsidence of the ground surface. Ground surface subsidence causes soil erosion and flooding, swamp formation, agricultural damage, deforestation, changes in landscape, ground water level decreasing and the formation unstable cavities. During experimental measurement of immediate roof absolute deformation on "Estonia" mine three earthquakes were registered. The main reason of investigation has served jumping characteristic of absolute deformation near a pillar after earthquake. Method of final elements for analysis of deformation modelling is used. Seismic risk assessment for underground constructions stability is presented in this study.*

Keywords: *earthquake, mining block, pillar, roof, stability, risk estimation.*

Introduction

Processes in overburden rocks and pillars have caused unfavourable environmental side effects accompanied by significant subsidence of the ground surface. Ground surface subsidence causes soil erosion and flooding, swamp formation, agricultural damage, deforestation, changes in landscape, ground water level decreasing and the formation unstable cavities. It is a large number of technical, economical, ecological and juridical problems.

Nowadays underground oil shale production obtained by room-and-pillar method with blasting. 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 various oil shale and limestone seams are quite different. The strength of the rocks increases in the southward direction. Ground surface subsidence result of pillars collapse. Depth of subsidence depends on extracted seam thickness. The first spontaneous collapse of pillars and surface subsidence in an Estonian oil shale mine took place in 1964. Up to the present, 73 collapses has been recorded [1].

The Problem Overview

During the period of three last years the oil-shale mining at "Estonia" mine introduced with new blasting technology with great entry advance rates (EAR). With such improved technology the EAR reached 3.8 m, that is two times greater than conventional technology can guarantee. The width of the room is determined by the stability of the immediate roof. As a result of such greater EAR the situations with unsupported room width \times length up to 7×5.5 m with decreasing the stability of immediate roof can be expected. The analysis of immediate roof stability based on an in-site underground testing by the leaving bench-mark stations and convergence measurements (see Fig. 1; 2).

During the short period 21.01.2005-04.02.2005 in Baltic region, three earthquakes were registered. The main parameters for two of them presented on the table below (Table 1). Basic

precondition to consideration of this paper has served jumping characteristic of absolute deformation near pillar after earthquake which characterised bottom line presented on figure 1.

21.09.2004 in the second part of afternoon in Tallinn area registered earthquaking shocks. It has also registered in Poland, Belorussia, Russia, Austria, Latvia, and Lithuania with earthquake magnitude 4.4 [8]. The Kaliningrad earthquake parameters are: date = 21-Sep-2004; 11:05:03.3; lat = 54.78 lon = 20.29; depth = 15km; ms: 4.1/2; mb: 5.7/3. Geophysicist of Estonian Center of Geology Olga Heinlo said DELFI, that earthquake magnitude in Estonia could be about 3. It was registered two epicentres of earthquaking shocks in Kaliningrad area with magnitude 5.2. Director of Latvian State Service of Geology Maris Seglinsh have made statement that significant earthquake magnitude observed in north-western part of Estonia at 16.45.

Table 1.

Data of earthquakes during 21.01.2005-04.02.2005

Magnitude:	mb 3.8	mb 4.3
Region:	BALTIC STATES – BELARUS - NW RU	BALTIC STATES – BELARUS - NW RU
Date Time:	29.01.05 at 13:17:48.0 UTC	27.01.05 at 14:07:26.7 UTC
Location:	58.96 N ; 22.70 E	57.23 N ; 25.15 E
Depth:	25 km	25 km
References:	128 km W Tallinn ; 5 km SW Kärđla	73 km NE Riga ; 12 km SW Cesis

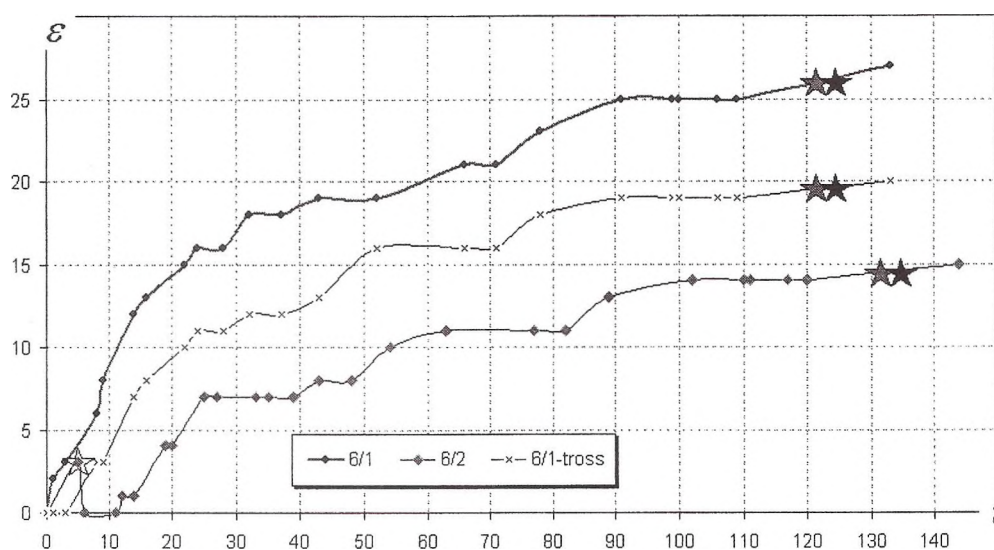


Fig. 1. Roof-to-floor convergence curves

Where, ε - immediate roof deformation, mm; t- period in days; ☆☆☆ - earthquakes in Kaliningrad (21.09.04); in Riga area (27.01.05) and in Tallinn area, near the island Hijumaa (29.01.05)

The bench-mark station 6/2 has been installed (16.09.04) on distance about meter from the working face (see Fig 2). After blasting work (21.09.04) the roof instant deformation in this point made 3 mm (measured before earthquake), and then after earthquake (22.09.04) the roof “jumping” up to zero mark (see Fig. 1, bottom line).

During analysis two hypothesis of given situation was considered. The first one is direct influence of earthquake, the second one is usual phenomenon caused by redistribution of roof deflections after the next blasting.



Fig. 2. Inspection area scheme

Where, face position marked with dotted line and date.

Influence of Earthquake

Knowing velocity of massive fluctuations (acceleration) at which there are the pressure causing infringements or collapse in mining developments, it is possible to judge comparative stability at unitary influence on them of seismic loadings, and seismo-explosive shock waves outside of operative range. On such data it is possible to estimate admissible and critical peak particle velocity at which mining development stability is lost.

By the researches results of Ural University admissible peak particle velocity at supporting by the timbering, strengthened by anchors makes 0.9 m/s and critical 1.2 m/s [7]. On Estonian standards, the same requirements shown as well for railway tunnels and subway overpass [2]. Critical peak particle velocity on USSR standards for underground constructions with service life up to $t = 4-10$ years make no more than 0.12 m/s, and for $t \leq 3$ years no more than 0.48 m/s [3]. In Estonia, the maximal resolved peak particle velocity for open-casts boards makes 0.48 m/s.

Knowing the basic rock physic-mechanical properties, such for example as velocity of longitudinal waves distribution V_p , ultimate extension strength σ_r , Young module E , it is possible to calculate critical peak particle velocity V_d under the formula [4]:

$$V_d = V_p \times \sigma_r / E \quad (1)$$

According data from Institute of Oil-shale during the experiment at „Tammiku” mine (mining block №2) the velocity of longitudinal seismic waves was 1700 m/s [5]. According to measured velocity of longitudinal seismic waves by experts of Japanese firm KOMATSU in 2002 on "Narva" open-pit the separate industrial layers velocity was from 1039 to 2000 m/s [6]. According to the report of Institute of Oil-shale, the Young module for layer C (one of the weak) is $E \approx 7100$ MPa and $\sigma_r \approx 2.5-3.5$ MPa.

$$V_d = V_p \times \sigma_r / E = 1053 \times 2500000 / 7100000000 = 0.37$$

$$V_d = V_p \times \sigma_r / E = 1700 \times 3500000 / 7100000000 = 0.84$$

} 0.4-0.8, m/s

Hence, critical velocity of massive displacement for industrial layer in conditions of Estonian oil-shale deposit will make 0.4 – 0.8 m/s.

Richter Magnitude and TNT Equivalent

The Richter magnitudes based on a logarithmic scale (base 10). It's means that for each next number you go up on the Richter scale, the amplitude of the ground motion recorded by a seismograph goes up ten times. By the data of Michigan Technological University, magnitude 8 earthquake releases as much energy as detonating 6 million tons of TNT [9]. This statement is based on the empirical formula:

$$\log (E) = 1.5M \quad (2)$$

Where, M- magnitude and E- energy [10].

The calculation offered by the American Institute of Makers of Explosives (IME), USA, based on the following formula to recalculation of TNT equivalent [11]:

$$TNT = \frac{MQ}{4,186 \times 1090} \quad (3)$$

The blasting energy of Nobelit 2000 $Q_{\text{Nobelit 2000}} = 2600$ kJ/kg, and $Q_{TNT} = 1090$ kcal/kg or 4.186×1090 kJ/kg. Then to one kg of TNT corresponds about 1.6 kg of Nobelit 2000.

Determination of the Peak Particle Velocity

It is obvious, that peak particle velocity PPV is in direct dependence on such parameters, as distance up to explosion, quantities blasted explosives on delay unit, the basic physical and mechanical properties of the rock. Formula PPV, which apply practically all over the world, in a general view looks as follows:

$$PPV = A \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-n}, \text{ mm/s} \quad (4)$$

Where, A- degree of damping of PPV; n- exponent depending on explosive properties; W- explosive quantity, and D- distance.

According to work of MSc. Tomberg for blasting in Estonian underground conditions (ammonite 6ZV) factors have following values $A=1748$; $n=1.25$ [2].

Stability Analysis

Last earthquakes in Estonia territory have been recorded in area of islands Hiiumaa and Osmussaare, and distance from them up to Estonia mine about 250 km. We shall determine earthquake magnitude in area of these islands, capable to influence stability of underground constructions.

$$PPV = 1748 \left(\frac{250 \times 10^3}{\sqrt{9 \times 10^8}} \right)^{-1.25} = V_d = 0.12 \text{ m/s} \quad (5)$$

Using the formula PPV received $W= 9 \times 10^8$ kg that corresponds to magnitude ~ 7.5 . It is necessary to note that fact, that the given formula is rather conservative at distance more than 30m. The formula application for greater distances can lead to probable deviation more than 5%. For the more exact estimation, it is necessary to consider such basic earthquake characteristics as depth of epicentre, amplitude, frequency, structure of overburden and mechanical parameters of the rocks.

By the calculation result, we can conclude that probability of earthquake influence on underground construction during the experiment can be excluded.

Seismic Risk Evaluation

Every 100 years in Estonian territory occur about 12 earthquakes with magnitude $2.38 \leq 2.7 \leq 3.02$ ($p=0.95$) and 1-2 with magnitude 3.5–3.9 [12].

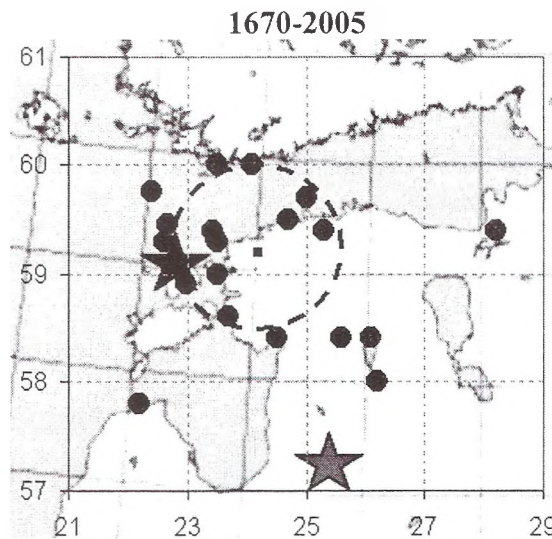


Fig. 3. Map of registered earthquakes from 1670 to 2005,
Region within: N 57°-60° E 22°-30°

☆ ☆ - earthquake in Riga area 27.01.05 and near Hiiumaa island 29.01.05.

By the data of Institute of Seismology in Helsinki, explosive activity of open-casts in Estonia territory corresponds to magnitude about 2.

For estimation the probabilities of the events in Figure 4 were taking into account the statistics in Estonia received on the last 100 years, because no clear calculation models have been available for these events. The estimation of risk probabilities is based on calculation of blasting energy in comparison with earthquake magnitude using the formulas (3) and (4). According to calculated data, using the formula PPV received explosive quantity $W = 9 \cdot 10^8$ kg that corresponds to magnitude ~ 7.5 . Based on statistic information earthquake with magnitude 1-3 could occur 12 times per 100 years $P = 0.12$ and magnitude 3-4 with $P = 0.02$. Ratio of critical magnitude ~ 7.5 for underground construction to possible earthquake magnitude, using the formula to recalculation of TNT equivalent, give probability of critical loading. Final risk probability received by multiplying magnitude on critical loading. Fig 4.

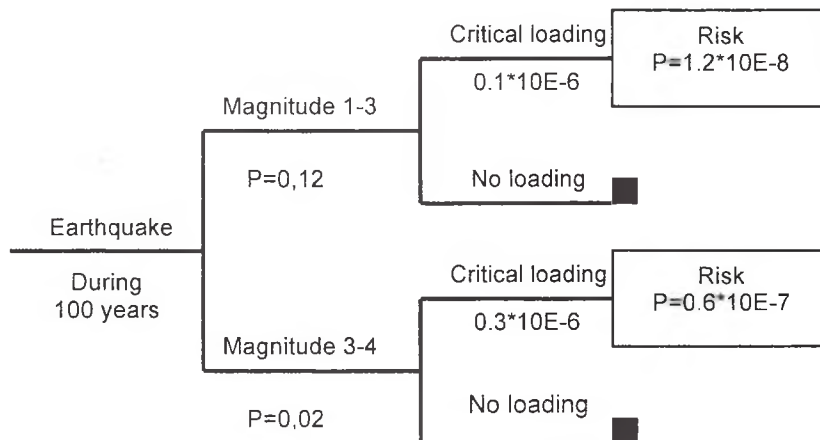


Fig. 4. Event tree for earthquake during 100 years

Roof Deformation Modelling by the Final Elements Method

The immediate roof on Estonian oil-shale mines from building mechanics point of view is a multilayered compound plate. Without anchor supporting occur the plate exfoliation between

the layers. The top layers can also to preload underlying layers. In current of time, occur increasing of deformations under influence of rheological and technological factors and after critical value achieving the collapse of lower layers beginning.

For receive the exact decision of influence of next chambers and pillars, it is necessary to consider deformation of continuous plate with complex configuration, receiving statically indeterminate system. The decision of this problem at transition from beams theory to the plate's theory in such statement demands the account of many factors.

For modelling simplification, unsupported roof like compound plate is considered. The available influence of pillars deformation on modelled roof was not taken into account. By data of analyzed exfoliation levels the roof plate thickness $h = 1.0$ m was accepted [14]. For the FEM modelling demo version of "FEMmodels" software was used [13].

Results of Modelling

Results of modelling presented in the form of immediate roof deformation isolines at different face positions in the chamber 6. From figures received during modelling it is visible that roof deformation in benchmark 6/2 (16.09.04) could make 2 mm. On 21.09.04, because of jointing with cross-section chamber at the left and in loadings redistribution, deformation increased up to 9 mm, and 22.09.04 has decreased for 1 mm and has made 8 mm (Fig.5)

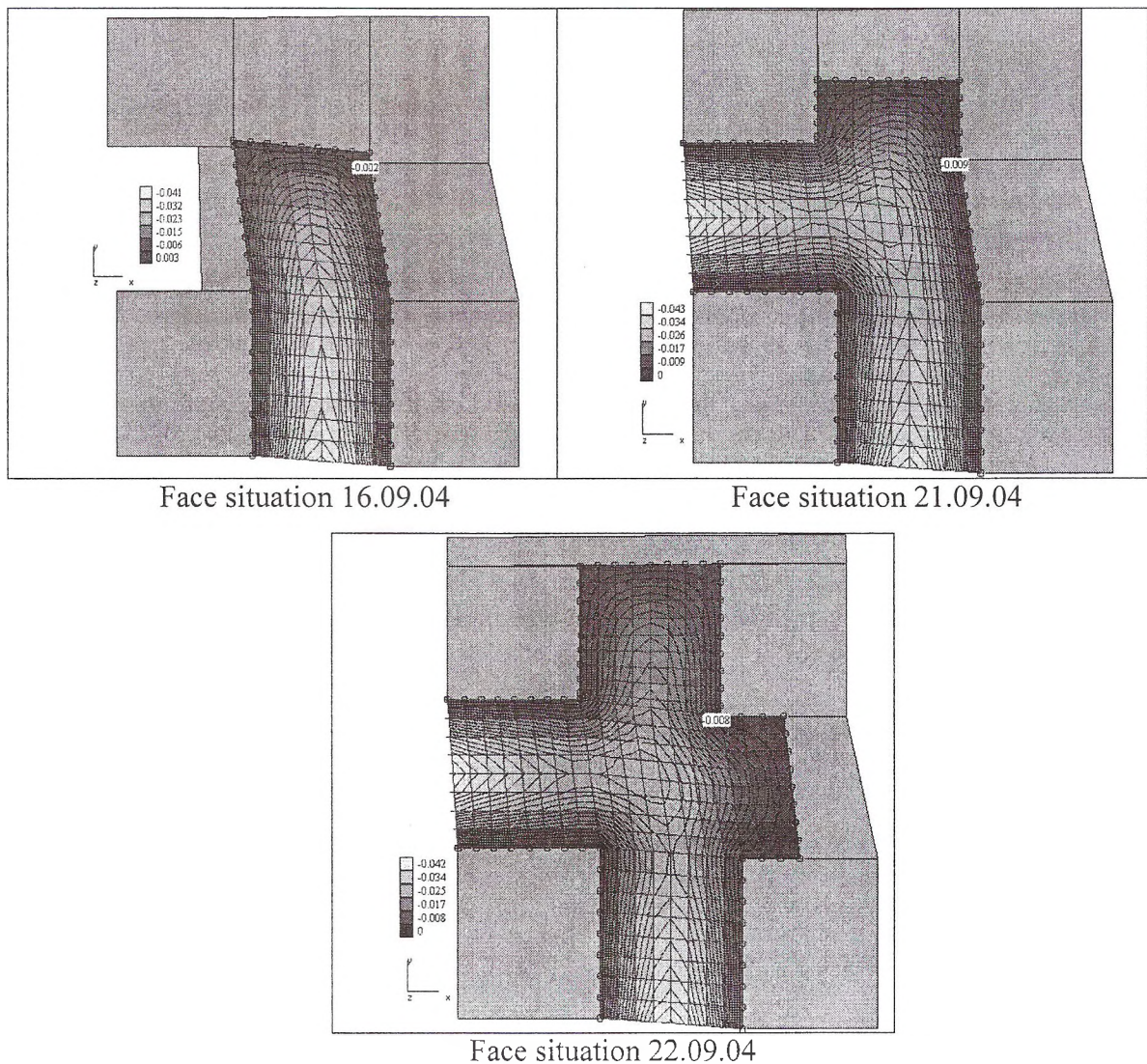


Fig.5. Roof deformation in benchmark 6/2

From the point of view of continuous plate, deformation with complex configuration exists opportunity "draw in" already deformed roof as result of roof sag redistribution (possible unloading effect) after the next blasting and additional roof exposure.

Conclusion

1. By the made calculation of PPV, earthquake influence on underground construction during the experiment can be excluded.
2. The main quantitative approach used in risk analysis is the event tree method. This method was selected as the most appropriate one for the risk analysis of the available earthquake influence on Estonian underground construction. Risk probability during 100 years period made $P=0.6 \cdot 10^{-7}$ for quake magnitude 3-4 and $P=1.2 \cdot 10^{-8}$ for 1-3, respectively.
3. Deformation with complex configuration exists opportunity "draw in" already deformed roof - result of roof sag redistribution after the next blasting and additional roof exposure.

Acknowledgement

Estonian Science foundation (Grand No. 6558, 2006-2009) supported the research.

Bibliography

1. Pastarus, J.R.; Sabanov, S. (2005). A method for securing working mining block stability in Estonian oil shale mines. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering, 11(1), 59 - 68.
2. Tomberg, T. (1998). Lõhketöödest põhjustatud maavõngete analüüs põlevkivikaevandamisel., TTÜ, Magistritöö, UDK 622.235 AKM84LT, Tallinn, lk. 16.
3. Fadeev, A.B., Glosman, L., Kartuzov, M.I. (1987). Seismic control of mine and quarry blasting in USSR, Proc. 6 th International Congress of Rock Mechanics, ISRM, Montreal, Canada, pp. 617-619.
4. Singh, S.P., Narendrula, R. (2004). Assessment and prediction of rock mass damage by blast vibrations, In: MPES 2004 proceedings, Wroclaw, Poland, 1-3 September, 2004, p. 317-322.
5. Талве, Л., Самлан, Ю., Рейнсалу, Э. и др. (1964). Усовершенствование системы разработки короткими механизированными забоями с валовой выемкой и механическим обогащением на сланцевых шахтах. Раздел III. Исследование различных вариантов камерной системы разработки. Институт Сланцев, Кохтла-Ярве.
6. Seismic velocity of Narva Pit., 2003. In report: Optimum fleet recommendation, OFR service. Hyd. Excavator & Global Sourcing Marketing Unit Komatsu Europe International n.v. (Koji Ito), KEHG02-2068. <http://www.geometrics.com/mcseis-d/mcseis-d.html>
7. Широков, А.П., Лидер, В.А., Писляков, Б.Г. (1976). Расчет анкерной крепи для различных условий применения. М., "Недра", 1976, 208 с.
8. <http://www.emsc-csem.org>
9. <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/intensity.html>
10. <http://www.eas.purdue.edu/~braile/edumod/eqhazard/eqhazard1.htm>
11. <http://www.ime.org/calculator/>
12. <http://www.seismo.helsinki.fi>
13. <http://www.georec.spb.ru>
14. Nikitin, O., Sabanov, S. (2005). Immediate roof stability analysis for new room-and-pillar mining technology in "Estonia" mine. In: Proc. 5th International conference "Environment. Technology. Resources", Rezekne, June 16-18, 2005.

**ATKRITUMU UN
PIESĀRŅOJUMA
PROBLĒMAS**

***PROBLEMS OF WASTE
AND POLLUTION***

MINERĀLATKRITUMU PĀRSTRĀDES PROCESU OPTIMIZĀCIJAS PAMATOJUMS

BASIS OF OPTIMAL MINERAL INORGANIC WASTE PROCESSING METHODS

Gotfrīds Noviks

Rēzeknes Augstskola

Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601; e-pasts: Gotfrids.Noviks@ru.lv

Abstract. *Inorganic waste materials are important part of total waste amount in the world and must be utilized in the best optimal way. Among the inorganic materials there are such different materials as quarry by-products from screening, settling ponds, baghouse fines, coal fly ash, sewage sludge ash and so on. Any proposal to incorporate a waste or by product materials into technologies requires engineering evaluation. At first, it is necessary to analyze chemical composition of waste materials, then- structure and particle size distribution, chemical and physical properties. The paper presents results of analyzes and collection of chemical and structural characteristics mentioned above inorganic materials and by-products. The presented data will serve for next investigations in finding better way for their utilization.*

Keywords: *inorganic waste materials, by-products, ash, sewage sludge, technogenic resources.*

Ievads

Cieto atkritumu un attīrīšanas iekārtu nogulšņu pārstrādāšanas tehnoloģiju attīstība galvenokārt notiek šo atkritumu organiskās sastāvdaļas utilizācijas virzienā [1]. Tajā pat laikā zināms, ka atkritumu neorganiskā sastāvdaļa – tehnogēnie minerālatkritumi – satur sevī vērtīgus komponentus, kuri ir potenciāli izmantojami derīgās produkcijas ražošanai vai tiešā veidā, vai kompleksā ar citiem savienojumiem [2].

Minerālizveju pārstrādāšana pamatojas uz fizikālo lauku un vielu iedarbību, kā rezultātā rodas jaunas stabilas īpašības minerālu agregātos. Jebkuras pārstrādāšanas rezultātā šīm izmaiņām jābūt vērstām uz lietderīgas un augstas kvalitātes produkcijas iegūšanu.

Tāpēc, lai izstrādātu minerālizveju pārstrādāšanas tehnoloģiju, vajag noteikt:

- galējās produkcijas veidu;
- galvenos šīs produkcijas kvalitātes kritērijus;
- minerālvielu sākotnējās īpašības;
- minerālvielu pārvēršanas no sākotnējā stāvokļa galējā produkcijā līdzekļus;
- galvenos procesus, kuri veic šo pāreju, un to norises likumsakarības.

Minerālvielu pirmatnējās fizikāli ķīmiskās īpašības pilnīgi nosaka to utilizācijas iespējas un veidus. Tā, piemēram, minerālatkritumu izmantošanas iespējas dažādu celtniecības materiālu izstrādei ir atkarīgas no kompleksiem ķīmiskā sastāva rādītājiem [3]:

- mālainības rādītājs:

$$\Gamma = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO};$$

- kaļķainības rādītājs:

$$H = \frac{CaO}{Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO};$$

- silīcija rādītājs:

$$Si = SiO_2 - 47 \cdot \frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3};$$

- dzelzs oksidācijas pakāpes rādītājs:

$$Ox = \frac{Fe_2O_3}{FeO + Fe_2O_3};$$

e) bāziskuma koeficients:

$$K_{baz} = \frac{(CaO + 0,93MgO + 0,6PC_2PO) - 0,55Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,7SO_3 + xB_nO_m}{0,93SiO_2yR_nO_m}$$

Ja $K_{baz} > 1,6$ – vielai piemīt hidrauliskā aktivitāte, var izmantot kā saistvielu.

Ja $K_{baz} = 1,2-1,6$ – vāja hidrauliskā aktivitāte, var izmantot kā piedevu cementam.

Ja $K_{baz} < 0,8$ – nav hidrauliskās aktivitātes, bet var izmantot augstu temperatūru iedarbības tehnoloģijās (keramikas ražošana).

Optimāls ir tāds stāvoklis, kur visi minerālatkritumi ir sistematizēti un klasificēti pēc savām īpašībām un šī informācija ir sakopota kompaktā veidā un pieejama jebkuram lietotājam. Tas atver perspektīvas uzņēmumu kooperācijai minerālvielu kompleksā izmantošanā.

Mūsu pētījumi deva iespēju izdalīt no daudzveidīgas un neviennozīmīgas informācijas par minerālvielām to galveno bāzes īpašību kompleksu, kurš ir nepieciešams un pietiekams, lai raksturotu minerālvielu spējas fizikāli ķīmisko lauku iedarbības rezultātā pārveidoties par derīgu produkciju. Šī informācija ir apvienota vielas fizikāli ķīmiskajā pasē. Izstrādātā minerālatkritumu pase tiek rekomendēta izmantošanai minerālatkritumu apsaimniekošanas tehnoloģiju izveidei un pamatojumam. Apvienojot minerālatkritumu pases kādā konkrētā reģionā, var sastādīt šī reģiona minerālatkritumu kadastru. Tā nozīme kļūst visai svarīga, kad rodas iespējas dažādiem uzņēmumiem kooperēties atkritumu savstarpējās izmantošanas jomā, izveidojot ekotehnoloģiskos parkus.

Minerālatkritumu pases galvenās sastāvdaļas ir šādas [4]:

1. Minerālatkritumu avoti. Katrs avots dod savus atkritumus, kuru īpašības un sastāvs krasi atšķiras no citiem. Turklāt šī informācija ļauj prognozēt atkritumu izsmeļamības pakāpi un to pārstrādāšanas apjomus.
2. Minerālatkritumu sastāvs. Tas nosaka iespējamo iedarbību rezultātus uz atkritumiem.
3. Minerālatkritumu struktūras parametri. Atkritumu praktiskā izmantošana ir atkarīga no cieto vielu gabalu izmēriem, to granulometriskā sastāva un daļiņu formas. Ja atkritumi ir smalkas masa veidā, tad to pārstrādāšana var būt veikta, iedarbojoties tikai uz visu masu. Ja atkritumi ir lielu gabalu veidā, tad ir iespējams tos izmantot tiešā veidā.
4. Minerālatkritumu raksturīgās īpašības. Rekomendējamajā pasē ir iekļautas tās īpašības, kuras, pirmkārt, raksturo izejvielas kvalitāti un spēj atbildēt uz jautājumu, vai ir iespējams šīs vielas izmantot tiešā veidā vai ar nelielu apstrādāšanu kaut kādā tautsaimniecības nozarē; otrkārt, noteic iespējamo fizikālo vai ķīmisko iedarbību uz vielām un tās rezultātus.
5. Produktu sastāvs, kuri veidojas iedarbības procesā uz minerālatkritumiem. Fizikālo vai ķīmisko lauku iedarbība dažkārt dod papildus vielas – gāzes, šķidrumus, cietās paliekas – otrās pakāpes atkritumus. To daudzums un ietekme uz apkārtējo vidi var būt vēl lielāka kā primārajiem atkritumiem.

Pašreizējā pētījuma mērķis – izstrādāt minerālatkritumu apzināšanas, izpētes un pārstrādes metodoloģiju, dod praktiskus risinājumus atkritumu pārstrādes tehnoloģiju izveidē. Šī pētījuma kārtējā posma rezultāti izklāstīti šajā publikācijā un ir saistīti ar minerālatkritumu apzināšanu un to izmantošanas iespēju izvērtēšanu.

Materiāli un metodes

Atkritumi, kuri satur neorganiskos komponentus, var būt iedalīti trijās grupās atbilstoši šo komponentu daudzumiem.

I grupa – atkritumi sastāv tikai vai gandrīz pilnīgi no neorganiskajām komponentēm (80-100%). Latvijas apstākļos pie šiem atkritumiem var būt pieskaitīti šādi:

1. Celtniecības un remontdarbu paliekas, gruži un atstrādātais materiāls – betona un dzelzsbetona materiāls, veco jumtu pārsegumi (šīferis, keramika, azbesta plātnes).
2. Derīgo izrakteņu ieguves blakus produkts – tukšie ieži, atmetumi.
3. Stikla rūpniecības un stikla izmantošanas procesa atkritumi.
4. Keramikas atkritumi.
5. Metalurģijas un metālapstrādes atkritumi.
6. Dedzināšanas (t.sk. atkritumu) paliekas – pelni, izdedži.
7. Gaisa un gāzu attīrīšanas rezultātā nogulsņētie putekļi skruberis, ciklonos, elektrofiltros u.c.

Visi šie atkritumi var būt tālāk pārstrādāti un izmantoti kā attiecīgie minerālresursi atbilstoši to sastāvam un īpašībām praktiski bez organiskās komponentes iepriekšējās izdalīšanas.

II grupa – neorganisko komponentu daudzums atkritumu masā sastāda 60-80%. Tie var būt:

1. Celtniecības procesa paliekas un atkritumi, saturošie organiskās komponentes, t.sk. asfalta paliekas.
2. Komunālie atkritumi (daļēji).
3. Dažādu industriālo tehnoloģiju atkritumi.
4. Kūdras ieguves procesa atkritumi (daļēji).

Šo atkritumu sagatavošana pārstrādei var būt veikta ar šādiem paņēmieniem:

- organiskās komponentes izdalīšana ar mehāniskām, fizikāli ķīmiskām vai bioloģiskām metodēm un tālākā neorganikas izmantošana kā pirmajā grupā;
- atkritumu masas sadedzināšana, kā rezultātā veidojas tikai neorganiskie atkritumi, attiecināmi uz pirmo grupu;
- kompostmateriālu veidošana – šajā procesā tiek iekļautas kā organiskās, tā arī neorganiskās atkritumu daļas bez to separācijas.

III grupa – neorganisko komponentu daudzums ir mazāks par 60%. Tie var būt:

1. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas iekārtu nogulsnes, duļķes un dūņas.
2. Komunālie atkritumi.
3. Pārtikas produktu pārstrādes tehnoloģiju atkritumi.
4. Kūdras ieguves procesa atkritumi.
5. Dažādu industriālo procesu atkritumi, kuru tehnoloģija saistīta ar bioloģiskās produkcijas un organisko vielu izmantošanu.

Darbā kā pētījuma objekti bija paņemtas trīs atšķirīgas atkritumvielu grupas:

1. Mehāniskās izejvielu sagatavošanas rezultātā izveidojušies atkritumi – smalkais tehnoloģiskajā procesā neizmantojamais materiāls, putekļi, skalošanas duļķes. Šiem atkritumiem ir raksturīgs ķīmiskais un minerālais sastāvs, kas ir identisks vai tuvs apstrādājamam materiālam.
2. Dedzināšanas rezultātā izveidojušies atkritumi – pelni. To ķīmiskais un elementārais sastāvs ir pilnīgi atšķirīgs no izejmateriāla sastāva.
3. Citu tehnoloģisko procesu, saistīto ar dažādu fizikālo lauku izmantošanu, rezultātā veidojušies atkritumi. Tie tiek savākti gāzu, gaisa un notekūdeņu attīrīšanas iekārtās un iekļauj sevī kā pašas izejvielas, tā arī izgatavotā produkta sastāva īpašību pazīmes.

Pētījumam pirmajā grupā tika paņemti derīgo izrakteņu ieguves un to pārstrādes procesa atkritumi: drupināto iežu – diabāza, granīta, trahīta, kvarcīta un kaļķakmens sijāšanas, skalošanas un atputekļošanas paliekas.

Otrajā grupā tika izskatītas akmeņogļu, cieto komunālo atkritumu un notekūdeņu dūņu dedzināšanas palieku (pelnu) īpašības.

Trešajā grupā cementa un kaļķu ražošanas procesa apdedzināšanas paliekas.

Statistiskais materiāls iegūts, apkopojot publicētos informācijas avotus un rūpnīcu laboratoriju analīzes par šo palieku parametriem. Pētījumi par māla un kaļķakmens atkritumu pārstrādes iespējām tika veikti laboratorijā ar standarta aparāturu.

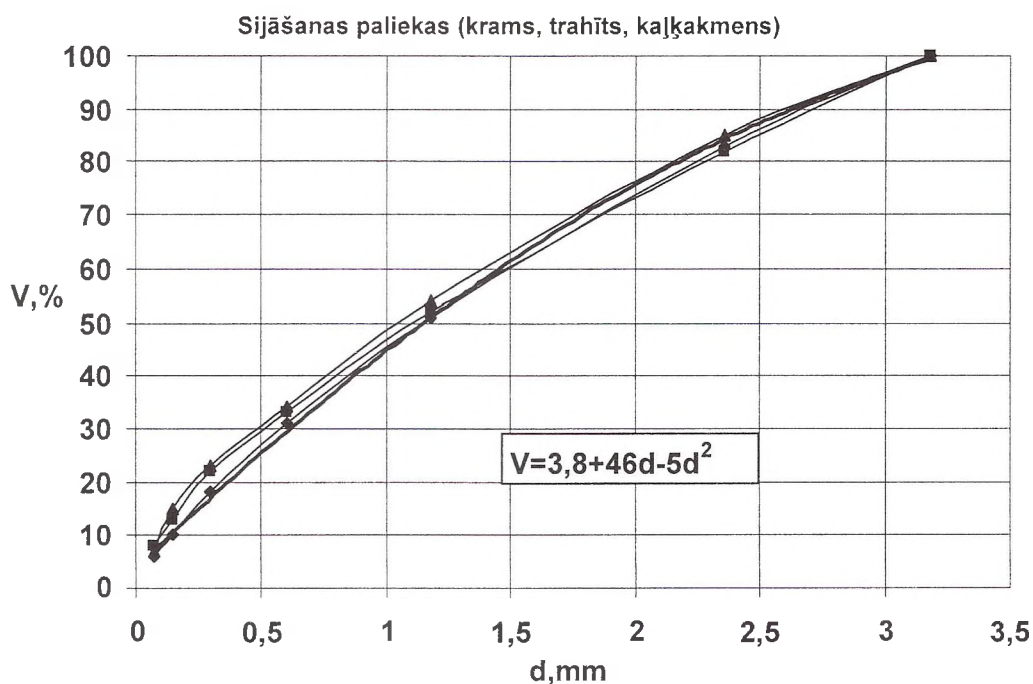
Rezultāti un to izvērtēšana

Sijāšanas procesa atkritumi. Rupja izmēra celtniecības materiālu izstrādes gaitā pēc drupināšanas sijāšanas rezultātā parasti tiek atdalītas frakcijas ar izmēriem, mazākiem par 3-3,5 mm, kuras itin bieži tālāk vairs netiek izmantotas [5].

Tika izpētīts krama, kvarca, diabāza, granīta, kaļķakmens sijāšanas palieku granulometriskais sastāvs. Neskatoties uz šo iežu sastāva, struktūras un stiprības atšķirībām, smalko frakciju granulometriskā sastāva diagrammas kramam, trahītam un kaļķakmenim izrādījās visai tuvas un ir precīzi ($R^2 \sim 1$) aprakstāmas ar vienādojumu (1.attēls):

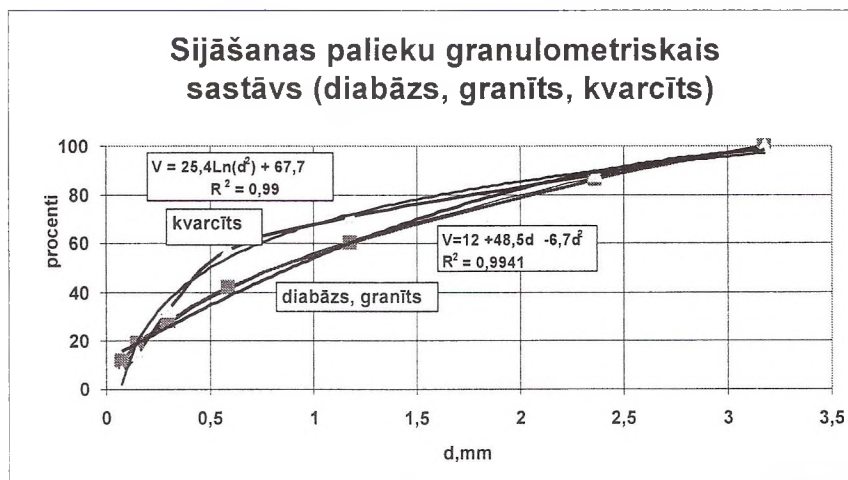
$$V = 3,8 + 46d - 5d^2 \cdot (\%) \quad (1)$$

kur V – daļiņu ar diametru d (mm) un mazāku kumulatīvais procents



1.attēls. Drupinātā krama, trahīta un kaļķakmens sijāšanas palieku granulometriskā sastāva līknes

Diabāza un granīta sijāšanas palieku granulometriskā sastāva līknes arī var būt precīzi aproksimētas ar kvadrātvienādojumu (2.attēls):



2.attēls. Diabāza, granīta un kvarcīta sijāšanas palieku granulometriskā sastāva līknes

$$V=12+48,5d-6,7d^2 \quad (2)$$

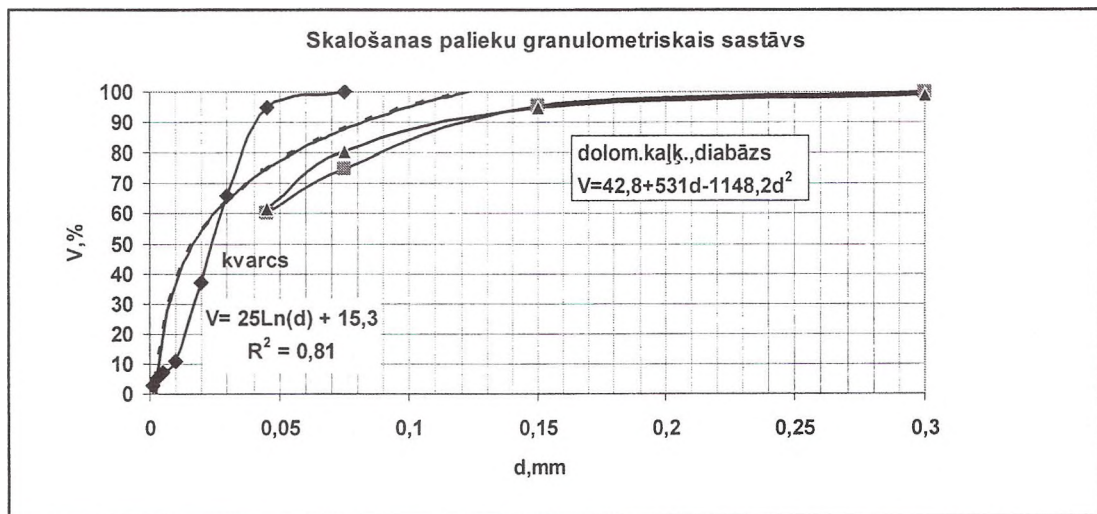
Toties kvarcīta līknes vienādojums ir logaritmiskais (skat. 2.attēlu), kas ir saistīts ar šī ieža lielām stiprības īpašībām un elastības parametriem:

$$V=25,4\text{Ln} d^2 + 67,7 \quad (3)$$

Skalošanas procesa atkritumi. Skalošanas procesa paliekas ir duļķes ar zemu cietās komponentes koncentrāciju. Līdz 95% no to cietās masas sastāda daļiņas ar izmēriem mazākiem par 0,15 mm. Savukārt no tiem ap 80% daļiņu izmērs nepārsniedz 0,075 mm [6]. Granulometriskā sastāva līknes šiem produktiem pat ar visai dažādām mehāniskajām īpašībām – diabāzam un dolomitizētajam kaļķakmenim (3.attēls) – var būt aprakstītas ar vienādojumu:

$$V=42,8+531,1d-1148d^2 \quad (4)$$

Kvarca skalošanas produktu līknei ir S-veida raksturs un arī, tāpat kā kvarcīta sijāšanas procesa paliekām, analītiski tā var būt izteikta ar logaritmisko līkni.



3. attēls. Kvarca, dolomitizētā kaļķakmens un diabāza skalošanas produktu granulometriskā sastāva līknes

Atputekļošanas procesa atkritumi. Produkcijas sagatavošanas gaitā tālākajam tehnoloģiskajam procesam tiek veikta tās atputekļošana. Rezultātā veidojas putekļprodukts, kura sastāvā ir putekļu daļiņas ar izmēriem no 0,075 līdz 0,001 mm un mazāk. Granulometriskā sastāva līknes šiem putekļproduktiem ir atkarīgas no materiāla veida un atkarībā no tā mehāniskajām īpašībām analītiski aprakstāmas ar dažādiem vienādojumiem (4.attēls).

Granīts:

$$V=2,1+21241d^2+2896,9d \quad (5)$$

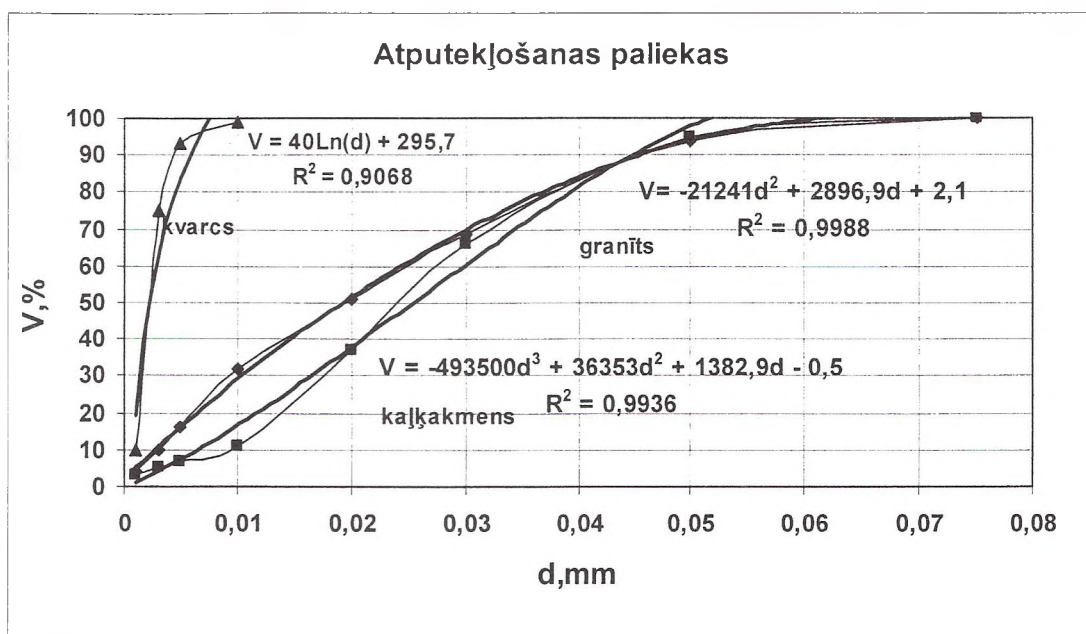
Kvarcs:

$$V=40\text{Ln}(d)+295,7 \quad (6)$$

Kaļķakmens paliekām granulometriskā sastāva līkne ir S-veida un aprakstāma ar vienādojumu:

$$V=36353d^2-493500d^3+1383d-0,5 \quad (7)$$

Novērojamā putekļu minerālā (1.tabula) un ķīmiskā (2.tabula) sastāva atšķirība dažādās frakcijās ir saistīta ar dažādu minerālu, no kuriem sastāv iezis, atšķirīgajām mehāniskajām un kristalogrāfiskajām īpašībām. Parasti vismazāk stiprie minerāli mehāniskās apstrādes procesos sairst līdz smalkākām daļiņām un ir vairāk pārstāvēti smalkajās frakcijās.



4.attēls. Kaļķakmens, granīta un kvarca atpatekļošanas palieku granulometrisks sastāvs

1.tabula

Palieku minerālais sastāvs

Oksti	Sijāšanas paliekas	Nogulsnes atpatekļošanas procesā		
		kopējais vidējais	+0,106 mm	-0,106 mm
Kvarcs	23,0	25,1	31,5	20,9
Kālija laukšpats	35,0	33,7	27,1	38,0
Plagioklāze	39,2	35,7	31,1	38,7
Muskovīts	1,4	3,7	8,7	0,0
Biotīts	1,4	0,9	1,6	0,4
Diopsīds	0,0	1,2	0,0	2,0

2.tabula

Putekļu ķīmiskais sastāvs procentos

Oksti	Sijāšanas paliekas	Nogulsnes atpatekļošanas procesā		
		kopējais vidējais	Daļiņu ar izmēriem +0,106 mm	Daļiņu ar izmēriem - 0,106 mm
SiO ₂	75,25	74,98	77,44	73,37
Al ₂ O ₃	13,63	13,31	12,43	14,16
K ₂ O	5,34	5,01	4,57	5,30
Na ₂ O	3,00	2,81	2,49	3,02
CaO	1,28	2,07	1,00	2,77
Fe ₂ O ₃	1,22	1,28	1,28	1,27
MgO	0,33	0,44	0,40	0,47
MnO	0,07	0,03	0,03	0,04

Akmeņogļu dedzināšanas procesa pelni. Akmeņogļu dedzināšanas paliekas – pelni var būt iedalīti 2 grupās:

- pelni, kas paliek kurtuvēs, sakrājas tajās un periodiski tiek izvākti;

b) pelni, kas ar izplūstošajām gāzēm nonāk ar dūmiem attīrīšanas iekārtās un tajās nogulsņējas.

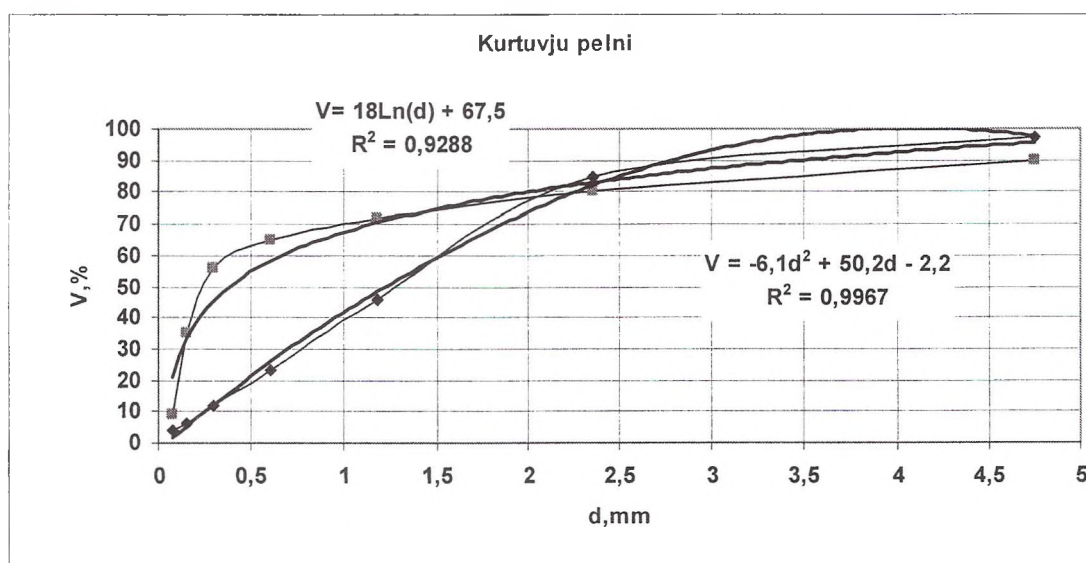
Atkarībā no kurtuves tipa pelnu struktūra un to sadalījums var būt dažādi.

Kurtuvēs, kur pelnu akumulācija noris sausā veidā uz ārdiem, apmēram 80% pelnu nokļūst izvadāmās dūmgāzēs [7,8].

Pārējie 20% – pelni, kas paliek kurtuvē. Tie ir tumši pelēki, poraini, izmērā mazāki par 12 mm. Ja kurtuve ir ar mitro pelnu uztveršanu, ar gāzēm izplūst apmēram 50% pelnu. Pārējie paliek kurtuvē.

Ciklona tipa kurtuvēs paliek 70-80% pelnu un ar izplūdes gāzēm izplūst tikai 20-30% pelnu.

Sauso kurtuvju pelni ir granulētas daļiņas ar ļoti porainu virsmas tekstūru. 50-90% daļiņām ir izmēri 4,75 mm; 10-60% – 0,42 mm; 0-10% – 0,075 mm. Kurtuvju pelnu granulometriskā sastāva līknes parādītas 5.attēlā.



5.attēls. Ciklona tipa un ārdū kurtuvju pelnu granulometriskā sastāva līkne

Ārdū kurtuvju pelnu granulometriskā sastāva līkne analītiski aprakstāma ar logaritmisko vienādojumu:

$$V = 18\text{Ln}(d) + 67,5 \quad (8)$$

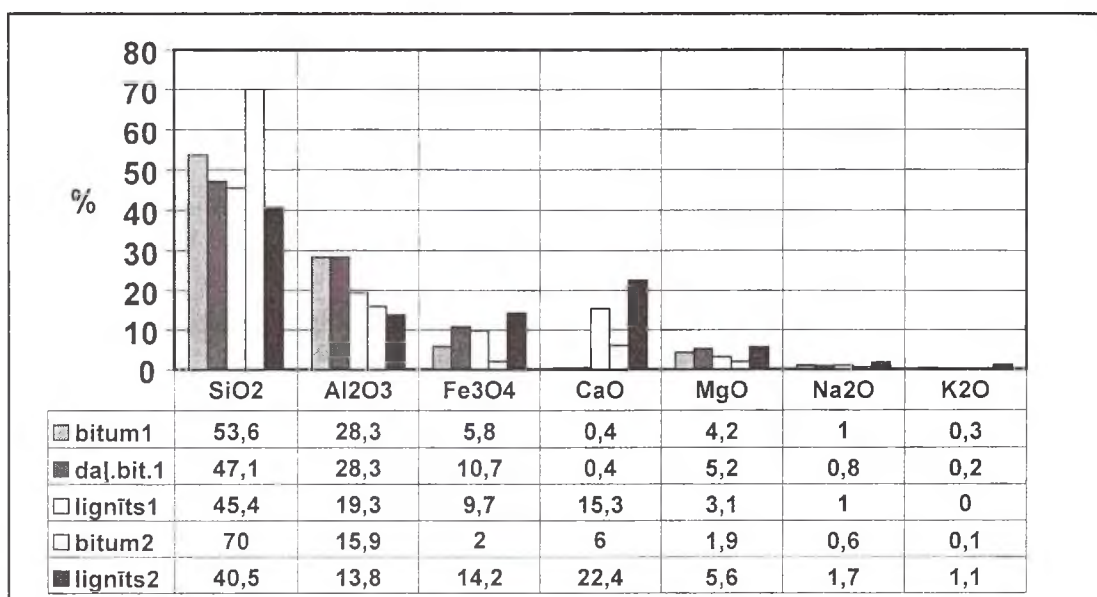
Ciklona tipa kurtuvju pelnu daļiņu izmēri atrodas diapazonā no 5 līdz 0,5 mm. Granulometriskais sastāvs analītiski var būt izteikts ar vienādojumu:

$$V = 50,2d - 6,1d^2 - 2,2 \quad (9)$$

Pelniem nepiemīt plastiskums, daļiņu blīvums ārdū kurtuvju pelniem sastāda 2100-2700 kg/m³, ciklona tipa kurtuvju pelniem – 2300-2900 kg/m³. Tilpummasa attiecīgi ir 720-1600 un 960-1440 kg/m³. Optimālais mitrums parasti zemāks par 20% (8-20%), dabiskā nobiruma leņķis – 38-42%, ūdens filtrācijas koeficients – 10⁻²-10⁻³ cm/s. Adsorbcijas spēja nav liela un sastāda 0,3-2%.

Pelnu ķīmiskās īpašības ir atkarīgas no akmeņogļu veida. Pelni, kas izveidojas lignīta vai maz bitumizēto ogļu degšanas procesā, satur vairāk kalcija salīdzinājumā ar antracīta un bitumizēto ogļu pelniem (6.attēls). Toties bitumizēto akmeņogļu pelniem ir lielāks alumīnija saturs.

Putekljuztvērējos sakrātie pelni ir daudz smalkāki – pulverveidīgie, daļiņu forma, galvenokārt, sfēriska ar diametru mazāku kā 0,075 mm. Daļiņu blīvums parasti ir no 2100 līdz 3000 kg/m³, īpatnējā brīvā virsma no 170 līdz 1000 m²/kg. Pelnos var būt nesadegušās oglekļa daļiņas – kvēpi. Līdz ar to pelnu krāsa var mainīties no gaiši pelēkas līdz melnai. Ķīmiskais pelnu sastāvs parādīts 3.tabulā, salīdzinājumam 7.attēlā doti vidējie skaitļi.

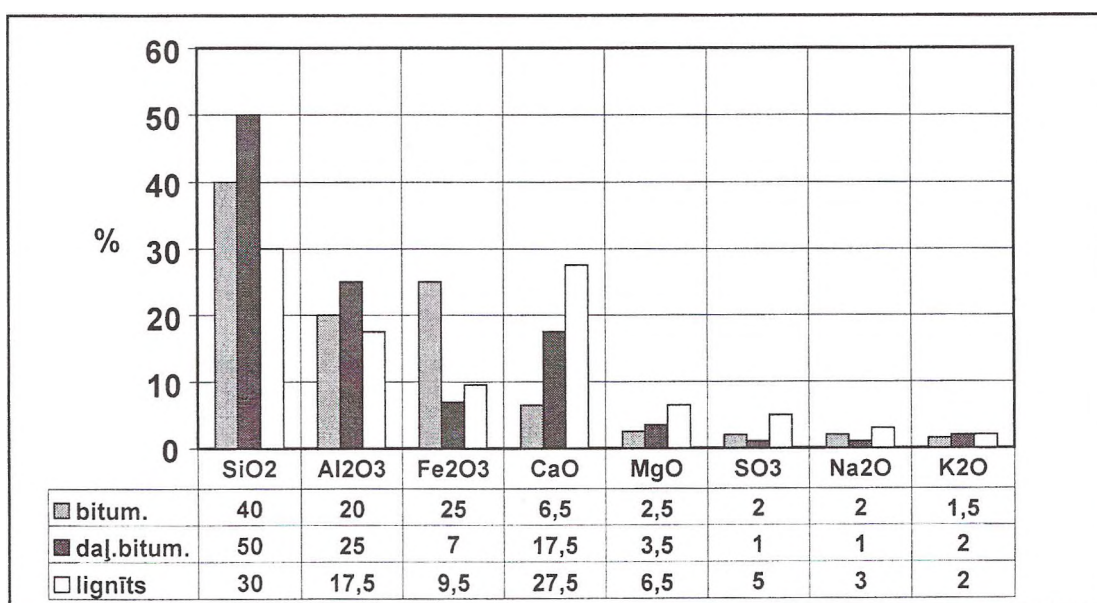


6.attēls. Dažāda sastāva akmeņogļu pelnu ķīmiskais sastāvs oksīdu izteiksmē
1- Ārda kurtuvju pelni ; 2- Ciklona tipa kurtuvju pelni
(bitumizētās, daļēji bitumizētās ogles, lignīts)

3.tabula

Ķīmiskais pelnu sastāvs

Komponente	Bitumizētās ogles	Daļēji bitumizētās ogles	Lignīts
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	10-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4



7.attēls. Putekļuztvērējos sakrāto akmeņogļu pelnu ķīmiskais sastāvs

Cieto komunālo atkritumu dedzināšanas pelni. Cieto komunālo atkritumu dedzināšanas iekārtās veidojas atsevišķas pelnu plūsmas. Tās ir: ārdūņu pelni, atbirumi, boileru pelni, skruberu pelni un maisa filtru pelni.

Ir divas dedzināšanas iekārtu sistēmas:

- nešķīroto cieto atkritumu dedzināšana, kuras mērķis ir likvidēt atkritumus, samazināt to apjomu,
- enerģētiskā atkritumu dedzināšana RDF iekārtās, kurās atkritumi nokļūst pēc tam, kad no tiem tiek izdalīti metāli.

Līdz ar to pelnu īpašības abās šajās tehnoloģijās ir atšķirīgas [9]. Pelnu blīvums ir mazāks par dabiskās grunts blīvumu – 1500-2200 kg/m³ (iežos 2600-2800 kg/m³), pelniem piemīt ievērojama adsorbcijas spēja (5-17% – smalkākajām frakcijām un 4-10% – rupjām frakcijām). Daļiņu izmērs galvenokārt ir ap 4,75 mm. (4.tabula).

4.tabula

Tipiskais komunālo atkritumu dedzināšanas iekārtu pelnu ķīmiskais sastāvs

<i>Elementi</i>	<i>Ārdūņu pelni</i>	<i>Kopējie pelni</i>
Si	16,8-20,6	13,8-20,5
Ca	7,15-7,69	5,38-8,03
Fe	2,11-9,35	2,88-7,85
Mg	1,05-1,18	0,9-1,84
K	0,84-1,02	0,84-1,15
Al	4,27-5,55	3,26-5,44
Na	3,51-4,10	2,0-4,62

Notekūdeņu dūņu dedzināšanas pelni. Notekūdeņu dūņu dedzināšanas pelni veidojas, sadedzinot atūdeņotās dūņas atkritumu dedzināšanas iekārtās. Notekūdeņu dūņu pelnu daļiņu raksturīgos lielumus un īpašības ietekmē ne tikai dūņu sastāvs, bet arī dedzināšanas iekārtas konstrukcija un tie ķīmiskie reaģenti, kuri tika ievadīti notekūdeņu attīrīšanas procesā. Tiek izmantotas divas dedzināšanas tehnoloģijas – daudzslāņu ārdūņu krāsnis un verdošā slāņa krāsnis.

Notekūdeņu dūņu pelni līdz 90% sastāv no daļiņām, kas mazākas par 0,075 mm [10; 11].

Pelnos var atrast neliels organisko vielu daudzums.

Pēc ķīmiskā sastāva dūņas galvenokārt sastāv no silīcija, dzelzs un kalcija (8.attēls).

Pelnu adsorbcijas spēja 1,6%, blīvums – 2006-2990 kg/m³. Tilpummasa – 1270-1480 kg/m³, filtrācijas koeficients – (1-4) 10⁻⁴ cm/s.

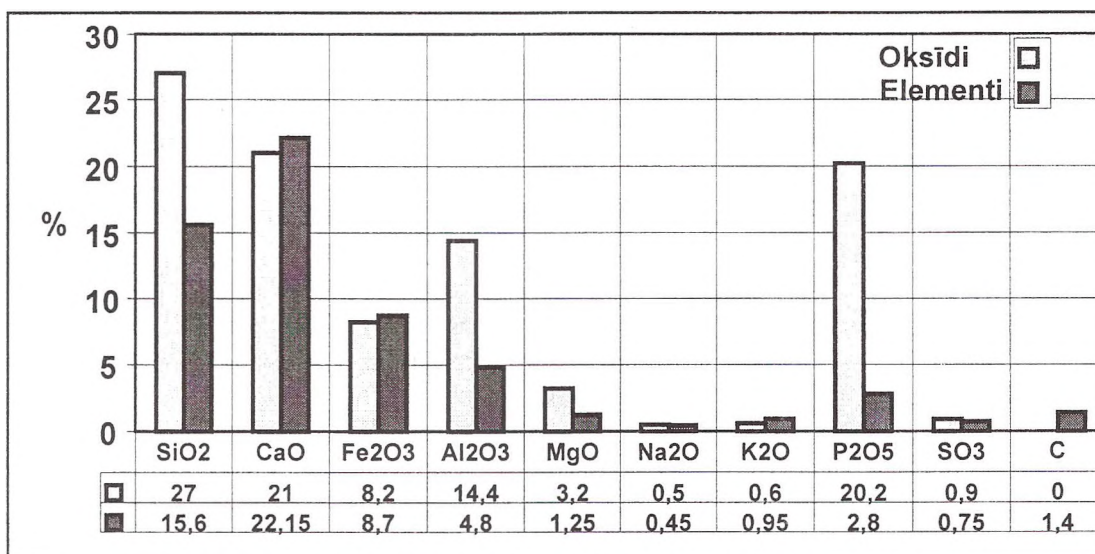
Apdedzināšanas procesa paliekas. Cementa un kaļķa ražošanas procesā, kad rotējošās krāsnīs tiek apdedzināti minerālmateriāli (māls, kaļķakmens), veidojas apdedzināšanas putekļi. Putekļi tiek uztverti un sakrāti gaisa attīrīšanas sistēmās (ciklonos, elektrofiltros, maisa filtros u.c.).

Ir divas cementa ražošanas tehnoloģijas – mitrā apdedzināšana, kad izejmateriāls tiek padots krāsnī ūdens maisījuma veidā, un sausā, kad sagatavotā šihā sausā veidā tiek ievadīta krāsnī.

Kaļķa ražošanas cepļu putekļi pēc fizikālām īpašībām ir tuvi cementa putekļiem, bet pēc ķīmiskajām – atkarīgi no tā, kāda izejviela tiek izmantota – kaļķakmens vai dolomīts, kas tiek ražots – kalciju saturošais kaļķis vai dolomizētais kaļķis – attiecīgi. Pirmajā gadījumā putekļos ir daudz CaO, otrajā – MgO. Līdz ar to pirmajiem putekļiem piemīt augsta reaktivitāte ar ūdeni.

Cementa krāsnis putekļu maksimālie izmēri ir 0,3 mm (75% – mazāki par 0,03 mm). Īpatnējā brīvā virsma – 460-1400 m²/kg, blīvums – 2600-2800 kg/m³.

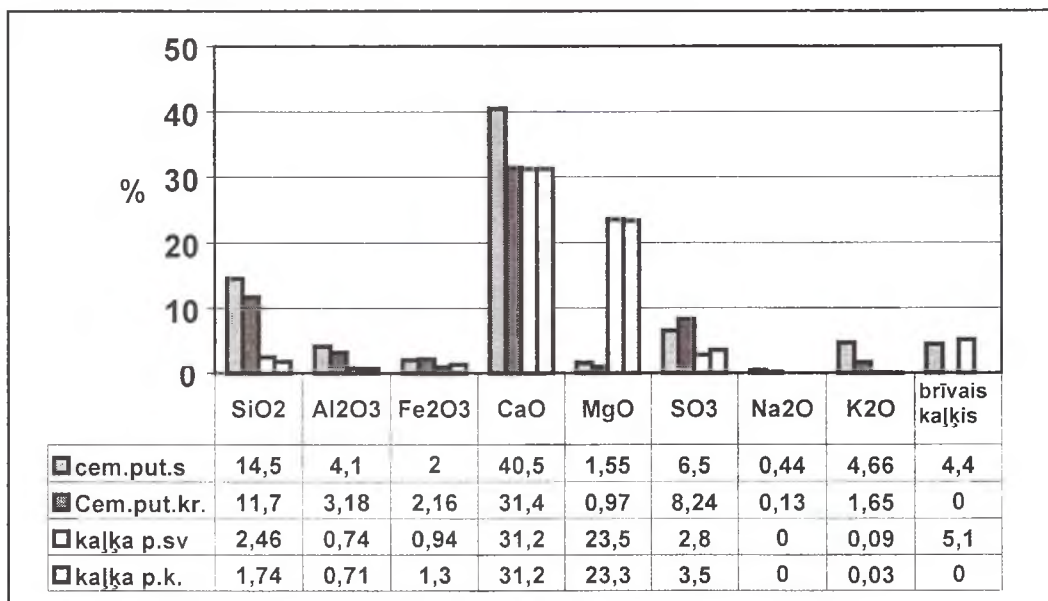
Kaļķu cepļu putekļu daļiņu izmēri – maksimālais 2 mm (75% – mazāki par 0,03 mm). Īpatnējā brīvā virsma – 130-1000 m²/kg, blīvums 2600-3000 kg/m³.



8.attēls. Elementārā ķīmiskā sastāva un oksīdu satura salīdzinājums notekūdeņu dūņu dedzināšanas paliekās

Cementa putekļu ķīmiskais sastāvs gandrīz pilnīgi sakrīt ar ražotā potrlandcimenta ķīmisko sastāvu. Galvenie ķīmiskie elementi – Ca, Fe, Al.

CaO saturs kaļķa ražošanas putekļos ir daudz augstāks (līdz 40%) nekā cementa putekļos. Galvenie ķīmiskie elementi ir Ca un Mg (9.attēls).



9.attēls. Kaļķa un cementa rūpniecības pelnu ķīmiskais saturs

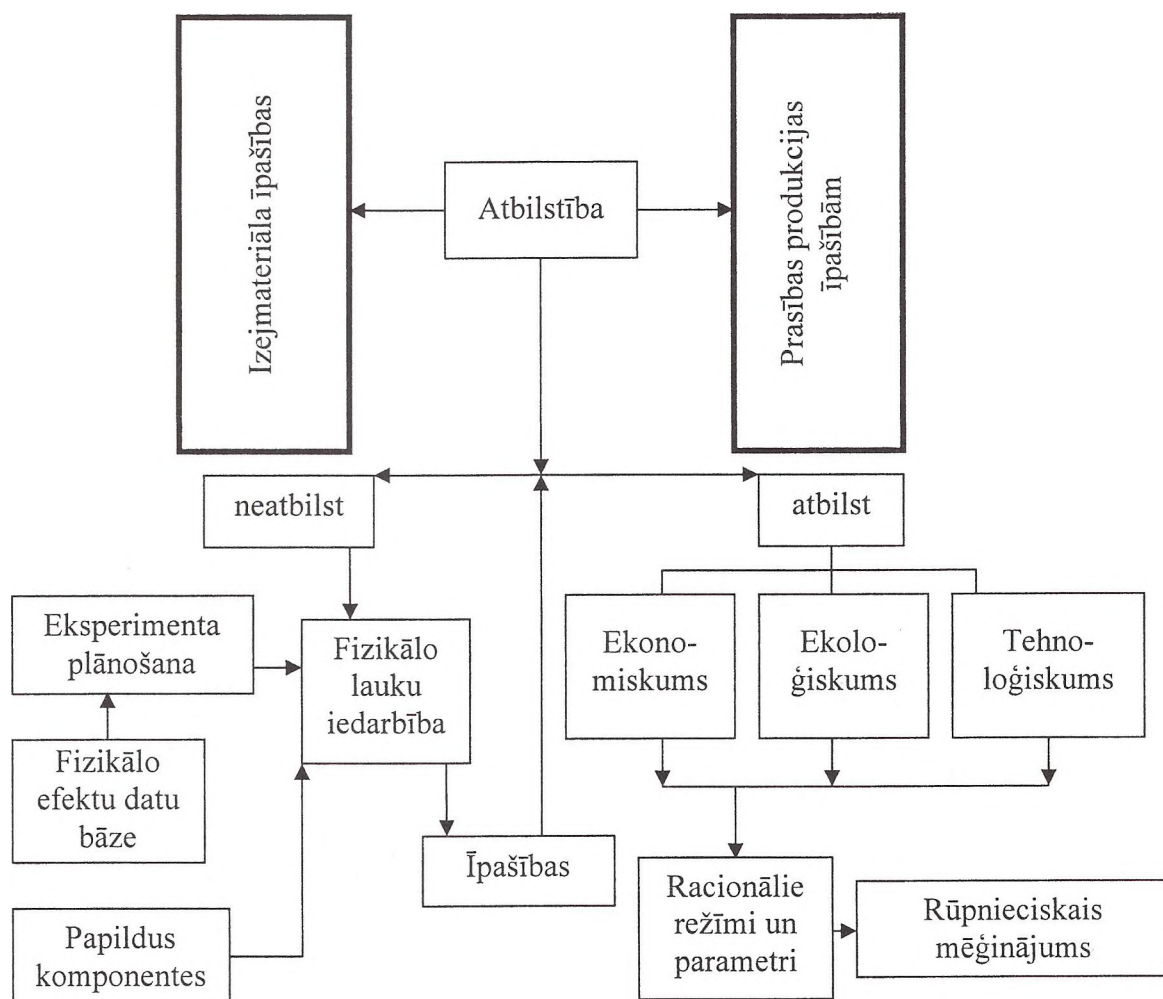
Cem.put. sv – svaigie cementa putekļi no apdedzināšanas krāsns ; *cem.put.kr.* – cementa putekļi no putekļu krātuves ; *kaļķa p.sv.* – svaigie putekļi no kaļķa apdedzināšanas krāsns ; *kaļķa p. k.* – kaļķa putekļi no putekļu krātuves.

Iespējamo pārstrādes veidu izvērtējuma metodika

Jebkuru minerālatkritumu izmantošanas problēmas risināšana var būt veikta divos virzienos. Pirmais – produkta izmantošanas mērķis ir noteikts, un tas ir esošā tradicionāli izmantojamā produkta (vai izejvielas tā izgatavošanai) aizvietošana ar attiecīgi pielāgoto minerālatkritumu.

Šinī gadījumā pētījumu programmai jā sastāv no šādiem etapiem:

- precīzi tiek noteiktas pamatprasības un īpašības (P), kurām jāatbilst ražojamajam galaproduktam;
- tiek izpētītas minerālvielas īpašības (M);
- tiek noteikta šo īpašību savstarpējā atbilstība (M~P);
- ja nav atbilstības, precīzē, kādos tieši parametros ir neatbilstība un, ņemot par pamatu fizikālo efektu datu bāzi, izvērtē iespējamās darbības veidus, kuru rezultātā varētu iegūt vajadzīgo īpašību;
- organizē eksperimentu plānošanu;
- veic eksperimentus;
- izpēta iegūtā materiāla īpašības pēc eksperimenta un tagadējo to atbilstību prasībām (M~P);
- nepieciešamības gadījumā turpina eksperimentus ar citiem fizikālajiem laukiem (10.attēls).



10.attēls. Minerālatkritumu iespējamo pārstrādes virzienu izvērtējuma algoritms

Otrais virziens – minerālatkritumu iespējamo izmantošanas veidu meklēšana, t.sk. pilnīgi jaunas, oriģinālas produkcijas izgatavošanai.

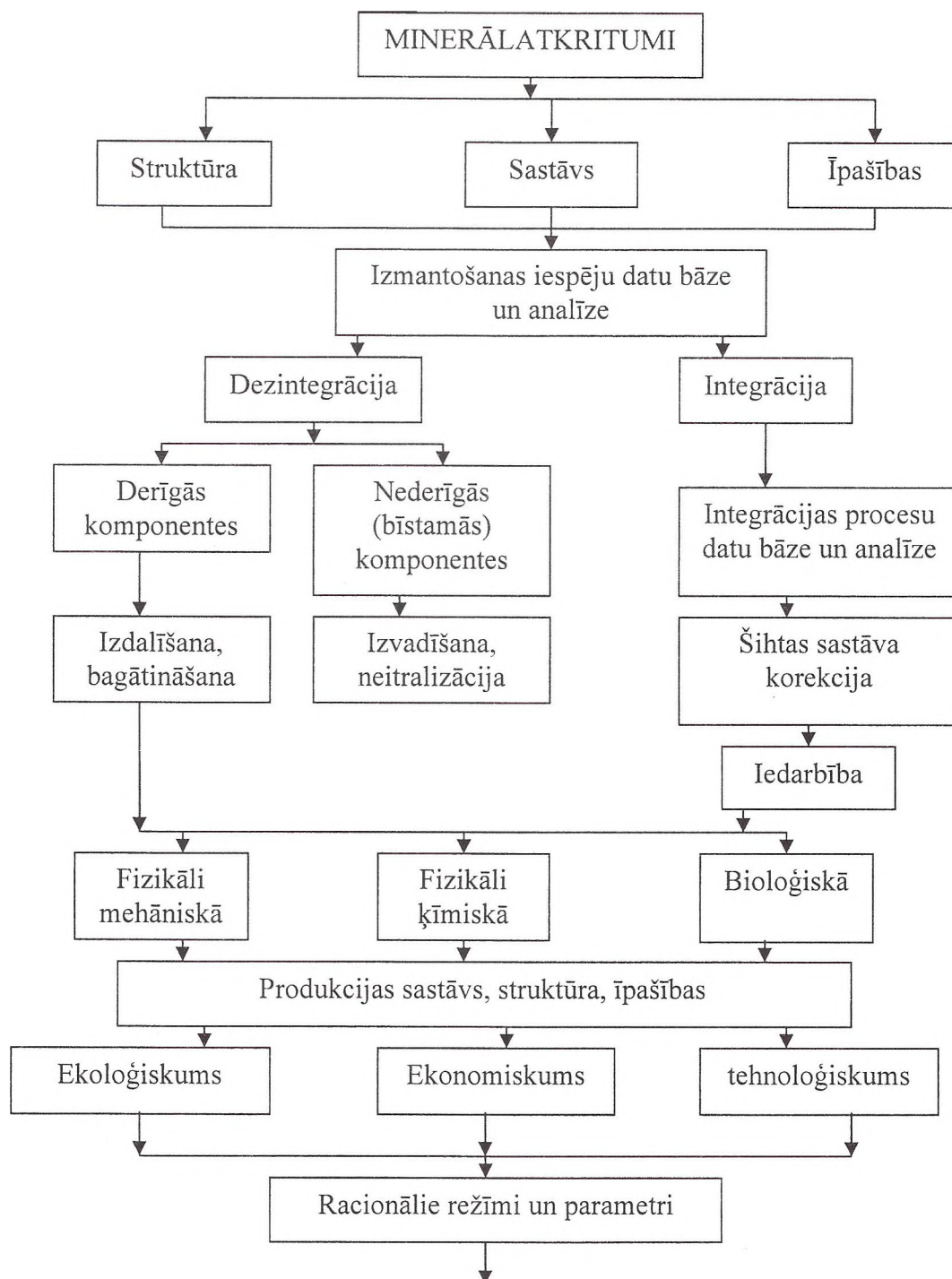
Šajā gadījumā noteicošais faktors ir minerālatkritumu struktūra, sastāvs un īpašību komplekss. Turklāt informācijai par pēdējo jābūt pēc iespējas maksimāli pilnai.

Optimālā risinājuma iegūšanai nepieciešama:

- izmantošanas iespēju datu bāze;
- iespējamo minerālatkritumos fizikālo un ķīmisko efektu datu bāze.

Apvienojot šo informāciju un salīdzinot ar atkritumu vielu struktūru, sastāvu un īpašībām, var izdalīt iespējamus risinājumu variantus, ar kuriem būs nepieciešams veikt tālākos eksperimentālos pētījumus [12].

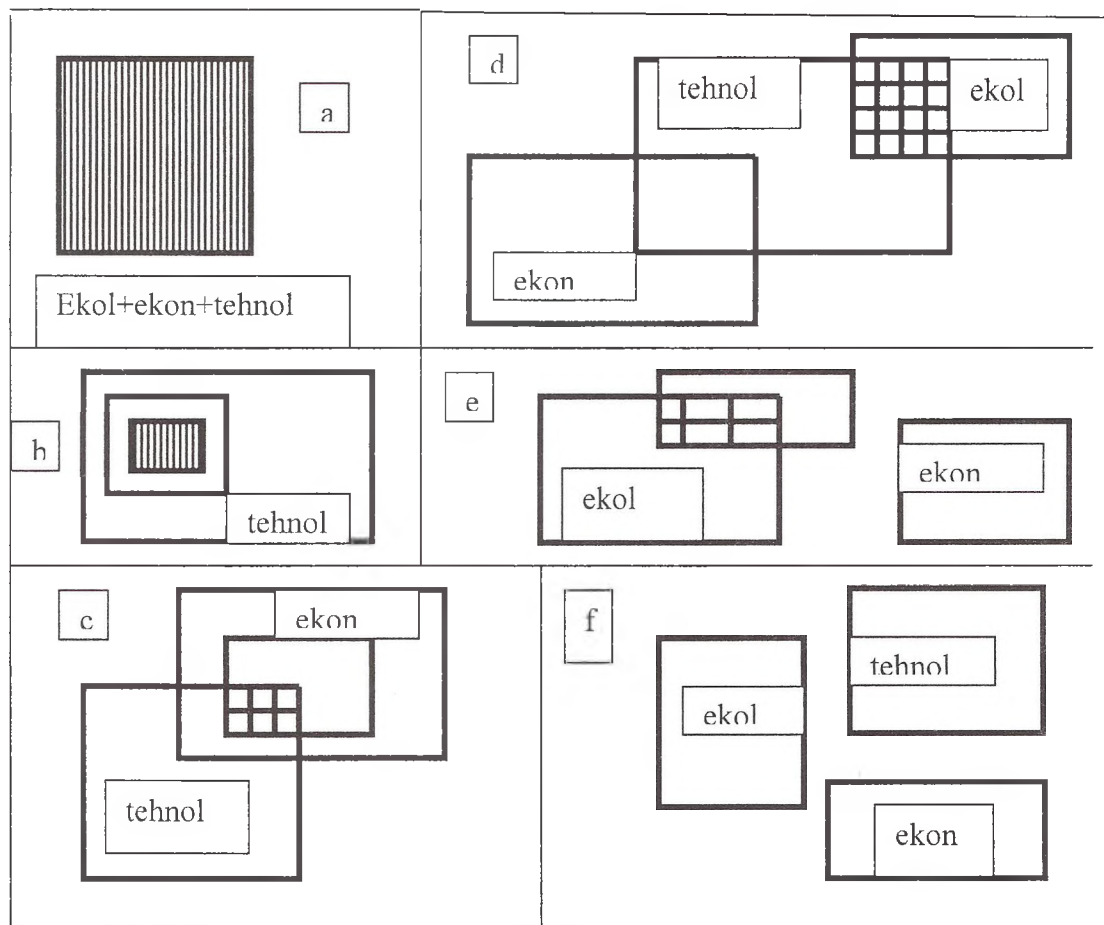
Šajos pētījumos var būt izvēlēti arī divi ceļi – pirmais saistīts ar dezintegrāciju – kaut kādas derīgas komponentes izdalīšanu no kopējās masas un tās izmantošanu; otrais – ar integrāciju – attiecīgā sastāva maisījuma veidošanu, kurš ir spējīgs fizikālo, ķīmisko vai bioloģisko procesu iedarbības rezultātā pārvērsties par derīgo produkciju (11.attēls).



11.attēls. Minerālatkritumu pārstrādes tehnoloģiju pamatojuma pētījumu izvēles algoritms

Nākamais etaps – izanalizētā un tehniski iespējamā atkritumu pārstrādes varianta izpētīšana no ekoloģiskā un ekonomiskā lietderīguma un iespējamības viedokļa – attiecīgo ierobežojošo rāmju uzlikšana un ekoloģiski tehnoloģiski ekonomiski iespējamā lauka izdalīšana. Šīs metodes matemātiskais aparāts un pielietojuma piemēri ir izanalizēti mūsu iepriekšējā darbā [13].

Noteicošie tehnoloģiskās, ekoloģiskās un ekonomiskās iespējamības pārklājumu varianti parādīti 12.attēlā.



12.attēls. Atkritumu pārstrādes tehnoloģiskās, ekoloģiskās un ekonomiskās iespējamības pārklājumu varianti

Varianti a, b un c nav konflikta varianti, jo šajos gadījumos ir atrodami lauki, kur sakrīt visi trīs nosacījumi. Varianti d un e ir pretrunīgi, jo pieprasa atrisināt konfliktu starp vides aizsardzības prasībām un ekonomiskajiem rādītājiem.

Variants f norāda uz to, ka piedāvātais tehnoloģiskais risinājums neatbilst ne ekonomiskajām, ne ekoloģiskajām prasībām un līdz ar to nevar būt pieņemts īstenošanai.

Secinājumi

Atkritumvielu neorganiskās komponentes ir vērtīgs tehnogēnais resurss, kura racionāla izmantošana dažādās tautsaimniecības nozarēs ir ekoloģiski efektīva un ekonomiski izdevīga vienlaikus.

Pašlaik šo resursu izmantošanas realizējamās metodes galvenokārt saistītas ar celtniecības materiālu izgatavošanu. Raksturīgi, ka arī šajā virzienā nav izsmeltas visas minerālatkritumu izmantošanas iespējas.

Minerālatkritumu izmantošanas iespēju paplašināšanu norobežo nepilnīga informācija par to fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, to izmaiņu likumsakarībām un fizikālajiem efektiem dažādu enerģētisko lauku iedarbības rezultātā.

Praktiskā un eksperimentālā materiāla analīzes rezultātā un, balstoties uz autora personīgajiem fizikālo lauku iedarbības uz minerālām vidēm pētījumiem, izstrādāta minerālatkritumu pasportizācijas principiālā struktūra, uz kuras bāzes var sastādīt minerālatkritumu kadastrus kā pa reģioniem (teritorijas variants), tā arī pa ražošanas sfērām (tehnoloģiskais variants).

Izstrādāti minerālatkritumu pārstrādes optimālo variantu izpētes algoritmi divos gadījumos – kad minerālatkritums tiek mērķtiecīgi izvērtēts esošā resursa aizstāšanai un kad tiek izpētīti principiāli jauni iespējamie tā izmantošanas veidi.

Daudzos gadījumos minerālatkritumu izmantošanā noteicošā ir to granulometriskā struktūra, citos – minerālais un ķīmiskais sastāvs.

Darbā no šī viedokļa izskatītas minerālatkritumu trīs grupas – izejvielas sijāšanas, skalošanas un atputekļošanas paliekas, dedzināšanas paliekas un klinkera un kaļķu apdedzināšanas paliekas.

Rezultāti rāda, ka tuvās materiālu apstrādes tehnoloģijās granulometriskā sastāva līknes var būt aprakstītas analītiski ar lielu precizitāti, kas dod iespēju prognozēt palieku parametrus katrā tehnoloģijā.

Analizējot palieku ķīmisko sastāvu, noskaidrots, ka tas pēc attiecīgās korekcijas var būt atbilstošs celtniecības materiālu ražošanas šīhtu sastāvam.

Tālākās minerālatkritumu izmantošanas iespējas ir cieši saistītas ar datu un fizikālo efektu bāzes paplašināšanu un minerālo atkritumu kadastra izveidošanu, līdz ar to ekotehnoloģisko parku izveidi.

Summary

Inorganic wastes are very important technogenical resources and their rational processing in many branches of national economy may become ecologically effective and profitable.

At the same time there are not many achievements in this field may be except civil engineering, where these materials have application in production of binders or building materials in some cases.

One of the obstacles is insufficient information about physical, chemical, and structural properties as well as about physical phenomena and impact of energetic fields on this kind of waste.

According to these problems in the paper is developed principal structure of inorganic waste certification by their physical and structural parameters. Such certificates will be useful for creation inorganic waste cadastres – territorial and technological.

Paper presents two developed algorithms for investigation and technological control optimal versions of inorganic waste utilization.

First algorithm is for the case, when inorganic waste is detended to replace convention materials, second one – for searching new original sorts of products.

In mane cases the determinant in usefulness of inorganic waste are their chemical and structural composition.

In the paper on the basis of previous investigations are analysed and worked out algebraically equations of size grading curves for different materials- coal fly ash, scrubber material, quarry by –products, municipal solid waste combustor ash, sewage sludge ash, cement and lime production dust.

Mathematical equations of size grading distribution curves show that there is possibility to prognoses these properties between similar technological processes precise.

Chemical properties of waste are function of raw origin material composition and their processing methods.

The results of experiments proved that many materials have chemical composition nearly the same that it is necessary for binding materials mixture.

The next prospective of inorganic wastes utilization are connected with necessity to widen data basis about their properties and physical effects on them and to create cadastre of wastes. It will give impulse for cooperation between enterprises and establishing ecoindustrial parks.

Literatūra

1. Noviks, G. Ekotehnoloģija – pirolīzes procesa parametru fizikāli tehniskais pamatojums. Vide. Tehnoloģija. Resursi. IV Starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli. Rēzekne, 2003. 191.-200.lpp.
2. Новик, Г.Я., Сусленков, Б.Д., Малков, Н.В. Физико-химические основы комплексного использования природных ресурсов. М.: МГИ, 1989.
3. Новик, Г.Я., Зильбершмидт, М.Г. Управление свойствами пород в процессах горного производства. М.: Недра, 1994.
4. Noviks, G. Minerālveida atkritumu pasportizācija kompleksās pārstrādāšanas nolūkos. RA raksti. I sējums. Rēzekne: Latgales kultūras centra izdevniecība, 1997. 155.-161.lpp.
5. Wood, Sandra A., Charles R. Marek. Recovery and Utilization of Quarry By-Products For Use in Highway Construction. Proceedings of the Symposium on Recovery and Effective Reuse of Discarded Materials and By-Products for Construction of Highway Facilities, Federal Highway Administration. Denver, Colorado, October, 1993.
6. Collins, R.J., Ciesielski, S.K. Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 199, Transportation Research Board, Washington, DC, 1994.
7. Federal Highway Administration and American Coal Ash Association. Fly Ash Facts for Highway Engineers. Report No. FHWA-SA-94-081, Meyers, James F., Raman Pichumani and Bernadette S. Kapples. Fly Ash. A Highway Construction Material. Federal Highway Administration, Report No. FHWA-IP-76-16, Washington, DC, 1976.
8. McQuade, Paul, V., Head, W.J., Anderson, R.B. Investigation of the Use of Coal Refuse-Fly Ash Compositions as Highway Base Course Material, Federal Highway Administration, Report No. FHWA/RD-80/129. Washington, DC, June, 1981.
9. Chandler et al. An International Perspective on Characterisation and Management of Residues from Municipal Solid Waste Incineration. Summary Report, International Energy Agency, 1994.
10. Gray, D.H., Pennessis, C. Engineering Properties of Sludge Ash. Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 44, No. 5, May, 1972.
11. Foisy, B.F., Ramon, L.I., et al. Sewage Sludge Incineration: Meeting Air Emissions in the Nineties and Beyond. Proceedings of the National Waste Processing Conference, ASME, 1994.
12. Noviks, G. Ekotehnoloģijas pamati. Rēzekne: Rēzeknes Augstskola, 2002.
13. Noviks, G. Ekotehnoloģiju kompleksās analīzes sistēmas pilnveidošana. Rēzeknes Augstskolas zinātniskie raksti, Rēzekne, 2003. 97.-111.lpp.

**SADZĪVES ATKRITUMU POLIGONU INFILTRĀTA ATTĪRĪŠANAS
PĒTĪJUMI**
*INVESTIGATIONS OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS LEACHATE
TREATMENT*

Edmunds Teirumnieks

Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte
Āzenes 14/24, Rīga, Latvija
Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte
Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, Latvija, tālr./fakss: + 371 4625167, e-pasts: edmunds@ru.lv

Līga Bērziņa-Cimdiņa, Juris Mālers, Gatis Pelčers

Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte
Āzenes 14/24, Rīga, LV 1048, Latvija
Tel.: + 371 7089211, e-mail: rudolfs@ktf.rtu.lv

Ērika Teirumnieka

Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte
Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, Latvija
Tālr./fakss: + 371 4625167, e-pasts: erika.teirumnieka@ru.lv

Abstract. *Municipal solid waste landfills are one of the most dangerous environment "point" polluters. The main polluter in landfills is leachate, which arise mainly of waste moisture and precipitations. Leachate is very contaminated wastewater and all landfills operators have problems in leachate treatment sector, because composition of leachate contaminants and concentrations very changed in time. It is very problematic task for selection of leachate treatment method or methods. Normally, in leachate treatment practice combination of different treatment methods are used. In this paper composition of leachate in two biggest Latvia landfills are described. Leachate treatment investigations were achieved with coagulation and sorbtion methods. In researches leachate with coagulants $Al_2(SO_4)_3$ and $FeCl_3$ and peat as sorbent are treated. Researches showed that peat is very effective sorbent for heavy metals removing from leachate.*

Keywords: *coagulation, leachate, peat, sorbtion, waste landfill.*

Ievads

Latvija vides aizsardzības jomā kā vienu no prioritātēm ir izvirzījusi atkritumu apsaimniekošanu, kas aptver gan atkritumu savākšanas servisa pakalpojumu uzlabošanu, gan atkritumu šķirošanu, gan to apglabāšanu poligonos, nodrošinot apkārtējās vides nepiesārņošanu. Pašreiz galvenais apkārtējās vides piesārņotājs ir atkritumu apglabāšanas vietās – izgāztuvēs / poligonos – radies infiltrāts. Savāktais infiltrāts ir jāattīra, jo tas nevar bezgalīgi tikt savākts un uzkrāts. Infiltrāta attīrīšana ir viena no poligonu apsaimniekotāju aktuālākajām problēmām visā pasaulē un līdz ar to arī Latvijā. Infiltrāts ir ļoti koncentrēts notekūdens, kura sastāvs un attīrīšanas metožu izvēle ir būtiski atkarīga no poligona vecuma, apglabāto atkritumu sastāva, poligona apsaimniekošanas veida un citiem faktoriem. Turklāt tā sastāvs mainās ļoti plašā intervālā gan īsā laika posmā, gan sezonāli, tāpēc ir neiespējami piemērot vienu infiltrāta attīrīšanas tehnoloģiju visiem poligoniem. Eiropas Savienība nosaka stingras prasības infiltrāta attīrīšanai, kuras jaunās dalībvalstis nav spējīgas nodrošināt, neveicot infiltrāta sastāva un tā attīrīšanas izpēti. Tāpēc tika veikti pētījumi, kas saistīti ar Getliņu sadzīves atkritumu (SA) apglabāšanas poligona infiltrāta sastāva analīzēm

pēc pirmās attīrīšanas pakāpes un tā tālāku attīrīšanu līdz normām, kuras ir jāsasniedz, novadot infiltrātu apkārtējā vidē – virszemes ūdeņos. Darbs vērsts uz divu metožu – koagulācijas un sorbcijas – pētījumiem infiltrāta attīrīšanas jomā.

Kā viens no iespējamajiem risinājumiem sorbcijas pielietošanā tiek apskatīts kūdras sorbentu pielietojums infiltrāta attīrīšanā. Kūdra ir Latvijā plaši izplatīts dabas resurss, turklāt kā sorbents tas ir lēts un viegli pieejams. Kā rāda pētījumi, tad pat bez īpašas apstrādes jau ir iespējams izmantot kūdru kā sorbentu smago metālu aizvākšanai no infiltrāta. Veicot kūdras papildus apstrādi jeb sagatavošanu, tās sorbcijas īpašības iespējams daudzkārt uzlabot [1].

Koagulācijas metodes izmantošanas pētījumi infiltrāta attīrīšanā ir veikti vairākās valstīs, bet, ņemot vērā katra poligona individuālo infiltrāta ķīmisko sastāvu, bez detalizētiem pētījumiem ar šo metodi nav iespējams universāli attīrīt visu SA poligonu infiltrātu. Līdz ar to tika veikti SA poligona „Getliņi” infiltrāta pētījumi ar mērķi noteikt nepieciešamās koagulantu devas infiltrāta attīrīšanai. Pētījumos kā koagulantu izmantoti Fe un Al sāļi.

Materiāli un metodes

Tipiska sadzīves atkritumu apglabāšanas poligona infiltrātam raksturīgs augsts organisko vielu saturs, lielas slāpekļa savienojumu koncentrācijas un paaugstinātas smago metālu (Zn, Fe, Cr, Ni, Cu, Mn, Cd, Pb, Co, Hg) koncentrācijas. Bioloģiskā ūdens attīrīšana veiksmīgi tiek pielietota, lai samazinātu organisko vielu un slāpekļa savienojumu koncentrācijas, taču nespēj no infiltrāta atdalīt smagos metālus. Turklāt to klātbūtne traucē bioloģisko ūdens attīrīšanu, tādēļ tiek pētīta iespēja Latvijas kūdru izmantot kā efektīvu smago metālu sorbentu infiltrāta attīrīšanas procesā.

1.tabula

Piesārņojošo vielu koncentrācijas SA poligona „Getliņi” infiltrātā (gada vidējās vērtības)

[2]

Parametrs	Mērvienība	2003.	2004.	2005.	2006.
pH		6,59	7,78	7,64	7,79
Elektrovadītspēja	μS/cm	9400	17470	10120	20450
Suspendētās vielas	mg/l			109	59
Izšķīdušās vielas	mg/l	11400	15300	9400	14000
ĶSP	mg/l	9200	7900	5500	5450
BSP ₅	mg/l	2200	6400	2800	1800
N _{NH₄⁺}	mg/l	160	1015	750	1400
N _{kop.}	mg/l	245	1290	810	1630
P _{kop.}	mg/l	1,3	3,1	3,6	7,3
Zn	mg/l	3	1,7	0,22	0,19
Fe	mg/l	44	32	10	3,9
Cr	mg/l	0,17	0,19	0,36	0,82
Ni	mg/l			0,085	0,12
Cu	mg/l	0,08	0,04	0,02	0,02
Mn	mg/l	3,8	4,3	0,42	0,55
Cd	mg/l		0,01	0,0028	0,00046
Pb	mg/l			0,0022	0,062
Co	mg/l		0,05	0,023	0,025
Hg	μg/l		0,23	0,1	0,14
Cl ⁻	mg/l	1100	2250	1500	2200

Izanalizējot 1.tabulā attēlotos rezultātus, redzams, ka infiltrāta ķīmiskais sastāvs laika gaitā diezgan būtiski mainās. KSP un BSP_5 vērtībām ir tendence samazināties, kas norāda uz organisko vielu satura krišanos infiltrātā. Vienlaikus pakāpeniski pieaug hlorīdu un slāpekļa savienojumu saturs, kas varētu liecināt par atkritumu pilnīgāku sadalīšanos. Kopumā infiltrātā samazinās arī izšķīdušo vielu saturs, kas norāda, ka viegli šķīstošie un sadalāmie atkritumi tiek izskaloti pirmo pāris gadu laikā pēc noglabāšanas, bet turpmākajos gados notiek atkritumu sadalīšanās un sliktāk šķīstošo savienojumu iznese. Turklāt izšķīdušo vielu saturs infiltrātā krasi svārstās pa sezonām. Ievērojami augstākas vērtības ir konstatētas vasaras sezonā pēc ilgāka sausuma, kā arī ziemā pēc ilgstoša aukstuma, kad nenotiek sniega kušana. Zināmu ietekmi uz infiltrāta sastāvu nenoliedzami rada jauno atkritumu šūnu pieslēgšana infiltrāta savākšanas sistēmai un nedaudz atšķirīga sastāva infiltrāta no jaunajām šūnām pieplūde sistēmā [2].

2.tabula

Infiltrāta sastāvs SA poligonā „Daibe”

Parametrs	Mērvienība	2006. gada 8. marts
As	$\mu\text{g/l}$	649
BSP_5	mg/l	9400
Ca	mg/l	1026
Cd	$\mu\text{g/l}$	3,9
Cl^-	mg/l	5000
Cr	mg/l	0,8
Cu	mg/l	0,4
Elektrovadītspēja	$\mu\text{S/cm}$	24900
$\text{Fe}_{\text{kop.}}$	mg/l	24
Hg	$\mu\text{g/l}$	0,46
K	mg/l	1637
Co	$\mu\text{g/l}$	14
Mg	mg/l	1008
Mn	mg/l	7,6
NH_4^+	mg/l	958
Na	mg/l	2193
Ni	$\mu\text{g/l}$	121
$\text{N}_{\text{kop.}}$	mg/l	757
Pb	$\mu\text{g/l}$	58
$\text{P}_{\text{kop.}}$	mg/l	15,4
Zn	mg/l	2,1
pH		6,47
KSP	mg/l	15800

Salīdzinot SA poligonu „Getliņi” un „Daibe” (skat. 1. un 2.tabulu) infiltrāta sastāvu, redzams, ka dažādu infiltrāta parametru izmaiņas ir ļoti lielas, piemēram, KSP vērtības 2006.gadā „Daibes” poligonā ir gandrīz 3 reizes augstākas nekā „Getliņu” poligonā. Turklāt BSP_5 vērtībās starpība ir vēl lielāka. Tas izskaidrojams ar poligonu vecumu un apglabāto atkritumu daudzumu. SA poligons „Getliņi” infiltrātu savāc gan no vecās atkritumu krātuves, gan no jaunajām atkritumu apglabāšanas krātuvēm, kur gala rezultātā bioloģiskās attīrīšanas iekārtās infiltrāts nonāk jau savā starpā sajaucies. Toties SA poligona „Daibe” gadījumā runa ir par tā saukto „jauno” infiltrātu, jo poligons darbu ir uzsācis tikai 2004.gadā un tieši „jaunajam” infiltrātam ir raksturīgs organisko vielu saturs tajā. Arī smago metālu koncentrācijas „Daibes” poligonā ir augstākas nekā

„Getliņos”, ko varētu izskaidrot ar dažādo apglabājamo atkritumu saturu, kas katrā no reģioniem ir stipri vien atšķirīgs.

Dotais poligonu, arī Latvijas robežās, infiltrātu salīdzinājums uzskatāmi parāda, cik ļoti dažāds var būt infiltrāts un cik liela individuālā vērtība to attīrīšanā ir jāpievērš poligona apsaimniekotājam. Šajos pētījumos izmantots SA poligona „Getliņi” infiltrāts.

Lai izprastu un novērtētu kūdras kā sorbenta īpašības, sākotnēji ar kūdras paraugiem tika veiktas analīzes, izmantojot modeļšķīdumus. Kūdras sorbcijas spēju novērtēšanai tika izmantoti $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ modeļšķīdumi ar Fe^{3+} jonu koncentrāciju 100 mg/l un 200 mg/l ar pH robežās 2,5-2,6. Lai tuvinātu šķīdumu reāliem apstākļiem, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ šķīdināšanai netika izmantots destilēts ūdens, bet gan NaCl ūdens šķīdums ar koncentrāciju 0,1 mol/l. Eksperimenti notika kā statiskos, tā arī dinamiskos apstākļos.

Statiskos apstākļos mēģinājumi veikti ar divu dažādu kūdras purvu paraugiem: no Līvānu purva un Lielā Aknīstes purva. Kūdras paraugiem ar masu 0,1 g tika pievienoti 10 ml Fe^{3+} šķīduma ar koncentrāciju 100 mg/l. Sagatavotā sistēma uz vienu stundu tika ievietota maisītājā, pēc tam nofiltrēta un fotometriski noteikta Fe^{3+} koncentrācija.

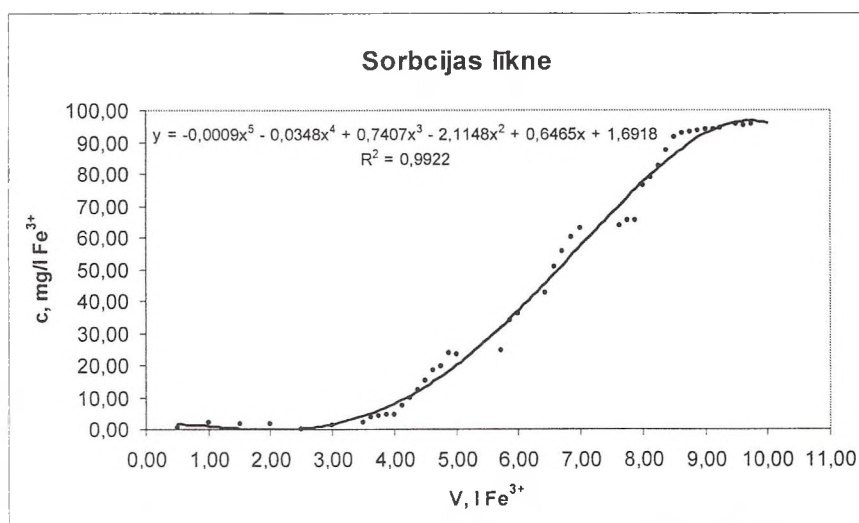
Dinamiskās sorbcijas pētīšana tika veikta kolonnas tipa iekārtā, sorbenta (kūdras) masa 32 g, tilpums 157 cm³. Modeļšķīduma plūsma (Fe^{3+}) kolonnā tika ieregulēta ātrumam 1 l/h.

Infiltrāta attīrīšanā ar koagulācijas metodi izmantotie koagulantī bija $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ un FeCl_3 . Eksperimentos izmantotās koagulantā $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ koncentrācijas bija no 3 līdz 10%, bet koagulantam FeCl_3 – 2,5 līdz 4%. Infiltrāta attīrīšanas efektivitāte ar koagulantiem tika noteikta neattīrītam infiltrātam uzreiz pie koagulantu dažādām koncentrācijām un tilpumiem [3]. Koagulācijas efektivitātes izvērtēšanai tika analizēts ĶSP pirms un pēc infiltrāta attīrīšanas.

Rezultāti un to izvērtējums

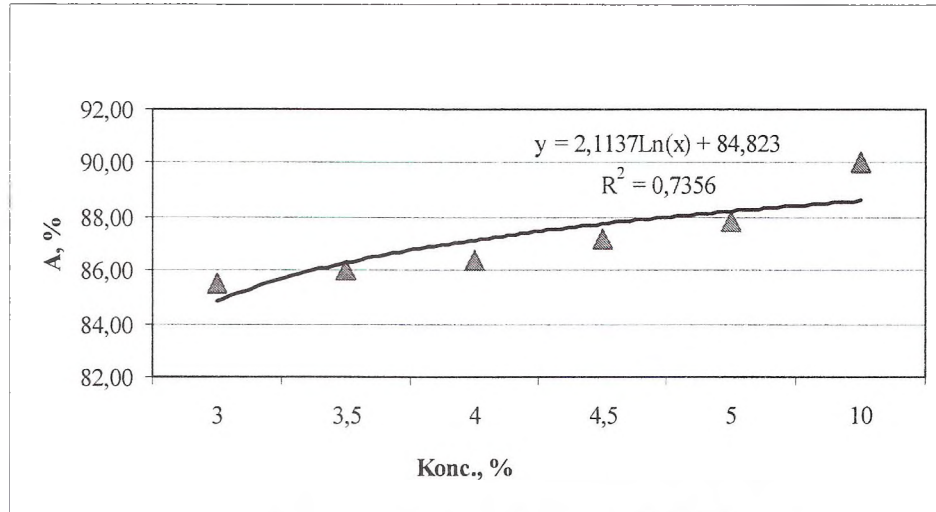
Pēc statiskās sorbcijas metodes veiktajiem pētījumiem, Fe^{3+} jonu koncentrācija Līvānu purva kūdras paraugā bija 19,14 mg/l un Lielā Aknīstes purva kūdras paraugā – 7,28 mg/l jeb adsorbēti attiecīgi 80,86 % un 92,72 % no sākotnējā Fe^{3+} daudzuma. Rezultāti ļāva noteikt kūdras sorbcijas spēju, kas attiecīgi ir 8,1 un 9,3 mg Fe^{3+} /g kūdras.

Veicot eksperimentālos pētījumus dinamiskajā sorbcijas režīmā, iegūtā sorbcijas līkne (skat. 1.att.) ļāva noteikt sorbenta pilno dinamisko kapacitāti (PDK). Veicot aprēķinus, PDK ir 13,2 mg Fe^{3+} /g kūdras.



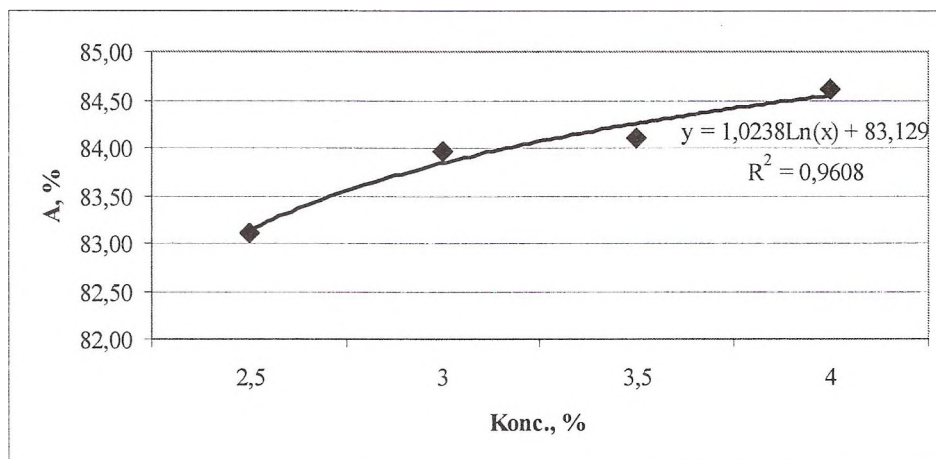
1.attēls. Kūdras sorbcijas spējas dinamiskā režīmā

Lai izvērtētu koagulācijas metodes pielietojumu infiltrāta attīrīšanā un novērtētu izplatītāko koagulantu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ un FeCl_3 efektivitāti, visos eksperimentos tika ņemts vienāds daudzums koagulanta un tas sastādīja 550 ml. Visos paraugos infiltrāta sākotnējā KSP vērtība bija 4627 mg/l.



2.attēls. Infiltrāta attīrīšana ar $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Eksperimentāli iegūtie dati koagulācijas efektivitātes (A, %) izvērtējumam infiltrāta attīrīšanā parādīti 2. un 3.attēlā. No iegūtajiem rezultātiem redzams, ka $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dotajā gadījumā ir efektīvāks koagulants nekā FeCl_3 . Tomēr gan viena, gan otra koagulanta devas ir ļoti lielas, un tāpēc tiešai infiltrāta attīrīšanai šī metode ir ļoti dārga. Tāpēc pirms koagulācijas pielietojuma infiltrāta attīrīšanai ir jāveic infiltrāta priekšattīrīšana.



3.attēls. Infiltrāta attīrīšana ar FeCl_3

Secinājumi

1. Smago metālu un bioloģiski grūti noārdāmo organisko savienojumu aizvākšana no infiltrāta ir viena no aktuālākajām problēmām visos atkritumu apglabāšanas poligonos.
2. Veiktie eksperimenti pierāda, ka kūdra pat bez īpašas apstrādes var tikt izmantota kā efektīvs smago metālu sorbents, kas arī redzams no pētījumos iegūtajiem rezultātiem, kur statistiskās sorbcijas metodes izpētē adsorbēti ap 90% no Fe^{3+} jonu sākotnējās koncentrācijas šķīdumā.
3. Dinamiskajā sorbcijas režīmā kūdras pilnā dinamiskā kapacitāte sastādīja 13,2 mg Fe^{3+} /g.
4. Koagulācijas metode, kur kā koagulantu izmantoti $Al_2(SO_4)_3$ un $FeCl_3$, var tikt pielietota tikai jau iepriekš daļēji attīrītam infiltrātam, pretējā gadījumā koagulantu devas ir ļoti lielas un metode, skatoties no ekonomiskā viedokļa, kļūst neizdevīga.
5. Pie infiltrāta sākotnējās $ḲSP$ vērtības 4627 mg/l un vienāda izmantotā koagulanta daudzuma 550 ml pie dažādām koagulantu koncentrācijām efektīvāks koagulants bija $Al_2(SO_4)_3$, kuram infiltrāta attīrīšanas efektivitāte sastādīja 86-88%. Mazāk efektīvs koagulants bija $FeCl_3$, kuram infiltrāta attīrīšanas efektivitāte sastādīja 83-84,5%.

Summary

Normally, in leachate treatment practice combination of different treatment methods are used. The main methods are biological oxidation (mostly - sequence batch reactor (SBR)), reverse osmosis and some chemical methods. Mainly all these methods separately are only pretreatment methods and leachate required treated with other methods to concentrations that in legislations are prescribed. Usually, leachate after pretreatment contains high level of COD and heavy metals. Results of investigations shows that in using different concentrations of coagulants and peat as sorbent, is possible to remove pollutants until parameters what in legislations are prescribed. At this moment peat in Latvia is low-cost and commercially available material that have good sorbtion property. In combination with other leachate treatment methods, this one is very perspective. Peat as sorbent and coagulation are leachate treatment methods that can be very effective for small landfills and also as tercial treatment methods.

Pateicība

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu Nacionālās programmas „Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” projekta „Atbalsts RTU doktorantūras attīstībai” ietvaros.



Literatūra

1. Teirumnieka, Ē., Teirumnieks, E. Kūdras izstrāde Latgalē un tās izmantošanas perspektīvas.// Starptautiskās zinātniskās konferences „Tautsaimniecības attīstības iespējas un problēmas” materiāli. Rēzekne, 2006. 469.-477.lpp.
2. Sadzīves atkritumu poligona „Getliņi” 2005.-2006.gada pārskats. Rīga: SIA „Geo Consultants”, SIA „Eko Getliņi”, 2006. 63 lpp.
3. Teirumnieks, E., Cimdiņš, R., Bērziņa-Cimdiņa, L., Teirumnieka, E. Leachate Treatment Investigations of Municipal Solid Waste Landfill.// Second Ain Shams University International Conference on Environmental Engineering. Cairo, Egypt, 2007. pp. 308.-312.

LIMESTONE – AN INERT MODEL SYSTEM OF CEMENT? KAĻĶAKMENS – SAISTVIELU INERTO SISTĒMU MODELIS?

Ghada Bassioni

Chemistry Department, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo, Egypt

Phone: +(20)0101832728, e-mail: gbassioni@yahoo.com

Abstract. *The adsorption of small organic anions like those of benzoate, tartrate, citrate and glutamate on Portland composite cements CEM II and CEM III can be influenced by the present limestone (industrial CaCO₃). Therefore, the replacement of ordinary Portland cement CEM I is not a trivial matter, although using these materials reduces the cement production and hence the CO₂ emission providing the solution of an up-to-date environmental problem. A systematic study is shown here by zeta potential determination on the CaCO₃ suspension containing the organic anions. The effect of increasing pH was further considered and correlated to the adsorption on CaCO₃ surface. The study gives an insight on the compatibility between cement and organic additives in presence of limestone that has very similar surface properties to cement.*

Keywords: *adsorption, carboxylic acids, zeta potential.*

Introduction

The arising request for modern building materials that show better workability and durability can only be fulfilled by the application of different construction-chemical admixtures. Although some very good recipes have been developed e.g. for dry mix mortars, problems of compatibility between cement and organic admixtures have arisen. Substitution of CEM I by CEM II and CEM III cements, which clearly possess different chemical-mineralogical compositions, results in changes in the reaction behavior. A common admixture in that field resembles limestone (industrial CaCO₃). Its interaction with organic matter was ignored and its inertness was taken for granted. Therefore, a systematic study seemed necessary. For this purpose, the interaction of some organic molecules with different functionalities on a model system like CaCO₃ was studied. The results should give some fundamental understanding in how far the cement industry can reduce the production of cement clinker by replacing it with limestone as admixture and consequently the CO₂-emission will be reduced, which is of high environmental interest.

In aqueous suspension, calcitic limestone develops a positive zeta potential. Its surface properties are very similar to the properties of cement hydrate phases such as ettringite or calcium aluminium monosulfate. Numerous works have been published on adsorption of small organic anions such as salicylate and succinic, phthalic and maleic acid on CaCO₃ [1, 2,]. Surface complexation occurs between the carboxylate groups of these molecules and hydrated calcium atoms located on the CaCO₃ surface which is exposed to the liquid phase [3]. Structural parameters influencing the interaction of numerous low molecular weight organic acids with goethite surface has been studied extensively by surface complexation modeling [4]. By comparing the adsorption behavior of phthalate, salicylate and p-hydroxybenzoic acid on an α -Fe₂O₃ surface, Gu *et al.* [5] have found that a second –COOH group in ortho position of a molecule greatly increases the adsorbed amount in comparison to the same compound with an –OH or –COOH group in *para* position. Similarly, Das *et al.* [6] have shown that on α -alumina, phthalate adsorbs higher than benzoate because of the two adjacent –COOH groups in phthalate. For small organic anions on a given positive surfaces, the adsorbed amount and ratio between adsorbed and dissolved anion (adsorption equilibrium) generally depends on the functionality of the adsorbate molecule. Benzoate, tartrate and citrate were used because of their carboxylate functionality and their widespread use to retard cement hydration in concrete and dry-mix mortars containing limestone powder. Glutamate was studied because of its additional N-functionality which might lead to a

different adsorption behavior. For this purpose, adsorption isotherms, as well as zeta potentials of CaCO₃ suspensions containing these anions were determined at pH = 9 (native pH of the CaCO₃ slurry) and pH = 12.5, respectively.

Materials and methods

The experiments were performed with aqueous suspensions of CaCO₃ (SCHAEFER Precal 18, Schaefer Kalk GmbH & Co KG, Diez, Germany). Its medium particle size D_{50} was 12.58 μm and the specific surface area was 0.283 m^2/g (BET method) and 0.345 m^2/g (BLAINE method), respectively. The density was found to be 0.2688 g/m^3 . Sodium benzoate, disodium tartrate dihydrate, tri-sodium citrate dihydrate and sodium L-glutamate monohydrate (all from Merck) were used without further purification.

Adsorption measurements on CaCO₃ were carried out at 20°C by determining the unadsorbed organic carbon content in the centrifugate via High TOC II analyser (Elementar). 0.1 - 5% bwoCaCO₃ of the organic salts were added to the aqueous CaCO₃ suspension (water/CaCO₃ ratio = 0.413) and mixed thoroughly with the help of a test tube shaker (VWR International) for 1 min. The suspension was then centrifuged for 20 min at 8500 rpm. Adsorption measurements performed over 4 h confirmed that the state of equilibrium was fully attained after 2 min.

Zeta potential of aqueous CaCO₃ suspensions containing different concentrations of the anions were measured at different pH using Model DT-1200 Electro-acoustic Spectrometer (Dispersion Technology, Inc.). The following mixing procedure was used to prepare the CaCO₃ suspensions: 400 g of CaCO₃ were added to 165.2 g water within 1 min. This slurry was let sit for one more minute. Afterwards, the mixture was vigorously stirred for 2 min in a casserole with a spoon. Filtration gave the mother liquor for the measurement of the ionic background of the CaCO₃ suspension that was subtracted from the zeta potential values of the CaCO₃ slurries containing the organic anions.

Results and Discussion

Adsorption

The adsorbed amounts of benzoate, tartrate, citrate and glutamate on CaCO₃ surface determined at dosages of 0.1- 5.0 % bwoCaCO₃ and at pH = 9 are shown in **Figure 1**. As can be seen, the adsorbed molar amount of all organic anions increases with dosage. Benzoate shows the highest adsorbed molar amount and citrate the lowest. Because citrate possesses three carboxylic groups, it achieves compensation of the surface charge at lower dosages than anions with only two or one carboxylic function. No saturation points of adsorption were obtained at the dosages tested here. Zeta potential measurements described later showed that saturation points were achieved at dosages between 10-20 mMol anion/ m^2 CaCO₃ surface. The adsorbed molar amounts of tartrate and glutamate are nearly the same.

For Ca-citrate, the ratio between adsorbed and the total amount added has been reported to range from 19-52%, depending on dosage [7]. This is in good accord with our findings for Trisodium citrate showing that about 20% of citrate is adsorbed. Adsorption of disodium tartrate onto CaCO₃ was found to correspond to a Type II isotherm [8]. In the vast majority of cases, physical adsorption gives rise to a Type II isotherm. In this case, only the forces between the adsorbent and the adsorbate molecules (vertical interactions) are considered, whereas the forces between neighboring adsorbate molecules on the surface (horizontal interactions) are neglected. Considering the nature of such intermolecular forces, adsorbate-adsorbate interactions must be taken into account when a layer is approaching the saturation point of adsorbed anion and the distance of adsorbed molecules becomes small in relation to their size [8].

Effect of pH on adsorption behavior

To investigate the effect of pH on the adsorbed amount of anion, the pH of the CaCO_3 suspension was adjusted to 12.5 with NaOH. The dosage of the anions added varied from 0.1 to 5% bwo CaCO_3 . The results are displayed in **Figure 1**. Surprisingly, adsorption of the organic anions depends very little on the pH. An increase in pH to 12.5 causes only a slight increase in the amount of adsorbed benzoate, tartrate, citrate and glutamate, due to further deprotonation of the hydroxyl groups. Interestingly, no saturation point for adsorbed amount is observed even at concentrations as high as 5 % bwo CaCO_3 .

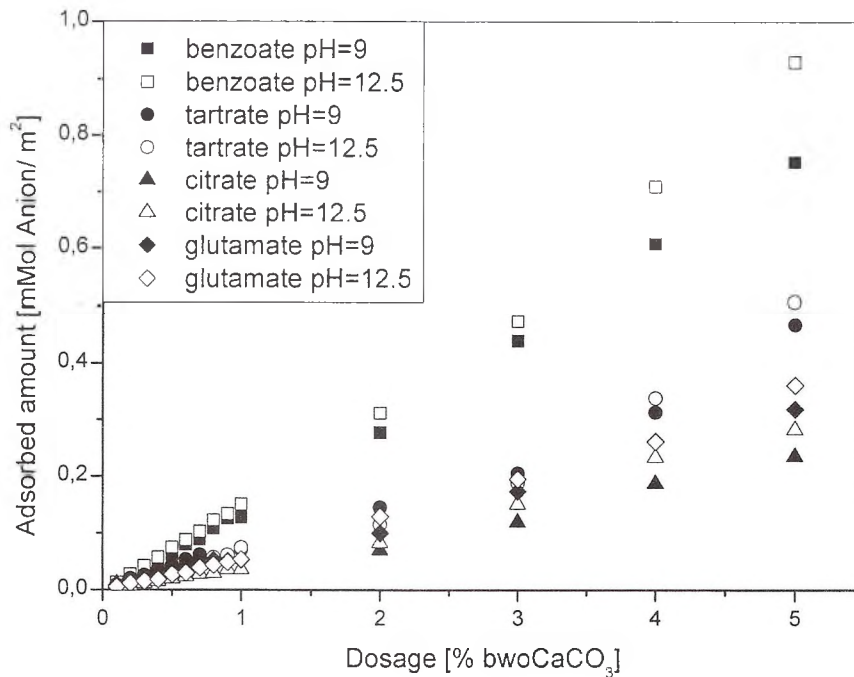


Fig. 1. Comparison of dosage dependent adsorbed molar amounts of benzoate, tartrate, citrate and glutamate on CaCO_3 surface at pH = 9 and 12.5, respectively

Zeta potential measurements

Zeta potential measurements were performed to determine the surface charge of the calcium carbonate particles in presence of varying dosages of the anions. Generally, charge, spatial arrangement and conformation play an important role in the adsorption behavior of the anions. Solvent, temperature and ionic strength can influence adsorbent structure and properties. This is reflected by the zeta potential of the particle. Calcium carbonate particles suspended in water containing an organic salt form a STERN layer of adsorbed ions while hydrated ions remain in solution. Further organic molecules may be adsorbed on the STERN layer. In consequence, a diffuse electric double layer (EDL) surrounds the particle. The concentration of ions oppositely charged to the STERN layer decreases exponentially with increasing distance from the CaCO_3 particle. In the vast majority of previous zeta potential measurements, highly diluted suspensions with water/ CaCO_3 = 1 to 1000 were used. In many practical applications such as dry-mix mortars, however, highly concentrated CaCO_3 suspensions with water/ CaCO_3 < 1 are commonly used. Therefore, a CaCO_3 suspension with water/ CaCO_3 = 0.413 was studied by using the electroacoustic method which allows to obtain results that correspond to practical conditions in building materials.

First, the zeta potential of the CaCO_3 suspension was measured at $\text{pH} = 9$ to $\text{pH} = 12.5$ by adding dilute sodium hydroxide solution. As seen in **Figure 2**, the zeta-potential at $\text{pH} = 9$ is +40 mV. The surface potential decreases to negative values as the pH of the suspension increases. This effect is caused by the adsorption of hydroxide ions on the initially positive surface. At $\text{pH} = 12.5$, the surface charge of CaCO_3 is -15 mV.

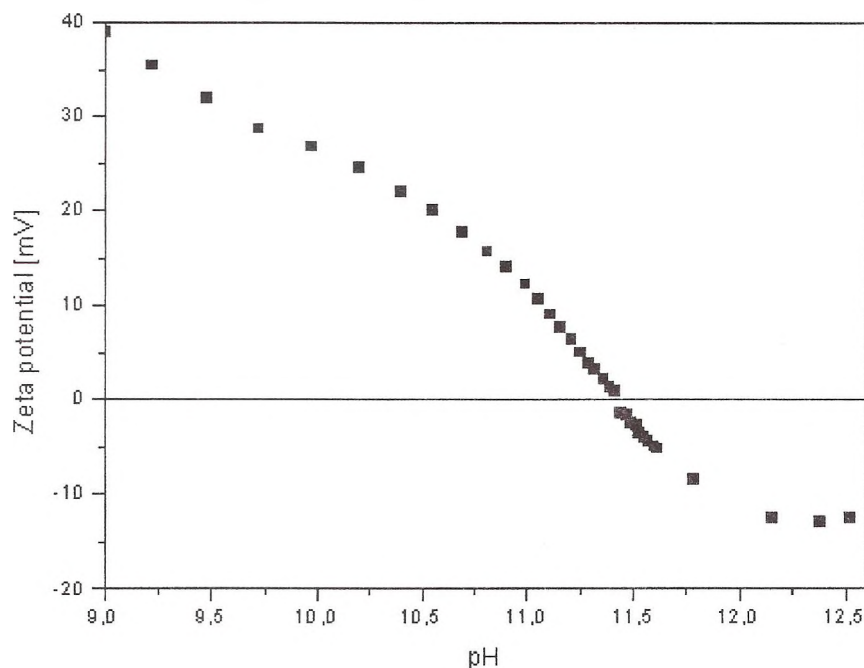


Fig. 2. Zeta potential of the CaCO_3 suspension at $\text{pH} = 9$ to 12.5

Secondly, the CaCO_3 suspension with $\text{pH} = 9$ was treated with 0.1 - 5% bwo CaCO_3 of benzoate, tartrate, citrate and glutamate. Untreated CaCO_3 shows a zeta potential of +40 mV. Addition of increasing amounts of organic anions results in a decrease of the zeta potential as shown in **Figure 3**.

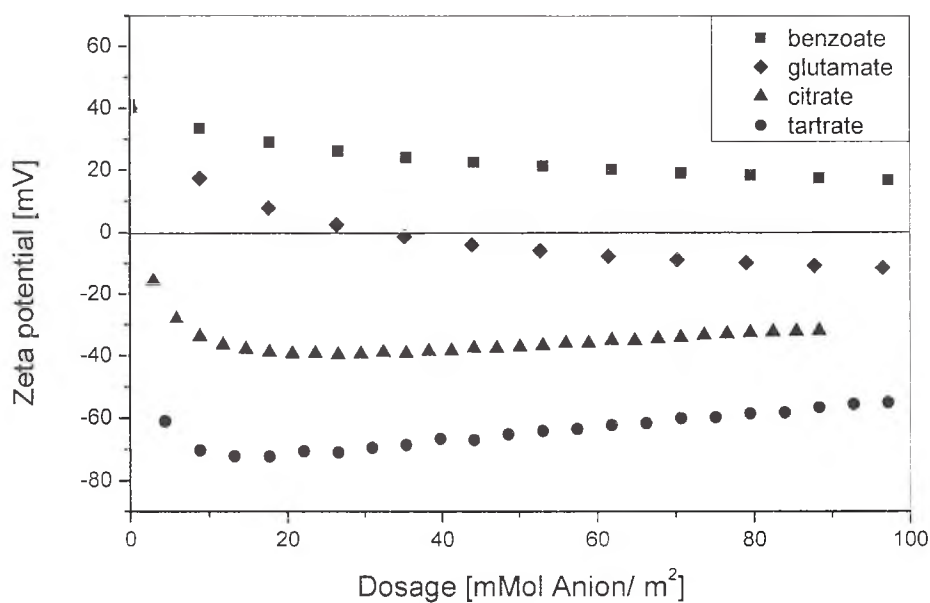


Fig. 3. Zeta potential of aqueous CaCO_3 suspensions at $\text{pH} = 9$, treated with 0-100 mMol anion/ m² of benzoate, tartrate, citrate and glutamate

The decrease is most strong for tartrate and less strong for citrate and glutamate. Benzoate shows the least change in zeta potential with dosage. For example, addition of 20 mMol/m² of benzoate decreases the zeta potential only to approximate +20 mV whereas the same amount of tartrate produces a zeta potential of about -70 mV.

At pH = 12.5 (**Figure 4**), the zeta potential of the initial CaCO₃ suspension without further additives is -15 mV. In the case of benzoate, the zeta potential value decreases towards the isoelectric point with increasing dosage of the anion. Glutamate shows almost no effect of dosage on the zeta potential whereas citrate as well as tartrate initially causes a sharp decline to highly negative zeta potential values. This effect can be explained by desorption of initially adsorbed hydroxyl anions from the CaCO₃ surface. Both citrate and tartrate can load more negative charge per unit area onto the CaCO₃ surface than OH⁻ anions. At higher concentrations, the zeta potentials of citrate and tartrate treated CaCO₃ suspensions become slightly less negative.

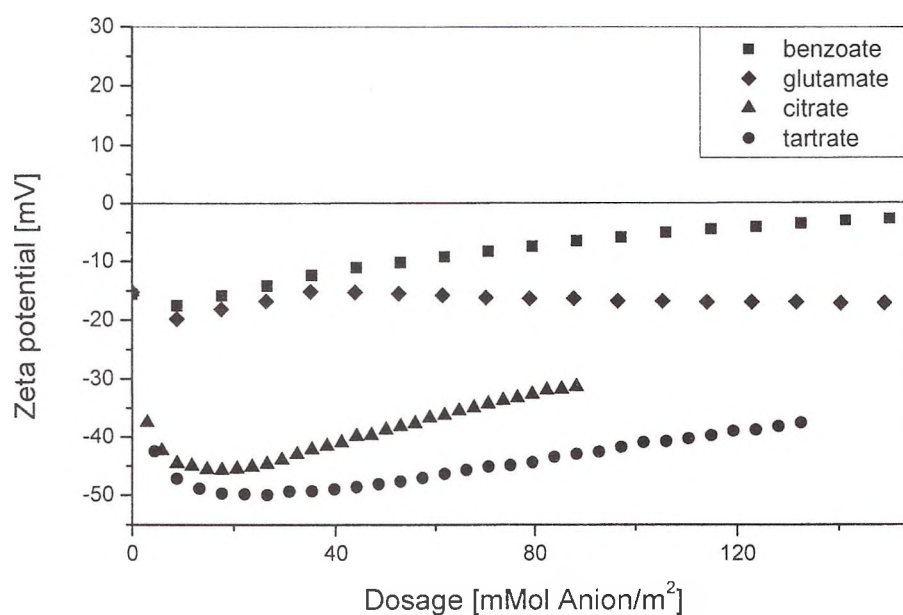


Fig. 4. Zeta potential of aqueous CaCO₃ suspensions, treated with 0-140 mMol/m² of benzoate, tartrate, citrate and glutamate at pH = 12.5

Conclusion

The adsorption behavior of salts of carboxylic acids is greatly influenced by the number of carboxylate functions in the molecule. High numbers of carboxylate groups require a less molar amount of the organic anion to achieve charge compensation on the CaCO₃ surface. This is also shown in zeta potential measurements. The pH has practically a very slight effect on the adsorption behavior of the anions studied here because their deprotonated salts were used. With respect to construction applications, the results confirm that limestone powder which is now being used as a supplemental constituent in Portland composite cements (e.g. CEM II / A-LL) has the potential to adsorb significant quantities of anionic admixtures such as polycarboxylate superplasticizer or sodium gluconate retarder.

Acknowledgement

I wish to thank the HWP II program "Chancengleichheit für Frauen in Forschung und Lehre" for financial support.

References

1. a) R. Kummert, R., Stumm, W.J. *Colloid Interface Sci.* 75 (1980) 373. b) Thomas, F., Schouller, E., Bottero, J.Y. *Colloids Surf. A. Physicochem. Eng. Aspects* 95 (1995) 271. c) Molis, E., Barres, O., Marchand, H., Sauzéat, E., Humbert, B., Thomas, F. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 163 (2000) 283. d) Das, M.R., Sahn, O.P., Borthakur, P.C., Mahiuddin, S. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 237 (2004) 24.
2. Compton, R.G., Brown, C.A.J. *Colloid and Interface sci.* 170 (1995) 586.
3. Geoffry, C., Persello, J., Foissy, A., Cabane, B. and Tournilhac, F. *Rev. Inst. Fr. Pet.* 52 (2) (1997)
4. Evanko, C.R., Dzombak, D.A.J. *Colloid Interface Sci.* 214 (1999) 189.
5. Gu, B., Schmitt, J., Chen, Z., Liang, L., McCarthy, J.F. *Geochim. Cosmochim. Acta* 59 (1995) 219.
6. M. R. Das, S. Mahiuddin; *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 264 (2005)90.
7. Josef, J. *Listy Cukrovarnicke* 51 (1933) 241.
8. Greg, S. J., Sing K. S.W. *Adsorption, Surface Area and Porosity*; Academic Press: London, 1992.

STEM CRUSHING – AN ECO-FRIENDLY WAY TO EFFECT ON FLAX DEW-RETTING

STIEBRIŅU SMALCINĀŠANA – EKOLOGISKI DRAUDZĪGA LINU APSTRĀDE

Zofija Jankauskienė, Algimantas Endriukaitis, Marius Balčiūnas

Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture
Linininkų 3, Upytė, Panevėžys district, 38 294, Lithuania
Ph: +(370)45555413, fax: +(370)45555573, e-mail: soja@upyte.lzi.lt

***Abstract.** Preparation of flax raw material – retted straw – is becoming more and more problematical since the straw is prepared by way of dew-retting, because this run under the open sky and fully couldn't be controlled, and this concludes in insufficient fibre quality. Besides of this, during the flax pulling process part of the stems is caught by the belts of the pulling combine LKV-4T and consequently is damaged (crushed). Thus fibre separation in this part of the stem usually runs more quickly and the quality of flax fibre along the stem becomes uneven. Top-part of the stem is damaged by thrashing apparatus. Furthermore, we should remember that the shape of flax stem is a cone, and dew-retting process at flax foot part takes much longer than at the top or at the strongly damaged middle part of the stem. The influence of crushing of fibre flax stems and desiccation was investigated at the Upytė Research Station of LIA in 2003. Special crushing apparatus was assembled on the flax combine LKV-4T. Desiccated with glyphosate and non-desiccated flax stems were crushed during pulling. The quality of fibre after stem crushing was higher.*

Keywords: dew-retting, crushing, fibre flax, fibre separation index, flax pulling combine, straw.

Introduction

During the flax pulling process part of the stems is caught by the belts of the pulling combine LKV-4T and consequently is damaged (crushed). Thus fibre separation in this part of the stem usually runs more quickly and the quality of flax fibre along the stem becomes uneven. Top-part of the stem is damaged by thrashing apparatus. Furthermore, we should remember that the shape of flax stem is a cone, and dew-retting process at flax foot part takes much longer than at the top or at the strongly damaged middle part of the stem.

The main producers of flax harvesting machines in Europe are Belgium, France, Russia and partly Czech Republic. Flax pulling machines produced in Belgium and France are fitted to the so called “western flax harvesting technology” when flax is pulled and spread on the ground in swaths for retting with capsules and the capsules are thrashed some time (about 1 week, depending on weather conditions) later in the same time returning the swath. Recent flax pullers produced in those countries have crushing tool for the root-end of the straw to accelerate ground-retting.

Currently over 90 % of flax pulling machines in Lithuania are of Russian origin. Flax is pulled by flax pulling combines when de-capsuling is carried out at the same time as flax pulling.

The Plant of Agricultural Enginery in Bezheck (Russia) had produced following types of flax pulling machines: LKV-4 T, LKV-4A, LK-4T, LK-4A, Rus' (Русь), Rusich (Русич), Rusich-M (Русич-М), KLP-1.5 [Chernikov, 1999]. The latest flax pulling combines have a crushing tool, however, such combines are still not available in Lithuania.

Russian researchers' experimental evidence suggests that a more homogenous dew-retting process along the stem, homogeneity of fibre colour could be achieved after crushing of the root-part of the straw [Boyarchenkova *et al.*, 1995; Bykov & Motorina, 1985; Kovaliov *et al.*, 2000; Kovaliov & Kozlov, 2002]. More intensive flax straw crushing trials in Russia were started in 1980, and several makes of crushing apparatus have been tested since then [Kovaliov & Kozlov, 1999; Kovaliov *et al.*, 2000, Kozlov, 2000; Kozlov, 2001; Kozlov.,

2001: Kovaliov & Kozlov, 2001]. The threshing of the foot-part of the stem (about 1/3) affords for better aeration (drying of the stem at first) and better development of the fungus taking part in the dew-retting process. In Russia the best results were achieved when green flax stems had been crushed at flax harvesting (the lowest force was required) [Kovaliov & Kozlov, 2002].

Summarizing the results of the investigations in Russia, carried out at The Flax Institute in Torzhok (ВНИИЛ) and Mechanization Institute in Tver' (ГНУ ВНИПТИМЛ), we can point out the following benefits of flax straw crushing:

- It shortens dew-retting by 3-10 days;
- Makes shuchability of the straw more even along the length;
- Increases straw quality;
- Increases fibre output by 1.1-2.5 %;
- Increases the quality of the fibre.

About 400 of Russian flax pulling combines available in our country have no crushing tool. Our aim was to try to assemble a crushing tool on the flax pulling combine LKV-4T and to investigate possible benefits of this tool on fibre parameters and on shortening of dew-retting. The main parameters of the crushing apparatus are presented in Table 1, the scheme in the Figure 1.

Table 1.

Main parameters of the crushing apparatus AP-1A	
Crushing force	3-4 KN
The frequency of rollers rotation	2,7 s ⁻¹
The required power	0,50 KW
Dimensions: mm	
Length	1100 mm
Width	370 mm
Height	650 mm
The mass	150 kg
Serving time-span	Not less than 7 years

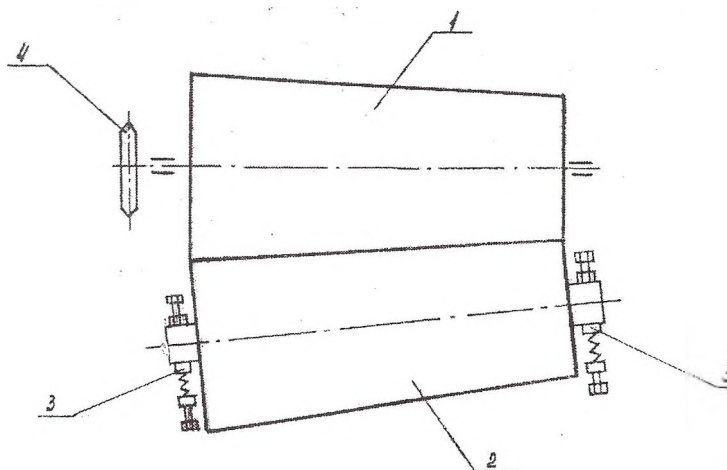


Fig. 1. The scheme of flax stem crushing apparatus AP-1A: 1 – upper leading roller; 2 – bottom squeezing roller; 3 - squeezing device; 4 - gear

Some authors point out to the desiccation of the straw in the field before harvesting as to the mean accelerating dew-retting process [Easson & Long, 1992; Kozlowski, 1992; Mukhin, 1992] thus some of our treatments were also focused on this.

Materials and methods

The trial was conducted on a Eutri-Endohypogleyic Cambisol [Buivydaite *et al.*, 2001]. The content of P₂O₅ in the soil plough layer was 160 mg kg⁻¹, content of K₂O – 193 mg kg⁻¹ (determined in A-L extraction), pH_{KCl} level – 7.0 (potentiometrically), humus content – 1.74 % (by Thyurin method). In the field rotation flax followed winter wheat. Each treatment had a flax plot of 30 m² replicated four times. Randomised plot design was used.

Flax cv. Hermes was sown at the beginning of May by a sowing machine SL-16 at a seed rate of 22 million viable seed per hectare at 10 cm row spacing. Insecticide Fastac 10 EC (alfacipermetrine 100 g l⁻¹) 100 ml ha⁻¹ was applied at seedling stage, herbicide Glean® 75 DF (chlorsulphurone 750 g kg⁻¹) 7 g ha⁻¹+ Kemiwett™ S (ethohilate alcohol) 0.1 % - when flax was 6-10 cm in height.

Before harvesting flax samples from 1 m² (0.25 m² from 4 randomly chosen places in each plot) for the evaluation of biological yield were prepared.

Flax was harvested at an early-yellow ripening stage in the treatments 1-3 (on the 13th of August) and 2 weeks later in the treatments 4 and 5 (waiting until desiccation shows an effect) (see trial design). Flax stem crushing was done in treatments 3 and 5.

Trial design:

1. Check (Flax was pulled by hand);
2. Flax pulling by combine LKV-4A, without crushing;
3. Flax pulling by combine LKV-4A, with crushing;
4. Desiccation*, flax pulling by combine LKV-4A, without crushing;
5. Desiccation*, flax pulling by combine LKV-4A, with crushing.

*Desiccation was done by spraying on flax stand Glyphosate 1.08 kg ha⁻¹ (Roundup Classic 3 l ha⁻¹) with 300 l ha⁻¹ of water.

Flax swath was returned several times by DEHONDT returner.

The weather conditions were suitable for flax dew-retting for three weeks after harvesting, but during this period dew-retting process was not completed. Since the beginning of September the weather became dry, and the dew-retting process continued throughout September (Table 2).

Table 2.

Mean weather temperature, precipitation and air humidity during flax vegetation and dew-retting periods (Uptytė, 2003)

May				June			
Date, ten-day period	Rainfall, mm	T _{av} , °C	Air humidity, %	Date, ten-day period	Rainfall, mm	T _{av} , °C	Air humidity, %
I	10.2	12.1	-	I	4.0	16.8	-
II	22.4	12.5	-	II	13.9	13.6	-
III	6.0	16.2	-	III	25.8	15.2	-
Per month	38.6	13.6	-	Per month	43.7	15.3	-
July				August			
Date, ten-day period	Rainfall, mm	T _{av} , °C	Air humidity, %	Date, ten-day period	Rainfall, mm	T _{av} , °C	Air humidity, %
I	21.9	17.8	-	I	5.0	19.2	69.4
II	28.0	19.7	-	II	20.7	17.1	77.7
III	25.8	22.8	-	III	53.7	14.4	88.5
Per month	75.7	20.1	-	Per month	79.4	16.9	78.5

September				October			
Date, ten-day period	Rainfall, mm	T _{av} , °C	Air humidity, %	Date, ten-day period	Rainfall, mm	T _{av} , °C	Air humidity, %
I	15.8	11.5	86.7	I	40.6	8.5	93.9
II	0	13.7	82.9	II	10.9	4.3	91.8
III	19.9	11.9	84.1	III	-	-	-
Per month	35.7	12.4	84.6	Per month	-	-	-

When flax straw became grey (because of dew-retting process) fibre separation analyses were started by a tool OOV [Patarimai lininkui, 1975]. Since 9th of September (27 days under dew-retting conditions in the field) to 14th of October a weekly sample of 100 dew-retted straws was tested in 4 replications from each treatment. Fibre separation was measured in three places of the flax stem (top, middle and foot) cutting out 10 cm length segments.

Also dew-retted flax straw was broken up by machine tool SMT-200, fibre was hackled using combs number 9 and 13. Number of long fibre was determined organoleptically in the laboratory, flexibility – by a device G-2, the strength – by a device DK-60.

The data were analysed by ANOVA, and means of LSD at P=0.05 are presented [Tarakanovas, 1999].

Results and discussion

Crop density was not sufficient (1201-1306 plants. m⁻²) because of the great surge of flea-beetles at flax germination period. This also had influence on flax yield: it was 3.4-4.4 t ha⁻¹ of un-retted straw and 0.65-0.84 t ha⁻¹ of seed.

Dew-retting period. Already 12 days after the beginning of dew-retting process the upper side of flax straw swath in the treatments 1-3 changed the colour and in 18 days (since the middle of September) all swath became greyish, thus the evaluation of fibre separation index was started. Desiccated straw (treatments 4 and 5) stayed yellow, un-retted for a long time. When organoleptically evaluating schuched fibre weekly, even after 27 days of dew-retting fibre was grey in the treatments 1-3, but still had impurities. After crushing the fibre was cleaner (treatment 3) when compared with that in treatments 1 or 2. Fibre in treatments 4 and 5 was grey-yellowish, contained impurities. The same tendency was noticed on all testing dates – 9th, 16th, 23rd of September. On 30th of September the fibre in the treatments 4 and 5 became greyer when compared to the previous samples and even more greyer on 7th and 14th of October but still had yellow-brown shade and impurities. Visually fibre was cleaner after crushing (treatments 3 and 5).

Fibre separation index. According to the experience of Russian scientists, flax straw is fully dew-retted when fibre separation index is within the range of 4.0-7.0. But in our trials after schutching the fibre contained impurities even at this level of fibre separation index, thus we continued retting trial until the meteorological conditions allowed to do this. Generally, it is very difficult to decide when the dew-retting is completed, because after scutching fibre was not very homogenous. Also it is noteworthy that the straw in the treatments 4 and 5 was retted by 2 weeks shorter.

As the data in Table 3 show, fibre separation index was the highest in the middle of the stem where the belt had damaged flax stem during the pulling. In the treatment 1 where flax was pulled by hand, dew-retting ran more gradually along the stem, e.g. fibre separation index was more similar between the top, middle or foot part of the straw.

When analysing data sampled on 9th of September, 27 days after starting of dew-retting, fibre separation index (FSI) in the treatments 1, 2 and 3 was over 4.0. Fibre separation index after

flax pulling by a combine was significantly higher than after pulling by hand. FSI in the treatments after flax desiccation (4 and 5) (but dew-retted only 14 days) was close to 4.

A similar situation was on 16th of September, 34 days from the beginning of dew-retting for treatments 1, 2 and 3 and 21 days for treatments 4 and 5. Fibre separation index after stem crushing was a little higher than that after pulling without crushing and significantly higher than after pulling by hand.

On 23rd of September no significant differences of FSI between treatments 1, 2 and 3 were found. IFS in the treatments after desiccation was significantly lower compared with that in the check (after pulling by hand). IFS was a little higher in the treatments after crushing (compared treatments 3 to 2 and 5 to 4), but the differences were insignificant.

On the 30th of September IFS differences between treatments were insignificant.

In a weekly period (from 30th of Sept. to 7th of Oct.) average fibre separation index increased sharply (rainy weather) and was close to that in the check. IFS was insignificantly higher after crushing compared to that of un-crushed straw.

Table 3.

The dynamics of fibre separation index at the different places of the stem (Upytė, 2003)

Treatment	Place	Sampling date					
		9 th Sep	16 th Sep	23 rd Sep	30 th Sep	7 th Oct	14 th Oct
1. Check (Flax was pulled by hand)	Top	4.4	4.4	5.6	6.0	6.7	6.4
	Middle	6.4	6.0	8.1	7.6	7.6	7.9
	Foot	6.4	6.3	7.2	7.8	7.1	6.7
	aver.	5.7	5.6	6.9	7.1	7.2	7.0
2. Flax pulling by combine LKV-4A, without crushing	Top	5.2	6.2	4.0	6.1	6.4	6.6
	Middle	7.5	7.7	7.7	8.4	8.4	8.4
	Foot	6.9	6.8	7.1	8.1	8.0	8.1
	aver.	6.6	6.9	6.3	7.5	7.6	7.7
3. Flax pulling by combine LKV-4A, with crushing	Top	5.2	6.8	6.0	6.7	7.7	8.1
	Middle	7.0	8.0	7.8	7.7	8.7	9.0
	Foot	7.0	7.1	7.5	7.5	7.8	8.3
	aver.	6.4	7.3	7.1	7.3	8.1	8.5
4. Desiccation, flax pulling by combine LKV- 4A, without crushing	Top	3.4	3.9	3.5	4.2	4.8	5.2
	Middle	4.7	4.6	6.2	6.6	7.4	7.7
	Foot	4.0	4.2	4.2	5.0	6.8	7.6
	aver.	4.0	4.2	4.6	5.2	6.3	6.8
5. Desiccation, flax pulling by combine LKV- 4A, with crushing	Top	2.4	2.6	3.8	3.7	5.6	5.1
	Middle	4.4	4.0	5.4	5.1	7.1	7.3
	Foot	4.5	4.4	5.1	5.4	7.5	7.4
	aver.	3.8	3.7	4.8	4.7	6.7	6.6
LSD ₀₅	Top	1.14	1.37	2.00	1.42	1.60	1.48
	Middle	0.89	0.90	1.71	1.36	0.57	0.99
	Foot	0.61	1.35	1.62	0.85	1.54	1.06
	aver.	0.66	1.02	1.46	0.92	0.94	0.70

On 14th of October the straw in the treatment 3 seemed to be over-retted – IFS was 21 % higher than that after pulling by hand and by 10 % higher than after pulling without crushing.

Average fibre separation index data are presented in Figure 2.

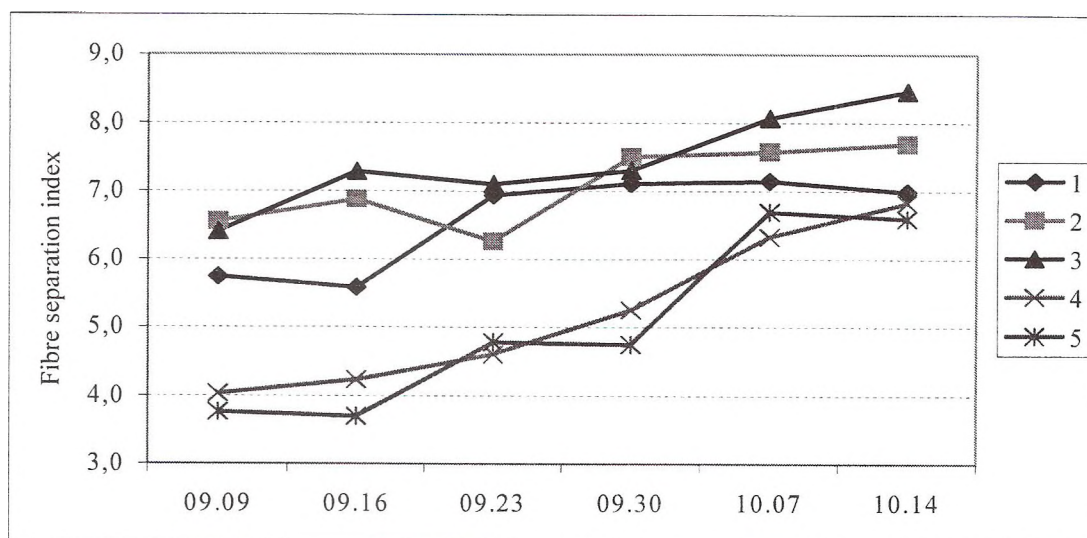


Fig. 2. The dynamics of the average fibre separation index

1. Check (Flax was pulled by hand); 2. Flax pulling by combine LKV-4A, without crushing; 3. Flax pulling by combine LKV-4A, with crushing; 4. Desiccation, flax pulling by combine LKV-4A, without crushing; 5. Desiccation, flax pulling by combine LKV-4A, with crushing.

The dynamics of long fibre number (Table 4). Long fibre number in the treatments 4 and 5 was significantly lower till the 30th of September (fibre had impurities). Later the differences disappeared. The same tendency of higher number after straw crushing could be noticed.

The correlation between number value and fibre separation index (FSI) was calculated and reliable (99 %, Fisher's test) relation was found. The determination coefficient R^2 was 0.61 for the linear type of correlation ($Y = -4.92225 + 1.05374X$).

The highest determination coefficient ($R^2 = 0.78$) among the other types of correlation had Quadratic regression type ($Y = -84.098 + 16.532X - 0.749X^2$).

Table 4.

The dynamics of long fibre number (Upytė, 2003)

Treatment	Sampling date					
	9 th Sep.	16 th Sep.	23 rd Sep.	30 th Sep.	7 th Oct.	14 th Oct.
1. Check (Flax was pulled by hand)	11.5	11.5	11.0	11.3	10.5	10.8
2. Flax pulling by combine LKV-4A, without crushing	11.5	11.0	11.5	11.4	11.0	11.1
3. Flax pulling by combine LKV-4A, with crushing	11.9	11.3	12.0	11.8	10.9	11.1
4. Desiccation, flax pulling by combine LKV-4A, without crush.	9.3	9.0	9.3	9.1	10.9	10.5
5. Desiccation, flax pulling by combine LKV-4A, with crushing	9.0	9.0	9.1	9.4	10.8	10.5
LSD ₀₅	0.42	0.49	0.77	0.60	1.04	0.57

The dynamics of long fibre tenacity (Table 5). Fibre tenacity in the treatments 4 and 5 was significantly higher till 16th of September (fibre was not well-retted). The strongest fibre was obtained from the samples on 23rd of September. Later fibre tenacity tended to decrease, but

in the treatments 2 and 3 it was going more sharply (over-retting). Significant differences in fibre tenacity between crushed and not crushed straw were not observed.

Table 4.

The dynamics of long fibre tenacity (kg F) (Upytė, 2003)

Treatment	Sampling date					
	9 th Sep.	16 th Sep.	23 rd Sep.	30 th Sep.	7 th Oct.	14 th Oct.
1. Check (Flax was pulled by hand)	12.2	11.1	14.6	11.7	9.8	6.1
2. Flax pulling by combine LKV-4A, without crushing	12.9	11.0	12.8	9.8	7.9	6.0
3. Flax pulling by combine LKV-4A, with crushing	12.4	11.2	13.8	9.9	7.7	6.1
4. Desiccation, flax pulling by combine LKV-4A, without crush.	16.2	13.8	13.9	13.5	10.5	8.6
5. Desiccation, flax pulling by combine LKV-4A, with crushing	15.9	14.2	14.8	14.1	10.5	8.0
LSD ₀₅	2.37	1.68	2.69	1.78	1.98	1.00

The correlation between fibre tenacity and fibre separation index (FSI) was calculated and reliable (99 %, Fisher's test) relation was found. 62.26 % of all cases were under the linear type of correlation-regression ($Y = 10.48289 - 0.36656X$). Paired regression type Modified Power ($Y = 12.60627 \cdot 0.93903^X$) showed the highest determination coefficient ($R^2 = 0.76$).

Conclusions

1. In the treatment where flax was pulled by hand dew-retting ran more gradually along the stem, e.g. fibre separation index was more similar between the top, middle or foot part of the straw
2. After crushing flax fibre at the foot-part of the straw was cleaner (had less impurities) and was more homogenous.
3. The significant correlation between long fibre number and fibre separation index as well as between fibre tenacity and fibre separation index was found.

Bibliography

1. Buivydaite, V.V., Vaicys, M., Juodis, J., Motuza A. Lietuvos dirvožemių klasifikacija. Vilnius: Lietuvos mokslas, 2001. P. 76.
2. Boyarchenkova, M.M., Kovaliov, M.M., Smirnov, V.I., Ivanov, A.D. Effektivnost pliuschenija steblej l'na v komlevoj chasti pri tereblenii. *L'nianoje delo*, № 4, 1995. S.18-22.
3. Bykov, N.N., Motorina, R.I. Effektyvnost pliuschenija komlej. *Lion i konoplia*, № 4, 1985. S.38-39.
4. Chernikov, V.G. Mashiny dlia uborki l'na (konstrukcija, teorija, rasčiot): Monografija Moskva: INFRA, 1999. S.135.
5. Easson, D.L, Long, E.N.J. Pre-harvest Retting of Flax with Glyphosate. In Sharma, H.S.S., Van Sumere C.F. (eds.). *The biology and Processing of Flax*. Belfast: M Publications, 1992. P. 251-259.
6. Kovaliov, M.M., Kozlov, V.P. Rasčiot rezhima rabotypliuschitel'nogo aparata l'nokombainov. *Agrarnaja nauka*, № 5, 1999. S. 15-17.
7. Kovaliov, M.M., Smirnov, V.I., Kozlov, V.P. Texnologija i texniceskije sredstva pliuschenija steblej l'na. *Nauchno-texniceskij progress v inzhinernoj sfere APK Rossii (Materialy nauchno-praktičeskoj konferencii, 6-7 oktiabtia 1999 g.)*. Moskva: GOSNITI, 2000. S.125-128.
8. Kovaliov, M.M., Kozlov, V.P. Racionalnyje parametry i forma valcov pliuschitel'nogo aparata l'nouboroshnyx mashin. *Traktory i sel'skoxozijstvennyje mashiny*, № 11, 2001. S. 23-26.
9. Kovaliov, M.M., Kozlov, V.P. *Pliuschchilnyje aparaty l'nouborochnyx mashin (konstrukcija, teorija, rachiot)*: Monografija, Tver, 2002. S. 13, 22, 61, 62.

10. Kovaliov, M.M., Smirnov, V.I., Kozlov, V.P., Boyarchenkova, M.M. Sovershenstvovaniye tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlia pliuscheniya stieblej l'na. *Len – na poroge XXI veka (Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii, 1-3 marta 2000 g.)*. Vologda, 2000. S. 213-215.
11. Kozlov, V.P. Pliushchilnyj aparat l'nokombainov: rabochij process valcov. *Traktory i selskoxoziajstvennyje mashiny*, № 9, 2000. S. 35-37.
12. Kozlov, V.P. Parametry valcov pliuschilnych aparatov l'nokombainov. *Agrarnaja nauka*, № 10, 2001. S. 17-19.
13. Kozlov, V.P. Transpotirovaniye steblej valcovymi pliuschilnymi aparatami l'nouborochnyx mashin. *Agrarnaja nauka*, № 3, 2001. S. 127-129.
14. Kozlowski, R. Retting of Flax in Poland. In Sharma, H.S.S., Van Sumere C.F. (eds.), *The biology and Processing of Flax*, Belfast: M Publications, 1992. P. 251-259.
15. Mukhin, V.V. Harvesting and Retting of Flax in the Soviet Union. In Sharma, H.S.S., Van Sumere C.F. (eds.), *The biology and Processing of Flax*, Belfast: M Publications, 1992. P. 229-250.
16. Patarimai linininkui (Sudarytojas A. Andrišiūnas). Vilnius, 1975. P. 120.
17. Tarakanovas, P. Statistinių duomenų apdorojimo programų paketas "Selekcija". Akademija: Lietuvos žemdirbystės insititutas, 1999. P. 6-16.

**ILGTSPĒJĪGĀS
LAUKSAIMNIECĪBAS
PROBLĒMAS**

***PROBLEMS OF
SUSTAINABLE
AGRICULTURE***

THE GRAIN CROP YIELD IN DIFFERENT CROP ROTATION AND EFFICIENCY OF HERBICIDES AND FUNGICIDES TREATMENT DAŽĀDAS SĒJUMU STRUKTŪRAS AUGSEKU UN PESTICĪDU IETEKME UZ GRAUDAUGU RAŽU

Andris Lejiņš, Biruta Lejiņa

Agency of LAU, Agricultural Research institute,
Skriveri, Aizkraukle district, Latvia; e-mail andrislejins@inbox.lv

Abstract. *Complex field experiments were carried out in Agricultural research institute in 1969. The field trials included five different crop rotation systems. In each 6-field rotation system the specific percentage of cereals (%) varied from 50 to 100%, perennial grass (clover+ timothy) – 16.7 to 33.3%. The highest winter rye yields were obtained from crop rotation systems with cereal proportion up to 66%. Including buckwheat in the crop rotation winter rye cultivation is highly productive in crop rotation systems with cereal proportion even up to 83%. Yield of winter rye in long-term monocultural sowings decreases even up to 0.74ha⁻¹. Winter rye treatment with herbicide Grodil increases its yield up to 0.40 ha⁻¹. Foreplants of barley according to their good influence on barley yield (descending): buckwheat, oats, winter rye. Barley yield in long-term monocultural sowings decreases for up to 1.17 t ha⁻¹*

Oats in crop rotation systems with cereal proportion up to 83% had very low yield amount alterations after different foreplants. Essential oat yield decrease was noticed in perennial monocultural sowings. The best foreplants for spring wheat are buckwheat and lupine. The highest yield of buckwheat is get from monocultural sowings, but using potatoes as buckwheat foreplant gives essential yield decrease. Distribution of perennial weeds, especially quickgrass, is 7,4 times more in crop rotation systems with high cereal proportion than in systems where also buckwheat and potatoes are cultivated. Treatment of herbicides and fungicides is more effective in monocultural sowings than in crop rotational systems, however increase of crop yield after pesticide treatment is less remarkable than if we follow right crop rotation and choose optimal foreplants for each culture. Latest results from years 2002 to 2004 are shown in this article and are considered to be an addition to previous publications.

Key words: *crop rotation, percentage of cereals, foreplants, grain crops, herbicides, fungicides.*

Introduction

Farmers are forced by market economy to become highly specialized on one or few cultures. Different harmful phytosanitary conditions are caused to cultivating technologies of the rest plants. Protracted cultivation of related cultures in the same place causes breeding of specific weeds and diseases. That is why importance of correct crop rotation and efforts of fighting with specific weeds and diseases increases. Significance of mentioned problems and their solutions are most visible in stationary field trials. Certain experience and results of investigations regarding crop rotation are gained in a long-term stationary crop rotation field trial in Latvia Agricultural University's Agency: Scientific Institute of Agriculture in Skriveri. Structure of this field trial as well as main results are summarized in publications of D.Lapins, B.Lejina (1997); A.Lejins, B.Lejina (2000); A.Lejins, B.Lejina (2002); A.Lejins, B.Lejina (2003). Latest results from years 2002 to 2004 are shown in this article and are considered to be an addition to previous publications.

Object and methods of research

Complex crop rotation research was started in Scientific Institute of Agriculture on 1969, it has expanded in time and space and now consists of five variously structured crop rotations. In different combinations proportion of cereals is 50-100%, perennial grasses – 16.7-33.3%. Characterization of soil: poorly podzolic swad, cultivated with pH 5.4-6.3, content of organic material 19-22 g/kg⁻¹, easy absorbable phosphorus 21-23 mg/ kg⁻¹ and potassium 87-99 mg/kg⁻¹. Grading composition of the soil is sandy loam. Following sorts of cultivated plants

were used in researches: winter rye 'Voshod', barley 'Ruja', oats 'Selma', spring wheat 'Planeta', buck wheat 'Anita Beloruskaja'. Total area of the field of one crop rotation is 354.4 m², area of split field is 59 m². Yield of each field was collected with harvester Sampo500, weighted and equalled to 14% moisture. Differences between variants were evaluated mathematically by variance analysis. Weed follow-up was made in 100 points in each variant, occurrence of each weed sort was calculated in % and afterwards modified in pieces per sq. meter (Rasins A., Taurina M., 1982).

Results

The highest winter rye yields are collected from crop rotations where proportion of cereals is 66%. Including lupine and buck wheat in the same crop rotation, winter rye is highly productive in crop rotations where proportion of cereals is 83%. The greatest decrease – even until 0.74 t ha⁻¹ (table 1) of winter rye yield is in monocultural variants and where winter ryes are grown repeatedly. Usage of herbicide Grodil provides on average 0.40 t ha⁻¹ yield increase of winter rye. Same herbicide provides yield increase of winter rye in monocultural variants even 0.83 t ha⁻¹, but that does not recompense the amount of yield which can be get by cultivating winter rye in correct crop rotation (table 2).

Table 1.

Winter rye yield t ha⁻¹ after different foreplants

Number of crop rotation and proportion of cereals in crop rotation.	Preceding crops	Yield t ha ⁻¹	As compared to 1-st field rotation	
			+/- t ha ⁻¹	%
1 - 50	Clover+timothy II	4.89		100
2 - 66	Clover+timothy II	4.49	-0.4	92
2 - 66	Rye - barley	4.74	-0.15	97
3 - 83	Buckwheat - barley	4.93	+0.04	101
4 - 83	Lupine– spring wheat	5.38	+0.49	110
5 - 100	Barley+ peas	4.34	-0.55	89
5 - 100	Rye - rye	4.29	-0.6	88
5 - 100	Rye (monoculture)	4.15	-0.74	85
$\gamma_{0.05} = 0.41 \text{ t ha}^{-1}$				

Table 2.

Winter rye yield t ha⁻¹ under influence of herbicide Grodil

Number of crop rotation and proportion of cereals in crop rotation	Preceding crops	Control - without herbicides	Grodil 30 g ha ⁻¹ + MCPA 1.0 l ha ⁻¹ at tillering		
			Yield t ha ⁻¹	+/- t ha ⁻¹	%
2 - 66	Clover+timothy II	4.63	5.00	+0.37	108
2 - 66	Barley	4.58	4.89	+0.31	107
3 - 83	Barley	4.67	5.47	+0.80	117
4 - 83	Spring wheat	5.33	5.43	+0.10	102
5 - 100	Rye grown repeatedly	3.99	4.82	+0.83	121
Average		4.60	5.00	+0.40	109
$\gamma_{0.05} = 0.34 \text{ t ha}^{-1}$					

Evaluation of barley foreplants descending (starting from the best) – buck wheat, oats, winter rye (table 3).

Table 3.

Barley yield ha^{-1} after different foreplants

Number of crop rotation	Proportion of cereals in crop rotation	Preceding crops	Control Yield t ha^{-1}	As compared to 1-st field rotation	
				+/- t ha^{-1}	%
1	50	Oats	3.93		100
2	66	Rye	3.06	-0.87	92
3	83	Buckwheat	3.91	-0.02	99
4	83	Rye	3.22	-0.71	82
4	83	Oats	3.61	-0.32	92
5	100	Oats	3.89	-0.04	98
5	100	Rarley	3.64	-0.29	93
5	100	Barley grown repeatedly	2.45	-1.48	62

$\gamma 0.05 = 0.34 \text{ t ha}^{-1}$

Repeated cultivation of barley gives yield decreasement even until 1.48 t ha^{-1} (decreases for 38%). Usage of herbicide Grodil gives lasting yield increasement – average 21%. Usage of fungicides increases yield even more – for about 29%. Same as for winter rye also in barley monoculture the greatest yield increasement: 1.39 t ha^{-1} (for 79%) is get by complex usage of herbicides and fungicides. Although this does not recompense barley cultivation in correct crop rotation.

Table 4.

Barley yield t ha^{-1} after usage of herbicides and fungicides

Number of crop rotation	Preceding crops	Control Yield t ha^{-1}	Treatment with pesticides		
			Yield t ha^{-1}	As compared to control	
		+/- t ha^{-1}		%	
		Without herbicides	Grodil 30 g ha^{-1} + MCPA 1.0 l ha^{-1} at tillering		
2	Rye	2.71	3.42	+0.71	126
3	Buckwheat	3.48	4.35	+0.87	125
4	Rye	2.91	3.54	+0.63	122
4	Oats	3.34	3.87	+0.53	116
Average		3.11	3.75	+0.64	121
		Without fungicides	Tango 0.8 l ha at stalk-shooting		
1	Oats	3.13	4.34	+0.81	123
5	Oats	3.09	4.69	+1.60	152
5	Barley	3.39	3.89	+0.50	115
Average		3.34	4.30	+0.96	129
		Without pesticides	Grodil 30 g ha^{-1} + MCPA 1.0 l ha^{-1} at tillering + Tango 0.8 l ha stalk-shooting		
5	Barley grown repeatedly	1.76	3.15	+1.39	179

$\gamma 0.05 = 0.43 \text{ t ha}^{-1}$ for herbicides; $\gamma 0.05 = 0.46 \text{ t ha}^{-1}$ for fungicides

The highest oat yields are when cultivating them after potatoes. A remarkable oat yield decreasement is observed cultivating them after winter rye in crop rotations with cereal proportion 66%. Our perennial researches show that in monocultural sowings decreasement of oat yield reaches 1.62 t ha^{-1} or 43%. (table 5).

Table 5.

Oat yield t ha⁻¹ after different foreplants

Number of crop rotation	Preceding crops	Yield t ha ⁻¹	As compared to 1-st field rotation	
			+/- t ha ⁻¹	%
1	Potatoes	3.79		100
2	Rye	2.98	- 0.81	78
4	Barley	3.32	-0.47	87
5	Rye	3.59	-0.2	95
5	Oats grown repeatedly	2.17	-1.62	57

γ 0.05 = 0.41 t ha⁻¹

Usage of mix of herbicides Grodil and MCPA increased oat yield for 0.28 t ha⁻¹ or 9 %. Usage of fungicides in oat sowings increased yield even more – for 0.57 t ha⁻¹ or 18%. Complex usage of herbicides and fungicides in monocultural oat sowings, just like in other cereal cultures, cannot cover yield losses if we compare to cultivating them in correct crop rotation (table 6).

Table 6.

Oat yield t ha⁻¹ by various usage of pesticides

Number of crop rotation	Preceding crops	Control	Treatment with pesticides		
		Yield t ha ⁻¹	Yield of oats t ha ⁻¹	As compared to control	
				+/- t ha ⁻¹	%
		Without herbicides	Grodil 30 g ha ⁻¹ + MCPA 1.0l ha ⁻¹ at tillering		
2	Rye	2.80	3.05	+0.25	109
4	Barley	3.12	3.44	+0.32	110
Average		2.96	3.24	+0.28	109
		Without fungicides	Tango 0.8 l ha at stalk-shooting		
1	Potatoes	3.34	3.93	+0.59	118
5	Rye	3.19	3.75	+0.56	117
Average		3.26	3.84	+0.57	118
		Without pesticides	Grodil 30 g ha ⁻¹ + MCPA 1.0l ha ⁻¹ at tillering + Tango 0.8 l ha stalk-shooting		
5	Oats grown repeatedly	1.74	2.34	+0.60	135

γ 0.05 = for herbicides 0.21 t ha⁻¹; for fungicides – 0.33 t ha⁻¹

Table 7.

Weediness (pcs/sq.meter) of oats after different foreplants

Number of crop rotation	Preceding crops	Number of weeds total	including		
			annual weeds	perennial weeds	including couchgrass
1	Potatoes	46	13	34	29
2	Rye	147	57	84	61
4	Barley	169	58	111	106
5	Rye	123	11	112	100
5	Oats grown repeatedly	383	96	287	278

Essential increasement of weed, especially perennial weed, quantity is observed in repeated sowings of all cultures. Main weed is *Elytrigia repens* (L)Nevski here.

Cultivating spring wheat in crop rotation gives yield increase for 0.76 – 1.05 t ha⁻¹ if compared to repeated cultivating in the same place. Usage of herbicide Monitor in spring wheat sowings in crop rotation gives yield increase 23%. Complex usage of herbicide Monitor and fungicide Tango in repeated spring wheat sowings gives yield increase even 114%, but this yield is still less than it can be get from sowings with correct crop rotation. By repeated cultivation of spring wheat we observed increase of quantity of perennial weeds, especially *Elytrigia repens* (L) Nevski.

Table 8.

Spring wheat yield t ha⁻¹ in various crop rotations after various foreplants

<i>Proportion of cereals in crop rotation</i>	<i>Preceding crops</i>	<i>Grain yield t ha⁻¹</i>	<i>+/- t ha⁻¹</i>	<i>%</i>
66	Buckwheat	3.39	+0.76	129
83	Lupine	3.68	+1.05	140
100	Spring wheat grown repeatedly	2.63		100
$\gamma 0.05 = 0.30 \text{ t ha}^{-1}$				

Table 9.

Weediness (pcs/sq.meter) of spring wheat after various foreplants

<i>Preceding crops</i>	<i>Number of weed plants</i>	<i>Including</i>		
		<i>annual weeds</i>	<i>perennial weeds</i>	<i>including couchgrass</i>
Buckwheat	124	61	63	21
Lupine	127	104	23	19
S. wheat grown repeatedly	142	74	74	33

Table 10.

Spring wheat yield t ha⁻¹ in various crop rotations and by various usage of herbicides

<i>Preceding crops</i>	<i>Control – without herb.</i>		<i>Monitor 0.02 kg ha⁻¹ at 2-3 leaf stage</i>		
	<i>t ha⁻¹</i>	<i>%</i>	<i>t ha⁻¹</i>	<i>+/- t ha⁻¹</i>	<i>%</i>
Buckwheat	3.05	100	3.72	+0.67	122
Lupine	3.30	100	4.06	+0.76	123
Average	3.17	100	3.89	+0.72	123
	<i>Control – without herbicides and fungicides</i>		<i>Monitor 0.02 kg ha⁻¹ at 2-3 leaf stage +tango 0.8 l ha⁻¹ at stalk-shooting</i>		
S. wheat grown repeatedly	1.67	100	3.58	+1.91	214
$\gamma 0.05 = 0.33 \text{ t ha}^{-1}$					

The highest buck wheat yield can be get from repeated sowings, but remarkable yield decrease - 0.25 t ha⁻¹ – cultivating buck wheat after potatoes. Explanation can be that both these cultures are exacting potassium consumers and this way - each others competitors. Usage of herbicides Betanal AM and Butizan 480 in buck wheat sowings increased yield of outlets in all cases and is advisable in sowings.

Table 11.

Buckwheat foreplants' influence on yield in crop rotation stationery 2002-2004

Preceding crops	Nutlets yield of buckwheat		
	t ha-1	+/- t ha-1	%
Rye	1.76	- 0.04	98
Potatoes	1.55	- 0.25	86
Buckwheat, reiterated growth	1.80		100
γ 0.05 = 0.21 t ha-1			

Table 12.

Yield of buckwheat nutlets t ha-1 in some variants of herbicide usage

Preceding crops	Control without herbicides	Herbicides, dosage of herbicides		
		t ha-1	+/- t ha-1	%
		Betanal AM 2.5 l ha-1 for buckwheat at 2-3 leaf stage		
Rye	1.56	1.95	+0.39	125
		Butizan 1.5 l ha-1 before shoots		
Potatoes	1.40	1.68	+0.28	120
Buckwheat, reiterated growth	1.64	1.89	+0.25	115
Average	1.54	1.84	+0.30	119
γ 0.05 = 0.19 t ha-1				

Conclusion

1. The highest winter rye yields are getting from crop rotations where cereal proportion is 66%. Including lupine and buck wheat in the same crop rotation, winter rye is highly productive in crop rotations where proportion of cereals is 83%
2. The greatest decrease – even until 0.74 t ha-1 (1.table) of winter rye yield is in monocultural variants and where winter ryes are grown repeatedly.
3. Usage of herbicides and fungicides in monocultural sowings of all researched cultures give remarkable yield increasement, but that does not recompense yield that can be get by practising correct crop rotation.
4. In barley and oat sowings yield increasement was bigger after usage of fungicides that after herbicides.
5. Including buck wheat in crop rotation provides high yields of cereal cultures.
6. The highest buck wheat yield can be get from repeated sowings, just like other years - cultivating buck wheat after potatoes give yield decreasement.
7. Essential increasement of *Elytrigia repens* (L) Nevski quantity is in crop rotations where cereal proportion is 83%, especially in repeated sowings.

Kopsavilkums

Tirgus ekonomika piespiež zemnieku saimniecības šauri specializēties, tāpēc tur strauji samazinās audzējamo kultūraugu skaits. Ilgstoši vienā vietā audzējot radnieciskus kultūraugus, parasti savairojas specifiskas nezāles un augu slimības. To labi var novērot ilgstošos augseku izmēģinājumos Lai skaidrotu jautājumus par dažādu augmaiņas nozīmi, Zemkopības zinātniskajā institūtā 1969.uzsākti kompleksie augseku pētījumi Tiek salīdzinātas piecas dažādas sešlauku augsekas ar dažādu sējumu struktūru, kur graudaugi variē no 50 līdz 100%, daudzgadīgās zāles – 16,7-33,3%, rušināmaugi – 0-16,7%. Rakstā atspoguļoti dati, kas iegūti šajā izmēģinājumā no 2002.gada līdz 2004.gadam. Augstākās ziemas rudzu ražas iegūst augsekās ar graudaugu īpatsvaru līdz 66%. Iekļaujot augsekā griķus un lupīnu, tos var

sekmīgi audzēt augsekās ar graudaugu īpatsvaru līdz 83%. Ziemas rudzi bezmaiņas sējumos dod būtisku ražas samazinājumu līdz $0,74 \text{ t ha}^{-1}$. Herbicīda grodila lietošana ziemas rudzos dod līdz $0,4 \text{ t ha}^{-1}$ lielu ražas pieaugumu. Miežu priekšaugi pēc ietekmes uz graudu ražu lejupslīdošā secībā sarindojami šādi: griķi, auzas, ziemas rudzi. Mieži atkārtotā audzēšanā dod būtisku ražas samazinājumu līdz $1,17 \text{ t ha}^{-1}$. Auzas augsekās ar graudaugu īpatsvaru līdz 83% maz reaģēja uz to izvietojumu pēc dažādiem priekšaugiem. Būtisks ražas samazinājums ir variantos, kur tās audzē atkārtoti. Augstākās vasaras kviešu ražas ir pēc griķiem un lupīnas. Visaugstākās griķu ražas iegūst atkārtotas audzēšanas variantā, bet būtisks ražas samazinājums novērojams tur, kur tie audzēti pēc kartupeļiem. Būtisks daudzgadīgo nezāļu skaita pieaugums, it sevišķi ložņu vārpatas, novērojams augsekās ar lielu graudaugu īpatsvaru, un tā atsevišķās kultūrās ir 7,4 reizes vairāk kā augsekās, kur audzēja kartupeļus un griķus. Graudaugu bezmaiņas sējumos herbicīdu un fungicīdu efektivitāte ir vislielākā, bet to lietošana nekompensē ražu, ko dod, kultūraugus audzējot augsekā vai augmaiņā.

Literature

1. Lapiņš, D., Lejiņa B. (1997). Augsekas. LLKC, Ozolnieki, 80 lpp.
2. Lejiņš, A, Lejiņa, B. (2000). Influence of crop rotation, systems of fertilizers and application of pesticides on crop yield and soil fertility // Proceedings of international conference Jelgava November 22-23 200, Latvia, The results of long-term field experiments Baltic States, pp. 81-93.
3. Lejiņš, A, Lejiņa, B.(2002). Pētījumi par augmaiņu un nezāļu apkarošanu ziemas rudzos un miežos augseku stacionārā Skrīveros 1997-200.g. Agronomijas vēstis, Nr.4, 102-106.lpp.
4. Lejiņš, A, Lejiņa, B. (2003). Pētījumi par augmaiņu un nezāļu apkarošanu auzās, vasaras kviešos un griķos augseku stacionārā Skrīveros (1997-2000). Agronomijas vēstis, Nr.5, 143-150 lpp.
5. Rasiņš, A., Tauriņa, M. (1982). Nezāļu kvantitātes uzskaites metodika Latvijas PSR apstākļos. Ieteikumi. Rīga: LM ZTIP, 24 lpp.

ВЛИЯНИЕ ЛИГНИННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР *LIGNĪNA PREPARĀTU IETEKME UZ GRAUDAUGU SAUSUMIZTURĪBU*

Галина Лебедева¹, Ина Алсиня², Галина Тельшева¹

¹LV Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV-1006, Latvija

Tālr.: +(371)7555916, fakss: +(371)7550635, e-pasts: ligno@edi.lv,

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

Tālr./fakss: +(371)30 05685, e-pasts: Ina.Alsina@llu.lv

Abstract. *Basing on model experiments it was found, that lignosilicon compounds (LSi), synthesized in the Institute of the Wood Chemistry on the basis hydrolysis lignin, which has been used as fertilizer and growth activator for the cereals in the microfield and field environments, help plants to adapt for the soil water deficiency. Increase of drought resistance is explained by the plants ability to form the powerful root system on the background of the lignosilicon compound, which provides them with better water supply and nutrition. The weight of aboveground part of oats and wheat after the 15-day water stress experiment exceeded control values for up to 32% and 10% correspondingly. Due to LSi addition aboveground part of oats had better water retention, lesser water deficiency and transpiration intensity. Oats had shown better water retention comparing to control values, wheat – on the same level, as control. In total on the background of LSi wheat and oats revealed higher drought resistance than in the case of lignin application. The most antistress effects were observed for oats.*

Keywords: *drought resistance, cereals, lignosilicon compounds*

Введение

Засуха и опустынивание ежегодно приводят к потерям в сельском хозяйстве в мировом масштабе на десятки млрд. долларов. Одним из наиболее эффективных направлений защиты посевов от засухи является усиление естественной засухоустойчивости с/х растений. Ведущие химические компании мира заняты поиском препаратов – усилителей засухоустойчивости. Для решения этой проблемы исследователи уделяют повышенное внимание природным регуляторам роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами, т.к. обладая полифункциональным действием на растения, они не оказывают вредного влияния на почву и окружающую среду [1]. В литературе описано применение в стрессовых ситуациях Si-содержащих соединений. Установлено, что, при внесении в почву Si-содержащих соединений, способных переходить в почвенный раствор, повышается засухоустойчивость растений в результате аккумуляции кремния в мембране клеток эпидермиса листьев, тем самым предохраняя растение от избыточного испарения влаги [2-4].

Лигнокремниевые препараты (LSi), синтезированные в Институте химии древесины на основе древесного гидролизного лигнина и применённые в качестве удобрений и активаторов роста при выращивании злаков в микрополевых и полевых условиях, оказали благоприятное действие на развитие растений (овёс, кукуруза) в засушливые годы [5-7]. Благоприятное действие лигнокремниевых препаратов на развитие растений и на увеличение их продуктивности объяснено переходом в почвенный раствор из LSi веществ, обладающих ауксиноподобной активностью [8] и положительно влияющих на микробиологическую, ферментативную активность почвы и на подвижность в ней макро- и микроэлементов питания [9]. Анализ растительной биомассы и микроскопические исследования срезов стебля зерновых культур [6,7,9] свидетельствуют об увеличении содержания кремния в биомассе и большей степени одревеснённости наружных слоёв стебля при внесении в почву LSi, что способствует лучшей оводнённости стебля, меньшему испарению воды и большей устойчивости

растений к полеганию. Результаты модельных [10] и полевых опытов [5, 7, 11] с зерновыми культурами показали, что LSi на ранних этапах онтогенеза повышает активность ферментной и гормональной систем растений, стимулирует корнеобразование. Способность растений противостоять стрессам связана не только с индукцией биохимических механизмов, но и с наличием у растений мощной корневой системы. Продуктивность овса, пшеницы и других злаковых культур тесно связана с увеличением мощности корневой системы и возрастанием её физиологической активности.

Цель данной работы – оценить в условиях модельных опытов влияние лигнинных препаратов, в том числе и содержащего кремний (LSi, 5%Si), на устойчивость тестируемых культур к недостатку влаги в почве.

Материалы и методы

Лигнинные препараты: гидролизный лигнин (L) и лигнокремниевый препарат на его основе с содержанием кремния 5% (LSi).

Тестируемые культуры: овёс (*Avena sativa*) сорта «Mara» и сорта «Jumbo», яровая пшеница (*Triticum vulgare*) сорта «Bjarne». Выбор культур был обусловлен их различной засухоустойчивостью.

Для оценки активирующего действия LSi на развитие корневой системы растений на ранних этапах онтогенеза поставлен модельный опыт в бумажных «конвертах» с использованием овса сорта «Mara», на котором ранее в полевых условиях в засушливый год был получен хороший урожай зерна при внесении лигнокремниевого препарата совместно с семенами во время сева [12, 13].

Опыт в бумажных «конвертах».

Объект исследования: растения овса сорта «Mara».

Опыт проводили в термоблоке при температуре 20-22⁰С, под люминесцентными лампами (освещённость 2500 Lx). Продолжительность эксперимента - 14 дней.

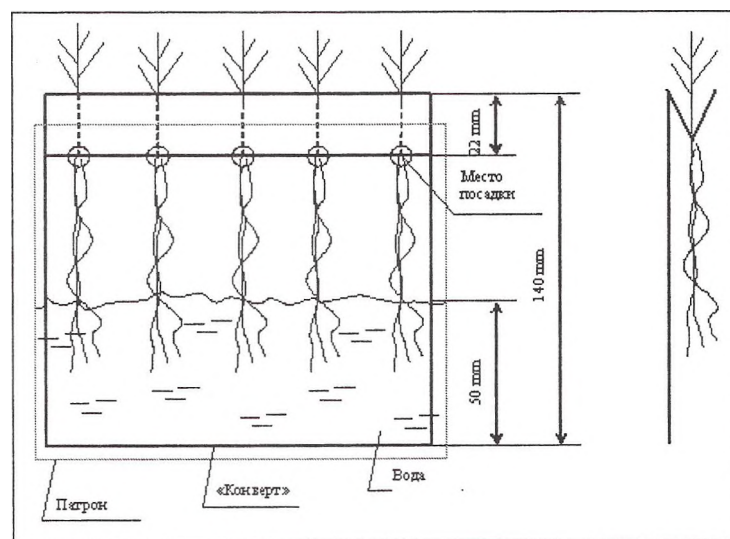


Рис. 1. Бумажный «конверт» в полиэтиленовом патроне, на 1/3 объёма заполненном водой. Модельный опыт

Использовали бумажные «конверты» (рис. 1), сложенные таким образом, чтобы в складку в верхней части «конверта» можно было внести лигнинный препарат, а затем семена. Места сгибов «конверта», в которые помещали семена, имели отверстия (диаметр около 0.1 мм). Ширина «конверта» 12.5 см, длина в сложенном виде – 14.0 см.

Лигнинные препараты вносили в складку бумажного «конверта», помещали сверху 5 семян и бумажный «конверт» вставляли в прозрачный полиэтиленовый патрон. Патроны закрепляли на деревянных штативах и приливали воду (1/3 объёма полиэтиленового патрона).

Доза лигнинных препаратов: 35 мг и 70 мг на 5 семян (масса 5 семян равна 0.085 г), что соответствует внесению на га, соответственно, 80 кг и 160 кг препарата.

Повторность опытов 4-х кратная.

Спектры спиртовых вытяжек из листьев растений снимали на LAMBDA 25, UV/VIS Spektrometer Perkin Eimer instruments.

Корневую систему растений тестировали на калиброванном сканере STD-1600⁺ с использованием программы Win Rhizo 2002 C.

Вегетационный эксперимент в 5 л сосудах.

Объектами исследования являлись растения овса сорта «Jumbo» и яровой пшеницы сорта «Vjagne».

Вегетационный опыт заложен в теплице Елгавского с/х университета в 5 л сосудах Митчерлиха на торфяном субстрате, обогащённом макро- и микроэлементами питания растений. Субстрат: верховой торф, производитель «Laflora», Латвия; pH 5.5, N 100-140 мг/л; P₂O₅ 110-170 мг/л; K₂O 190-290 мг/л. Исходная влажность субстрата 70%.

Лигнинные препараты: вносили в поверхностный слой субстрата перед посевом семян: 3 г а.с. препарата на 5 л сосуд (эквивалентно 1000 кг/га).

Посев осуществляли сухими семенами – 15 штук на сосуд. Использовали семена из урожая предыдущего года, всхожесть семян: 96-98%. Через 20 дней всходы прореживали и оставляли в сосудах по 10 растений.

Повторность опытов 10-ти кратная.

Температура воздуха в теплице: днём 25±3⁰С, ночью 15±3⁰С и влажность почвенного субстрата поддерживались автоматической системой управления. Влажность измеряли стандартным методом высушивания при 105⁰С. Почву после определения влажности возвращали в сосуды.

Растения овса и пшеницы выращивали при содержании влаги в торфяном субстрате равной, соответственно, 78-80% и 80-82% для фаз развития: кущение (21-22), выход в трубку (31-33) и колошение (52-58).

Искусственную засуху создавали прекращением полива растений в стадии 31-33. Через 15 суток после прекращения полива содержание влаги в субстрате под растениями овса (стадия развития 52-55) и пшеницы (стадия развития 55-58) снизилось в среднем, соответственно, с 78% до 15%, и с 82% до 17%.

Засухоустойчивость растений оценивали по следующим основным параметрам: водоудерживающая способность, интенсивность транспирации и оводнённость.

Определение водоудерживающей способности осуществляли по Арланду [12, стр.67-68].

Интенсивность транспирации определяли весовым методом, основанном на учёте потери воды при испарении с единицы листовой поверхности в единицу времени [13, стр.52-52].

Оводнённость листьев оценивали после высушивания при 105⁰С [14, стр.49].

Дефицит воды определяли по [13, стр.18].

Дефицит относительной относительной тургесцентности (ДОТ) рассчитывали по [13, стр.48-49].

Статистическую обработку результатов проводили по программе *Anova*.

Результаты и их обсуждение

Результаты модельного опыта в бумажных «конвертах» показали, что через 7 дней после начала эксперимента развитие наземной части растений овса в вариантах с лигнинными препаратами не отличалось от контрольного варианта. Корни растений в вариантах с лигнинными препаратами по сравнению с контрольным вариантом были более разветвлёнными и имели больше мелких корней.

Через 14 дней после начала эксперимента отмечено положительное влияние LSi в дозе 35 мг/«конверт» на развитие растений, проявляющееся как в лучшем развитии корневой системы, так и наземной части: листья имели более зелёную окраску, большую площадь листовой пластинки и большую массу, чем в контрольном варианте и варианте с лигнином (рис. 2). У растений на фоне LSi появился второй лист, в то время как в контроле его не было.

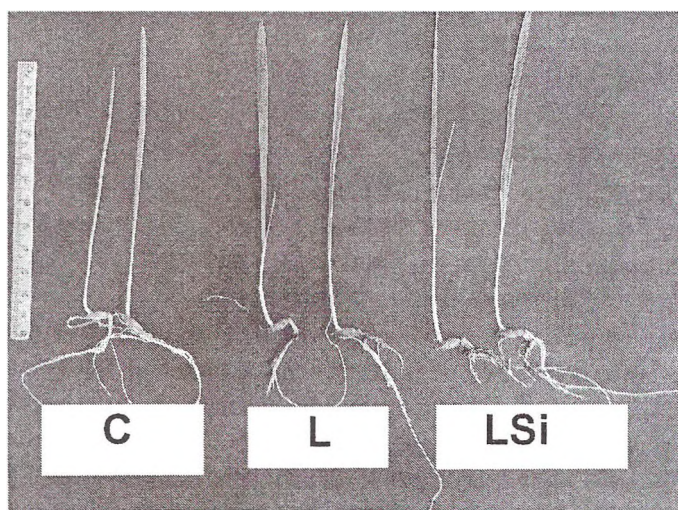


Рис. 2. Влияние лигнинных препаратов (35 мг / «конверт») на развитие растений овса сорта «Мага» через 14 дней после начала эксперимента.

Для растений овса на фоне LSi 35 мг/«конверт» по сравнению с контролем масса наземной части увеличивалась с 0.46г до 0.61 г и корней с 0.39 г до 0.45 г, соотношение массы наземной части к массе корней с 1.24 до 1.77. Большие дозы лигнинных препаратов (70 мг) не способствовали увеличению массы растения.

Результаты тестирования корневой системы растений на калиброванном сканере показали, что на фоне LSi (35 мг) по сравнению с контролем в 2 раза увеличилось число кончиков корней: с 84 до 176 и количество разветвлений: с 97 до 194. Общая длина корней одного растения увеличилась с 35.7см до 43.4 см, объём корневой системы - с 0.053 см³ до 0.060 см³. На фоне L также увеличилось число кончиков корней (140шт.) и количество разветвлений (177шт.), однако, общая длина осталась на уровне контрольного варианта (34.2см), а объём корневой системы был даже несколько ниже, чем в контроле (0.043 см³). Результаты сканирования корневой системы хорошо коррелируются с морфологическими показателями развития растений овса на фоне лигнинных препаратов: L препарат не активировал, а LSi активировал развитие растений на начальных этапах онтогенеза. Анализ спектров спиртовых вытяжек из листьев овса показал, что на фоне LSi по сравнению с контрольным вариантом и вариантом на фоне лигнина увеличилось содержание хлорофилла (665; 616 нм), каротиноидов (434нм) [15,стр.108] и полифенолов (335 нм; 269 нм) [16,стр.163], что свидетельствует об активации фотосинтетических процессов на фоне LSi.

Результаты модельного опыта подтвердили полученные нами ранее данные о стимулирующем действии LSi на растения овса, выращенного на биологическом поле: листья по сравнению с контролем имели более широкую листовую пластинку и более яркую зелёную окраску. Статистически достоверны были различия значений массы наземной части и адсорбирующей поверхности корней в фазе молочной спелости овса. Общая адсорбирующая поверхность корней овса в варианте с 40 кг/га LSi в 4.3 раза превышала контроль [6, 7].

Результаты экспериментов в 5 л вегетационных сосудах (таблица 1 и 2) показали, что лигнинные препараты, внесённые в верхний слой торфяного субстрата, обогащённого макро- и микроэлементами питания, не оказали влияния на всхожесть семян овса и яровой пшеницы, которая как и в контроле была на уровне 96-98%.

При **оптимальном водном режиме** до фазы колошения (52-55) различия в развитии наземной части растений *овса* на фоне и без лигнинных препаратов не выявлены.

В фазе колошения масса наземной части овса на фоне L и LSi превышала контроль, соответственно, на 12% и 18%. Для этой фазы развития у растений на фоне L и LSi был меньше дефицит воды и ДОТ. Различия значений перечисленных показателей были статистически достоверны (таблица 1).

Интенсивность транспирации и водоудерживающая способность растений на фоне лигнинных препаратов была на уровне контрольного варианта до фазы колошения.

При **пониженном водообеспечении** проявляется благоприятное действие лигнинных препаратов на развитие растений *овса*. Растения овса в фазе колошения после перенесённого водного стресса на фоне лигнинных препаратов были более зелёные, имели меньше жёлтых и засохших листьев. Масса наземной части в вариантах с L и с LSi превышала контроль, соответственно, на 14% и на 32%. Наземная часть растений в варианте с LSi имела самую высокую оводнённость: содержание воды в листьях составило для LSi, L, и контроля, соответственно, 62.5%, 56.3%, 56.9%, т.е. в варианте с LSi содержание воды в листьях превышало контроль на 10%, в то время как в варианте с L содержание воды было на уровне контроля. Дефицит воды в вариантах с L и LSi был меньше, чем в контроле, соответственно, на 9.1% и 13.3%.

Водоудерживающая способность растений в вариантах с лигнинными препаратами практически одинакова и превышала контроль на 30 %. Интенсивность транспирации на фоне L и LSi была меньше, чем в контроле, соответственно, на 13.5% и 20.8% (таблица 1).

Таблица 1.

Влияние лигнинных препаратов на показатели водообеспеченности растений овса «Jumbo» в фазе колошения. Посев 12.04.2006.

Вариант	Масса зелени, сырая г, одно растение	Содержание с.в. в наземной части, %	Водоудерживающая способность, %				Дефицит воды, %	ДОТ, %	Интенсивность транспирации, г/м ² ·час
			0.5 часа	1.0 час	1.5 часа	2.0 часа			
Фаза развития 52 -55; оптимальное водообеспечение; 02.06.2006.									
C	18.42	15.78	5.70	7.21	8.36	9.57	16.17	16.32	155.24
L	20.60	16.76	5.54	7.61	8.90	10.04	11.70	11.89	154.99
LSi	22.82	15.23	6.54	8.76	9.93	10.90	12.06	12.70	170.33
RS _{0.05}	1.118	1.43	0.895	1.392	1.782	2.122	3.027	3.060	24.930
Фаза развития 52 -55; отсутствие полива 15 суток; 02.06.2006.									
C	6.55	43.14	0.92	1.63	2.45	3.16	30.08	30.99	20.24
L	7.46	43.69	0.70	1.15	1.73	2.21	27.34	28.22	17.50
LSi	8.63	37.48	0.52	0.94	1.57	2.19	26.09	27.00	16.01
RS _{0.05}	1.123	3.035	0.370	0.606	0.906	1.060	3.219	3.530	3.552

Таким образом, лигнокремниевый препарат по совокупности показателей засухоустойчивости оказал на растения овса антистрессовое действие, большее, чем лигнин.

При **оптимальном водном режиме**, начиная с фазы выхода в трубку, выявлена тенденция увеличения массы наземной части растений **яровой пшеницы** и водоудерживающей способности на фоне лигнинных препаратов. Дефицит воды, ДОТ и интенсивность транспирации были на уровне контроля (таблица 2).

Таблица 2.

Влияние лигнинных препаратов на показатели водообеспеченности растений яровой пшеницы «Вјагне» в фазе колошения. Посев 12.04.2006 г.

Вариант	Масса зелени, сырая г, одно растение	Содержание с.в. в наземной части, %	Водоудерживающая способность, %				Дефицит воды, %	ДОТ, %	Интенсивность транспирации, г/м ² ·час
			0.5 часа	1.0 час	1.5 часа	2.0 часа			
Фаза развития 55 -58; оптимальное водообеспечение; 02.06.2006.									
С	15.67	21.53	3.89	5.00	5.91	6.84	8.60	8.75	138.07
L	15.62	21.54	3.58	4.83	5.61	6.64	12.15	12.41	117.24
LSi	17.87	21.57	4.43	5.31	6.28	6.83	6.29	6.40	132.60
RS _{0.05}	3.567	2.014	0.912	0.992	1.052	1.053	2.026	2.211	32.231
Фаза развития 5 -58; отсутствие полива 15 суток; 02.06.2006.									
С	7.04	44.46	0.78	1.14	1.50	1.96	45.27	46.33	49.79
L	7.77	43.21	0.91	1.60	2.12	2.62	42.36	43.52	36.63
LSi	7.75	37.55	1.02	1.64	2.12	2.61	34.74	35.53	29.18
RS _{0.05}	1.167	5.433	0.599	0.866	1.022	1.106	8.770	8.950	16.128

В фазе колошения (55-58) на фоне лигнинных препаратов по сравнению с контролем увеличилась масса наземной части растений яровой пшеницы на 10%. Дефицит воды и ДОТ был меньше, чем в контроле только для варианта с LSi, соответственно, на 27.0% и 26.8%. Водоудерживающая способность и интенсивность транспирации растений пшеницы в фазе колошения на фоне лигнинных препаратов были на уровне контрольного варианта.

При **пониженном водообеспечении** проявляется благоприятное действие лигнинных препаратов на развитии растений **яровой пшеницы**, причём более ярко, чем на растениях овса.

Растения пшеницы в фазе колошения, после перенесённого водного стресса на фоне LSi по сравнению с контролем и вариантом L отличались лучшей сохранностью: были более зелёные, имели меньше жёлтых и засохших стеблей и листьев. На фоне LSi растения были почти в 1.2 раза выше, чем в контроле, масса наземной части растений в вариантах с L и LSi превышала контроль на 10%; наземная часть растений в варианте с LSi лучше удерживала воду, чем в варианте с L и в контроле: содержание воды в листьях равно, соответственно, 62.5%, 56.8%, 55.5%. Содержание воды в листьях в варианте с LSi превышало контроль на 12.5%, в то время как в варианте с L было на уровне контроля. Дефицит воды и ДОТ в варианте с LSi был меньше, чем в контроле на 23.3%, в то время как в варианте с L эти показатели были практически на уровне контроля.

Интенсивность транспирации на фоне L и LSi была меньше, чем в контроле, соответственно, на 26.4% и 41.4%.

Водоудерживающая способность растений пшеницы в вариантах с L и с LSi была на уровне контроля (таблица 2).

Таким образом, лигнокремниевый препарат по совокупности показателей засухоустойчивости на растениях пшеницы, также как и на растениях овса показал более сильное антистрессовое действие, чем лигнин.

Выводы

Результаты модельных опытов показали, что лигнокремниевый препарат помогает растениям зерновых культур адаптироваться к почвенному водному стрессу. Повышение антистрессовой устойчивости обусловлено способностью растений формировать на фоне лигнокремниевого препарата более мощную корневую систему, обеспечивающую лучшее водоснабжение и питание растений. Масса наземной части растений овса и пшеницы, на фоне LSi после 15-ти суточного водного стресса превышала контроль, соответственно, на 32% и 10%.

На фоне LSi наземная часть растений овса и пшеницы лучше удерживала воду, был меньше дефицит воды и интенсивность транспирации. Водоудерживающая способность растений овса была выше, чем в контроле; у растений пшеницы - на уровне контроля.

Лигнокремниевый препарат по совокупности показателей засухоустойчивости на растениях пшеницы, также как и на растениях овса, показал более сильное антистрессовое действие, чем лигнин.

Summary

Every year drought and desertification leads to milliard dollar agricultural losses in the whole world. One of the most efficient ways of the crops protection is the promotion of their natural drought resistance. The aim of many leading chemical production companies is the research of the compounds, providing this plant ability enhancement. The high attention is being drawn to the natural plant growth regulators with the antistress and immunity protection properties, since they have no negative influence on the soil and environment [1]. It is described in literature, that Si-containing compounds can be used for enhancement of plant resistance towards different stresses. It was found, that placement into the soil of Si-containing compounds, able to be transferred into the soil solution, increases drought resistance due to silicon accumulation in the leaf epidermis cell membranes, which prevents excessive water evaporation.

Lignosilicon compounds (LSi), synthesized in the Institute of the Wood Chemistry on the basis of hydrolysis lignin, which has been used as fertilizer and growth activator for the cereals in the microfield and field environments, has shown favorable influence on the plants development (oats, wheat) in the dry years.

The purpose of current work was to evaluate lignin compounds, including silicon containing ones, on the plants tolerance towards water deficiency in soil on the model experiments basis. The following lignin compounds were used: hydrolysis lignin (L) and the lignosilicon compound, synthesized on its basis (LSi, 5% silicon). The following agricultural cultures were tested: oats (*Avena sativa*), "Mara" brand, spring wheat (*Triticum vulgare*), "Bjarne" brand.

Results of the model experiments in the paper "envelopes" have shown positive influence of the LSi on the aboveground part and root system development of oats after 14 days experiment. Weight of aboveground part has increased from 0.46 g to 0.61 g and roots from 0.39 g to 0.45 g for single plant in average.

Testing of the oats root system using calibrated scanner has shown, that on the background of LSi number of root tips has increased almost twofold, from 84 to 176, and number of forks from 97 to 194 comparing to control. Total root length of the single plant increased from 35.7 cm to 43.4 cm, root system volume – from c 0.053 cm³ to 0.060 cm³.

On the background of L number of root ends (140) and forks (177) increased as well, though total length was on the same level as for control (34.2 cm), and root system volume was even lower (0.043 cm³). Scanning results are in good correlation with morphological indices of oats plant development on the background of lignin compounds – L did not activate plants development on the first ontogenesis stages, but LSi did.

The favorable influence of lignin compounds on the oats and wheat was evident at the decreased water supply (no watering for 15 days). At the earing stage oats grown on the background of lignin compounds were greener, had less yellow and withered leaves. Weight of the aboveground part was higher than for control by up to 14% and 32% for L and LSi correspondingly. Aboveground part in the case of LSi had the highest water contents, water contents in leaves was 62.5%, 56.3%, 56.9%, for LSi, L and control correspondingly. This means, that in the case of LSi water content was 10% higher than that for control, though for L it stayed on the same level. Water deficiency in the case of L and LSi was 9.1% and 13.3% lower than in control, correspondingly. Water retention ability was 30% higher in comparison with control for both lignin compounds. Transpiration intensity for L and LSi was 13.5% and 20.8% lower than that for control, correspondingly.

The favorable influence of lignin compounds at the decreased water supply conditions was more prominent for wheat than for oats.

At the earing stage wheat grown on the background of LSi were greener, had less yellow and withered leaves after water stress, than for L and control. At the background of LSi plants were almost 1.2 times taller, than control ones, weight of aboveground part in the case of L and LSi was 10% higher than for control; in the case of LSi aboveground part had better retention that it was found for L and control – water contents in leaves was 62.5%, 56.8% and 55.5% correspondingly. In the case of LSi water contents in leaves was 12.5% higher than for control, but was on the same level for L. Water deficiency and relative turgescence deficiency were 23% less for LSi than for control, but these indices were practically on the control level for L. Transpiration intensity for L and LSi was 26.4% and 41.4% lower than for control, correspondingly.

Thus it has been shown on the model experiment level that lignosilicon compounds help plants to adapt to water stress. Increase of antistress tolerance is explained by the plants ability to form the powerful root system on the background of the lignosilicon compound, which provides them with better water supply and nutrition. The weight of aboveground part of oats and wheat after the 15-day water stress experiment exceeded control values for up to 32% and 10% correspondingly. Due to LSi addition aboveground part of oats had better water retention, lesser water deficiency and transpiration intensity. Oats had shown better water retention comparing to control values, wheat – on the same level, as control. In total on the background of LSi wheat and oats revealed higher drought resistance than in the case of lignin application. The most antistress effects were observed for oats.

Литература

1. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами. *Агрехимия*, 2005, № 11, с. 76-86.
2. Воронков М. Г., Зелчан Г. И., Лукевиц Э.Я. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния. Рига: Зинатне, 1978. 587 с.
3. Алёшин Н.Е. Кремниевое питание риса. *Сельское хозяйство за рубежом*. 1982, №2, с. 9-14.
4. Aston M.J., Jones M.M. A study of the transpiration surfaces of *Avena sterilis* L. var. *algerian* leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement. *Planta*. 1976. V. 130. №2. pp. 121-129.
4. Lebedeva G.N., Telysheva G.M. Efficiency of the use of lignosilicon fertilizers and growth activators in cereals cultivation. - In: Proc. 2nd Scientific Practical Conference "Earthworms and Soil's Fertility", Vladimir, Russia, March 17-19, 2004, chapter III, pp. 204-207.
5. Telysheva G., Lebedeva G., Dizhbite T., Viesturs U. A prospective product for biological agriculture obtained from the wood chemical processing waste. 2nd World Conference on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy, pp.1639-1661.

6. Serģe I., Biteniece G., Teliševa G., Lebedeva G., Lielpetere A. Application of lignosilicon and azotobacterine for biological agriculture. – In: Proc. 4th Intern. Scientific and Practical Conference, Latvia, Rēzekne, June 26-28, 2003, pp.238-243.
7. Telysheva G., Dizhbite T., Lebedeva G., Rossinskaya G., Jurkjane V., Treikale O., Viesturs U., Daugavietis M. Lignin-based soil amendment stimulating phytoremediation. - Acta Biotechnologica, 2002, 22, N1-2, pp.167-173.
8. Telysheva G., Lebedeva G., Dizhbite T., Zaimenko N., Ammosova J., Viesturs U. The use of silicon-containing products for in-situ soil bioremediation.- In: Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils, Section II-3 – Soil Specific Bioremediation Techniques, Marcel Dekker, 2000, pp. 699-727.
9. Лебедева Г., Тельшева Г., Заименко Н. Предпосевная обработка семян лигнокремниевыми удобрениями. – 6. Международная конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях», Москва, Россия, 26 – 28 июня, 2001 г., с. 106-107.
10. Spārniņa M., Rancāne S., Lebedeva G., Teliševa G.. Lignosilīcija pielietošana bioloģiskā lauksaimniecībā ziemas rudzu sējumos. 5.Starptautiskā zinātniski praktiskā konference “Vide. Tehnoloģija. Resursi“, Latvija, Rēzekne, 2005., 16.-18. jūnijs, 123.-128.lpp.
11. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под ред. Удовенко Г.В. М.: Колос, 1976. 318 с.
12. Практикум по физиологии растений. Под ред. Третьякова Н.Н. М.: Колос, 1982. 271с.
13. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. (Методическое руководство). Л., 1988. 226 с.
14. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Под ред. Ермакова А.И. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
15. Блажей А., Шутый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. М.: Мир, 1977. 239 с.

LIGNOSILĪCIJA IZMANTOŠANA SARKANĀ ĀBOLIŅĀ (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.) AUDZĒŠANĀ
APPLICATION OF LIGNOSILICON IN GROWING OF RED CLOVER
(TRIFOLIUM PRATENSE L.)

Gaļina Lebedeva¹, Gaļina Teliševa¹, Sarmīte Rancāne², Līvija Tiltiņa²

¹ LV Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV-1006, Latvija
Tālr.: +(371)7555916, fakss: +(371)7550635, e-pasts: ligno@edi.lv

² LLU aģentūra „Zemkopības zinātniskais institūts”, Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1,
Aizkraukles raj., LV-5126, Latvija

Tālr.: +(371)5197524, fakss: +(371)5197512, e-pasts: tilivija@inbox.lv

Abstract. *Red clover Trifolium pratense is one of the most popular legumes feed crops in North America and Europe. It is being sown in field and forage shifts of crops as such and mixed with cereals. Among the cultivated clover types (white, rose, crimson and red) the red one is the most widespread in Latvia. The field tests of lignosilicon (LSi), biologically active compound developed and synthesized in the Latvian state institute of Wood Chemistry has shown its favorable action when used in biological farming for oats and rye growth with red clover undersow. Years 2004-2006 tests in field conditions have proved LSi prolonged influence on red clover growth and development: green mass, dry matter content in it and protein content in crop significantly increase beginning with the first year of LSi application. Chemical analysis of roots and aboveground part of plants has shown increase in boron content in buds on the background of 240 kg/ha of LSi. At the same time, increase in silicon, iron, manganese and copper content has been observed in roots. After one year cultivation of clover "Divaja" brand on the background of LSi, an enrichment of soil with organic substances and nitrogen in comparison with control was observed.*

Keywords: *DM yield quality, growing intensity, lignosilicon, nodules of Rhisobium, organic farming, red clover.*

Ievads

Sarkanais āboliņš *Trifolium pratense* L. ir vērtīgs Z-Amerikā un Eiropā plaši izplatīts tauriņziežu dzimtas lopbarības augs, kuru audzē tīrumu un lopbarības augu augsekās tīrsējā un maisījumos ar stiebrzālēm. Latvijā sarkanais āboliņš ir izplatītāks par citām āboliņa sugām, kā, piemēram, balto āboliņu vai bastardāboliņu.

Sarkanais āboliņš ir ar proteīnu bagāts augs, tam ir spēcīga sakņu sistēma, kas uzlabo augsnes struktūru, simbiozē ar *Rhisobium* ģints baktērijām bagātina augsni ar bioloģiski saistītu slāpekli, līdz ar to veicinot augsnes mikrobioloģisko aktivitāti kopumā.

Bioloģiskajā lauksaimniecībā sarkano āboliņu audzē kā zaļmēslojuma vai pasējas kultūru tieši bioloģiskā slāpekļa saistīšanai un organiskā mēslojuma nodrošināšanai augsnē, bet pļavu un ganību zelmeņos maisījumos ar stiebrzālēm sarkano āboliņu pievieno 50% un vairāk, lai apgādātu stiebrzāles ar tām nepieciešamo slāpekli.

Lauka izmēģinājumu rezultāti parādīja lignosilīcija (LSi) – bioloģiski aktīva preparāta, kas izstrādāts un sintezēts Koksnes ķīmijas institūtā – izmantošanas perspektīvu bioloģiskajā lauksaimniecībā, audzējot auzas un ziemas rudzus ar sarkanā āboliņa pasēju. Iestrādājot augsnē nelielas lignosilīcija devas (40-120 kg ha⁻¹) reizē ar auzu un sarkanā āboliņa sēju, kā arī reizē ar sarkanā āboliņa sēju agri pavasarī zem ziemas rudziem, tika novērota virsauga un sarkanā āboliņa sakņu sistēmas attīstības veicināšana preparāta ietekmē. Sarkanajam āboliņam tika novērota gan sakņu masas palielināšanās, gan gumiņu skaita pieaugums [1; 2].

Tas deva impulsu turpināt izmēģinājumus ar lignosilīciju, un šī pētījuma mērķis ir novērtēt lignosilīcija preparātu ietekmi uz sarkanā āboliņa augšanu un attīstību, zaļmasas un sausas ražu un tās kvalitātes rādītājiem.

Metodika

Silīciju saturošie preparāti ir sintezēti no dabiska organiskā materiāla; izmēģinājumos pielietotie preparāti:

- lignosilīcijs – sintezēts no koksnes lignocelulozes kompleksa ar 5% silīcija saturu (turpmāk tekstā LSi);
- biosils – jauns silīcija preparāts ar silīcija saturu 5% (turpmāk tekstā BMSi), sintezēts uz preparāta, kas iegūts no koksnes mehāniskās apstrādes atkritumiem fermentatīvas konversijas ceļā, – Biomasa (turpmāk tekstā BM) – bāzes. Silīcija saturs uzrādīts absolūti sausā masā.

Kontroles variantā lignosilīcija preparāti netika izmantoti.

Izmēģinājumi veikti ar divām sarkanā āboliņa šķirnēm (selekcionētas Latvijā LLU aģentūrā „Zemkopības zinātniskais institūts”):

- sarkanais āboliņš ‘Dīvaja’ – vēla, tetraploīda šķirne, izturīga pret sakņu vēzi un fuzariozi, veido spēcīgu ceru un labi nomāc nezāles;
- sarkanais āboliņš ‘Jancis’ – jauna, perspektīva, vidēji vēla, diploīda šķirne, ar augstu sēklu ražu un noturību zelmenī vismaz 3 gadus, ar labu slimībizturību.

Veģētācijas trauku un atklāta lauka izmēģinājumi bija iekārtoti LLU aģentūras „Zemkopības zinātniskais institūts” izmēģinājumu laukos Augsnes raksturojums: velēnu podzolētā vidēja smilšmāla augsne, pH_{KCl} – 5,3-5,6, organiskās vielas saturs – 4,2%, K_2O nodrošinājums – vidējs, P_2O_5 nodrošinājums – vidējs.

Lai vērtētu lignosilīcija preparātu ietekmi uz augsnes rādītājiem, atklāta lauka izmēģinājumos pirms izmēģinājumu ierīkošanas un divas reizes veģētācijas periodā tika ņemti augsnes paraugi aramkārtā (ar augsnes zondi vairākās vietās katrā variantā) un veikta to analīze. Tika noteikts: augsnes reakcija (pH_{KCl}), organiskās vielas saturs (%), kopslāpekļa (%) un nitrātu (NO_3 , $mg\ kg^{-1}$) saturs, K_2O , P_2O_5 un Ca saturs ($mg\ kg^{-1}$) [3].

Augu sakņu sistēma tika testēta uz kalibrējoša skenera STD-1600⁺, izmantojot programmu Win Rhizo 2002C.

Veģētācijas trauku izmēģinājumi (05.07.2004.-19.09.2004.) tika iekārtoti 6,5 l tilpuma podos, tie atradās atklāta lauka apstākļos. Trauku pildīšanai augsne tika sijāta caur 5x5 mm sietu. Augsnē netika iestrādāti minerālmēsli. Silīciju saturošos organiskos preparātus iestrādāja 3,0±0,3 cm dziļi augsnes virskārtā, preparātu deva – 10 g uz 1 trauku. Katrā traukā tika iesētas 50 sēklas, pēc 30 dienām sējumu izretināja, atstājot 7 augus. Katrs variants tika ierīkots 4 atkārtojumos.

Atklāta lauka izmēģinājumos ar sarkanā āboliņa šķirnēm ‘Jancis’ (09.07.2004.-21.07.2005.) un ‘Dīvaja’ (23.07.2005.-19.07.2006.) viena lauciņa platība bija 5 m², sarkanā āboliņa izsējas norma – 20 kg ha⁻¹, rindstarpu attālums – 15 cm. Lignosilīcijs iestrādāts vadziņās ar rokām pirms sarkanā āboliņa sējas, devas – 40 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ un 240 kg ha⁻¹. Minerālais mēslojums netika izmantots.

Zaļmasas ražas noteikšanai katrā variantā tika nogriezti augi, izmantojot 0,25 m² rāmīti, 4 atkārtojumos. Tika veiktas ražas ķīmiskās analīzes, nosakot sausas, proteīna un kokšķiedras saturu, kā arī zāles botāniskās analīzes, nosakot lapu – stiebru attiecību [4].

Auga sakņu masa izrakta ar lāpstu pēc pirmās zāles nopļaušanas, laukuma platība – 420 cm². Saknēs noteikts makro – un mikroelementu saturs [4].

Meteoroloģisko apstākļu raksturojums [5]

2004.gads. Veģētācijas perioda sākums – 15.aprīlī. Aprīļa beigās naktis bija vēsas, 26. un 27.aprīlī novērotas salnas. Nokrišņu veģētācijas sākumā maz, aprīlis bija ceturtais sausākais mēnesis 80 gadu laikā. Temperatūra maijā nedaudz zemāka par normu, novērotas salnas. Arī jūnija I un II dekāde bija vēsa, salnas Skrīveros atzīmētas vēl 8. un 9.jūnijā. Jūnija III dekādē Skrīveros nolija 62% no mēneša normas. Jūlijā laika apstākļi tuvu normai. Augusts un septembris bija silts un lietains.

Klimatiskie apstākļi veģetācijas periodā bija labvēlīgi augu augšanai un attīstībai.

2005.gads. Veģetācijas perioda sākums – 15.aprīlī. No 1. līdz 18.aprīlim vidējā diennakts temperatūra pārsniedza normu. 20.aprīlī strauji pazeminājās temperatūra, un naktī sals Skrīveros bija līdz -6 – -8°C. Nokrišņi aprīlī sastādīja tikai 50% no normas. Maija I un II dekāde bija vēsāka par normu, novērojamas salnas. Maija III dekādē bija lielas temperatūras svārstības – no +30°C līdz +10°C. Nokrišņi maijā bija ap 70% no normas. Jūnija sākums un beigas bija vēsas, pārējā daļā temperatūra bija +18- +25°C. Nokrišņu daudzums jūnijā bija 8% virs normas. Jūlijs atnāca karsts un saulains, +27- +29°C, atsevišķās dienās pārsniedza +30°C. Nokrišņi jūlijā bija tikai puse no mēneša normas. Augustā temperatūra bija tuva normai, taču nolija 180% no mēneša normas.

Veģetācijas perioda sākums bija nelabvēlīgs augu augšanai un attīstībai kraso temperatūras svārstību dēļ, taču klimatiskie apstākļi kopumā atbilda augu augšanas prasībām.

2006.gads. Veģetācijas perioda sākums – 17.aprīlī. Aprīlī nokrišņu daudzums sastādīja 71% no normas. Temperatūra normas robežās vienmērīgi visu mēnesi, bet naktīs ilgstoši bija salnas. Maijā nokrišņi Skrīveros bija normas robežās, pārsvarā gāzienvēda lietus. Maija pirmā puse bija silta, bet no maija vidus temperatūra pazeminājās un naktīs bija salnas. Vēss laiks saglabājās līdz pat 11.jūnijam, temperatūra – +9- +17°C. Jūnija otrajā daļā temperatūra pieauga pat līdz +29- + 30°C. Jūnija II un III dekādē Skrīveros praktiski nebija nokrišņu un sausums saglabājās līdz augusta sākumam, kad divas dienas bija lietus. 17.augustā nolija vērā ņemams nokrišņu daudzums – 31 mm. Tad praktiski arī Skrīveros beidzās ieilgušais sausuma periods. Temperatūra arī septembrī un oktobrī vēl bija augsta, pārsniedzot normu.

2006.gada veģetācijas periodu varētu saukt par ekstremālu lielā mitruma deficīta dēļ jūlijā un augustā, sarkanais āboliņš dienas karstākajā laikā vīta. Tāpēc tika analizēts tikai pirmais sarkanā āboliņa plāvums, jo sausuma un karstuma radītais stress neļāva augiem pilnvērtīgi augt un attīstīties.

Rezultāti un to izvērtējums

2004.gadā veiktie izmēģinājumi veģetācijas traukos neuzrādīja lignosilīcija preparātu stimulējošo iedarbību uz sarkanā āboliņa 'Dīvaja' sēklu dīdību, kas līdzīgi kā kontrolei bija 60-62% robežās.

Taču pierādījās, ka abi silīciju saturošie preparāti var tikt izmantoti sarkanā āboliņa audzēšanā, tikai LSi salīdzinājumā ar kontroli un BM, BMSi variantiem daudz stimulējošāk iedarbojās uz sarkanā āboliņa augšanu un attīstību, kas izpaudās kā sakņu un auga virszemes daļas daudz straujāks pieaugums. Vērtējot sakņu sistēmas attīstību ar kalibrējošo skeneri mēnesi pēc sējas, bija redzams, ka Si saturošie preparāti stimulē sakņu sistēmas attīstību un gumiņbaktēriju koloniju veidošanos uz tām. Gumiņu skaits salīdzinājumā ar kontroli pieauga no 32 līdz 39 un 53 attiecīgi variantiem BMSi un LSi. Sarkanā āboliņa augi variantos ar silīciju saturošajiem preparātiem bija ar spēcīgu, labi attīstītu sakņu sistēmu – liels daudzums sakņu spurgaliņu un sānsaknīšu (1.tabula).

1.tabula

Si saturošo preparātu ietekme uz sarkanā āboliņa 'Dīvaja' sakņu sistēmas attīstību mēnesi pēc sējas, 05.07.2004.-05.08.2004.

<i>Varianti</i>	<i>Gumiņu skaits, gab.</i>	<i>Sakņu sistēmas kopējais garums, cm</i>	<i>Sakņu sistēmas tilpums, m³</i>	<i>Sakņu spurgaliņu skaits, gab.</i>	<i>Sazarojumu skaits, gab.</i>
Kontrole	32	260,9	0,18	964,0	1796,9
BM	28	263,5	0,17	1190,4	1734,4
BMSi	39	368,8	0,23	1276,6	2388,0
LSi	53	327,5	0,23	1371,5	2571,5

Sarkanā āboliņa ražas analīzes 2,5 mēnešus pēc sējas parādīja, ka zaļmasas raža, salīdzinot ar kontroli, pieauga 1,7-1,8 reizes. Lielākā sausnas raža bija variantā ar LSi – pieaugums 1,4 reizes, salīdzinot ar kontroli, savukārt LSi fonā proteīna saturs pieauga no 16,5% līdz 18,0%. Analizējot dabīgi mitru sarkanā āboliņa sakņu masu, tā praktiski neatšķīrās no kontroles varianta, izņemot BM variantu, taču sakņu sausā masa visos variantos ar silīciju saturošiem lignopreparātiem 1,3-1,4 reizes pārsniedza kontroli (2.tabula). Sakņu mikroelementu satura analīze uzrādīja silīcija satura pieaugumu no 1,5% līdz 1,97%, kā arī palielinājās mangāna, dzelzs, cinka un molibdēna saturs.

2.tabula

Si saturošo preparātu ietekme uz sarkanā āboliņa 'Dīvajā' ražu un tās kvalitāti 70 dienas pēc sējas, 05.07.2004.-19.09.2004.

Varianti	Viena auga virszemes daļas masa, g		Sausnas saturs auga virszemes daļā, %	Viena auga sakņu masa, g		Sausnas saturs saknēs, %
	dabīgi mitra	žāvēta		dabīgi mitra	žāvēta	
Kontrole	5,8	1,0	17,2	12,8	0,9	7,1
BM	3,9	0,7	17,9	6,7	0,7	10,5
BMSi	9,1	1,6	17,6	11,6	1,2	10,2
LSi	8,4	2,1	25,0	12,5	1,3	10,2

1. un 2. tabulā sniegti 20 augu testu vidējie rādītāji.

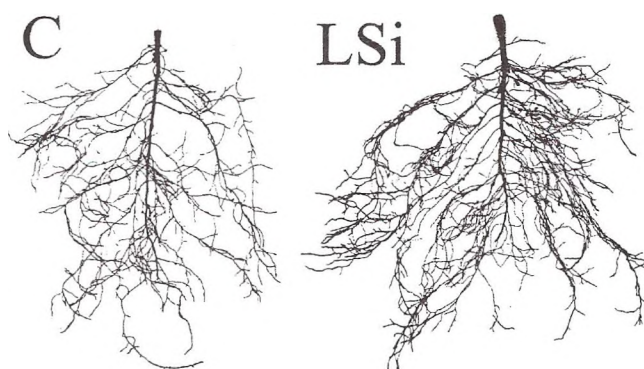
Iegūtie rezultāti apstiprināja iepriekš izdarīto hipotēzi, ka silīcija ievadīšana lignocelulozes masā rada jaunas īpašības, un iegūtais produkts var tikt izmantots dažādu lauksaimniecības kultūru audzēšanā, kā efektīvs augu attīstību stimulējošs mēslojums.

Veģetācijas trauku izmēģinājumi atklāta lauka apstākļos parādīja, ka organiskas izcelsmes silīciju saturošie preparāti uz sarkanā āboliņa augu attīstību, neizmantojot minerālo mēslojumu, atstāj būtisku iespaidu arī 40-70 dienas pēc sējas. Sakarā ar to, ka sarkanais āboliņš strauji veido spēcīgu sakņu sistēmu un 2-2,5 mēnešus pēc sējas nevar turpināt pilnvērtīgu attīstību veģetācijas traukos, izmēģinājumi tika turpināti atklāta lauka apstākļos un tika vērtēta silīciju saturošo preparātu ietekme uz sarkanā āboliņa ražu un tās kvalitāti.

2004.gadā iesētie atklāta lauka izmēģinājumi ar sarkanā āboliņa šķirni 'Jancis' parādīja, ka lignosilīcija preparāti neietekmēja sēklu dīdzību, kas līdzīgi kā kontroles variantā bija 70-72%. 40 dienas pēc sējas vislabāk, vizuāli vērtējot, attīstījās augi pie preparāta LSi devas 240 kg ha⁻¹.

Sarkanā āboliņa augu analīzes 40 dienas pēc sējas (1.attēls) parādīja, ka vidējā viena auga zaļmasas raža LSi fonā bija 1,5 reizes lielāka nekā kontroles variantā, gumiņu skaits uz saknēm par 28% pārsniedza kontroli (no 67 gumiņiem līdz 86 gumiņiem). Sakņu sistēmas analizēšana ar kalibrējošo skeneri deva šādus rezultātus – sakņu kopējais garums pieauga no 400 cm līdz 521 cm, sakņu tilpums pieauga no 0,23 cm³ līdz 0,31 cm³, salīdzinot ar kontroli, kā arī pieauga sakņu zarošanās un spurgaliņu skaits.

70 dienas pēc sējas gumiņu skaits uz sarkanā āboliņa 'Jancis' augu saknēm pie LSi devas 240 kg ha⁻¹ pārsniedza kontroli par 37%, sakņu kopējais garums – par 65%, sakņu tilpums – par 63%. Sakņu spurgaliņu skaits un sakņu sazarošanās lignosilīcija ietekmē 2 reizes pārsniedza kontroli. Rezultāti ļauj secināt, ka LSi atstāj ilgstošu stimulējošu ietekmi uz sarkanā āboliņa sakņu sistēmas attīstību, jo kontroles variantā mēnesi pēc pirmā sakņu testa turpmākais sakņu pieaugums bija neliels, kamēr LSi fonā sakņu pieaugums bija daudz nozīmīgāks nekā pirmajās 40 dienās pēc sējas; kontroles variantā 30 dienu laikā gumiņu skaits pieauga par 7, bet LSi ietekmē palielinājās par 16 gumiņiem, sakņu tilpums attiecīgi par 0,253 cm³ un par 0,478 cm³.



1.attēls. Lignosilīcija ietekme uz sarkanā āboliņa 'Jancis' (40 dienas pēc sējas) sakņu sistēmas attīstību. Atklāta lauka izmēģinājumi 09.07.04.-16.08.04.

C – kontrole, LSi – iestrādāts lignosilīcijs

Gumiņu skaits variantos ar lignosilīciju 40 dienas pēc sējas pārsniedza kontroli par 19 gumiņiem, bet pēc 70 dienām par 28 gumiņiem, attiecīgi sakņu tilpums lignosilīcija ietekmē salīdzinājumā ar kontroli pieauga par $0,07 \text{ cm}^3$ un $0,305 \text{ cm}^3$.

2005.gada pavasarī, 10 mēnešus pēc sējas, tika veiktas augsnes analīzes, tās uzrādīja, ka augsnes aramkārtā pieaudzis organiskās vielas saturs no 4,7% kontroles variantā līdz 5,0% un 5,1% attiecīgi pie LSi devām 120 kg ha^{-1} un 240 kg ha^{-1} .

Lauka apstākļos 40 kg ha^{-1} LSi iestrāde augsnes virskārtā nedeva sarkanā āboliņa ražas pieaugumu, bet pie LSi devām 120 kg ha^{-1} un 240 kg ha^{-1} zaļmasas ražas pieaugums bija attiecīgi 5% un 13%, bet sausnas ražai attiecīgi 16% un 22%. Pie LSi devas 240 kg ha^{-1} proteīna raža salīdzinājumā ar kontroli pieauga par 29% (3.tabula).

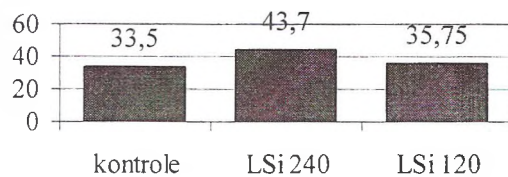
3.tabula

Dažādu LSi devu ietekme uz sarkanā āboliņa 'Jancis' ražu un tās kvalitāti 2005. gadā, 2 plāvumi

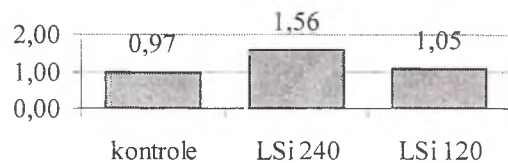
Varianti	LSi deva, kg ha^{-1}	Raža, t ha^{-1}		Kopproteīna raža, t ha^{-1}	Botānisko analīžu rezultāti zaļmasā, %	
		zaļmasa	sausna		Lapas + ziedi	stiebri
Kontrole	0	$57,8 \pm 1,3$	$13,4 \pm 1,2$	$1,4 \pm 0,2$	35 ± 1	65 ± 1
LSi	40	$52,6 \pm 1,5$	$13,1 \pm 1,2$	$1,4 \pm 0,1$	33 ± 4	67 ± 4
LSi	120	$60,7 \pm 1,4$	$15,5 \pm 0,9$	$1,6 \pm 0,1$	40 ± 3	60 ± 3
LSi	240	$65,3 \pm 1,2$	$16,4 \pm 1,0$	$1,8 \pm 0,2$	39 ± 2	61 ± 2

2005.gadā tika iekārtoti līdzīgi atklātā lauka izmēģinājumi ar sarkanā āboliņa šķirni 'Dīvajā'. Pie LSi devām 120 kg ha^{-1} un 240 kg ha^{-1} bija redzams, ka vienmērīgāk sadīga un attīstījās augi LSi variantos.

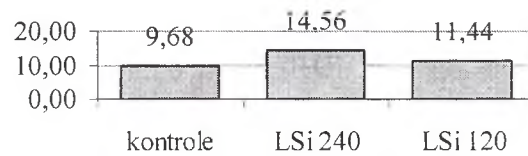
2006.gadā iegūts viens sarkanā āboliņa 'Dīvajā' plāvums, jo mitruma deficīta radītais stress pēc pirmā plāvuma, autoruprāt, neļāva objektīvi spriest tieši par lignosilīcija ietekmi uz sarkanā āboliņa atāla ataugšanu.



Zaļmasas raža $RS_{0,05}=8,337$



Proteīna raža, $RS_{0,05}=0,248$

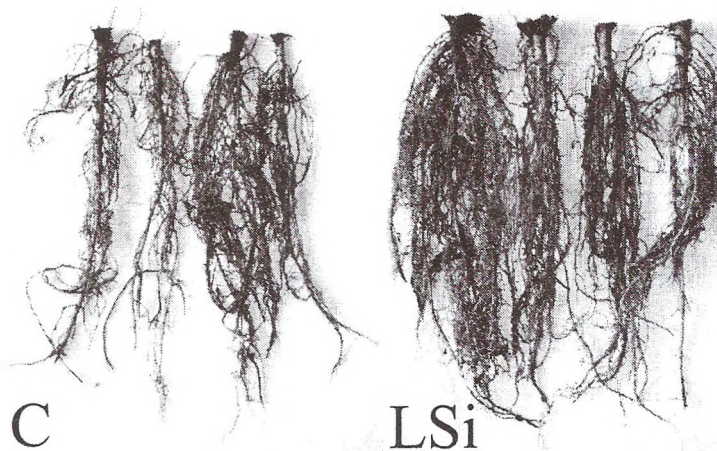


Sausnas raža $RS_{0,05}=2,624$

2.attēls. Sarkanā āboliņa 'Dīvaja' 1. zāles zaļmasas, sausnas un proteīna raža lignosilīcija preparātu ietekmē, t ha⁻¹ 19.07.2006.

2. attēlā redzams, ka pie lignosilīcija devas 240 kg ha⁻¹ iegūts būtisks visu ražas komponentu pieaugums gan salīdzinājumā ar kontroles (zaļmasas pieaugums par 30%, sausnas – par 50%, proteīna – par 60%), gan lignosilīcija 120 kg ha⁻¹ variantu (zaļmasas pieaugums par 22%, sausnas – par 27%, proteīna – par 31%).

Analizējot sarkanā āboliņa 'Dīvaja' sakņu masu pēc pirmās zāles nopļaušanas (3.att.), tika konstatēts, ka pie lignosilīcija devas 240 kg ha⁻¹ tā salīdzinājumā ar kontroli pieaugusi par 22%.



3.attēls. Lignosilīcija ietekme uz sarkanā āboliņa 'Dīvaja' (gadu pēc sējas) sakņu sistēmas attīstību; atklāta lauka izmēģinājumi 23.07.2005.-19.07.2006.

C – kontrole, LSi – iestrādāts lignosilīcijs

Augu zaļās masas un sakņu makro- un mikroelementu analīze uzrādīja, ka makroelementu saturs lignosilīcija preparātu ietekmē salīdzinājumā ar kontroli nav atšķirīgs. Būtiskas izmaiņas parādījās, nosakot mikroelementu saturu (4.tabula) – lapās un ziedgalviņās LSi fonā salīdzinājumā ar kontroli dzelzs saturs bija pieaudzis par 30-40%, bet bora saturs – par 40%.

Silīcija un citu mikroelementu saturs sarkanā āboliņa 'Dīvaja' pirmā plāvuma biomasā pie LSi devas 240 kg ha⁻¹, 19.07.2006.

Variants	Si, %	Fe, mg/kg	Mn, mg/kg	Zn, mg/kg	Cu, mg/kg	Mo, mg/kg	B, mg/kg
Ziedgalviņas							
Kontrole	0,14±0,01	68±3,4	33±1,6	30±1,5	6,0±0,3	0,60±0,03	19±1,9
LSi	0,14±0,01	89±4,5	27±1,2	33±1,6	6,2±0,3	0,58±0,03	28±2,8
Lapas							
Kontrole	0,28±0,03	80±4,0	56±2,8	27±1,3	7,0±0,3	0,50±0,02	20±2,0
LSi	0,24±0,02	102±5,1	48±2,4	25±1,2	6,8±0,3	0,40±0,02	28±2,8
Stieбри							
Kontrole	0,09±0,01	35±1,7	10±0,5	8±0,4	3,4±0,2	0,65±0,03	16±1,6
LSi	0,14±0,01	79±4,0	11±0,5	9±0,4	5,0±0,2	0,60±0,03	17±1,7
Saknes							
Kontrole	1,67±0,20	556±27,8	39±1,9	19±1,0	6,6±0,3	0,90±0,04	9,0±1,0
LSi	4,64±0,50	1578±50,0	71±3,5	24±1,2	8,8±0,4	1,20±0,06	6,0±0,6

Uzmanība tika pievērsta arī 3-5-kārtīgam dzelzs satura un 2-3-kārtīgam silīcija satura pieaugumam saknēs, ko varētu skaidrot ar aktīvāku gumiņbaktēriju darbību lignosilīcija preparātu ietekmē, kas veicina augsnē esošo mikroelementu uzņemšanu augā.

2006.gada pavasarī, atsākoties veģetācijai, tika ņemti augsnes paraugi visos pētāmajos variantos un konstatēts, ka salīdzinājumā ar kontroli pieaudzis organiskās vielas saturs no 3,9% līdz 4,4% LSi 120 kg ha⁻¹ variantā un līdz 5,1% LSi 240 kg ha⁻¹ variantā (5.tabula).

Lignosilīcija preparātu ietekme uz augsnes kvalitātes rādītājiem sarkanā āboliņa 'Dīvaja' audzēšanas rezultātā

Variants	LSi deva, kg ha ⁻¹	Organiskās vielas saturs, %	pH _{KCl}	Kopslāpekļa saturs, %	Ca	P ₂ O ₅	K ₂ O
					(*/**)	(*/**)	(*/**)
					mg kg ⁻¹		
Kontrole	0,0	3,9*/4,2**	5,6*/5,7**	0,17*/0,18**	1610/1760	112/72	112/98
LSi	120	4,4*/4,6**	5,2*/5,4**	0,23*/0,22**	1960/1860	130/72	88/77
LSi	240	5,1*/5,2**	5,3*/5,2**	0,25*/0,24**	1890/1840	117/90	100/74
RS _{0,05}	-	0,385	0,321	0,035	402	47	24

* - augsnes analīžu rezultāti 10 mēnešus pēc sējas (16.05.2006.)

** - augsnes analīžu rezultāti 16 mēnešus pēc sējas (03.10.2006.)

2006.gada rudenī atkārtoti ņemto augsnes paraugu analīžu rezultāti apstiprināja pavasara rezultātu tendences, ka, izmantojot lignosilīciju sarkanā āboliņa audzēšanā, būtiski pieaug organiskās vielas daudzums aramkārtā salīdzinājumā ar kontroli (5.tabula). To var skaidrot ar lignosilīcija spēju aktivēt sakņu sistēmas un auga attīstību, līdz ar to lielāka ir arī augu atlieku ienese augsnē, kas veicina organiskās vielas satura palielināšanos aramkārtā.

Jau sākotnējie izmēģinājumi ar sarkano āboliņu veģetācijas traukos uzskatāmi parādīja, ka lignosilīcija preparāti veicina auga un gumiņbaktēriju simbiozi. To apstiprina arī 5.tabulā redzamie kopslāpekļa satura rādītāji, kur lignosilīcija variantos tie ir būtiski augstāki nekā kontroles variantā. Salīdzinājumā ar kontroli LSi pielietošanas variantos samazinājies nitrātu formas (NO₃) slāpekļa daudzums aramkārtā, kas liecina par augu spēju patērēt bioloģiski saistīto slāpekli.

Izmēģinājumā netika iestrādāts minerālmēslojums, tas varētu izskaidrot fosfora un kālija daudzuma samazināšanos aramkārtā visos variantos.

Atklātā lauka izmēģinājumus ar lignosilīcija preparātiem nepieciešams turpināt, lai iegūtu vismaz trīs gadu datus un pētītu preparātu ietekmi uz sarkanā āboliņa sēklu ražu.

Secinājumi

Veģētācijas trauku izmēģinājumi ar Si saturošiem preparātiem parādīja, ka tie veicina sarkanā āboliņa virszemes daļas un sakņu sistēmas attīstību, aktivē auga un gumiņbaktēriju simbiozi.

Atklātā lauka izmēģinājumi apstiprināja LSi preparāta ilgstošo iedarbību uz sarkanā āboliņa augšanu un attīstību, tā novērojama pie zaļmasas, sausnas un proteīna ražas būtiska pieauguma arī pirmajā izmantošanas gadā.

Sarkanais āboliņš 'Jancis' un 'Dīvaja' vislielākās ražas deva pie LSi devas 240 kg ha⁻¹. Lignosilīcija variantā ar devu 240 kg ha⁻¹ sausnas raža āboliņam 'Jancis' un 'Dīvaja' salīdzinājumā ar kontroli pieauga attiecīgi par 22% un 50%, savukārt proteīna raža pārsniedza kontroli attiecīgi par 29% un 60%.

Auga virszemes daļu un sakņu ķīmiskā analīze uzrādīja, ka pie LSi devas 240 kg ha⁻¹ salīdzinājumā ar kontroli pieaug bora saturs ziedgalviņās (Bo ir svarīgs mikroelements sēklu veidošanās procesā) un silīcija, dzelzs, mangāna un vara saturs saknēs.

Gadu pēc sarkanā āboliņa 'Dīvaja' sējas Lsi mēslojuma fonā tika novērota augsnes bagātināšanās ar organisko vielu un slāpekli.

Iegūtie rezultāti liecina, ka Lsi preparātus var sekmīgi izmantot bioloģiskajā lauksaimniecībā augu augšanas un attīstības, kā arī augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes veicināšanai.

Summary

Red clover *Trifolium pratense* L. is one of the most popular legumes feed crops in North America and Europe. Among the cultivated clover types (white, rose, crimson and red) the red one is the most widespread in Latvia. Red clover is known for its high protein contents. It has developed root system, which symbiosis with *Rhizobium* soil bacteria improves soil structure, enriches it with nitrogen and promotes total microbiological activity. In the biological farming red clover is used for supplying other cultures with nitrogen and organic fertilizer. The field tests of lignosilicon (Lsi), biologically active compound developed and synthesized in the Latvian state institute of Wood Chemistry have shown Lsi favorable action when used in biological farming for oats and rye growth with red clover undersow.

The aim of the current work was to evaluate influence of lignosilicon compounds on the development of red clover, yield of green mass and its quality.

The results of experiments of the year 2004 in the vegetation pods on the open air have shown considerable difference in the "Dīvaja" variety plants development on the background of the Lsi without addition of mineral fertilizers: in 2.5 months of cultivation plant green mass increased in 1.7-1.8 times, the dry matter was 1.4 times higher in comparison with control and protein content in crop was increased from 16,5% to 18%. Red clover plants, grown with addition of Lsi, possessed high developed root system with more root nodules and forks.

In the year 2004 field experiments, it was observed that after 40 days from sowing the green mass of "Jancis" variety clover plants growing on the background of 240 kg/ha Lsi was 1.5 times higher, nodules amount was 28% higher than in control. Analysis of root system using scanner STD-1600⁺ (software Win Rhizo 2002C) has shown increase of roots total length, volume, nodules and forks comparing to control.

After 70 days amount of nodules in the "Jancis" variety clover, grown on the background of 240 kg/ha Lsi addition, was 37% higher than in control, total roots length was 65% and volume was 63% higher, than in control. Amount of root nodules and level of branching was 2 times higher on the background of Lsi.

On the second vegetation year clover plants "Jancis" grown in the field conditions in the Lsi presence differed with better quality indices than control plants. Year 2005 analysis of soil has shown the increase of organic matter content from 4.0% to 4.4% and 5.1% for 120 kg/ha and 240 kg/ha Lsi dosages correspondingly.

A set of field vegetation experiments with red clover "Divaja" started in 2006 year confirmed the effects observed previously: plants developed better and more uniformly in variants with Lsi application. After the first hay harvest, an increase in green dry phytomass of crop, protein content and total root weight by 30%, 50%, 60% and 22%, respectively, was detected for plants grown on the background of 240 kg Lsi per ha. Content of iron in roots increased 3-5 times and content of Si increased 2-3 times in comparison with control. These data could indicate increasing absorbing ability of plant root system and increase in mobility and availability of soil minerals under Lsi influence, that was discussed in the previous publications. Macroelements contents was the same as in control, but microelements was much higher on Lsi background; contents of iron in the leaves and buds was 30-40% higher comparing to control, boron – more than 40% higher.

Both clover varieties investigated ("Jancis" and "Divaja") shown positive response on Lsi application. On the background of Lsi dosage of 240 kg/ha their crops increased by 22 and 50% and protein content in crops was higher than in control by 29 and 60%, respectively.

Literatūra

1. Serģe, G. Biteniece, G. Teliševa, G. Lebedeva, A. Lielpetere. Application of lignosilicon and azotobacterine for biological agriculture. In: Proc. 4th Intern. Scientific and Practical Conference, Latvia, Rezekne, June 26-28, 2003, pp.238-243.
2. Spārniņa M., Rancāne S., Lebedeva G., Teliševa G.. Lignosilīcija pielietošana bioloģiskajā lauksaimniecībā ziemas rudzu sējumos. 5.Starptautiskā zinātniski praktiskā konference "Vide. Tehnoloģija. Resursi", Latvija, Rēzekne. 2005.g. 16.-18.jūnijs, 123.-128.lpp.
3. Augšņu agroķīmisko analīžu metodes. Nozares standarti. LRZM, 1997. 72 lpp.
4. Lopbarības augu analīžu metodikas. Latvijas PSRS LM: Rīga, 1985. 89 lpp.
5. Meteoroloģija: <http://www.meteo.lv/public/27709html> Resurss izmantots 2007. gada janvārī.

**MĒSLOJUMA UN KAĻĶOŠANAS IETEKME UZ AUGSNES
AGROĶĪMISKAJIEM RĀDĪTĀJIEM UN BARĪBAS ELEMENTU
ZUDUMS AR DRENU ŪDENI**

*INFLUENCE OF FERTILIZERS AND LIMING ON THE AGROCHEMICAL
PARAMETERS OF SOIL AND LOSSES OF PLANT NUTRIENTS THROUGH
DRAIN WATER*

Jānis Vigovskis, Aivars Jermušs, Agrita Švarta
LLU aģentūra "Zemkopības Zinātniskais institūts"
Zemkopības institūts 7, Skrīveri 1, Aizkraukles raj., LV 5126
Tālr. 5197529, fakss 5197512, e-pasts: vigovskis@apollo.lv

Abstract. *The aim of the research was to study the influence of mineral fertilizers and liming on yields of field crops and agrochemical parameters of soil and loss of plant nutrients through drain water. Since 1982, long-term field trials were carried out under crop succession with long-term grass, grain (rye, triticale, spring wheat, barley, oat), potatoes and rape. Annually from soil through drains were leached about 3.0 - 21.9 kg ha⁻¹ nitrogen, 0.1 - 0.5 kg ha⁻¹ and 0.6 - 1.7 kg ha⁻¹ potassium. Application of P₀ and P₃₀ led to the further decrease of phosphorus content as far as 0-6 mg kg⁻¹, especially in limed soil. Significant increase of phosphorus content was observed only using phosphorus rate P₉₀. Positive NPK balance in limed trial plots was achieved with annual inputs of 90 kg ha⁻¹ N, 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ and 90 Kg ha⁻¹ K₂O.*

Key words: *mineral fertilizers, liming, field crops, plant nutrients, drain water.*

Ievads

Augsnes kaļķošanas un laukaugu mēslošanas problēmu izpētei Skrīveros ir vairāk kā 46 gadus ilga vēsture. Pavisam Zemkopības zinātniskajā institūtā Skrīveros ir veikti desmitiem svarīgu pētījumu par augsnes iekultivēšanas un laukaugu mēslošanas jautājumiem, sagatavotas simtiem publikāciju un aizstāvētas 9 disertācijas par agroķīmiskajiem pētījumiem. Pašreiz LLU Zemkopības zinātniskajā institūtā šī raksta autori pēta laukaugu mēslošanas un augsnes auglības jautājumus divos ilggadīgajos lauka izmēģinājumu stacionāros un vairākos lauka izmēģinājumos.

Īpašu vietu pārējo agroķīmisko pētījumu vidū Skrīveros ieņem ilggadīgais lauka drenāžas stacionārs. Stacionāru 1981.gadā izprojektēja un ierīkoja Dr.habil.agr. Juris Štikāns [1, 2, 3]. Skrīveros eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā jau vairāk kā divdesmit piecus gadus tiek pētīta kaļķu un minerālmēsļu normu ietekme uz laukaugu ražām, augsnes agroķīmisko rādītāju izmaiņām un augu barības vielu izskalošanos. Šajos izmēģinājumos ir uzkrāta vērtīga pētījumu rezultātu datu bāze, kas ietver sevī plašu informāciju par augsnes agroķīmisko īpašību rādītājiem, to savstarpējām sakarībām un izmaiņu dinamiku meliorētā drenētā velēnu podzolētā smilšmāla augsnē [4, 5, 6]. Dati par laukaugu ražību un tās izmaiņām pētāmo faktoru ietekmē dod iespēju veikt dziļu un vispusīgu dažādu agroķīmisko likumsakarību izvērtējumu un auglības parametru modelēšanu. Turklāt iepriekšējo komplekso pētījumu rezultāti izmantojami augu barības elementu bilances aprēķiniem un augsnes un ūdeņu ekoloģisko jautājumu risināšanai.

Stacionārā iesākto pētījumu mērķis ir noskaidrot augu barības elementu (slāpekļa, fosfora, kālija, kalcija un magnija) aprites likumsakarības ilgtermiņā lauksaimniecības sistēmā, ekonomiskas un kvalitatīvas laukaugu ražas nodrošināšanai, ievērojot augšņu un ūdens aizsardzības prasības. Pētījumu galvenie uzdevumi ir:

- noteikt laukaugu ražas līmeni dažādos mēslojuma un kaļķošanas fonos;
- noskaidrot augu barības elementu izskalošanās zudumus ar drenu noteci un iznesi ar ražu;

- izpētīt galveno augsnes auglības rādītāju izmaiņas dažādos mēslošanas un kaļķošanas variantos;
 - sastādīt augu barības elementu bilanci dažādos mēslojuma un kaļķošanas variantos.
- Šajā publikācijā atspoguļoti galvenie pētījumu rezultāti par augu barības elementu apriti Skrīveru lauka drenāžas stacionārā.

Pētījumu objekts un metodes

Lai atrisinātu minētos uzdevumus, Skrīveros 1981.gadā tika izbūvēts speciāls pētījumu objekts – eksperimentālais lauka drenāžas stacionārs 1,6 ha platībā. Stacionāru projektēja un tajā veicamo zinātnisko pētījumu programmu izstrādāja Dr.hab.agr. Juris Štikāns. Viņa vadībā tika veikti arī stacionāra izbūves darbi. Stacionāra vajadzībām vispirms tika ierīkotas drenu cauruļu sistēmas ar 16 drenu atzariem zem visiem kaļķošanas un mēslošanas variantu lauciņiem. Varianti tika izprojektēti un iekārtoti tā, ka katram lauciņam (platums 15 m, garums 50 m) pa vidu 0,9-1,0 m dziļumā izvietotos māla cauruļu drena. Katra varianta drenas izteka ievadīta speciāli izbūvētā kontrolakā, kas ļauj izmērīt drenu noteces un savākt ūdeņus ķīmiskajām analīzēm.

Eksperimentālais lauka drenāžas stacionārs ierīkots jaunapgūtā, neiekultivētā velēnpodzolētā glejotā smilšmāla augsnē, kas vairāk kā 20 gadus nebija izmantota lauksaimniecībā. Pirms izmēģinājuma iekārtošanas augsnes aramkārtai bija šādi agroķīmiskie rādītāji: humusa saturs – 19-21 g kg⁻¹ (pēc Tjurina), pH_{KCl} – 4,7-4,9, kustīgais fosfors (P₂O₅) – 10-15 mg kg⁻¹, apmaiņas kālijs (K₂O) – 40-60 mg kg⁻¹ (pēc Egnera - Rīma). Izmēģinājumos tika audzēti šādi kultūraugi: graudaugi (rudzi, tritikāle, kvieši, mieži, auzas), kartupeļi, vasaras rapsis un daudzgadīgās zāles. Izmēģinājums iekārtots pēc divfaktoru shēmas 4x4, kas ļauj izpētīt četras kaļķu devas (0, 2,85, 5,7 un 11,4 t/ha⁻¹ CaCO₃) un četras minerālmēsļu normas (N₀P₀K₀, N₄₅P₃₀K₄₅, N₉₀P₆₀K₉₀, N₁₃₅P₉₀K₁₃₅). Augsnes kaļķošanai tika izmantoti Igaunijas degakmens pelni ar šādu ķīmisko sastāvu: CaO – 41,54%, MgO – 44%, K₂O – 2,1%, P₂O₅ – 0,21%, SO₃ – 7,6%. Lai neitralizētu augsnes paskābināšanos, 1994.gadā tika veikta augsnes uzturošā kaļķošana. Minerālmēsli katru gadu doti amonija nitrāta, granulētā vienkāršā superfosfāta un kālija hlorīda veidā augsnes pirmssējas apstrādes laikā. Visā pētījumu periodā tika ņemti augsnes un ražas paraugi, kā arī noteikta drenu darbības intensitāte un noņemti drenu ūdens paraugi, un veiktas to ķīmiskās analīzes atbilstoši pieņemtajām metodikām. Tika veikta datu matemātiskā apstrāde, izdarot ražas datu dispersijas analīzi un NPK bilances lineārās regresijas analīzi. Par stacionārā veikto pētījumu rezultātiem aizstāvēta viena disertācija [7], pētījumu rezultāti apkopoti divās grāmatās [1, 2] un sagatavotas 9 zinātniskās publikācijas starptautiskajos izdevumos. Skrīveru lauka drenāžas stacionāra makets eksponēts un guvis atzinību starptautiskajā izstādē Prāgā 1985.gadā, un atzīmēts ar Zelta medaļu Maskavas Tautas saimniecības sasniegumu izstādē 1987.gadā. Par stacionārā veiktajiem pētījumiem 1996.gadā saņemts LR Zemkopības ministrijas konkursa “Sējējs” diploms.

Rezultāti un to izvērtējums

Veicot pārmitro zemju meliorāciju un mazauglīgo augšņu iekultivēšanu un mēslošanu, pastiprinās augu barības vielu izskalošanās procesi. Turpretī, ierīkojot daudzgadīgo zālāju sējumus ar augstu ūdens patēriņu no augsnes un intensīvāku transpirāciju, barības elementu migrācijas procesi tiek ievērojami palēnināti. Arī laukaugu audzēšana un barības elementu iznesa ar ražu mazina to nelietderīgos zudumus no augsnes. Lai apzinātu augu barības vielu migrācijas un izskalošanās procesu galvenos cēloņus, apmērus, tendences un ietekmi uz augšņu auglību, kā arī apkārtējās vides un ūdeņu piesārņošanu, eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā ir veikti ilggadīgi kompleksi pētījumi par kaļķu un minerālmēsļu devu ietekmi uz augu barības elementu izskalošanos ar drenu notecēm ilggadīgā laukaugu mēslošanas periodā.

Augu barības elementu izskalošanās. Izmēģinājumu periodā eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā drenu notece lielākoties bija novērojama pavasarī. Noteces kopējais tilpums pa gadiem bija dažāds – no 17 līdz 254 mm jeb 6-37% no kopējā gada nokrišņu daudzuma 647-693 mm. Augsnes bāzu zudumi ar drenu ūdeņiem pēc augsnes kaļķošanas, pārrēķinot uz CaCO_3 , vidēji gadā bija no 245 kg ha^{-1} līdz 555 kg ha^{-1} atkarībā no lietotajām kaļķu un minerālmēslu devām. Jāatzīmē, ka augsnes reakcija kaļķotajos variantos bija pH 5,4- 6,1. Fosfora un kālija zudumi no augsnes ar drenu notecēm bija nelieli. Gadā no 1 hektāra mazauglīgas velēnpodzolētas glejotas augsnes izskalojās ap 0,1-0,5 kg fosfora un 0,6-1,7 kg kālija. Slāpekļa izskalošanās zudumi no augsnes bija lielāki un gadā sastādīja 3,0-21,9 kg/ha .

Slāpekļa bilance. Minerālmēslu slāpekļa izmantošanu un bilanci ilgstošā laika posmā labi atspoguļo lauka drenāžas stacionārā veikto pētījumu rezultāti. Pēdējo gadu slāpekļa bilance, lauka drenāžas stacionārā audzējot tritikāli, vasaras rapsi, vasaras kviešus, kartupeļus un miežus, parādīta.

1.tabula

Slāpekļa bilance lauka drenāžas stacionārā

<i>NPK norma, kg ha^{-1}</i>	<i>N zudumi ar drenu ūdeni, kg ha^{-1}</i>	<i>N iznese ar ražu un drenu ūdeni, kg ha^{-1} gadā</i>	<i>Bilance, kg ha^{-1}</i>
Nekaļķota augsne			
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	5,5	27,1	-27,1
$\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$	7,2	66,2	-21,2
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	8,1	75,9	+14,1
$\text{N}_{135}\text{P}_{90}\text{K}_{135}$	11,8	98,5	+36,5
Kaļķota augsne			
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	6,5	34,4	-34,4
$\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$	7,5	64,9	-19,9
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	9,5	92,9	-2,9
$\text{N}_{135}\text{P}_{90}\text{K}_{135}$	11,2	100,4	+34,6

Izmēģinājumu rezultāti rāda, ka kontroles variantā (bez minerālmēslu un kaļķu lietošanas) izveidojies 27,1 kg ha^{-1} liels slāpekļa deficīts, kuru augsnes kaļķošana palielināja līdz 34,4 kg ha^{-1} . Ik gadus iestrādājot 45 kg ha^{-1} lielu slāpekļa mēslojumu, augsnē ir saglabājies 19,9-21,2 kg ha^{-1} liels slāpekļa deficīts. Neskatoties uz to, ka neliela slāpekļa norma – 45 kg ha^{-1} – nodrošināja salīdzinoši augstu kultūraugu ražību, šāds slāpekļa daudzums nav iesakāms sakarā ar negatīvu slāpekļa bilanci augsekā (20 kg ha^{-1} gadā), kas pakāpeniski samazina augsnes auglību.

Lietojot vidējas slāpekļa devas (90 kg ha^{-1}), nekaļķotos lauciņos veidojās pozitīva slāpekļa bilance – 14,1 kg ha^{-1} , taču kaļķotos variantos novērots neliels slāpekļa deficīts – 2,9 kg ha^{-1} . Lai iegūtu bezdeficīta slāpekļa bilanci, eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā nepieciešams regulāri iestrādāt 90-100 kg ha^{-1} slāpekļa mēslojuma.

Regulāra 135 kg ha^{-1} slāpekļa mēslojuma iestrādāšana gan kaļķotā, gan nekaļķotā augsnē nodrošināja pozitīvu slāpekļa bilanci – atbilstoši 34,6 un 36,5 kg ha^{-1} apmērā. Jāatzīmē, ka šajā variantā slāpekļa izskalošanās zudumu palielināšanās drenāžas ūdeņos praktiski netika novērota. Slāpekļa savienojumu pārpalikumi veicināja augsnes auglības palielināšanos. Taču no ekonomiskā viedokļa iepriekšminētā slāpekļa mēslojuma norma nav pamatota, jo palielināts slāpekļa mēslojums lielākai daļai kultūraugu nenodrošināja būtisku ražas pieaugumu, tikai palielināja ražošanas izmaksas.

Fosfora bilance. Fosfora iznesa ar ražu un tā bilance augsnē parādīta 2.tabulā. Izmēģinājumu laikā fosfora iznesa ar kultūraugu ražu vidēji sastādīja 7,2 kg ha^{-1} kontroles variantā un 33,6 kg ha^{-1} gadā variantā ar 90 kg ha^{-1} lielu fosfora normu. Kaļķotā augsnē kultūraugu ražība, kā arī fosfora iznesa bija lielāka – nemēslosos lauciņos tā sastādīja 9,7 kg ha^{-1} , bet, lietojot augstas minerālmēslu normas, – 35,9 kg ha^{-1} .

Fosfora iznese ar ražu un bilance augsnē, lietojot dažādas minerālmēslu devas

<i>NPK norma kg ha⁻¹</i>	<i>P₂O₅ iznese ar ražu kg ha⁻¹</i>	<i>Bilance P₂O₅, kg ha⁻¹</i>
Nekalķota augsne		
N ₀ P ₀ K ₀	7,2	-7,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	23,0	7,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	25,2	34,8
N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	33,6	56,4
Kalķota augsne		
N ₀ P ₀ K ₀	9,7	-9,7
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	24,3	5,7
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	33,3	26,7
N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	35,9	54,1

Šķīstošo fosfora savienojumu migrācijas procesi velēnpodzolētā augsnē norit samērā lēni, kas veicina aktīvu to fiksāciju mazāk kustīgos savienojumos. Tādējādi fosfora izskalošanās no augsnes ar drenu ūdeņiem sastāda niecīgu daļu kopējā bilancē. Stacionāra vāji iekultivētajā augsnē fosfora zudumi nepārsniedza 0,1-0,5 kg ha⁻¹ (P₂O₅) gadā. Fosfora minerālmēslu normas palielināšana praktiski neietekmēja fosfātu jonu koncentrāciju drenu ūdeņos.

Pētījumu rezultāti rāda, ka kontroles variantā bez mēslojuma un augsnes kalķošanas fosfora deficīts bija 7,5 kg ha⁻¹. Ik gadu lietojot 30 kg ha⁻¹ lielu fosfora mēslojumu, veidojas pozitīva fosfora bilance – 5,7-7,0 kg ha⁻¹ P₂O₅. Iestrādājot vidējas un lielas fosfora normas (60 un 90 kg ha⁻¹), gan kalķotā, gan nekalķotā augsnē veidojās ievērojams fosfora pārpalikums; fosfora bilance attiecīgi – 26,7-34,8 kg ha⁻¹ un 54,1-56,4 kg ha⁻¹.

Kontroles variantā (bez mēslojuma) novērota pakāpeniska fosfora krājumu samazināšanās augsnē, turklāt kalķotā augsnē šis process notika straujāk. Lietojot nelielu mēslojuma daudzumu (N₄₅P₃₀K₄₅), gan kalķotā, gan nekalķotā augsnē fosfora satura samazināšanās augsnē novērota tikai pēdējos gados. Fosfora normas 60 kg ha⁻¹ ietekmē novērota neliela tā satura palielināšanās, bet 90 kg ha⁻¹ ietekmē kustīgā fosfora saturs augsnē pastāvīgi palielinājās. Lietojot šādu fosfora mēslojuma daudzumu, vidējais fosfora saturs augsnē pētījumu laikā nekalķotā augsnē palielinājās līdz 32-36 mg kg⁻¹, bet kalķotā augsnē līdz 36-90 mg kg⁻¹.

Kālija bilance. Izmēģinājumu laikā, regulāri lietojot kālija minerālo mēslojumu, augsnē novērotas apmaināmā kālija satura izmaiņas. Kālija savienojumi samērā labi saistās augsnē, tāpēc arī kālija izskalošanās zudumi ar drenu ūdeņu noteci tikai nedaudz pārsniedza fosfora zudumus un gadā sastādīja 0,6-1,7 kg ha⁻¹. Kālija minerālmēslu normas palielināšana tikai nedaudz palielināja kālija jonu koncentrāciju drenu ūdeņos.

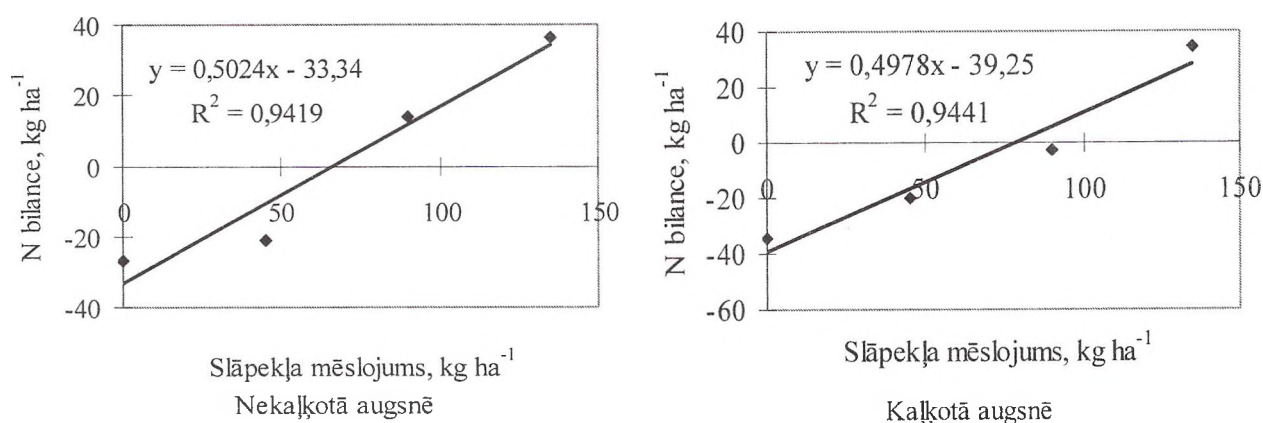
Variantos bez minerālmēslu lietošanas, kā arī iestrādājot zemāko mēslojuma normu (N₄₅P₃₀K₄₅), kālija (K₂O) daudzums augsnē saglabājās iepriekšējā līmenī – 50-60 mg kg⁻¹. Kālija mēslojuma normas 90 kg ha⁻¹ ietekmē kālija saturs augsnē sasniedza 115-146 mg kg⁻¹, bet 135 kg ha⁻¹ liela kālija mēslojuma norma palielināja tā saturu līdz 160-215 mg kg⁻¹ augsnes. Kālija satura dinamika augsnē un tā bilance ir parādīta 3.tabulā.

Konstatētā kālija bilance liecina par to, ka bez kālija mēslojuma, vai lietojot tikai nelielas tā normas, augsnē saglabājas kālija deficīts. Lietojot vidējas kālija mēslojuma devas – 90 kg ha⁻¹, veidojas pozitīva kālija bilance (4,8-21,1 kg ha⁻¹ gadā), bet augsta mēslojuma norma (135 kg ha⁻¹) pozitīvo kālija bilanci palielināja līdz 36,6-45,0 kg ha⁻¹ gadā, veidojot samērā lielu kālija uzkrājumu augsnē.

Kālija (K₂O) saturs un bilance augsnē

NPK norma kg ha ⁻¹	K ₂ O saturs augsnē, mg kg ⁻¹	K ₂ O iznese ar ražu, kg ha ⁻¹	Bilance K ₂ O, kg ha ⁻¹
Nekalķota augsne			
N ₀ P ₀ K ₀	51	21,3	-21,3
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	67	49,6	-4,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	146	68,9	21,1
N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	160	90,0	45,0
Kalķota augsne			
N ₀ P ₀ K ₀	64	28,1	-25,4
N ₄₅ P ₃₀ K ₄₅	65	57,1	-12,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	115	85,2	4,8
N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₃₅	215	108,4	36,6

NPK bilances lineārās regresijas analīze. Lai noteiktu kopsakarības ciešumu starp NPK mēslojuma normām un bilanci un noteiktu, pēc kādas likumsakarības mainās rezultatīvā pazīme, tika veikta iegūto datu lineārās regresijas analīze. 2.attēlā parādītas regresijas taisnes slāpekļa bilancei kalķotā un nekalkotā augsnē. Sakarību starp slāpekļa mēslojuma normu un slāpekļa bilanci nekalkotā augsnē apraksta regresijas vienādojums: $y = 0,9044x - 44,645$. Determinācijas koeficients $R^2 = 0,9419$ rāda, ka 94% gadījumu no rezultatīvās pazīmes izklīdes var aprakstīt ar šo regresijas vienādojumu.



1.attēls. Slāpekļa bilances lineārā regresija

Savukārt slāpekļa bilanci kalķotā augsnē apraksta vienādojums: $y = 0,896x - 50,45$. Determinācijas koeficients $R^2 = 0,9441$ rāda, ka arī kalķotā augsnē 94% gadījumu var aprakstīt ar šo regresijas vienādojumu.

Sakarību starp fosfora mēslojuma normu un fosfora bilanci kalķotā augsnē atspoguļo regresijas vienādojums: $y = 0,8496x - 23,28$, turklāt determinācijas koeficients $R^2 = 0,9843$ rāda, ka 98% gadījumu no rezultatīvās pazīmes izklīdes var aprakstīt ar šo regresijas vienādojumu.

Savukārt fosfora bilanci nekalkotā augsnē apraksta vienādojums: $y = 0,8744x - 20,97$. Determinācijas koeficients $R^2 = 0,9863$ rāda, ka kalķotā augsnē 99% gadījumu var aprakstīt ar šo regresijas vienādojumu.

Sakarību starp kālija mēslojuma normu un kālija bilanci nekalkotā augsnē apraksta regresijas vienādojums: $y = 0,8984x - 34,87$. Determinācijas koeficients $R^2 = 0,9926$ rāda, ka 99% gadījumu no rezultatīvās pazīmes izklīdes var aprakstīt ar šo regresijas vienādojumu. Savukārt fosfora bilanci kalķotā augsnē apraksta vienādojums: $y = 0,8116x - 39,605$.

Determinācijas koeficients $R^2 = 0,9572$ rāda, ka 96% gadījumu var aprakstīt ar šo regresijas vienādojumu.

Kopumā varētu teikt, ka lietotā lineārā regresijas analīze ir labi piemērota izmēģinājumos iegūto datu matemātiskajai analīzei, jo rezultātīvo pazīmi šie vienādojumi apraksta vismaz 94% gadījumos pie 95% ticamības.

Secinājumi

Skrīveru eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā veiktie pētījumi un to rezultātu izvērtējums rāda, ka velēnpodzolētās skābās augsnes kaļķošana un sabalansētu minerālmēslu lietošanas rezultātā izskalošanās zudumi pie sabalansētām minerālmēslu devām nerada drenu ūdeņu piesārņojumu un neapdraud apkārtējo vidi, jo vidēji no hektāra gadā izskalojās 0,1-0,5 kg fosfora, 0,6-1,7 kg kālija un 3,0-21,9 kg slāpekļa. Pētījumu rezultāti rāda, ka pozitīva NPK bilance stacionāra kaļķotajos izmēģinājumu variantos veidojas, katru gadu iestrādājot 90-100 kg ha⁻¹ slāpekļa, 30 kg ha⁻¹ fosfora un 90 kg ha⁻¹ kālija.

Iesāktos pētījumus Skrīveru eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā būtu nepieciešams modernizēt un paplašināt. Turpinot pētījumus Skrīveru stacionārā, arī turpmāk varēs iegūt vērtīgu informāciju par to, kā palielināt Latvijā izplatīto podzolēto augšņu auglību atbilstoši mūsdienu ilgtspējīgās lauksaimniecības un vides aizsardzības prasībām.

Summary

In Skrīveri have been carried out complex research on long term (1981- 2006) drainage field trial, investigated on sour again mastered low cultivated Soddy- podzolic soil for study of influence of mineral fertilizers and liming on a yield of field crops, agrochemicals parameters of soil and loss of plant nutrients by a drain water.

The drainage stationer was carried out on too factors to the circuit 4x4, allowing to study laws of action and interaction 4 dozes of lime (in shares hydrolytic acidity of soil 0; 0,5; 1,0 and 2,0) and 4 dozes of complete mineral fertilizer - N₀P₀K₀; N₄₅P₃₀K₄₅; N₉₀P₆₀K₉₀; N₁₃₅P₉₀K₁₃₅. (P in the form P₂O₅, K in the form K₂O). Established, that the soil liming combination 5.7 t ha⁻¹ CaCO₃ with annual entering of average dozes of mineral fertilizers N₉₀P₆₀K₉₀ the optimum crop grain 3.99-5.49 t ha⁻¹ is provided. The top yield of grain cultures (4.03-5.52 t ha⁻¹) is received at a combination liming and annual entering of mineral fertilizers N₁₃₅P₉₀K₁₃₅.

About 3.0- 21.9 kg ha⁻¹ nitrogen, 0.1- 0.5 kg ha⁻¹ phosphorus and 0.6- 1.7 kg ha⁻¹ potassium were leached annually from soil thought drains of our experimental drainage system.

To receive sufficient balance of nitrogen on an experimental field drainage stationer, the regular entering of nitric fertilizers in account of 90-100 kg ha⁻¹ of nitrogen is necessary.

At annual entering of phosphorus P₃₀ not the large positive balance of phosphorus - 5.7-7.0 of kg ha⁻¹ P₂O₅ was formed. In stationer in this variant the initial low level of the contents of phosphorus in ground - 15 mg kg⁻¹ was kept. The entering into ground of average and high norms of phosphorus (P₆₀ and P₉₀) has ensured as well positive balance of phosphorus (accordingly 26.7-34.8 kg ha⁻¹ and 54.1-56.4 kg ha⁻¹), as increase of the contents of phosphorus in ground.

Without potassium fertilizers and at deposit of low norm K₄₅ in ground the deficiency potassium was kept, at entering average norms of potassium fertilizers (K₉₀) not the large positive balance of potassium (4.8-21.1 kg ha⁻¹ per one year) was formed, and at entering high norms (K₁₃₅) the positive balance potassium has reached 36.6-45.0 kg ha⁻¹ per one year.

Literatūra

1. Štikāns, J. (1992) Augšņu kaļķošana un tās efektivitāte. Rīga, 192 lpp
2. Štikāns, J., Kažociņš, V., Līpenīte, I. (1996) Augu barības vielu izskalošanās meliorētās augsnēs. Jelgava: LLU, 29 lpp.

3. Štikāns, J., Kažociņš, V., Līpenīte, I. (1996) Impact of fertilizers on nutrient losses through tile drains Proceedings of the Latvian Academy of sciences. 1996.- v.50.- N 2. pp.85-89.
4. Štikāns, J., Vigovskis, J., Jermušs, A., Līpenīte, I. (2000) Impact of fertilisers and lime on soil fertility and crop yield at the drainage field trials at Skrīveri. Proceedings of Interational Scientific Conference "The results of long – term field experiments inBaltic States". Jelgava, pp.155-163
5. Vigovskis, J., Līpenīte, I. (1999) Slāpekļa bilance eksperimentālajā lauka drenāžas stacionārā Skrīveros. Agronomijas Vēstis. Jelgava: LLU, 101-106 lpp.
6. Vigovskis, J., Jermušs, A. (2000). Balance of phosphorus in soil at long application of fertilisers and liming/ Potassium and phosphorus: fertilisation effect on soil and crops. Proceedings of the Regional IPI Workshop October 23.- 24., 2000, Lithuania pp. 81- 84
7. Кажоциньш, В. (1990) Взаимосвязь урожайности полевых культур изменения агрохимических свойств и вымывания элементов питания растений водой дренажного стока на осушенной дерново-подзолистой глееватой суглинистой почве в зависимости от норм извести и минеральных удобрений. Минск, 1990.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНОГО ЭЛИКСИРА В ПОСЕВАХ
ЯРОВОГО РАПСА И КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ
УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**
*USE OF PEATY ELIXIR ON SPRING RAPE AND POTATO SOWINGS FOR
IMPROVEMENT OF PRODUCTION FERTILITY AND QUALITY*

Лилия Боровко

Латвийский сельскохозяйственный университет, Научный институт земледелия
Институт земледелия 7, Скривери - 1, Аизкрауклский р-н, Латвия
e-mail borovko@e-apollo.lv

Abstract. *Our research target was to investigate how the Latvian-made humin substance for harvest and production quality can influence the seed-tuber pre-sowing treatment and the sprinkle of vegetative plants of spring rape and potatoes. Using the Peaty elixir under conditions of biologic farming for the pre-sowing treatment of spring rapeseeds provided a remarkable increase in the seed yield 0,19-0,31 t ha⁻¹. The crude intent within the seeds increased, on average, to 1,01-2,26%, and crude fat to 1,57-1,88%. Treatment of the spring rape vegetative plants resulted the increase in the seed yield to 0,37 t ha⁻¹, increasing the crude fat content in the seeds to 1,45%. The treatment of seed-tubers and vegetative potato plants provided a remarkable yield increase, and increased the starch content, decreasing nitrates in the production. Most effective the Peaty elixir, however, is when used together with mineral fertilizers.*

Key words: *seed yield, spring rape, potato, tuber yield.*

Введение

В настоящее время важнейшим направлением работы учёных и специалистов в области сельского хозяйства является поиск и разработка таких приёмов, которые могли бы повысить урожай культурных растений без увеличения доз удобрений, а также улучшить качество сельскохозяйственной продукции. Одним из таких направлений является «биологическая коррекция» роста и развития растений, которая направлена на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из наиболее эффективных средств биологической коррекции является обработка сельскохозяйственных культур растворами гуминовых препаратов. Гуминовые вещества облегчают поступление и передвижение питательных веществ в культурных растениях, вследствие чего оптимизируется фотосинтез, и растения более полно используют внесенные в почву удобрения, при этом и удобрений вымывается меньше (иначе говоря, возрастает коэффициент использования удобрений сельскохозяйственными культурами). Гуминовые вещества улучшают рост и развитие растений, стимулируют образование корневой системы, повышают клеточно-мембранную проводимость, активизируют ферменты, улучшают дыхание растений, способствуют снижению нитратов в продукции. Обработывая семена растений гуминовыми веществами, укрепляется иммунная система растений, повышается их устойчивость против грибковых заболеваний [1,2,3,4]. Внекорневая обработка растений может производиться на любой стадии их развития, но максимальный эффект достигается при неоднократной обработке растений на разных фазах их развития, а также в моменты преодоления растениями стрессовых ситуаций (заморозки, засуха, пасмурная погода, дефицит микроэлементов, избыточная влажность почвы). Задачей наших исследований было изучение влияния предпосевной обработки семян ярового рапса гуминовым препаратом Торфяной эликсир, производимым в Латвии, на урожай и качество семян рапса, а также влияние предпосевной обработки клубней картофеля и опрыскивания вегетирующих растений на урожай клубней и качество продукции.

Методы и материалы

Полевые опыты по изучению влияния гуминовых веществ на урожай ярового рапса проводились в Научном институте земледелия в Скривери с сортом Ольга в условиях биологического поля (без применения минеральных удобрений). Основные показатели почвы: pH_{KCl} 6,3, содержание органического вещества 29 г кг^{-1} , P_2O_5 – 123 мг кг^{-1} , K_2O – 149 мг кг^{-1} , общий азот – $1,2 \text{ кг}^{-1}$. Предшественник – яровой ячмень. Использовался гуминовый препарат Торфяной эликсир местного производства (содержание гуминовых кислот до 10 г/л , фульвово́й кислоты до 2 г/л + микроэлементы). Изучались следующие нормы для предпосевной обработки семян ярового рапса: 10 , 15 и 20 мл/1 кг семян. Для приготовления рабочего раствора – 10 , 15 , 20 мл концентрата разводили в 1 литре воды. Норма обработки семян – 100 мл/1 кг семян.

Изучение влияния внекорневой обработки растений рапса раствором гуминовых веществ и микроудобрениями на урожай семян и качество проводились на дерново-подзолистой почве, где главные агрохимические показатели были следующие: pH_{KCl} 6,0, содержание органического вещества 32 г кг^{-1} , P_2O_5 – 233 мг кг^{-1} , K_2O – 190 , Mg – 120 , Ca – 1120 мг кг^{-1} , Mg – 267 , Ca – 1367 , Cu – $2,1$, Mn – 55 , Zn – $8,0$, B – $1,07$ и $S-SO_3$ – $3,7 \text{ мг кг}^{-1}$. Предшественник – зерновые. Использовались удобрения: СУПЛО МИКРО для рапса (концентрат магния и микроэлементов) – $1,5 \text{ л га}^{-1}$ + 5 кг га^{-1} карбомида, Фоликаре $10-5-40$ + микроэлементы – 3 кг га^{-1} , Торфяной эликсир – $1,5 \text{ л га}^{-1}$. Опрыскивания производились в фазу 5-6 листа, через $10-12$ дней и в фазу образования бутонов. Опыты проводились на одинаковом фоне удобрений – $N110$, P_2O_5 60 и K_2O 150 кг га^{-1} . Опыты проводились на посевах гибрида ярового рапса Терра.

Урожай семян пересчитан на 8% влажность. Математическая обработка урожая семян проведена методом дисперсионного анализа.

В $2005-2006$ гг. в Мерсраге на дерново-подзолистой песчаной почве pH_{KCl} 6,0, содержание органического вещества 28 г кг^{-1} , P_2O_5 – 430 мг кг^{-1} (высокое), K_2O – 99 мг кг^{-1} (низкое), Ca – 940 мг кг^{-1} , Mg – 156 мг кг^{-1} , общий азот – $0,8 \text{ кг}^{-1}$, проводились рекогносцировочные опыты по изучению влияния Торфяного эликсира на урожай и качество картофеля Санте. Изучались следующие варианты: контроль (без обработки и удобрений); удобрение NPK $10-10-20$ – 500 кг га^{-1} ; предпосевная обработка клубней и двойное опрыскивание вегетирующих растений Торфяным эликсиром; удобрение NPK + обработка клубней и двойное опрыскивание вегетирующих растений. Для обработки клубней использовали рабочий раствор (10 мл на 1 л воды) Торфяного эликсира. Норма обработки – 100 мл/1 кг картофеля. Первое опрыскивание вегетирующих растений проводили при высоте растений $10-12 \text{ см}$, второе перед цветением – 300 л га^{-1} рабочего раствора (5 мл концентрата / 1 л воды).

Результаты и дискуссия

Метеорологические условия в годы проведения исследований были не благоприятные для ярового рапса. В 2005 г. дождливый период в августе оставил негативное влияние на созревание семян. Рапс созревал медленно и неравномерно. Жара и засуха в 2006 г. во время цветения и созревания негативно повлияла на формирование урожая. Образование боковых стеблей было слабое, первые цветы на главном стебле неоплодотворились и осыпались. В стручках семена были разного развития, некоторые семена отсутствовали.

Применение гуминовых веществ в виде Торфяного эликсира для предпосевной обработки семян ярового рапса, обеспечило значительную прибавку урожая семян $0,19-0,31 \text{ т га}^{-1}$ ($HCPO_5$ $0,13 \text{ т га}^{-1}$) по сравнению с контролем (без обработки). Наиболее высокий урожай семян в условиях биологического поля – $1,57 \text{ т га}^{-1}$, где прибавка урожая на $24,6\%$ выше контроля, получен при использовании нормы – 10 мл/1 кг семян.

Таблица 1

Урожай семян, химический состав семян и выход сырого жира ярового рапса сорта *Ольга* (в среднем за 2005-2006 гг., Скривери)

Варианты (норма обработки)	Урожай семян, т га ⁻¹	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырой жир, кг га ⁻¹
1. Контроль	1,26	18,33	47,50	551
2. 10 мл/кг семян	1,57	20,59	49,07	709
3. 15 мл/кг семян	1,52	19,71	49,38	691
4. 20 мл/кг семян	1,45	19,34	49,17	656
НСР _{0,05}	0,13			

В среднем содержание сырого протеина в семенах ярового рапса повысилось на 1,01-2,26 % и сырого жира на 1,57-1,88 %. В зависимости от нормы обработки семян, сбор сырого жира составил 656-709 кг га⁻¹, что превысило контроль на 105-158 кг га⁻¹.

Предпосевная обработка семян Торфяным эликсиром позитивно повлияла на развитие и структуру растения ярового рапса. Увеличилось число боковых побегов на 1-2, количество стручков – 18-21, количество семян в стручке – 3-4, масса 1000 семян на 0,12-0,24 г. Результаты опытов подтверждают, что использование Торфяного эликсира для предпосевной обработки семян ярового рапса в условиях биологического хозяйствования эффективно.

Результаты полевых опытов подтверждают, что применение внекорневой подкормки раствором гуминовых веществ и микроэлементов через листья, положительно повлияло на урожай семян ярового рапса (таблица 2).

Таблица 2

Урожай семян, химический состав семян и выход сырого жира ярового рапса Терра (в среднем за 2005-2006 гг., Скривери)

Варианты	Урожай семян, т га ⁻¹	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырой жир, кг га ⁻¹
1. Контроль	1,86	21,98	46,60	796
2. СУПЛО МИКРО для рапса	2,10	22,91	47,30	913
3. Фоликаре	2,12	23,12	48,77	941
4. Торфяной эликсир	2,23	22,30	48,05	986
НСР _{0,05}	0,10			

В среднем за два года в зависимости от вида листового удобрения урожай маслосемян увеличился на 0,24-0,37 т га⁻¹ по сравнению с контролем. Наибольший прирост урожая получен при применении Торфяного эликсира – 0,37 т га⁻¹.

В зависимости от примененного листового удобрения содержание сырого протеина в семенах рапса повысилось на 0,32 – 1,14 %, сырого жира на 0,70 - 2,17 %, что обеспечило увеличение сбора сырого масла на 117-190 кг га⁻¹. Наиболее высокое содержание сырого жира в семенах, обеспечило применение Фоликаре- 48,77 % и Торфяного эликсира - 48,05 %. В связи с более высоким урожаем маслосемян, более высокий выход 986 кг га⁻¹ получен на варианте, где в виде внекорневой подкормки использовали Торфяной эликсир.

Экономический расчет показывает, что применение Торфяного эликсира по сравнению с другими микроудобрениями (при реализационной цене рапса 130 Лат за тонну семян) более эффективно и обеспечивает чистый доход – 14 Лат га⁻¹.

Предпосевная обработка клубней и двойное опрыскивание вегетирующих растений картофеля Торфяным эликсиром в зависимости от года повысило урожайность на 18-

104 %. В среднем за два года на мелкоделяночных опытах получена значительная прибавка урожая - 0,81 кг м⁻², то есть на 62% выше контроля и на 46 % выше от применения удобрений (таблица 3).

Таблица 3

Урожай клубней картофеля Санте с 1 м² (Мерсрагс)

Варианты	2005 г.		2006 г.		В среднем за 2 года		
	шт	кг	шт	кг	шт	кг	±
Контроль	42	1,35	24	1,25	33	1,30	-
НРК	30	2,00	26	1,53	28	1,77	0,47
Торфяной эликсир	36	2,75	27	1,47	32	2,11	0,81
Торфяной эликсир + НРК	52	4,13	33	2,24	43	3,18	1,88

НСР_{0,05}

0,65 0,48 0,49

Наиболее эффективным оказалось комплексное применение удобрений и Торфяного эликсера, обеспечившее наиболее высокую прибавку урожая картофеля - 1,88 кг м⁻², т.е. на 145 % выше по сравнению с контролем. Кроме прибавки урожая, применение Торфяного эликсера ускорило на 4 -5 дней прохождение физиологических фаз картофеля, отмечено повышение устойчивости к фитофторе. Средний вес одного клубня на контрольном варианте составлял 39 г, при внесении удобрений – 63 г, при обработке Торфяным эликсиром – 66 г, а при комплексном применении Торфяного эликсера и удобрений –74 г. Биохимический анализ клубней показал, что в варианте, где использовали только Торфяной эликсир содержание крахмала повысилось на 0,8-2,0 % по сравнению с контролем. В остальных вариантах оно снизилось. Применение Торфяного эликсера в два раза снизило содержание нитратов в клубнях картофеля.

Выводы

Применение Торфяного эликсера при обработке семян рапса перед посевом, в условиях биологического хозяйствования, оказывает положительный эффект на рост и развитие растений, урожайность и качество семян.

Использование Торфяного эликсера для «биологической коррекции» роста и развития растений ярового рапса эффективно и способствует увеличению урожайности и качеству продукции.

Обработка клубней и вегетирующих растений картофеля Торфяным эликсиром обеспечивает значительную прибавку урожая, увеличение содержания крахмала и снижение нитратов в продукции. Наиболее эффективно применение его в комплексе с минеральными удобрениями.

Summary

Currently, the main scientific trend in the area of agriculture is to search and apply such methods that raise the yield of cultivated plants and production quality without increasing a mineral fertilizer dosage. One of the trends is the biologic correction of plant growing and development. Effective means of the biologic correction is treating the plants with humin preparation solutions. Our research target was to investigate how the Latvian-made humin substance for harvest and production quality influenced the seed-tuber pre-sowing treatment and the sprinkle of vegetative plants of spring rape and potatoes.

We applied the humin preparation – the domestically produced Peaty elixir (containing humin substance to 10g/l, + microelements). The portion of pre-sowing treatment of the spring rapeseed was as studied: 10, 15 and 20 ml/ 1 kg seed. To prepare the technological solution we dissolved 10, 15, 20 ml of the concentrate within 1 litre of water. The dose for the seed treatment: 100ml/ 1kg seed.

The pre-sowing treatment of the spring rapeseed with humin substance solution Peaty elixir, under conditions of biologic field, increased the seed yield to 0,19-0,31 t ha⁻¹ as compared to the control (without treatment). The highest seed yield under biologic field conditions was 1,57 t ha⁻¹, when yield increment was 24,6% higher than the control – and was gained when applying the dose – 10 ml / 1 kg seed. The contents of crude fat in spring rapeseeds increased to 1,57-1,88%, and crude protein to 1,01-2,26%. The pre-sowing seed treatment with the Peaty elixir positively influenced the spring rapeseed plant development and structure. Number of the shoots increased to 1-2, number of the legumes – 18-21, the seed number in the legumes – 3-4, the gross of 1000 seeds to 0,12-0,24 g. The results of the trial confirm the following: the use of the Peaty elixir in pre-sowing spring rapeseed under biologic agriculture has been effective.

Thrice-repeated sprinkle of vegetative plants of spring rapeseed with humin preparation solution (Peaty elixir - 1,5 l ha⁻¹) and micro-fertilizers (SUPLO MICRO for rape – the magnesium and microelement concentration) - 1,5 l ha⁻¹, Folicare 10-5-40 + microelements - 3 kg ha⁻¹) increased the yield to 0,29-0,34 t ha⁻¹ depending on the growing conditions. The very highest increase in the seed yield, however, was gained when applying the Peaty elixir – 0,37 t ha⁻¹. The highest crude fat content in the seeds was provided by the use of Folicare – 48,77%, and the Peaty elixir – 48,05%. Higher seed yield led to higher contents of crude fat – 986 kg ha⁻¹ – was gained when as an external nutrition was applied the Peaty elixir.

Pre-sowing tuber treatment (technological solution – 10 ml for 1 l of water), the treatment dose – 100 ml / 1 kg of potatoes) and twofold sprinkle (300 l / ha of technological solution – 5 ml of the concentrate / 1 l of water) of vegetative plants of potatoes Sante with the Peaty elixir, depending on the season, increased the yield to 18-104 %. During two year experimental plotting we gained, on average, a remarkable increase in yield – 0,81 kg m⁻², which means 62 % more than the control and 46 % more than in the case when fertilizers (NPK 10-10-20 - 500 kg ha⁻¹) were used. Most effective, however, proved the compound use of fertilizers and the Peaty elixir that provided the highest increase in the potato yield 1,88 k⁻², which means 145 % more when compared to the control. The use of the Peaty elixir accelerated the process of the potato physiological stages for 4 – 5 days; and there was marked a progressive steadiness to fitophthoros as well. Biochemical analysis of potato tubers that were grown using the humin preparation proved that stark content increased to 0,8-2,0%. In other cases, it decreased. Nitrate content in the potato tubers decreased twofold when the Peaty elixir was used.

Литература

1. Боровко, Л., Вайваре, М. Гуминовые вещества из торфа – высокая ценность. Вестник среды, Nr.11, 2003, 30.-31.стр.
2. Гуминовые вещества и метод биологической коррекции. <http://www.humus.spb.ru/Boilcor.htm> – 05.26.2006.
3. Гумат калия торфяной. Влияние «Гумата калия торфяного» на растения. <http://www.gumat.ru> – 10.12.2006.
4. Гуминовые препараты – стимуляторы роста. http://www.bezuglova.nm.ru/htmls/gumin_prepar.htm – 22.05.2006.

MYCOTOXIN PREVENTION AND CONTROL IN LINSEED MIKOTOKSĪNU NOVĒRŠANA UN KONTROLE LINSĒKLĀS

Elvyra Gruzdevienė

Upyte Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture, Linininkų 3, Lt-38294,
Upyte, Panevėžys distr. Lithuania, phone: +370 45 555423; fax: +370 45 555573;
e-mail: upyte@upyte.lzi.lt

Audronė Mankevičienė

Lithuanian Institute of Agriculture, Instituto 1, LT-58344 Akademija, Kėdainiai distr.,
Lithuania, phone: +370 347 37263; fax: +370 347 37096; e-mail: audre@lzi.lt

Abstract. *The present paper analyses mycotoxin contamination in six oil flax seed of the flax varieties differing in the length of the growing season. The flax seed grown in precision field trials was analyzed for mycotoxin contamination at harvesting and during storage period.*

The analyses done at harvesting revealed the traces of aflatoxin were identified only in the seed samples of cvs. Lu-5 and Gold Merchant, while those of ochratoxin A ($2.3 \mu\text{g kg}^{-1}$) in the seed sample of cv. Szaphir. All the seed samples tested were found positive for DON contamination, except for cv. Blue Chip, but the levels identified were very low. After 8 months of storage the levels of aflatoxin and ochratoxin A in flax seed samples increased. Mycotoxin increasing immediately concerned with seed fungi contamination. These indicators could be determining by moisture control such as seed drying.

Key words: *Linum usitatissimum, linseed, fungi, mycotoxin, variety.*

Introduction

Flax (*Linum usitatissimum*. L.) is unique in its high alpha-linolenic fatty acid content in seeds. Alpha-linolenic fatty acid is an omega-3 fatty acid, which contributes to good human and animal health (Wensing et al., 1999). Flax seeds have been long-used in multi-grain cereals and snack foods they are increasingly used as an ingredient in feeds for improved animal and fish nutrition. The benefits of omega-3 fatty acids to pigs, cattle, horse and other animals may be in preventing young animals from developing infections (Wirths et al., 1985; Mukhopadhyay, Ray, 2001; Ponter et al., 2006).

The quality of crop production produce during growing and storage is determined by the natural conditions and anthropogenic factors. The diversity of fungi occurring on oil flax seed is largely dependent on the growing conditions, however, some fungi species of *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* genera occur in all flax-growing countries (Mercer, Hardwick, 1991; Paul et al., 1991; Simay, 1994; Kumud et al., 1997).

Oil flax seed coat contains about 5.1–11.7 % carbohydrate-mucilage substances, cotyledons contain on average 25–45 % fat and up to 30 % protein. Apart from these substances, flax seed contains carbohydrates, phosphorus compounds, that are similar to fat in their composition, pigments, carotene, glycoside linamarine, enzymes (lipase, protease etc.) and other substances (Stramkale et al., 2003). Flax seed is very hygroscopic, which makes it a good medium for the occurrence of various fungi. During storage flax seed fungal contamination level can vary due to various factors, such as moisture, changes or variations in heat regime and other factors. With the spread of fungi the chances of mycotoxin formation in food and feed occur. Mycotoxins are produced by fungi species of *Fusarium*, (De Nijs et al., 1996), *Penicillium*, (Larsen et al., 2001), *Alternaria* (Stinson et al., 1980), *Aspergillus* (Abarca et al., 1994) genera. Mycotoxins are detrimental to human and animal health (Fink-Gremmels, 1999). These toxins in agricultural products cause health hazards to people and animals and economical problem. Prevention measures of mycotoxin contamination in flax seed are different. To design strategies for the reduction or elimination of mycotoxins,

knowledge about their fungal sources is needed. The growth of fungi in crops and agricultural products is the main cause of toxin formation and related to the concentration of the toxic substances. Many factors are involved in enhancing the formation of mycotoxins. They are plant susceptibility to fungi infestation, suitability of fungal substrate, temperate climate, moisture content and physical damage of seeds, etc. (Semple et al.). The knowledge on variety influence on seed mycotoxin contamination is limited.

Materials and methods

The oil flax tested was grown in a crop rotation at the Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture in 2005. The six varieties with different maturity were tested in the trial –Helmi (early), Szaphir (medium early), Symphonia (early), Gold Merchant (medium early), Blue Chip (medium late), Lu-5 (late).

Fungal infection level of flax seed was analysed at the laboratories of the Lithuanian Institute of Agriculture and the Upytė Research Station.

Analyses of seed microflora were done following Samson R.A. et al. (1992), Mathur S.G., Kongsdal O. (2003) methodology. Identification was carried out using Malone J.P., A.E. Muskett (1997), Картон Д. et al., (2002), Mathur S.B., Kongsdal O. (2003) descriptors.

Seed samples were analyzed by the ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) method (Bennet et al., 1994; Wilkinson et al., 1992). The Veratox® aflatoxin, Veratox® DON 5/5, Veratox® ochratoxin A test kits (Neogen, USA) were used for the analysis. Mycotoxin extraction and tests were performed according to manufacturer's instructions. Multiskan MS was used for the reading of immunoenzymic micro strips.

Results and discussion

Oil flax was sown on May 6 in 2005. The plants of oil flax varieties Symphonia, Blue Chip, Szaphir, Gold Merchant, Lu-5 and Helmi started to emerge on May 13-18, and fully emerged on May 20-25 (Table 1). All the tested cultivars matured at different time. The cultivars Helmi, Symphonia and Szaphir reached yellow maturity stage the earliest, on August 3, and their growing period lasted for 82 days. At that time cvs. Blue Chip, Gold Merchant and Lu-5 were at green maturity stage. The flax of cvs. Helmi, Blue Chip and Gold Merchant was harvested on August 18, when most of the capsules had matured until yellow maturity. The cultivar LU-5 matured the latest, on August 23, and the length of its growing period was 100 days (Table 1).

Table 1.

The data on the growing period of oil flax varieties (Upytė, 2005)

Cultivar	Growth stage					Length of growing period (days)
	Start of germination*	Flowering	Green maturity	Yellow maturity	Pulling time	
Blue Chip	18 05	09 07	19 07	15 08	18 08	92
Gold Merchant	17 05	09 07	19 07	14 08	18 08	93
Helmi	13 05	06 07	15 07	18 08	18 08	97
Lu-5	15 05	13 07	22 07	23 08	23 08	100
Symphonia	13 05	07 07	18 07	03 08	03 08	82
Szaphir	13 05	07 07	18 07	03 08	03 08	82

* - All cultivars were sown on May 6

Having analysed the seed for internal contamination at harvesting, we identified fungal propagules of *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Aspergillus* genera (Figures 1-3). The most abundant fungi were of *Alternaria* genus (from 20.0 to 42.5 % of infected seed) (Figure 1) and *Fusarium* genus (infected up to 50.0 % of seed) (Figure 2). The highest infection level

with these fungi was identified on the seed of cv. Lu-5, although seed surface contamination level was low. The seed of cv. Helmi had the lowest content of *Fusarium* propagules (7.5 %). Of the other fungi identified in seed the following ones are worth mentioning: *Coletotrichum lini*, *Drechslera sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Botrytis cinerea*, however, their total content did not exceed 5 %.

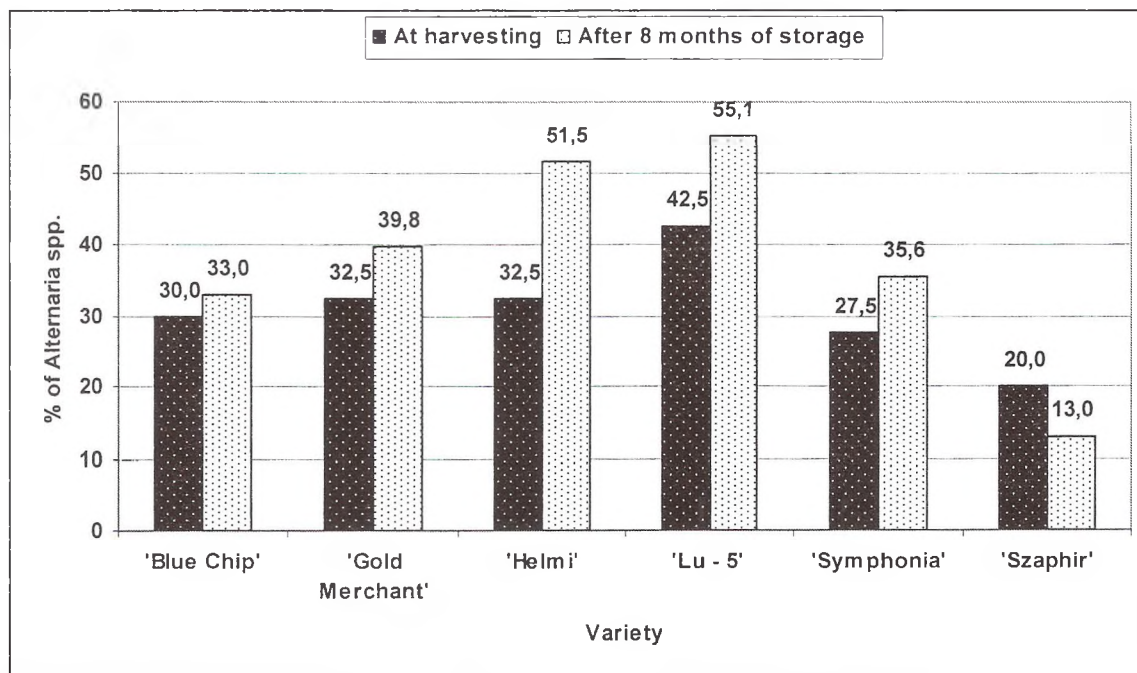


Figure 1. The level of *Alternaria* spp. on flax seed at harvesting and during storage Upytë 2005–2006

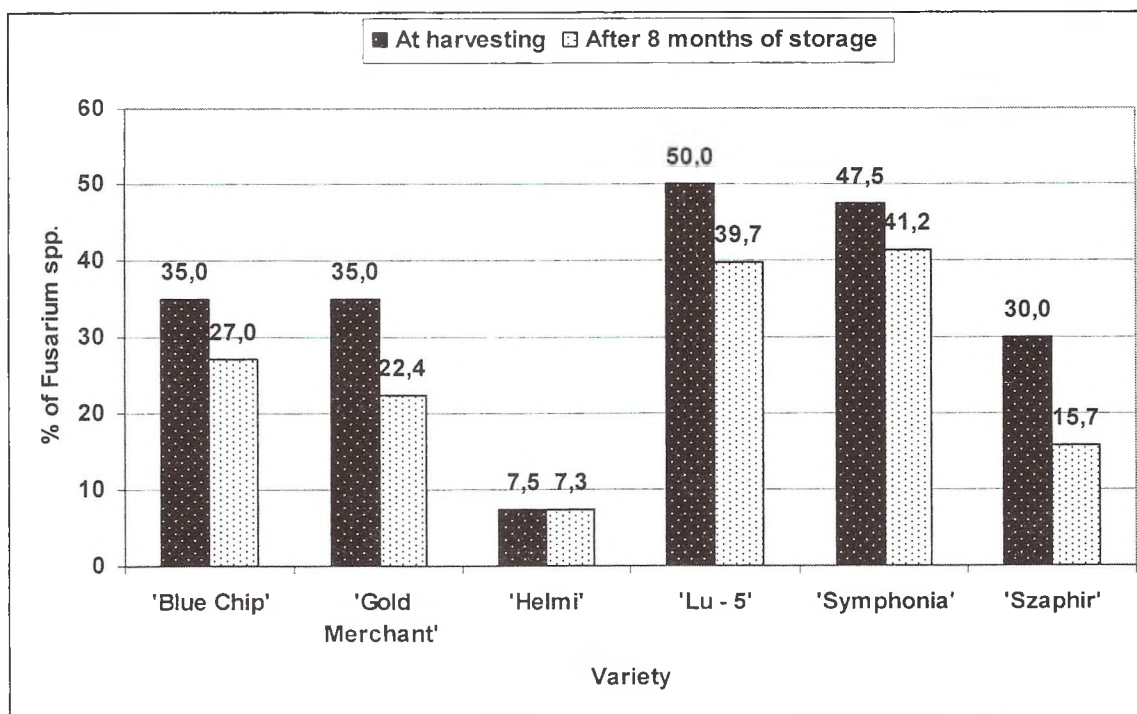


Figure 2. The level of *Fusarium* spp. on flax seed at harvesting and during storage Upytë 2005–2006

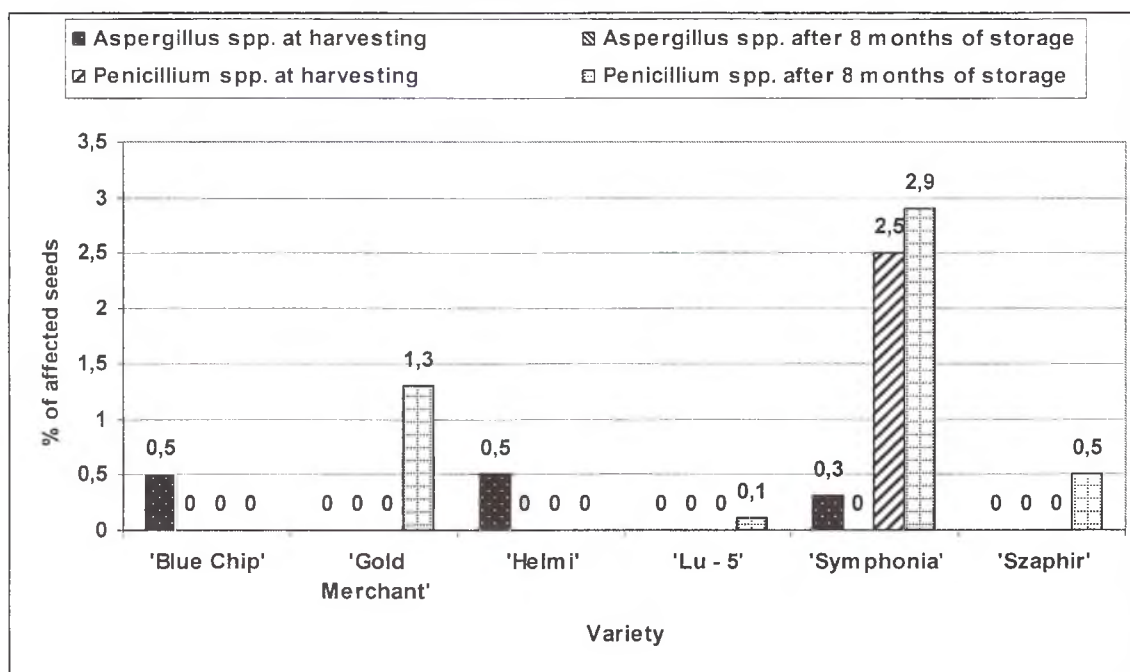


Figure 3. The level of *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. on flax seed at harvesting and during storage Upytė 2005–2006

Flax seed was stored for 8 months in dry and cool premises and seed contamination tests were done again in the spring of 2006. Seed surface contamination increased during storage. For some varieties it increased especially markedly: in the seed of cv. Szaphir by 89.7 %, in Symphonia by 92.8 % (Figure 1-3). It is noteworthy that fungal seed contamination of later-maturing flax cultivars Blue Chip and Gold Merchant increased by 30.4 and 41.2 %, respectively.

Analysis of seed contamination with fungi capable of producing mycotoxins of the six oil flax cultivars at harvesting and during storage suggests that fungal contamination of seed was more dependent on the weather conditions at harvesting and was less dependent on the genotype of variety.

In 2005 flax seed contamination with mycotoxins at harvesting was low. Traces of aflatoxin were identified only in the seed samples of cvs. Lu-5 and Gold Merchant, ochratoxin A ($2.3\mu\text{g kg}^{-1}$) in the seed sample of cv. Szaphir (Table 2). DON was identified in all samples tested, except for cv. Blue Chip, but the contents identified were very low.

Table 2. Mycotoxin contamination of flax seed of various flax cultivars at harvesting and during storage (LIA, 2005)

Cultivar	Mycotoxins $\mu\text{g kg}^{-1}$				
	At harvesting			After 8 months of storage	
	DON	Aflatoxin (total)	Ochratoxin A	Aflatoxin (total)	Ochratoxin A
Blue Chip	0	0	0	trace	1,1
Gold Merchant	trace	trace	0	1,2	0
Helmi	trace	0	trace	0	1,1
'Lu - 5'	trace	trace	0	2,1	0
Symphonia	trace	0	0	1,1	1,0
Szaphir	trace	0	2,3	2,5	1,2

Aflatoxin content in flax seed increased after 8 months of storage. The highest content of aflatoxin ($2.5\mu\text{g kg}^{-1}$) was identified in cv. Szaphir seed (Table 2). During storage ochratoxin A contamination level in seed increased. Small contents of ochratoxin A were identified not only in the seed samples of cv. Szaphir ($1.2\mu\text{g kg}^{-1}$) but also in those of Blue Chip ($1.1\mu\text{g kg}^{-1}$) and Symphonia ($1.0\mu\text{g kg}^{-1}$).

The contents of mycotoxins identified in the flax seed of various cultivars were very low; however, mycotoxin increasing trends were identified during storage. Mycotoxin increasing immediately concerned with seed fungi contamination. In our opinion we can decrease mycotoxin content when stop fungus spreading on seed during storage. However, these indicators could be determining by seed moisture control at drying.

Conclusions

1. The flax cultivars Symphonia and Szaphir matured the earliest, the length of their growing period was 82 days. The cultivar LU-5 was found to be the latest-maturing; the length of its growing period was 100 days.
2. Analyses of flax seed internal fungal infection level at harvesting and during storage showed the fungi of *Alternaria* genus (up to 42.5 % of seed infected) and *Fusarium* genus (up to 50.0 % of seed infected) to be the most prevalent ones.
3. Fungal contamination of seed was more dependent on the weather conditions at harvesting and was less dependent on the genotype of variety
4. Seed surface and internal infection with fungal propagules increased during the eight months of storage. Seed surface contamination increased by 89.7 % and 92.8 %, respectively of early-maturing cvs. Szaphir and Symphonia. Seed surface contamination increased by 30.4-67.9 % of later-maturing cvs.
5. The contents of mycotoxins identified in the flax seed of various cultivars were very low; however, mycotoxin increasing trends were identified during storage.
6. If we suspend fungus spreading on seed during storage mycotoxin content would be lower.

References

1. Abarca, M.L., Bragulat, M.R., Castella, G., Cabañes, F.J. (1994). Ochratoxin A production by strains of *Aspergillus niger* var. *niger*. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol.60. p.2650-2652.
2. Bennett, J.W., Klich, M.. *Mycotoxins* (2003). *Clinical Microbiology Reviews*. Vol.16. No.3. p.497-516.
3. Bennett, G.A., Nelsen, T.C. & Miller, B.M. (1994). Enzyme-linked immunosorbent assay for detection of zearalenone in corn, wheat and pig feed: collaborative study. Vol.77. p.1500-1509.
4. De Nijs, M., Rombouts, F., Notermans, S. (1996). *Fusarium* molds and their mycotoxins. *Journal of Food Safety*. Vol.16. No.1. p.15-58.
5. Domsch, K.H., Gams, W., Anderson, T.-H. (1980). *Compendium of soil fungi*. Vol.1. London: Academic Press. 859 p.
6. Ellis, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. C.A.B. International. 608 p.
7. Ellis, M.B. (1976). *More dematiaceous Hyphomycetes*. C.A.B. International. 507 p.
8. Fink-Gremmels, J. (1999). Mycotoxins: their implications for human and animal health. *Vet. Q.* Vol.21. No.4. p.115-120
9. Krysinska-Traczyk, E, Skorska, C, Prazmo, Z, Sitkowska, J, Cholewa, G, Dutkiewicz, J. (2004). Exposure to Airborne Microorganisms, Dust and Endotoxin During Flax Scutching On Farms. *Ann. Agric. Environ. Med.* Vol.11. No.2. P.309-326.
10. Kumud, K., Jitendra, S., Yadav, M. D. (1997). Fungi associated with linseed seeds, their effect and chemical control. *Annals of Plant Protection Sciences*. No.5. p.179-183
11. Larsen, T.O., Svendsen, A., Smedsgaard, J. (2001). Biochemical characterization of ochratoxin A-producing strains of the genus *Penicillium*. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol.67. p.3630-3635.
12. Moss, M.O. (2000). Mycotoxins in Agriculture and Food Safety. *International Journal of Food Science & Technology*. Vol.35. No.3. p.354-355.
13. Malone, J.P., Muskett, A.E. (1997). Seed-Borne Fungi. Description of 77 fungus species. In: Sheppard J.W., editor. *ISTA, Zurich, Switzerland*. P.191.
14. Mathur, S.B., Kongsdal, O. (2003). *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*. Copenhagen. 425 p.

15. Mikelionis, S. (Ed.). (2001). *Aliejiniai linai*. Akademija. 34 p.
16. Mukhopadhyay, N., Ray, A.K. (2001). Effects of amino acid supplementation on the nutritive quality of fermented linseed meal protein in the diets for rohu, *Labeo rohita*, fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*. Vol.17. No.5. p.220-226.
17. Paul, V.H., Sultana, C., Jouan, B., Fitt, B.D.L. (1991). Strategies for control of diseases on linseed and fibre flax in Germany, France and England. *Production & Protection of Linseed*. No.1. p.65-69.
18. Ponter, A.A., Parsy, A.E., Saade, M., Mialot, J.P., Ficheux, C., Duvaux-Ponter, C., Grimard, B. (2006). Effect of a supplement rich in linolenic acid added to the diet of post partum dairy cows on ovarian follicle growth, and milk and plasma fatty acid compositions. *Reproduction, nutrition, development*. Vol.46. No.1. P.19-29.
19. Samson, R.A., Hocking, A.D., Pitt, J.I. (1992). *Modern Methods in Food Mycology*. Amsterdam. 388 p.
20. Stinson, E.E., Bills, D.D., Osman, S.F., Siciliano, J., Ceponis, M. J., Heisler, E.G. (1980) Mycotoxin Production by *Alternaria* Species Grown on Apples, Tomatoes and Blueberries. *J. Agric. Food Chem.*, No.28, p.960-963.
21. Stramkale, V., Sulojeva, J., Serzhane, R., Janshevskis, E., Gudriniece, E. (2003). Flax – the perspective crop for fiber and oil manufacturing in Latvia. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Conference*. Rezekne. p.251-257.
22. Tarakanovas, P., Raudonius, S. (2003). *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas Anova, Stat, Split-plot iš paketo Selekcija ir Irristat*. Akademija. p.6-26.
23. Wensing, AGCL, Mensink, RP, Hornstra, G. (1999). Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin on platelet aggregation in healthy elderly subjects. *The British Journal of Nutrition*. Vol.82. p.183-191.
24. Wilkinson, A.P., Ward, C.M., Morgan, M.R.A. 1992. Immunological analysis of mycotoxins. In: Lins-Kens H.F., Jackson J.F. (eds.). *Plant toxin analysis*. Berlin, p.185-225.
25. Wirths, W, Berglar, T, Dieckhues, A, Bauer, G. (1985). Fiber-rich snacks with reference to their effect on the digestive activity and blood lipids of the elderly. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. Vol.18. No.2. P.107-117.
26. Suttajit, M. Prevention and control of mycotoxins. Semple R.L., Frio A.S., Hicks P.A, Lozare J.V. *Mycotoxin prevention and control in foodgrains* / <http://www.fao.org/docrep/x5036e/x5036E00.HTM>.
27. Лучина, Н.Н. (1981). *Болезни льна*. Ленинград: Колос, 88 с.
28. Мирчинк, Т.Г. (1988). *Почвенная микология*. Изд. Московского университета, 220 с.
29. Саттон, Д., Фотергилл, А., Ринальди, М. (2001). *Определитель патогенных и условно патогенных грибов*. Москва: Мир, 468 с.

VAIRĀKU BIOĻĢISKI AKTĪVU VIELU GENOTOKSICITĀTES PĒTĪŠANA

EVALUATION OF THE GENOTOXIC EFFECTS OF SOME BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Jēkabs Raipulis, Malda Maija Toma

Latvijas Universitātes Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts
Kronvalda bulv 4, Rīga jekabs.raipulis@rpiva.lv

Abstract. *There are more and more substances coming in contact with people and environment, they have got genotoxic features, which cause hereditary illnesses and tumors. Though cancer treatment becomes more and more effective, still the amount of deaths from tumors caused by harmful substances are increasing from year to year. To reduce the effects of these harmful substances, they should be detected and avoided*
*To perform experiments using *Saccaromyces cerevisiae* mutagenicity testsystem and *Escherichia coli* SOS chromotest to find out biologicaly active substances used in labs and industry, also its mixture or separate compounds possessing genotoxicity with other substances. The genotoxic properties of 11 substances were studied. Results showed that formaldehyde, urethane, acridine orange, acridine yellow, furazolidone, nalidixic acid, hydrogen peroxide, potassium bichromate, was a strong inducers of the genotoxic disorders.*

Keywords: *genotoxins, genotoxicity, mutagens, carcinogens, E.coli SOS chromotest.*

Ievads

Veicot eksperimentus zinātniskajās laboratorijās un analīzes medicīnas un ražošanas laboratorijās, iznīcinot mikroorganismus – vīrusus, baktērijas, sēnītes un viēšņus – tiek izmantotas vielas ar augstu bioloģisko, tajā skaitā mutagēno un kancerogēno (genotoksisko) aktivitāti [1]. Kontaktā ar šīm vielām atrodas samērā daudz cilvēku. Diemžēl par daudzām no tām trūkst informācijas, kādas novirzes cilvēkam tās izraisa. Galvenā šo vielu izmantošanas bīstamība ir saistīta ar to genotoksicitāti (mutagenitāti, kancerogenitāti un teratogenitāti), kura neizpaužas tūlīt, bet gan pēc gadu desmitiem vai tikai nākamajās paaudzēs.

Taču ne tikai darbinieku saskarsmes dēļ ar laboratoriju ķīmiju tās ir jāpēta. Genotoksicitātes pārbaudes nepieciešamību nosaka vēl šādi aspekti:

- 1) ūdeņu un citu vides substrātu piesārņošana, kuros nonāk laboratoriju ķīmija [2,3];
- 2) eksperimentu kļūdu veidošanās, lietojot fiksatorus ģenētiskā materiāla izmaiņu pētīšanai, kuri paši izraisa ģenētiskās izmaiņas [1];
- 3) vielu ar dezinficējošām īpašībām izmantošana medicīnā, pārtikas produktu un kosmētikas materiālu pasargāšanai no infekcijām [3];
- 4) vairāku no šīm vielām izmantošana plašākā ražošanā (formaldehīda, kālija dihromāta, ūdeņraža peroksīda u.c.), no kurienes tās nonāk apkārtējā vidē [4,1].

Šīs vielas jau ilgāku laiku ir zinātnieku uzmanības centrā, bet vēl pilnīgi droši noteikt to bīstamības pakāpi cilvēkam nevar. Neviena no līdz šim pielietotajām genotoksicitātes noteikšanas metodēm nedod 100% atbildi par to, vai attiecīgā viela ir genotoksiska cilvēkam, vai nav. Ar visbiežāk izmantojamajām ekspresmetodēm – Ames testu (*Salmonella typhimurium* testkultūras) un *Escherichia coli* SOS hromotestu – iegūtie pozitīvie rezultāti 60-70% sakrīt ar šo vielu kancerogenitāti zīdītājiem. Taču, ja viela neuzrāda genotoksisko aktivitāti ar minētajām testkultūrām, tas vēl nenozīmē, ka tai nav šādas iedarbības uz zīdītājiem un cilvēku. It īpaši tas attiecas uz vielām, kuras zīdītāju organismā aktivē citohroma P-450 sistēma. Šo vielu genotoksicitātes izvērtēšanu un bīstamības noteikšanu apgrūtina arī tas, ka vairums no tām aktivitāti uzrāda samērā šaurās pH, temperatūras un koncentrāciju robežās. Mūsu darba mērķis bija vairāku sadzīvē un laboratorijās izmantojamo vielu pārbaude uz genotoksisko aktivitāti ar mikroorganismu testsistēmām.

Materiāli un metodes

Darbā izmantotas rauga *Sacharomyces cerevisiae* Peterhofas XII rases ģenētiskās līnijas, no kurām iegūtas adenīna deficītas (auksotrofās) diploīdas *ade2* gēna heteroalēlas H9 un H10 kultūras, ar kurām pētīta spontānās un inducētās konversijas biežuma rašanās un elpošanas deficīto mutantu veidošanās. Uzskaitot inducētās konversijas biežumu un elpošanas deficītos mutantus, analizēta formaldehīda un uretāna genotoksicitāte [5]. Tāpat izmantojām konkrētajiem pētīšanas apstākļiem ļoti jutīgo un arī precīzi kalibrējamo *Escherichia coli* SOS hromotesta metodi. Metode balstās uz divu fermentu – β -galatozidāzes, kuras aktivitāti ietekmē DNS bojājumi, un DNS bojājumu neinducējamā fermenta – sārmainās fosfatāzes aktivitāšu spektrofotometriskās noteikšanas metodi [6]. Inducējamā fermenta β -galatozidāzes aktivitātes palielināšanās pret neinducējamā fermenta – sārmainās fosfatāzes – aktivitāti, iedarbojoties ar analizējamo vielu, liecina par bojājumu rašanos DNS molekulā, t.i., genotoksicitāti. β -galatozidāzes un sārmainās fosfatāzes aktivitātes aprēķina pēc Kvaolarda un Hofnunga metodes [7]: vienības= $A_{420} \times 10^3 / t$ (A_{420} =optiskā blīvuma vienības= $A_{420} \times 10^3 / t$ pie 420 nm; t- substrāta pārveidošana minūtēs). Indukciju augstāku par 1,5 uzskata par robežu, virs kuras pētāmā aģenta iedarbība ir izraisījusi ģenētiskās izmaiņas. Ar *E.coli* SOS hromotesta metodi analizējām vairāku laboratorijās un medicīnas iestādēs izmantojamo dezinfekcijas vielu (kālija dihromātu, formaldehīdu, ūdeņraža peroksīdu, furezolidonu), fiksatorus, gatavojot citoloģiskus preparātus hromosomu aberāciju pētīšanai (glutaraldehīdu, formaldehīdu), preparātu krāsvielas (akridīndzeltenais, akridīnoranžais), antibiotisko vielu (nalidiksīnskābi). Pētījām vielas, kuras izmanto olbaltumvielu izdalīšanai un lipīdu šķelšanai (hloroformu, acetonu), kā arī vairākas anestēzijas vielas, kuras šobrīd tiek izmantotas, veicot ķirurģiskās operācijas vai citas medicīniskās procedūras. Pētījumi veikti LU Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūtā.

Rezultāti un to izvērtējums

Izmantojot *E.coli* SOS hromotesta metodi, mēs pārbaudījām 11 laboratorijās samērā plaši izmantotas vielas: krāsvielas – akridīndzelteno un akridīnoranžo, fiksatorus – glutaraldehīdu, formaldehīdu, dezinfekcijas un laboratoriju trauku mazgāšanas līdzekļus – kālija dihromātu, formaldehīdu, ūdeņraža peroksīdu, šķīdinātājus – acetonu, hloroformu un medicīnā un ražošanā izmantojamo uretānu un nalidiksīnskābi.

Indukciju, augstāku par 1,5, kas ir robeža, virs kuras vielu uzskata par ģenētiskas izmaiņas izraisītu, mūsu eksperimentos uzrādīja furazolidons, formaldehīds, nalidiksīnskābe, ūdeņraža peroksīds, kālija dihromāts, akridīnoranžais un akridīndzeltenais (1.tabula). Zem šīs robežas, tāpat neizraisa ticamas ģenētiskās izmaiņas – acetons, glutaraldehīds, hloroforms un uretāns

I.tabula

Ar *E.coli* SOS hromotestu analizēto vielu genotoksicitāte

N.p.k	Vielas	Koncentrācija, mg/ml	Indukcija
1	Acetons - $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	0,50	0
2	Akridīndzeltenais	0,30	4,0
3	Akridīnoranžais	0,25	1,8
4	Formaldehīds - HCHO	$5,10^{-4}$	2,2
5	Furazolidons	$2,0 \cdot 10^{-5}$	10,7
6	Glutaraldehīds	0,10	0
7	Hloroforms	0,20	0
8	Kālija dihromāts - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0,20	1,7
9	Nalidoksīnskābe	$1,10^{-4}$	12,8
10	Uretāns	0,50	0
11	Ūdeņraža peroksīds - H_2O_2	$1,10^{-4}$	3,3

Par uretānu jau varēja prognozēt negatīvu rezultātu, jo uretāns ir metaboliski aktivējama viela, tātad genotoksisko aktivitāti iegūst eikariotu šūnās, kurās ir citohroma cit-450 sistēma, kas metabolizē ksenobiontus. Visaugstāko indukcijas pakāpi – 12,8 – uzrādīja naldoksīnskābe, furazolidons – 10,7, citas zemāku. Genotoksicitātes noteikšanai izmantotās vielu koncentrācijas ir zemākas par letalitāti izraisošajām.

Formaldehīda genotoksicitāte tika noskaidrota, arī izmantojot *S.cerevisiae* mutāciju noteikšanas sistēmu. Izmantoto formaldehīda koncentrāciju robežās no 1µg/ml līdz 70µg/ml, rauga šūnu izdzīvotība krītas no 99,8% līdz 0. Šajās koncentrācijās proporcionāli formaldehīda devas pieaugumam palielinās alēlās konversijas biežums, taču elpošanas mutantu rašanās biežums ir niecīgs. Formaldehīds nelielās koncentrācijās ir dabisks šūnu metabolīts. Iespējams, tādēļ ir ierobežota tiešo punktveida mutāciju rašanās raugam.

2.tabulā ir apkopoti literatūras dati par mūsu pētīto vielu genotoksicitāti citās mutāciju uzskaites sistēmās.

2.tabula

Analizēto vielu genotoksicitāte dažādās testsistēmās

Vielas nosaukums	Izman- tošana	Ames tests	SOS hromo tests	Zīdītāju sistēmās	Kancerogēns cilvēkam	Gonado- toksisks
Acetons	Šķīdinātājs	-	-	-	-	-
Akridīndzeltenais	Krāsviela	+	+	-	-	-
Akridīnoranžais	Krāsviela	+	+	-	-	-
Dihromāts	Oksidants	+	+	Mikronukl	1.gr. kancerogēns	-
Formaldehīds	Fiksators, dezinfekc.	+	+	Klastogens DNS pārrāvumi mut. limf.	2.B gr. kancerogēns	-
Furazolidons	Dezinfekc.	+	+	Mutagēns	Nav pētījumu	Spermato- toks.
Glutaraldehīds	Fiksators	+	-	-	-	Embriotoks.
Hloroforms	Šķīdinātājs	-	-	+	-	-
Ūdeņraža peroksīds	Oksidants	+	-	+	-	-
Naldoksīnskābe	Dezinfekc.	+	+	Nav inform.	Nav inform.	-
Uretāns	Medic.	-	-	Mutagēns	Kancerogēns	-

Formaldehīda mutagēnā aktivitāte ir konstatēta daudzās organismu grupās no baktērijām līdz zīdītājiem (2.tabula) [8;4]. Formaldehīdam ir konstatēts arī sinerģiskais efekts mijiedarbībā ar jonizējošo radiāciju un N-metilurīnvielu eksperimentos ar Ķīnas kāmišu plaušu fibroblastu šūnām [9]. Formaldehīdam ir arī kancerogēnais efekts zīdītāju modeļsistēmās [10]. Lietojot formalīnu dezinfekcijai koncentrācijā (3,7%), tas izraisa DNS bojājumus analizēto augu un sēņu šūnās [1]. Tāpat formaldehīda kancerogenitāte ir konstatēta epidemioloģiskajos pētījumos cilvēku grupās, kas atrodas regulārā saskarē ar formaldehīdu. Noskaidrots, ka, formaldehīdu lietojot kā fiksatoru bioloģisko preparātu pagatavošanā, tas izraisa hromosomu pārrāvumus. Tātad iegūtie rezultāti par kāda faktora ietekmi uz hromosomu struktūru var neatspoguļot īsteno sakarību, jo preparāta sagatavošanā būs radīti bojājumi.

Rauga *S.cerevisiae* testsistēmā uretāna iedarbības rezultātā palielinās gan alēlās konversijas biežums, arī elpošanas deficīto mutantu rašanās biežums, kas pārlicinoši apstiprina uretāna genotoksicitāti eikariotu sistēmās. Zemākajās uretāna koncentrācijās konversijas biežuma

pieaugums ir proporcionāls uretāna koncentrācijas pieaugumam. Taču, sasniedzot noteiktu uretāna koncentrāciju, konversijas biežums nepalielinās. Šo efektu var izskaidrot ar to, ka uretāna genotoksiskā aktivitāte ir atkarīga no šūnas metaboliskās uretāna pārveidošanas par epoksietilkarbamīdu [11]. Ja uretāna koncentrācija ir augstāka par to, ko spēj pārveidot metaboliskās aktivācijas sistēma, konversijas biežums nepalielinās. Uretānu izmanto farmakoloģisko preparātu sastāvā, tajā skaitā arī kā pretvēža ķīmiskās terapijas līdzekli. Uretāna genotoksiskā aktivitāte liek uzmanīgi izturēties pret šīs vielas izmantošanu medicīniskajos preparātos un nonākšanu kontaktā ar cilvēku. Taču *E.coli* SOS hromotesta eksperimentos uretāns neuzrāda genotoksisko aktivitāti (1.tabula). Eksperimentāli pārbaudot vairāku vielu genotoksisko efektu ar *Saccharomyces cerevisiae* konversijas inducēšanas testu un *E.coli* SOS hromotestu, tika konstatēta abu testsistēmu zināma atšķirība jutībā uz noteiktām genotoksiskajām vielām. Tā, piemēram, formaldehīds un uretāns, kuri ļoti efektīvi inducēja ģenētiskās izmaiņas *S.cerevisiae* testā, ar *E.coli* SOS hromotestu uzrādīja tikai vāju genotoksicitāti. Ja uretāna iedarbības atšķirības var izskaidrot ar citohroma P-450 trūkumu *E.coli* šūnās – uretāns ir metaboliski aktivējama genotoksīns, tad formaldehīda jutības atšķirībai ir jāmeklē cits izskaidrojums.

Uretāna un formaldehīda vienlaicīga iedarbība deva aditīvo, t.i., summējošu konversijas biežumu inducējošo efektu. Tā kā formaldehīdam bija konstatēts sinerģētiskais efekts ar dažiem citiem mutagēniem, to varēja sagaidīt arī mijiedarbībā ar uretānu. Tomēr šis efekts izpalika.

Pārbaudot vairāku medikamentu iespējamo genotoksicitāti ar SOS hromotestu, konstatējām, ka preparāts furazolidons izraisa ievērojamu mutāciju daudzuma pieaugumu. Furazolidons – N-(5-nitro-2furfulidīdium)-3 – aminooksizolidons 2. Sastopams arī ar nosaukumu Diafurons, Furosons, Neftins, Neokolens, Nifulidons u.c., dzeltens vai zaļgandzeltens pulveris, bez smaržas, ar rūgtenu garšu. Efektīvs pret grampozitīvām un gramnegatīvām baktērijām. Lieto galvenokārt zarnu infekciju (dizentērijas, vēdertīfa, paratīfa) un pārtikas toksisko infekciju ārstēšanai. Lieto arī lambliozes un trihomozes ārstēšanai. Vāji iedarbojas uz strutainām un anaerobām infekcijām. Izmanto alkoholisma ārstēšanai, jo tas iedarbojoties caur monoaminoxidāzi (MAO) izraisa riebumu pret alkoholu. Furozolidonu izmanto kā dezinfekcijas līdzekli laboratorijās. Furazolidona kancerogēnais efekts ir konstatēts pētījumos ar zivīm [12]. Tā genotoksicitātes dēļ, cilvēkiem vajadzētu cenzties izvairīties no saskarsmes ar to.

Antibiotiskā viela – nalidiksīnskābe, kam ir plašs baktericidais iedarbības spektrs un ko lieto kā dezinfekcijas līdzekli, uzrāda augstu genotoksisko aktivitāti mūsu pētījumā ar SOS hromotesta metodi, tāpat arī pētījumos ar Ames testu [2]. Diemžēl literatūrā nav atrodami pētījumi, kuros šī viela būtu pārbaudīta ar citām testsistēmām eikariotu sistēmās.

No laboratorijās izmantojamajiem citostatiķiem, preparātu fiksatoriem, preparātu krāsvielām – dihromāts, ūdenraža peroksīds, akridīnoranžais. Plaši izmantojamais ūdenraža peroksīds kā spēcīgs oksidants veido hidroksila radikālu, kurš iedarbojas uz šūnu lipīdiem, olbaltumvielām un DNS. *E.coli* SOS hromotestā minētās vielas uzrāda genotoksisko aktivitāti. Literatūras avotos ir atrodama informācija, ka kālija dihromātam un ūdenraža peroksīdam ir genotoksiskā aktivitāte augstāko organismu testsistēmās (2.tabula) [14].

No apgrozības hloroforms kā anestēzijas līdzeklis ir izņemts tā toksicitātes dēļ. SOS hromotestā hloroforms neuzrāda genotoksisko aktivitāti. Tagad hloroformu lieto galvenokārt laboratorijās lipīdu šķīdināšanai un olbaltumvielu izdalīšanai, kur tas nonāk saskarē arī ar pētniekiem. Hloroforms rodas arī dzeramā ūdens hlorēšanas rezultātā. Hloroforms ir kancerogēns un gonadotoksisks augstākajiem organismiem [13]. Diemžēl hloroforma genotoksicitātes noteikšana, tajā skaitā arī ūdenī, ir saistīta ar vairākām problēmām. Hloroforma genotoksicitāti var pārbaudīt, tikai izšķīdinot to eļļās. Atkarībā no tā, kādā eļļā ir šķīdināts hloroforms, izmainās tā genotoksicitāte. Tādēļ hloroforma, kurš veidojas dzeramajā

ūdenī hlorēšanas rezultātā, genotoksicitāti pētīt ir grūti. Hloroforms turklāt neizraisa ģenētiskās izmaiņas mikroorganismu testsistēmās (Ames testā un *Escherichia coli* SOS hromotestā), jo jānotiek tā metaboliskajai aktivēšanai. Augstāko organismu šūnās hloroforms tiek pārvērsts par fosgēnu, kurš arī izraisa ģenētiskos bojājumus [15]. Acīmredzot hloroforma testēšanai ar mikroorganismiem ir jāizstrādā tā aktivācijas sistēma.

Ar *E.coli* SOS hromotestu pārbaudījām arī trīs šobrīd medicīnā izmantojamās anestēzijas līdzekļus – ketalaru, etomidātu un rekofolu. Ketalaram ar SOS hromotestu tika konstatēta genotoksiskā aktivitāte. Ketalars – 2-(orto-horfenil)-2-(metilamino)-cikloheksanona hidroksīds, zināms arī ar nosaukumu kalipsols, ketamīns, vetalars u.c. – ir balts, kristālisks pulveris, viegli šķīdināms ūdenī (pH 3,5 – 5,5). Lieto vispārējai anestēzijai, ievadot vēnā vai muskulī. Etomidāts un rekofols atsevišķi neizraisīja genotoksisko efektu. Taču ketalara, etomidāta un rekofola maisījums deva 2 reizes augstāku genotoksisko efektu, nekā lietojot ketalaru vienu pašu. Tātad etomidāts un rekofols, nebūdami ar genotoksisko aktivitāti, palielina ketalara genotoksisko efektu. Šis fenomens vēl ir jāpēta sīkāk

Genotoksicitātes noteikšanas rezultāti vienmēr ir saistīti ar dažādu blakus faktoru ietekmi, tādēļ dažādos pētījumos, strādājot pat ar vienu un to pašu testsistēmu, nereti ir atšķirīgi rezultāti. Svarīgi, kādas vielas vienlaicīgi ar pārbaudāmo vielu atrodas maisījumā. Piemēram, H₂O₂ genotoksisko aktivitāti ievērojami paaugstina dzelzs jona klātbūtne [16]. Vai arī C vitamīnam nav genotoksiskās aktivitātes, bet vara klātbūtnē tā parādās. Acīmredzot abos gadījumos veidojas aktīvie skābekļa radikāļi, kas arī izraisa DNS bojājumus. Formaldehīds tīrā veidā nav izteikti genotoksisks, bet fiksatoros kopā ar etanolu izraisa ievērojami vairāk DNS bojājumu. Formaldehīds kļūst genotoksiskāks arī pie pH 3 un 40°C, salīdzinot ar aktivitāti pie pH 7 un istabas temperatūrā. Mūsu pētījumā iegūtie rezultāti liek ļoti rūpīgi izvērtēt tās vielas un reagentus, ar kuriem laboratorijās un sadzīvē bieži nonākam saskarē, ja tie uzrāda genotoksisko aktivitāti jau mikroorganismu testsistēmās. Tomēr galīgos secinājumus var izdarīt tikai tad, ja ir veikti ne tikai pētījumi, bet arī ar apkopoti epidemioloģiskie materiāli [17].

Summary

In this day pollution by organic compounds in the environment extends widely and the effects on human health are feared. More substances coming in contact with people and environment have got genotoxic features, which cause hereditary illnesses and tumors. Though cancer treatment becomes more and more effective, still the amounts of deaths from tumors caused by harmful substances are increasing from year to year. To reduce the effects of these harmful substances, they should be detected and avoided. Determination of genotoxic pollution and its dangerousness for living being is possible only with using biological methods. Unfortunately, there is no one universal system what lets us to determine the genotoxicity of some chemicals, which are widely used in laboratories (for scientific and practical purposes) as organic solvents, cytostatics, disinfectants and at al.

The researches are based on the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and SOS chromotest of the bacteria *Escherichia coli* test systems. *Saccharomyces cerevisiae* diploids H9 and H10 were obtained from Peterhoff genetic lines of XII race yeast. Heteroallelic diploids are adenine-deficient, and they accumulate red pigment in their cells. The number of secondary white colonies estimates the frequency of conversion. [5] Genotoxicity assays were carried out using SOS chromotest. This test is based on using the genetically modified *Escherichia coli* PQ37 strain, in which the lacZ is under the control of the *sfIA* gene. [6] Genotoxicity in samples was detected measuring the activity of SOS response of tester organism by evaluating β -galactosidase and alkaline phosphates activities were calculated according to Quillardet and Hofnung [7] $\text{unites} = A_{420} \times 10^3 / t$ (A_{420} = optical density units = $A_{420} \times 10^3 / t$ at 420 nm; t - substrate conversion time in min). The SOS chromotest has been successfully applied for estimation of

chemical compounds, which are industrially important, and widespread in the environment and in our food.

To perform experiments using SOS chromotest to find out biologically active substances used in labs – acetone, acridine orange, acridine yellow, chloroform, formaldehyde, furazolidone, glutaraldehyde, hydrogen peroxide, nalidixic acid, potassium dichromate and urethane.

The induction efficiency of gene conversion as well as the induction of respiratory-deficiency mutants of mutagens' both weak with expressed carcinogenity – urethane and strong with indistinct carcinogenity – formaldehyde where analysed with help of *Saccharomyces cerevisiae* gene *ade-2* lines adopted for the registration of gene conversion and respiratory-deficiency mutants. It was found that the activity of gene conversion induction depending on the substance concentration increases when the amount of yeast cell treatment substance grows. Increasing the amount of urethane more, the linear relationship disappears. It is known that the genotoxicity of urethane depends on its' metabolic activation. Therefore these results show that enzymes that metabolize urethane are able to convert only certain amount of urethane. Urethane induces respiratory-deficiency mutants as well.

Formaldehyde is an extremely reactive chemical that interacts with proteins, DNA and RNA *in vitro*. Formaldehyde is bactericidal, sporicidal and virucidal.

Formaldehyde induces the increase of conversion frequency as well. It takes place in formalde sublethal doses. The fact that formaldehyde induces gene conversion well and it causes the formation of respiratory-deficiency mutants at test that formaldehyde has carcinogenic activity. The genotoxic properties of 11 substances were studied using SOS chromotest. Results showed that furazolidone, nalidixic acid, hydrogen peroxide, potassium dichromate, acridine orange and acridine yellow was strong inducers of the SOS-repair system in strain of *E.coli* PQ37. The maximum values of IF coefficient of nalidixic acid influence was 12,8 at a dose $1 \cdot 10^{-4}$ of furazolidone - was 10,7 at a dose of 12,5 nmol per sample. Therefore, nalidixic acid and furazolidone undoubtedly is a genotoxic compounds. The hydrogen peroxide IF coefficient was 3,3 at a dose $1 \cdot 10^{-4}$. Hydrogen peroxide is a widely used biocide for disinfection, sterilization, and antiseptis. H_2O_2 is considered environmentally friendly, because it can rapidly degrade into the innocuous products water and oxygen. H_2O_2 act as an oxidant by producing hydroxyl free radicals which attack essential cell components – lipids, proteins, and DNS.

Furazolidone is a synthetic nitrofurans with a broad spectrum of antimicrobial actions and has been widely used as bacteriostatic drug in both humans and animals. Although the genotoxic activity of 5-nitro-furans, including furazolidone has been documented, their mechanism of action still remains unclear. The genotoxic effects of furazolidone are assumed to be due mainly to the products of its oxido-reductive metabolism, formation of incomplete reduction products (hydrogen peroxide and hydroxide radicals). Furazolidone has carcinogenic effect on fishes. [12]

Our results suggest the necessity to follow strict rules while working with the tested chemicals.

Secinājumi

1. Ar rauga *Saccharomyces cerevisiae* mutāciju uzskaites metodi un *Escherichia coli* SOS hromotesta metodi analizēta dažu medicīnas preparātu un laboratorijās izmantojamo vielu genotoksicitāte.
2. Ar SOS hromotesta metodi genotoksiskā aktivitāte tika konstatēta krāsvielām akridīndzeltenais un akridīnoranžais, dezinfektoriem – formaldehīdam, kālija dihromātam, ūdeņraža peroksīdam, furazolidonam, antibiotiskajai vielai nalidiksīnskabei un anestēzijas līdzeklim ketalarām.

3. Ar rauga *Saccharomyces cerevisiae* mutāciju uzskaites metodi genotoksicitāte konstatēta formaldehīdam un uretānam.
4. Ar SOS hromotesta metodi netika konstatēta genotoksiskā aktivitāte acetnam, glutaraldehīdam, hloroformam un uretānam, kuram rauga mutāciju uzskaites sistēmā ir izteikta genotoksiskā aktivitāte.
5. Salīdzinot rezultātus, kas iegūti, dažādām vielām nosakot genotoksicitāti ar SOS hromotesta metodi, rauga *S.cerevisiae* metodi un literatūrā atrodamajām vēl citām metodēm, jāsecina, ka ar dažādām metodēm iegūtie rezultāti ne vienmēr sakrīt, kas apliecina, ka jāizmanto vairākas metodes, lai varētu pārliecinoši apstiprināt vai noliegt kādas vielas genotoksicitāti arī attiecībā uz cilvēku.

Literatūra

1. Douglas, M.P., Rogers, S.O. DNA damages caused by common cytological fixatives. *Mut. Res.* 1998, V 401, pp. 77-88.
2. Ptitsyn, L.R., Horneck, G., Komova, O., Kozubek, S., Krasavin, E., Boney, M., Rettberg, P. A biosensor for environmental genotoxin screening based on an SOS lux assay in recombinant *Escherichia coli* cells. *Appl. Env. Microbiology*, 1997. V 63, pp. 437-4384.
3. La Curieux, F., Marzin, D., Erb, F. Comparison of three short-term assays: results on seven chemicals. Potential contribution to the water genotoxicity. *Mut research*, 1993. V 319, pp. 223-236.
4. Speit, G., Merk, O. Evaluation of mutagenic effects of formaldehyde in vitro: detection of crosslinks and mutations in mouse lymphoma cells. *Mutagenesis*, 2002. V.17, p. 183-187.
5. Toma, S., Raipulis, J. The recombinogenic and mutagenic influence of formaldehyde on yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Proc. Latv. Acad. Sci*, 1996. V 50, p. 126-129.
6. Marrin, D., Olivier, P., Vorhi, H. Kinetic determination of enzymatic activity and modification of metabolic activation system in the SOS chromotest. *Mutation Res.*, 1986. V. 164, p. 353-359
7. Quillander, P., Hofnung, M. The SOS chromotest: areview. *Mutation Research*, 1993. V 297, pp. 235-248.
8. Schmidt, E., Goegelmann, W., Bauchinger, M. Formaldehyde induced cytotoxic, genotoxic and mutagenic response in human lymphocytes and *Salmonella typhimurium*. *Mutagenesis*, 1986. V. 1 p. 427-431.
9. Grafstrom, R.C., Hsu, C.J., Harris, C.C. Mutagenicity of formaldehyde in Chinese hamster lung fibroblasts: synergy with ionizing radiation and N-nitroso-N-methylurea. *Chem.-Biol. Interaction*, 1993. V. 86.
10. McLaughlin, J.K.. Formaldehyde and cancer: a critical review. *Int. Arch. Occup. Environ. Helth.*, 1994. V. 66, p. 295-301.
11. Svensson, K. Studies of to vinyl chloride, urethane, 1,2-dichlorourethane and propone with respect to metabolism, covalent binding to macromolecules and genotoxic risk. *Univ. Stocholm*, 1988. 69 p.
12. Auro, A., Sumano, H., Ocampo, L., Barragan, A. Evaluation of the carcinogenic effects of furazolidone and its metabolites in two fish species. *Pharmacogenomics*, 2004. V 4, pp. 24 -28.
13. Guzella, L., Monarea, S. Zani, C., Feretti, D. Zerbini I. et al. In vitro potential genotoxic effect of surface drinking water treated with chlorine and alternative disinfectants. *Mut Res.*, 2004. V 564, pp. 179-193.
14. McDonnell, G., Russell, A. Antiseptics and disinfectants: activity, action and resistance. *Clin Microbial. Review*, 1999. V 12, pp. 147-197.
15. Pohl, L.R.. Krishna, G. Deuterium isotope effect in bioactivation and hepatotoxicity of chloroform. *Life Science*, 1978. V 23, pp. 1067-1072.
16. Marczevska, J., Koziorowska, J. Effects of iron and copper ions on the inducibility of hydrogen peroxide in *E.coli*. *Acta Pol. Pharm*, 2000. V 57, pp. 49-52.
17. Trosko, J., Uphom, B.L. The emperor wears no clothes in the field of carcinogen risk assessment: ignored concepts in cancer risk assessment. *Mutagenesis*, 2005. V 20, pp. 81-92.

**CHEMICAL COMPOSITION OF TILE GLAZE AS POTENTIAL
SOURCE OF SOIL CONTAMINATION**
*GLAZĖTO FLĪŽU ĶĪMISKAIS SASTĀVS KĀ POTENCIĀLAIS GRUNTS
PIESĀRŅOJUMA AVOTS*

Ričardas Taraškevičius¹, Rimantė Zinkutė¹, Alfredas Radzevičius¹, Dainius Strazdas²

¹Institute of Geology and Geography, T. Ševčenkos 13, LT-03223 Vilnius, Lithuania

ph: +(370-5)2104708, fax: +(370-5) 2104695,

taraskevicius@geo.lt, zinkute@geo.lt, alfredas.radzevicius@geo.lt,

²Vilnius Shop of Ceramicists, Užupio 9/2, LT-01202, Vilnius, Lithuania

dainius.strazdas@yahoo.com

Abstract. *The paper deals with the chemical composition of coloured glaze of 16 tiles from restored furnace of Biržai castle. It demonstrates that glaze is enriched with different elements compared to soil and therefore can be one of the multiple contamination sources of soil, especially in the old urban quarters. High variability of element contents in glaze is predetermined by its colour. However, Bi, Sb, Ag, Pb, Sn, Cu are elements-indicators of coloured glaze chemical composition. 1 g of coloured glaze added to 1 kg of soil causes at least medium level of local contamination.*

Keywords: *colour, contamination indices, glazed tiles, heavy metals, historical quarters, urban soil*

Introduction

Intensive anomalies of heavy metals and (or) other toxic chemical elements are often found in the old urban quarters, e.g. in Senamiestis and Naujamiestis districts of Vilnius [1]. Some anomalies there can be explained by historical development, when the old constructions are ruined and their debris becomes soil constituent. The breakage of coloured glazed ceramics is a frequent ingredient of old cultural layers. The aim of research was to determine the elements-indicators of the coloured glaze of tiles and to find out if coloured glaze can be the source of local anomalies of heavy metals and other toxic chemical elements in urban soil.

Materials and methods

The analytical results of glaze of 16 tiles from restored furnace of Biržai castle were used for evaluation. There were 10 different colours of glaze: sky blue (2 samples), white (3 samples), black (4 samples), blue, turquoise, green, yellow, brown, purple and colourless (1 sample of each). AES analysis was done in laboratory the Institute of Geology and Geography (Lithuania). The real total contents of the following elements were determined: Ag, As, B, Ba, Bi, Co, Cr, Cu, Ga, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Sn, Ti, V, Y, Zn, Zr, and W. Quality control of laboratory is assured by its participation (since 1997) in "International Soil-analytical exchange" program organised by WEPAL. For evaluation of the relative enrichment of chemical elements in glaze compared to soil, the coefficients of concentration (Kk) were calculated. Their values for most elements were computed in comparison with Lithuanian soil background values [2], except for Sb, Bi and W, the soil background values of which (1 mg/kg, 0.2 mg/kg and 1.7 mg/kg, respectively) were based on investigations in other countries. Mean values of Kk were calculated for sky blue, white and black glaze in order to compare with glaze of other colours. Only 13 elements, i.e. Ag, As, Bi, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn, W were chosen for characterization of glaze, because their Kk (or mean Kk) were higher than 10 in at least one glaze colour. For each colour the elements were subdivided into groups according to the following intervals of Kk (or mean Kk): I ($Kk \geq 10000$); II ($10000 > Kk \geq 1000$); III ($1000 > Kk \geq 100$); IV ($100 > Kk \geq 10$). In each group the elements were listed according to descending values of their Kk (As and W were mentioned only when their

content was above the detection limit). Also additive accumulation indices Z_a were calculated for each colour by summing up K_k of 11 elements (except for As, W). For each of these elements and each glaze colour the mass of this glaze added to 1 kg of soil and resulting in the element content in contaminated soil higher than maximum permitted concentration (MPC) was calculated. Possible contamination level of 1 kg of soil by 1 g of each glaze colour was also estimated according to the same 11 elements.

Results and discussion

According to Z_a the glaze of different colour can be arranged in the following way: blue > purple > white > yellow > brown > black > sky blue > turquoise > colourless > green (Fig. 1).

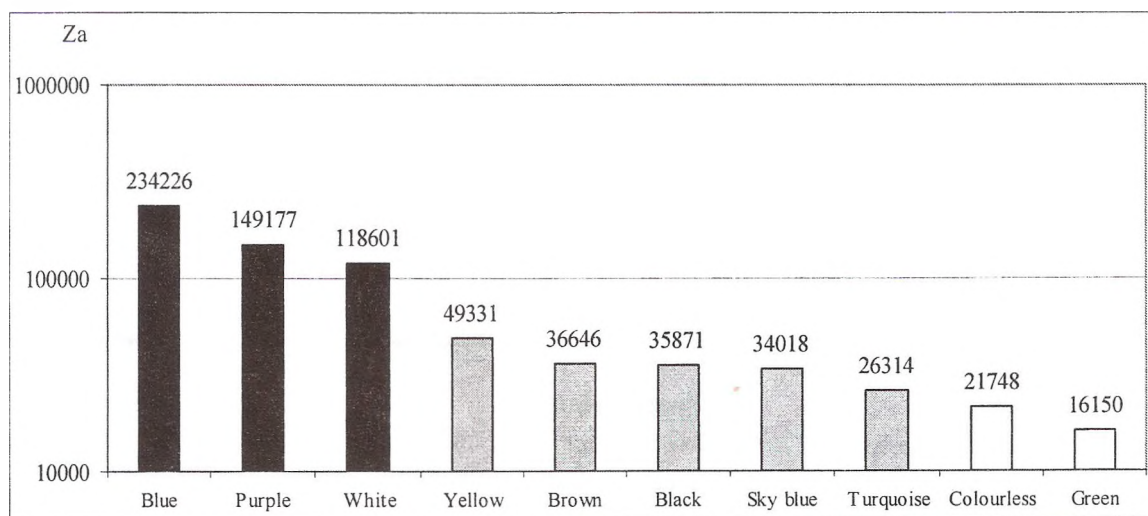


Fig. 1. Average additive accumulation indices (Z_a) of various colour glaze

Enrichment in Bi, Sb, Ag, Pb, Sn, Cu is observed in glaze of all colours (Table 1). Therefore these 6 elements are indicators of glaze. Arsenic is also found in almost all glazes, except for colourless, green and brown. Besides, some colours are characterised by specific elements: blue glaze by Co($K_k=20380$), Ni(327), Mo(149), purple by W(441), Mn(64) and Zn(12), brown by W(403), Mn(110), Co(31), Zn(19), black by W(155) and Mn(110).

Table 1.

Distribution of elements among groups in glaze of different colour

Glaze	I ($K_k > 10000$)	II ($10000 > K_k > 1000$)	III ($1000 > K_k > 100$)	IV ($100 > K_k > 10$)
Blue	Bi > Co > Pb	Ag > Sn > Sb > As	Cu > Ni > Mo	–
Purple	Bi > Sn	Pb	Ag > Sb > W > As > Cu	Mn > Zn
White	Bi, Sn, Ag	Pb	Sb, As	Cu
Yellow	Sb, Pb	Sn	Ag, Bi, As	Cu
Brown	Pb, Ag	Bi	Sb, W, Sn, Mn	Co, Cu, Zn
Black	Bi	Pb, Ag, Cu, Sb	Sn, W, As, Mn	–
Sky blue	Sn, Pb	Sb, Ag	Bi, Cu, As	–
Turquoise	Sn	Pb, Cu, Ag, Bi	Sb, As	–
Colourless	Pb	Ag	Sb, Sn	Bi, Cu
Green	–	Pb, Ag, Cu, Bi	Sb	Sn

The group of coloured glaze with $Z_a > 100000$ is predetermined by the highest enrichment ($K_k > 50000$) in Bi, followed by Sn, Pb ($K_k > 5000$) (Fig. 2), the group with Z_a from 25000 to 50000 is – by high enrichment ($K_k > 5000$) in Pb in different combinations with Sb, Sn, Bi, Ag depending on the colour (Fig. 3) and the group with $Z_a < 25000$ – by the highest accumulation ($K_k > 5000$) of Pb and Ag, for green colour also with high $K_k (> 1000)$ of Cu and Bi (Fig. 4).

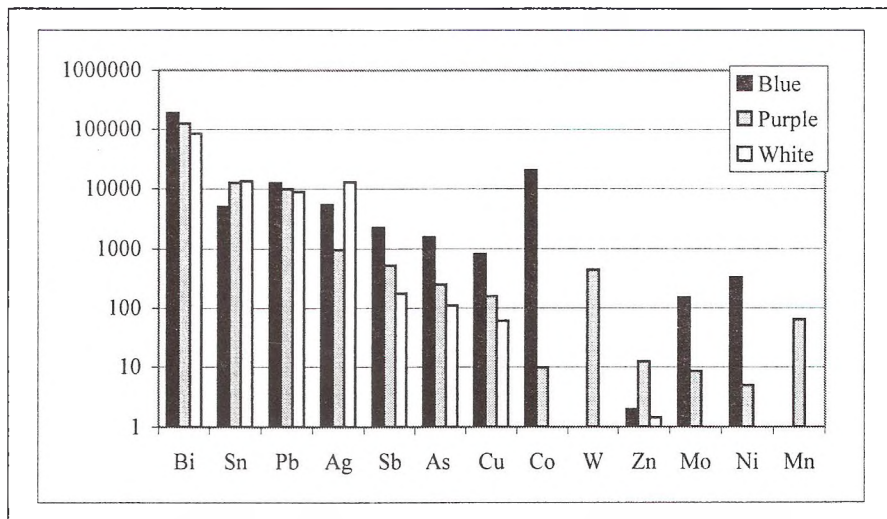


Fig.2. Enrichment of elements in coloured glaze group with highest (>100000) Zn

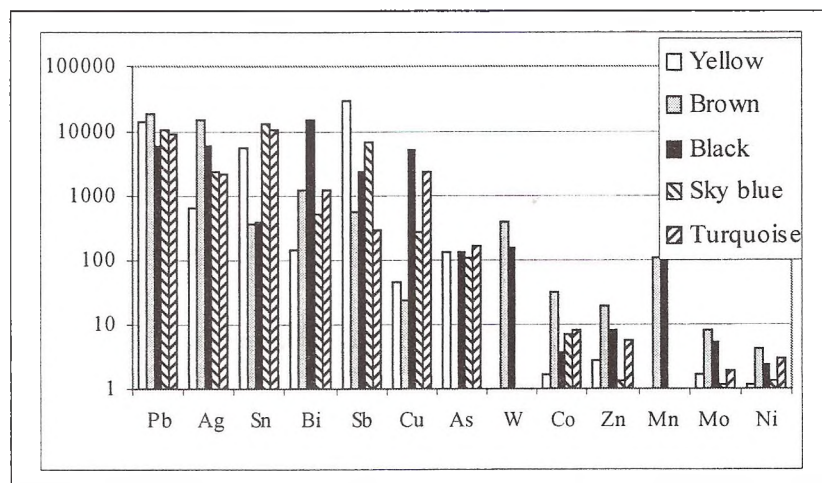


Fig.3. Enrichment of elements in coloured glaze group with medium (25000-50000) Zn

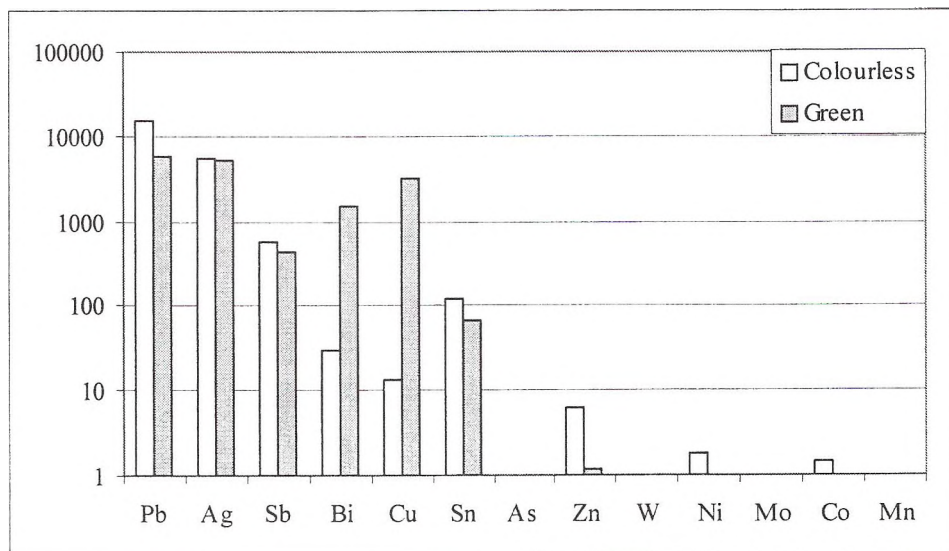


Fig.4. Enrichment of elements in coloured glaze group with lowest (<25000) Zn

There is distinct grouping of white and black glaze samples, but not sky blue samples according to 6 elements-indicators (Fig. 5). Also the group of the colours with the highest enrichment in 11 elements (blue, purple and white glaze) is well separated from other colours.

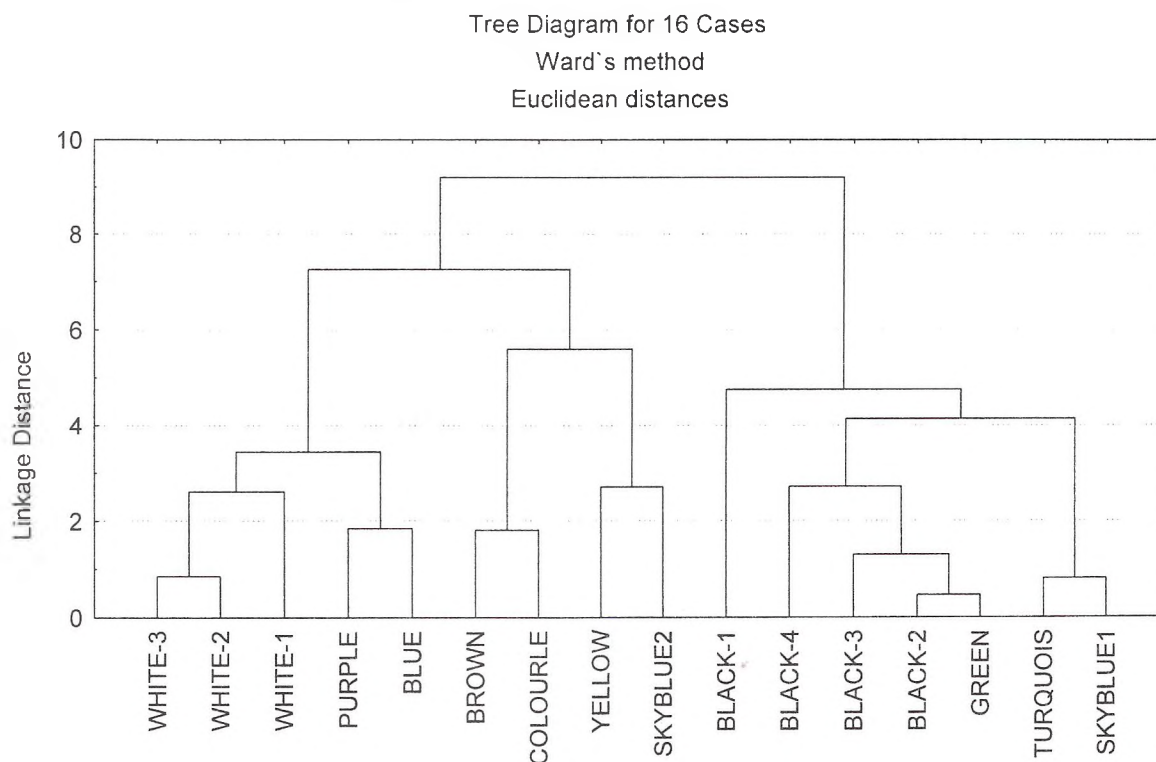


Fig.5. Cluster analysis results of glazes according to enrichment of Bi, Sb, Ag, Pb, Sn, Cu
Explanation: "turquoise" – turquoise, "skyblue" – sky blue, "colourle" – colourless, the colour is followed by the number.

For most of the above-mentioned 11 elements (except for Mn), the median concentration coefficients in all analysed glazes are higher than 1, indicating enrichment of glaze in these elements (Fig. 6). Six elements-indicators of glaze (Pb>Sn>Ag>Bi>Sb>Cu) have much higher median enrichment compared Zn, Co, Ni and Mo.

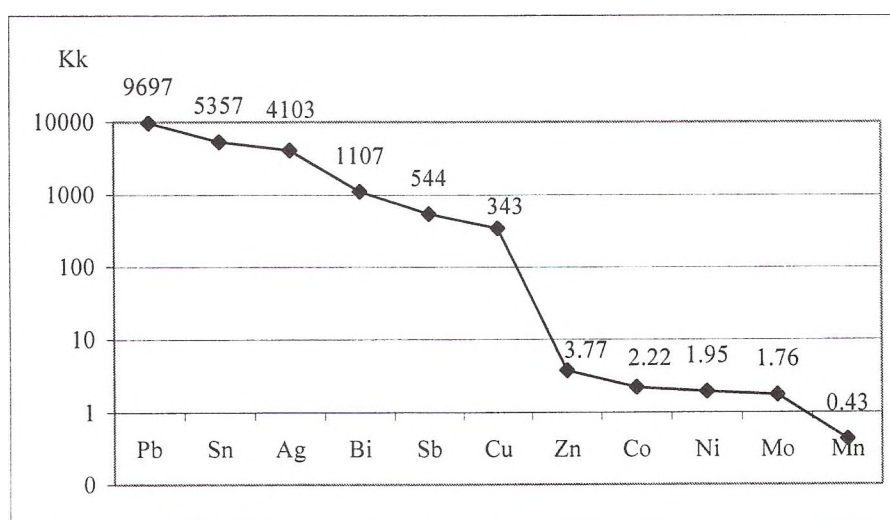


Fig.6. Median enrichment of elements in all investigated glaze

Two indices are used in Lithuania for evaluation of soil quality in residential districts: *coefficient of danger* K_0 and *total (additive) contamination index* Z_d [3]. The first one is calculated as a ratio of element content in soil to maximum permitted concentrations (MPC) in soil. The index Z_d depends on the number of contaminants and sum of their concentration coefficients, which are calculated by dividing the element concentration in soil by its background value. Investigations in Russia [4] and later in Vilnius [5] have shown that Z_d index is related to sick children rate. The same four categories of danger can be determined according to each index: allowable (A), medium dangerous (MD), dangerous (D) and extremely dangerous (ED). Soil quality is estimated by choosing the more dangerous category from two different categories (according to K_0 and according to Z_d). Medium dangerous, dangerous or extremely dangerous categories of soil contamination will be called hazardous contamination.

To show the possibility of the above-mentioned 11 elements to form anomalies in urban soil contaminated with breakage of glazed tile, the following estimation has been done. For each element and each glaze colour the minimum mass of glaze, the addition of which to 1 kg of soil results in element soil content higher than its MPC, was calculated (Table 2). When element content exceeds MPC, soil contamination is hazardous. While Bi has no MPC, the limit of its 16 background values was chosen instead of MPC. This is because when the concentration coefficient of an element exceeds 16, the element alone causes hazardous soil contamination. The limit of 16 background values was chosen also for W, as it has no defined MPC values. The following classification of masses was chosen: <1 g extremely low mass, 1-10 g – low mass, 10-100 g – medium mass, 100-500 g – high mass, >500 g – not realistic mass.

It is obvious that the elements-indicators of glaze pollution (Pb, Sn, Ag, Bi, Sb and Cu) can create hazardous soil contamination. Very low mass of whatever glaze colour added to 1 kg of soil creates hazardous soil contamination by Pb (Table 2). Hazardous soil contamination by Sn can be created by very low mass of most glaze colours (except for brown, black, colourless and green) or medium mass of whatever glaze colour. Hazardous soil contamination by Ag can be formed by low mass of most glaze colours (except for yellow, purple, sky blue and turquoise) or medium mass of whatever glaze colour. Hazardous soil contamination by Bi can appear due to very low mass of blue, purple, white or black glaze, medium mass of most glaze colours (except for yellow and colourless) or high mass of yellow glaze. Hazardous soil contamination by Bi from colourless glaze is not realistic. Hazardous soil contamination by Sb can be caused by very low mass of yellow glaze, low mass of blue, black or sky blue glaze or medium mass of whatever glaze colour. Hazardous soil contamination by Cu can be caused by low mass of black, turquoise or green glaze, medium mass of blue, purple or sky blue glaze or high mass of white or yellow glaze. Hazardous soil contamination by Cu from brown and colourless glaze is not realistic.

Hazardous soil contamination by other 5 elements (Zn, Co, Ni, Mo and Mn) is either not realistic at all (Zn) or can be formed only by some colours of glaze (Co – by very low mass of blue glaze or high mass of brown glaze, Ni and Mo – by medium mass of blue glaze, Mn – by medium mass of purple, brown or black glaze).

Some glaze colours are enriched with As or W. Medium mass of purple or brown glaze will result in hazardous soil contamination by W. Low mass of blue, medium mass of purple, yellow, sky blue or turquoise glaze result in hazardous soil contamination by As.

While each colour of glaze is enriched with many elements, even very low mass of glaze can create hazardous soil contamination. The theoretical contamination levels were calculated for 1 kg of soil contaminated by 1 g of different colour glaze (Table 3). It is obvious that even very small mass (1 g) of each glaze colour creates at least medium dangerous category of

contamination. This is because in all cases at least one element (Pb) exceeds its MPC. The MPC values of Sn are also often exceeded, in blue glaze – of Co and in yellow glaze – of Sb. The categories of soil contamination due to exceeding MPC values are usually medium dangerous (except for Co in blue glaze and Pb in brown glaze, which cause dangerous category of soil contamination). The final category of soil contamination is predetermined by Zd index, which ranges from 17 for green glaze to 235 for blue glaze. Blue or purple glaze causes extremely dangerous category of soil contamination, white, yellow, brown, black or sky blue – dangerous and turquoise, colourless or green – medium dangerous. All this proves that chemical composition of tile glaze is potential source of soil contamination.

Table 2.

Estimation of the mass of different colour glaze to be added to 1 kg of soil for creating hazardous soil contamination

	Pb	Sn	Ag	Bi	Sb	Cu	Zn	Co	Ni	Mo	Mn
Soil background (mg/kg)	15.1	2	0.065	0.2	1	8.9	28.1	4.6	12.6	0.67	390
Soil MPC (mg/kg)	100	10	2		10	100	300	30	75	5	1500
16 background values (mg/kg)	242	32	1	3	16	142	450	74	202	11	6240
Element content (mg/kg) in glaze											
Glaze colour	Pb	Sn	Ag	Bi	Sb	Cu	Zn	Co	Ni	Mo	Mn
Blue	187500	10000	350	37500	2250	7250	55	93750	4125	100	213
Purple	150000	25000	63	25000	525	1400	350	45.0	62.5	5.8	25000
White	133333	26667	833	16675	177	540	40	2.2	8.5	0.5	93
Yellow	214286	11429	43	29	28571	400	74	7.4	14.3	1.1	34
Brown	285714	714	1000	243	571	214	543	142.9	52.9	5.4	42857
Black	93533	803	384	3149	2377	45580	219	17.2	30.1	3.4	42763
Sky blue	162500	26667	150	106	6797	2457	37	32.7	17.1	0.8	94
Turquoise	142857	21429	143	243	300	21429	157	37.1	37.1	1.3	271
Colourless	235294	235	353	6	565	118	176	6.8	22.4	0.6	71
Green	88889	133	333	300	444	27778	33	1.4	10.4	0.6	89
Mass of glaze (grams) to be added to 1 kg of soil in order to exceed soil MPC or limit value											
Glaze colour	Pb	Sn	Ag	Bi	Sb	Cu	Zn	Co	Ni	Mo	Mn
Blue	0.45	0.80	5.56	0.1	4.02	12.7		0.27	15.4	45.6	
Purple	0.57	0.32	32.0	0.1	17.5	70.1	5438	1693		5773	47.2
White	0.64	0.30	2.33	0.2	54.0	207					
Yellow	0.40	0.70	47.4	118	0.32	304					
Brown	0.30	11.4	1.94	12.5	16.0	797	1120	225		10103	26.8
Black	0.91	10.1	5.07	1.0	3.80	2.00					26.9
Sky blue	0.52	0.30	13.1	29.1	1.33	38.7		9525			
Turquoise	0.59	0.37	13.7	12.5	31.0	4.27		3556			
Colourless	0.36	35.5	5.51	1118	16.2	5162					
Green	0.96	64.9	5.84	10.1	20.7	3.29					

Explanation: not realistic mass of glaze, which is necessary to add to 1 kg of soil for creating its hazardous contamination is indicated in bold. As Bi has no defined MPC values, the value equal to its 16 background values was used as a limit value for determination of hazardous soil contamination.

Of course the mobility of contaminants in glaze should be studied. It is only known that elements in overglaze-decoration are mobile, because acid leaching 24-h tests with 4% acetic acid applied to overglaze-decorated porcelain dinnerware manufactured in European and Asian countries before the mid-1970s showed that half of the samples released lead in concentrations exceeding the US allowable maximum of 3.0 µg/ml and that there were dishes, which released Cd, Zn, Co, Cu and Cr [6].

Table 3.

Estimation of soil contamination level, when 1 g of glaze is added to 1 kg of soil

Colour	Element Kk in contaminated soil											Zd	Contamination categories according to		
	Pb	Sn	Ag	Bi	Sb	Cu	Zn	Co	Ni	Mo	Mn		Zd	K ₀	Both
Blue	13.4	6.0	6.4	188	3.2	1.8	1.0	21.4	1.3	1.1	1.0	235	ED	D(Co),MD(Pb, Sn)	ED
Purple	10.9	13.5	2.0	126	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	150	ED	MD(Pb,Sn)	ED
White	9.8	14.3	13.8	84.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	119	D	MD(Pb,Sn)	D
Yellow	15.2	6.7	1.7	1.1	29.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	50	D	MD(Pb,Sn, Sb)	D
Brown	19.9	1.4	16.4	2.2	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	38	D	D(Pb)	D
Black	7.2	1.4	6.9	16.7	3.4	6.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	37	D	MD(Pb)	D
Sky blue	11.7	14.3	3.3	1.5	7.8	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	35	D	MD(Pb,Sn)	D
Turquoise	10.5	11.7	3.2	2.2	1.3	3.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	27	MD	MD(Pb,Sn)	MD
Colourless	16.6	1.1	6.4	1.0	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	23	MD	MD(Pb)	MD
Green	6.9	1.1	6.1	2.5	1.4	4.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	17	MD	MD(Pb)	MD

Possible categories of danger according to K₀: A – allowable (K₀≤1), MD – medium dangerous (1<K₀≤3), D – dangerous (3<K₀≤10), ED – extremely dangerous (K₀>10). Possible categories of danger according to Zd: A – allowable (Zd<16), MD – medium dangerous (16<Zd≤32), D – dangerous (32<Zd≤128), ED – extremely dangerous (Zd>128).

Conclusion

The elements with the highest median accumulation in the coloured glaze of tiles compared to soil background are Pb>Sn>Ag>Bi>Sb>Cu. They are indicators of chemical composition of all colours of glaze. High enrichment of glaze in As is also usual. The contents of the elements in glaze are related to their colour, so high enrichment in Co, W, Ni, Mn, Mo, Zn is characteristic of some colours. Different glaze colours can cause unequal level of soil contamination. For some elements (especially Pb and Sn, in some of glaze colours also Bi, Sb, Co), even 1 g of glaze added to 1 kg of soil can create hazardous soil contamination by this element. While each colour of glaze is enriched with many elements, this mass of glaze always creates hazardous soil contamination. So it is obvious that glazed tile breakage can form local heavy metal anomalies in urban soil. Such anomalies can also be found in the sites of manufacturing of ceramics. For explanation of anthropogenic anomalies in soil it is recommended to take interest in urban history. It is not recommended to bury the breakage of glazed multicolor ceramics in the ground of the garden, especially if it is used for vegetable-growing, horticulture or other agrarian purposes.

Bibliography

1. Taraškevičius, R. Heavy metals in soil of Naujamiestis, Senamiestis, Šnipiškės, Žirmūnai, Žvėrynas and Antakalnis districts of Vilnius city. *Aplinkos inžinerija* (Environmental Engineering), vol. 8, No 3. Vilnius: Technika, 2000, p. 137-145 (in Lithuanian).
2. Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A., Taraškevičius, R. *Geochemical atlas of Lithuania*. Vilnius, 1999, 90 p.: 18 tables+162 maps (in Lithuanian and English).
3. HN 60-2004. Lithuanian hygienic norm HN 60:2004 "Maximum permitted concentrations of hazardous substances in soil". *Valstybės žinios* (State news), 2004, No. 41-1357 (in Lithuanian).
4. Revich, B.A., Sayet, Yu.E. Heath status of children in industrial towns with different territorial geochemical structure. *Вестник Академии Медицинских наук СССР* (Bulletin of Academy of Medical Sciences of the USSR), 1989, vol. 8, p. 14-18 (in Russian).
5. Krasilsčikovas, D., Jatulienė, N., Taraškevičius, R., Barysienė, R., Michailenko, N. The quality of surrounding environment and preschool age sick children rate in a large industrial centre. *Sveikatos apsauga* (Health protection), 1988, No 11, p. 11-13 (in Lithuanian).
6. Sheets, R.W. Release of heavy metals from European and Asian porcelain dinnerware. *The Science of The Total Environment*, Vol. 212, Issues 2-3, 1998, p. 107-113.

BARĪBAS PIEDEVAS BIOLOĢISKAJĀ KAZKOPĪBĀ *FEED ADDITIVES IN NUTRITION OF ORGANIC GOAT*

Jāzeprs Sprūžs, Elita Šeļegovska

LLU LF, Lielā iela 2, Jelgava, Latvija LV 3001,
e-pasts: egleg@llu.lv; elita.seļegovska@llu.lv

Inesa Remeza

Rīgas Stradiņa universitāte

Svetlana Vasiļjeva

Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts

Abstract. *Goats fed on high quality and valuable forage provide the production of high quality milk and dairy product. Improper and poor feeding during lactation period reduce milk yield, weaken animal's organism, has an influence on breeding and fertility ability and metabolic processes in goats. The goal of our research was to assess the influence of different feed additives on organic goat milk productivity and quality indices. In Latvian local goat feeding of sunflower cake and buckwheat meal increased milk yield by 7,3%, reduced feed units by 3,8% and by 5,2% reduced consumption of digestible protein as well as increased milk fat and protein content in goat milk by 10% and 4,7% respectively compare to control. Feeding of wheat bran and buckwheat meal increased milk yield by 5,4%, reduced feed units by 1,5% and by 3,0% reduced consumption of digestible protein as well as increased protein content in goat milk by 3,0% compare to control. Results of milk analysis on milk cells cytology and immunity indices show that feed additives used, and particularly sunflower cake and buckwheat meal, have a beneficial effect on immunity in animal organism.*

Keywords: *Immunity, organic goat, nutrition.*

Ievads

Pašreizēja situācija Latvijas lauksaimniecībā liek zemnieku saimniecībām meklēt iespējas jaunu biznesa veidu attīstīšanai, un kā vienu no tiem varētu minēt bioloģiskās lauksaimniecības virzienu – kazkopību. Oficiāli bioloģiskā lauksaimniecība un arī kazkopība Latvijā sevi ir pieteikusi kopš 1991. gada, taču par nopietnu nodarbošanos ilgi netika uzskatīta. Tikai pēdējos piecos gados kazkopības bioloģiski ražotie produkti sāk biežāk parādīties Latvijas tirgū. Pircējam vispirms ir jāpārlicinās, ka tie viņu veselībai ir vislabākie, un tikai abpusēja izpratne patērētāja un ražotāja starpā veicinās šīs pārtikas izplatību tirgū. Kazkopības produkcijas ražotājiem un patērētājiem palīgā jānāk zinātnei, kas pierādīs šo produktu drošumu, veselīgumu, kā arī rentablas ražošanas iespējas.

Šajā darbā mēs novērtējam, kā dažādas barības piedevas ietekmē kazu veselību, viņu imunitātes sistēmu un piena produktivitāti un kvalitāti. Diemžēl ir ļoti maz darbu, kuros ir pētīti kazu piena citoloģiskie un imunoloģiskie faktori [1]. Kazu imunitātes sistēma realizē organisma aizsardzību no vīrusiem un vielām, kuras nes svešu ģenētisko informāciju [2]. T- .B- limfocīti un A - šūnas ir imunitātes sistēmas galvenie faktori. Kopā ar tiem organisma aizsardzībā piedalās imūnglobulīni, tajā skaitā cirkulējošie imūnkompleksi (CIK), kā arī piedalās tā saucamie organisma aizsardzības nespecifiskie (dabiskie) faktori - fagocīti un humorālie faktori (lizocīms u.c.) [3]. Nosaukto imunitātes komponentu izmeklēšana var atspoguļot un atspoguļo ne tikai kazu organisma veselību, bet arī eksogēno un endogēno faktoru ietekmi uz to.

Materiāli un metodes

Izmēģinājumu veicām Talsu rajona zemnieku saimniecībā "Bērzi", izmēģinājuma periods - 184 dienas. Sagatavošanas periods, kurš ilga divas nedēļas, ēdināšanas, turēšanas un kopšanas apstākļi visām izmēģinājumā iekļautajām Latvijas vietējām kazām bija vienādi. Pirmo četru

izmēģinājuma mēnešu shēma parādīta 1.tabulā. Pētījuma grupās tika iekļauti 2. līdz 4. laktācijas kazas ar līdzīgu miesas uzbūvi un barojuma pakāpi.

1.tabula

Izmēģinājuma shēma

<i>Grupas</i>	<i>Dzīvnieku skaits grupā</i>	<i>Barības deva</i>
1.kontroles	10	Ganību zāle + siens + auzu milti + kviešu milti + griķu milti(PB)
2.izmēģinājuma	10	PB (ganību zāle + siens + auzu milti + kviešu milti + griķu milti) + 0,2 kg kviešu klijas
3.izmēģinājuma	10	PB (ganību zāle + siens + auzu milti + kviešu milti) + 0,1 kg griķu milti + 0,1 kg saulespuķu raušu

Barības vielu vajadzību dzīvniekiem noteicām atbilstoši kazu dzīvībai un izslaukumam, vadoties pēc Latvijā pieņemtajiem normatīvajiem noteikumiem [4].

Barības vienību, kopproteīna, sagremojamā proteīna, kalcija, fosfora, karotīna un galveno bioloģiski aktīvo vielu daudzuma pirmās, otrās un trešās grupas kazu barības devas bija praktiski līdzvērtīgas (2., 3., 4. tab.), ņemot vērā lopbarības katalogu vidējos rādītājus.

2.tabula

Diennakts barības deva pirmās kontroles grupas kazām

<i>Barības līdzekļi</i>	<i>Daudzums, kg</i>	<i>Barības vienības, kg</i>	<i>Sagremojamais proteīns, g</i>	<i>Ca, g</i>	<i>P, g</i>	<i>Karotīns, mg</i>
Ganību zāle	5,0	1,0	83	8,5	4,0	125
Siens	1,0	0,47	45	8,9	7,2	30
Auzu milti	0,8	0,8	72	0,8	2,4	-
Kviešu milti	0,1	0,1	12	0,1	0,3	-
Griķu milti	0,2	0,2	40	1,2	1,8	-
Kopā	x	2,57	252	19,5	10,7	155

3.tabula

Diennakts barības deva otrās izmēģinājumu grupas kazām

<i>Barības līdzekļi</i>	<i>Daudzums, kg</i>	<i>Barības vienības, kg</i>	<i>Sagremojamais proteīns, g</i>	<i>Ca, g</i>	<i>P, g</i>	<i>Karotīns, mg</i>
Ganību zāle	5,0	1,0	83	8,5	4,0	125
Siens	1,0	0,47	45	8,9	2,2	30
Auzu milti	0,8	0,80	72	0,8	2,4	-
Kviešu klijas	0,2	0,20	26	0,2	1,2	-
Kviešu milti	0,1	0,10	12	0,1	0,3	-
Griķu milti	0,1	0,10	20	0,1	0,3	-
Kopā	x	2,67	258	18,6	10,4	155

Ar pirmo oktobri visu grupu kazas sāka saņemt 3 kg skābsiena un 1,5 kg siena un augstāk minētās piedevas.

Tad pirmās kontroles grupas kazu barības devā bija 2,82 barības vienības, 311 g sagremojamā proteīna, 14,6 g kalcija, 10,6 g fosfora un 105 mg karotīna. Otrās izmēģinājumu grupas kazu barības devā bija 2,92 barības vienības 17 g sagremojamā proteīna, 14,7 g kalcija, 10,3 g fosfora un 105 mg karotīna. Trešās izmēģinājuma grupas kazu barības devā bija 3,02 barības vienības, 312 g sagremojamā proteīna, 15,1 g kalcija, 10,7 g fosfora un 105 mg karotīna.

Diennakts barības deva trešās izmēģinājuma grupas kazām

Barības līdzekļi	Daudzums, kg	Barības vienības, kg	Sagremojamais proteīns, g	Ca, g	P, g	Karotīns, mg
Ganību zāle	5,0	1,0	83	8,5	4,0	125
Siens	1,0	0,47	45	8,9	2,2	30
Auzu milti	0,8	0,8	72	0,8	2,4	-
Kviešu milti	0,1	0,1	12	0,1	0,3	-
Griķu milti	0,1	0,1	20	0,6	0,9	-
Saulespuķu rauši	0,1	0,12	21	0,1	1,0	-
Kopā	x	2,59	253	14,0	10,8	155

Visu grupu kazām bija pieejams minerālvielu un mikroelementu laizāmais bloks "CODIBLOCUAB" bioloģiskajām saimniecībām, kas satur: 14% Ca, 5% P, 3% Mg, J - 60 mg l kg, ZN - 5000 mg/kg un Se - 15 mg/kg.

Izmēģinājumu gaitā katras kazas izslaukums tika izmērīts ar precizitāti līdz $\pm 0,05$ kg. Piena tauku, olbaltumvielu, laktozes saturu un somatisko šūnu daudzumu noteicām pēc dienas vidējā parauga vienu reizi mēnesī ar aparāta *Milko Lcen 133* palīdzību. Kazu piena vienā mkl tika saskaitīti leukocīti, tika noteikta fagocitozes reakcija [5]. Verifikola graduētā tika izdalīti limfocīti [6]. Šūnas tika resuspendētas *Igla* barotnē līdz koncentrācijai 5×10^5 š/mkl un, izmantojot Garajeva kameras palīdzību, tika saskaitītas. T un B šūnu noteikšanai tika pielietota rozetes veidošanas metode [7], pirms reakcijas tās stimulējot [8], fagocitozes noteikšanai pielietojām *Zimozānu* [5], bet A šūnas tika noteiktas ar imūnadherensa reakcijas metodi [9]. Visus uz stikliņiem sagatavotos šūnu preparātus krāsoja ar Majgrinvalda krāsu uz mentola bāzes 7 minūtes. Sagatavotie preparāti tika novērtēti ar imersijas palielinājumu 10×90 .

LU Bioloģijas institūta Dzīvnieku bioķīmijas un fizioloģijas laboratorijā kazu pienā tika noteikt lizocīms [10] un cirkulējošo imūno kompleksu (CIK) daudzums [1].

Aminoskābju sastāvu kazu piena paraugos noteica, izmantojot jonu apmaiņas metodi olbaltumvielu hidrolīzei ar 6 NHCl inertā atmosfērā ar automātiskā analizatora T 339 (Microtechna Praha) palīdzību.

Rezultāti un to izvērtējums

Izmēģinājuma laikā no kontroles grupas kazām tika izslaukti 3720 kg piena vai 372 kg piena no katras kazas, t.i., 2,02 kg dienā (5.tab.).

Izslaukums izmēģinājuma laikā, kg

Rādītāji	Izmēģinājuma grupas		
	1.kontroles	2.izmēģinājuma	3.izmēģinājuma
Izslaukums izmēģinājuma laikā (184 dienas)	3720	3920	3990
Uz 1 kazu izmēģinājuma laikā	372	392	399
Izslaukums dienā	2,02 \pm 0,18	2,13 \pm 0,17	2,17 \pm 0,19
% salīdzinājumā ar kontroles grupu	100,0	105,4	107,3

Vislielākie izslaukumi tika sasniegti no trešās izmēģinājuma kazu grupas, kur uz visu kazu grupu izmēģinājuma laikā tika izslaukti 3990 kg piena, no katras kazas - 399 kg piena vai 2,17 kg dienā, t.i., par 7,3% vairāk salīdzinājumā ar kontroles grupu.

Izmēģinājuma laikā trešās grupas kazu pienā, kuras kā piedevu saņēma griķu miltus un saulespuķu raušus, salīdzinājumā ar kontroles grupu tauku saturs palielinājās par 0,41% un olbaltumvielu saturs par 0,14%, kas norāda, ka griķu milti un saulespuķu rauši ar auzu un kviešu miltiem ir pilnvērtīga barības piedeva bioloģiskajā kazkopībā, kura ievērojami uzlabo kazu piena ķīmisko sastāvu, kā arī tā barotāvērtību (6.tab.).

6.tabula

Kazu piena ķīmiskais sastāvs,%

<i>Grupas</i>	<i>Tauki</i>	<i>% pret kontroli</i>	<i>Olbaltumvielas</i>	<i>% pret kontroli</i>	<i>Laktoze</i>	<i>% pret kontroli</i>
1.kontroles	4,08±0,31	100,0	3,00±0,19	100,0	4,40±0,06	100,0
2.izmēģinājuma	4,04±0,46	99,0	3,09±0,22	103,0	4,37±0,10	99,3
3.izmēģinājuma	4,49±0,38	110,0	3,14±0,28	104,7	4,36±0,09	99,1

Izmēģinājuma laikā otrās izmēģinājuma grupas kazu pienā salīdzinājumā ar kontroli tauku saturs samazinājās par 0,04%, bet olbaltumvielu saturs palielinājās par 0,09%, kā arī par 0,03% samazinājās laktozes saturs.

Kazu, it īpaši to, kuras saņēmušas kazām paredzēto pilnvērtīgo barību, piens satur praktiski visas aizvietojamās un neaizvietojamās aminoskābes (7.tab.).

7.tabula

Aminoskābju daudzums kazu piena vidējos paraugos, g/100g

<i>Aminoskābes</i>	<i>1.kontroles grupa</i>	<i>2.izmēģinājuma grupa</i>	<i>3.izmēģinājuma grupa</i>
Aspergīnskābe	0,220	0,220	0,220
Treonīns	0,140	0,140	0,140
Serīns	0,140	0,130	0,140
Glutamīnskābe	0,690	0,650	0,660
Prolīns	0,330	0,310	0,310
Glicīns	0,029	0,030	0,028
Alanīns	0,083	0,085	0,080
Valīns	0,120	0,130	0,130
Metionīns	0,084	0,084	0,084
Izoleicīns	0,110	0,110	0,110
Leicīns	0,280	0,280	0,270
Tirozīns	0,150	0,140	0,140
Fenilalanīns	0,170	0,150	0,140
Histidīns	0,057	0,060	0,060
Lizīns	0,210	0,200	0,210
Arginīns	0,150	0,60	0,120
Aminoskābju kopējā summa	2,983	2,879	2,842

Kopējā aminoskābju summa lielāka bija pirmajā kontroles grupas kazu pienā - 29,83 g/kg, otrās izmēģinājuma grupas kazu pienā - 28,79 g/kg, viszemākā trešās izmēģinājuma grupas kazu pienā - 28,42 g/kg.

Barības vienību un sagremojamā proteīna patēriņš 1 kg piena ražošanai parādīts 8.tabulā.

Vismazāk barības vienību un sagremojamā proteīna 1 kg piena ražošanai izmantoja otrās un trešās izmēģinājumu grupu dzīvnieki (kazas).

8.tabula

Barības vienību un sagremojamā proteīna patēriņš 1 kg piena ražošanai

Izmēģinājuma grupas	Vid. dzīvmasa, kg	Diennakts izslaukums, kg	Barības vienības		Sagremojamais proteīns	
			kg	%	g	%
1.kontroles	56,5	2,02	1,31	100,0	134	100,0
2.izmēģinājuma	58,0	2,13	1,23	98,5	130	97,0
3.izmēģinājuma	59,5	2,17	1,26	96,2	127	94,8

Toties vislabākie rezultāti bija trešās izmēģinājuma grupas kazām, kuras kā piedevu saņēma saulespuķu raušus, izmantojot 1 kg piena ražošanai 1,26 barības vienības un 127 gramus sagremojamā proteīna.

Labi rādītāji tika sasniegti arī otrajā izmēģinājuma grupā, kur 1 kg piena ražošanai kazas patērēja 1,29 barības vienības un 130 gramus sagremojamā proteīna.

Par to, ka uzņemto barību kazas labi izmantojušas un tā ir bijusi pilnvērtīga, liecina tas, ka kontroles grupas kazas 1 kg piena ražošanai patērēja 1,31 barības vienību un 134 gramus sagremojamā proteīna.

Somatisko šūnu daudzums Latvijas vietējo kazu pienā atbilst Latvijā pieņemtajām normām, tomēr jāatzīmē, ka mazāks tas bija izmēģinājumu grupu kazu pienā (9.tab.).

9.tabula

Somatisko šūnu skaits kazu pienā

Grupas	Somatisko šūnu daudzums, tūkst.	% pret kontroli
1.kontroles	446±120	100,0
2.izmēģinājuma	444±95	89,5
3.izmēģinājuma	388±77	78,2

Kazu piena citoloģisko izmeklējumu dati uzrādīti 10.tabulā.

10.tabula

Kazu piena citoloģiskie rādītāji, $\bar{X} \pm S_x$

Grupas	Šūnas, 1mkl	Putainās, %	Segmentkodolu, %	Limfocīti, %	Monocīti, %	Histocīti, %	Epitēlijšūnas, %
1.kontroles	240±64	3,8±0,4	79,0±6,4	10,0±1,1	4,0±0,4	1,6±0,6	1,4±0,7
2.izmēģ.	227±65	2,0±0,8	78,0±5,8	14,5±5,0	3,3±0,4	0,8±0,2	1,5±0,6
3.izmēģ.	231±72	5,0±0,8	77,5±2,3	3,0±2,3	3,0±0,8	0,6±0,2	1,4±0,8

Attiecība starp segmentkodolu šūnām, leikocītiem un limfocītiem kazu pienā norāda uz kazu organisma labvēlīgo reakciju uz dažādām barības piedevām (kviešu kliju granulas, griķu milti, saulespuķu rauši). Kazu piena citoloģiskie rādītāji atradās normas robežās, par to liecina mikroorganismu prombūtne un labi diferencējamas šūnas.

11.tabulā uzrādīti kazu piena imunoloģiskie rādītāji: T-, B-, A- šūnu relatīvais skaits un fagocitoze.

11.tabula

Kazu piena imunoloģiskie rādītāji, %

Grupas	T-limfocīti	B-limfocīti	A-šūnas	Fagocitoze
1.kontroles	10,0±0,8	6,0±0,8	5,0±0,8	9,0±0,4
2.izmēģinājuma	13,0±1,5	8,0±1,9	6,0±1,5	11,0±1,2
3.izmēģinājuma	16,0±1,0*	10,0±1,5	8,0±1,8	14,0±1,7

* $p < 0,05$.

Otrajā un trešajā izmēģinājuma kazu grupā T-šūnu rādītāji bija augstāki nekā pirmajā kontroles kazu grupā, statistiski ticami tie bija trešajā izmēģinājuma kazu grupā ($p < 0,05$). Trešajā kazu izmēģinājuma grupā B- šūnu un A- šūnu relatīvie rādītāji arī bija augstāki nekā 1.kontroles kazu grupā pie statistiski ticamiem ($p < 0,05$) fagocitozes rādītājiem.

Augstāk minētais liecina par labāku imūnsistēmas funkcionālo stāvokli un makroorganisma aizsargspēju, it īpaši trešajā izmēģinājuma kazu grupā.

Dzīvnieku dabiskās rezistences rādītāji – lizocīms un cirkulējošie imūnie kompleksi (CIK) – raksturo humorālās imunitātes stāvokli. Lizocīms izdalās starpšūnu telpā galvenokārt no makrofāgiem un neitrofīliem, kā arī atrodas dažādos bioloģiskos šķīdumos.

Ferments lizocīms piedalās šūnu membrānas polisaharīdu komponenta molekulas glikozīdu hidrolīzē. Lizocīms sagrauj mikrobu membrānu fagocitozes pēdējā etapā un tā nodrošina organismu (agrās stadijas) aizsardzību (12.tab.).

12.tabula

Kazu piena nespecifiskās rezistences rādītāji ($X \pm S_x$)

Kazu grupa	Lizocīms, mkg/ml	% pret kontroli	CIK ekstrakcijas vienības $\times 100$	% pret kontroli
1.kontroles	14,00 \pm 3,16	100,0	8,44 \pm 1,60	100,0
2.izmēģinājuma	18,50 \pm 2,67	132,1	3,33 \pm 1,01	39,4
3.izmēģinājuma	22,75 \pm 2,91*	162,5	2,43 \pm 0,88*	28,8

Otrās un trešās izmēģinājuma grupas kazu pienā lizocīma rādītāji bija augstāki nekā pirmajā kontroles kazu grupā, turklāt trešajā grupā tie bija statistiski ticami ($p < 0,05$), tas liecina par labāku imunitātes funkcionālo stāvokli un organisma aizsargspēju. Trešās kazu izmēģinājuma grupas fagocitozes un lizocīma rādītāju palielināšanās, no vienas puses, un CIK rādītāju samazināšanās ($p < 0,05$), no otras puses, norāda uz barības piedevas – griķu miltu un saulespuķu raušu – labvēlīgo imūnsistēmstimulējošo efektu.

Salīdzinot šinī darbā iegūtos imunoloģisko izmeklējumu rezultātus ar mūsu iepriekšējiem iegūtajiem rezultātiem [1, 11], var atzīmēt, ka pētījumos pielietotais kazu piena citoloģiskie un imunoloģiskais metožu komplekss ir jutīgs un informatīvs un ļauj novērtēt kazu imunitātes stāvokli un kazu veselību. Veselo kazu piena imunoloģiskie rādītāji mainās atkarībā no barības sastāva, kā arī no kazu šķirnes un gada laika [12, 13].

Secinājumi

1. Bez iedzimtām īpašībām un dzīvnieku izlases un atlasas, kazu pienīgumu stipri ietekmē pareiza un pilnvērtīga ēdināšana bioloģiskajā lauksaimniecībā. Ar tās palīdzību samērā īsā laikā iespējams ietekmēt ne tikai dzīvnieku miesas stāvokli, bet arī veselību un, galvenais, panākt kvalitatīvu, bioloģiski pilnvērtīgu piena ražošanu.
2. Latvijas vietējām kazām, izēdinot kā piedevu griķu miltus un saulespuķu raušus, salīdzinājumā ar kontroles grupu palielināja piena izslaukumu par 7,3%, samazināja par 3,8% barības vienību un 5,2% sagremojamā proteīna patēriņu, kā arī palielināja par 10% tauku un 4,7% olbaltumvielu saturu kazu pienā.
3. Kviešu kliju un griķu miltu izēdināšana Latvijas vietējām kazām (2.izmēģinājuma grupa) salīdzinājumā ar kontroles grupu palielināja piena izslaukumu par 5,4%, samazināja barības vienību izlietojumu par 1,5%, sagremojamā proteīna patēriņu par 3,0%, kā arī samazināja par 1% tauku un palielināja par 3,0% olbaltumvielu daudzumu kazu pienā.
4. Pēc kazu piena citoloģiskajiem un imunoloģiskajiem rādītājiem visas eksperimentālās kazu grupas atrodas labā veselības stāvoklī, kas liecina par bioloģiski pilnvērtīgu saņemto barību.

5. Kazu piena imunoloģiskā aina parādīja izteiktu imūnstimulāciju: imūnkompetento šūnu, lizocīma aktivāciju un CIK līmeņa palielināšanos kazām izraisīja pētāmās barības piedevas.
6. Griķu miltu un saulespuķu raušu piedeva kazu ēdināšanā vislabāk uzlabo kazu imunitātes funkcionālo stāvokli.

Summary

Goats fed on high quality and valuable forage provide the production of high quality milk and dairy product. Improper and poor feeding during lactation period reduce milk yield, weaken animal's organism, has an influence on breeding and fertility ability and metabolic processes in goats. Goat milk yield is determined by energetic potential, level of feeding and health status of an animal. Feeding is a significant factor, as it has direct influence on both productivity and health of goats. One of major nutrients in goat feed is crude protein and digestible protein. The goal of our research was to assess the influence of different feed additives on organic goat milk yield, milk biochemical composition, immunological and cytological indices.

The feeding trial was carried out in goat farm "Berzi". During accounting period, which last 184 days, goats of the 1st group (control) were fed by basal feed (BF), produced in the farm (pasture grass, hay, oat, wheat and buckwheat meal). Goats of the 2nd trial group received BF supplemented with wheat bran. The goat feed of the 3rd trial group was supplemented with sunflower cake as feed additive.

In Latvian local goat feeding of sunflower cake and buckwheat meal increased milk yield by 7,3%, reduced feed units by 3,8% and by 5,2% reduced consumption of digestible protein as well as increased milk fat and protein content in goat milk by 10% and 4,7% respectively compare to control. Feeding of wheat bran and buckwheat meal increased milk yield by 5,4%, reduced feed units by 1,5% and by 3,0% reduced consumption of digestible protein as well as increased protein content in goat milk by 3,0% compare to control. Results of milk analysis on milk cells cytology and immunity indices show that feed additives used, and particularly sunflower cake and buckwheat meal, have a beneficial effect on immunity in animal organism.

Literatūra

1. Spruzs, J., Vasiljeva, S., Remeza, I. Study of hematological, immunological and cytological parameters of goats reared in Latvia. Proceeding of the 11th Baltic animal breeding and genetic conference. Palanga, Lithuania, 13-14th May 2005, p.147-150.
2. Фонталин, Л.Н., Певницкий, Л.А. Иммунологическая толерантность. М.: Медицина, 1978. 311 с.
3. Петров, Р.В. Иммунология. М.: Медицина, 1982. 368 с.
4. Sprūžs, J. Latvijā audzēto kazu ēdināšanas normas. Jelgava, 2005. 16 lpp.
5. Федосеева, В.Н., Порядин, П.В., Ковальчук, Л.В. Руководство по иммунологическим и аллергологическим методом в гигиенических исследованиях. Москва: РПОДМЕДЭК, 1993. 230 с.
6. Wotowa, A., Klein, G. und Altman, H. Eine methode zur isolierung menschlicher und tierischer lymphocyten mit ficoll-urografin. Wien, klin. Wschr. 1974. Nr.6, S. 161-163.
7. Mendes, N., Miki, S. and Pezinho, Z. Combined detection of human T and B lymphocytes by roset formation. J. Immunol, 1974, vol. 113, p. 531-536.
8. Gerdely, P., Szabo, G. and Fekete, B. Effect of phytohaemagglutinin and concanavalin A on human rosette-forming cells. Experientia, 1974, vol. 30, Nr.3, p. 300-3001.
9. Векслер, Х.М. Методы исследования клеточного иммунитета. Методические рекомендации. Рига: РМИ, 1981. 15 с.
10. Грант, М.Я., Яварковский, Л.И., Блумберга, И.А. Сравнительная оценка некоторых методов количественного определения в сыворотке крови. Лоб. дело, 1973, Nr. 5., с. 300-304.
11. Барановский, П.В., Рудик, Б.И. Определение циркулирующих иммунных комплексов методом спектрофотометрии. Лоб. дело, 1982, Nr.12, с. 35-39.

12. Sprūžs, J., Remeza, I., Vasiljeva, S., Šeļegovska, E. The comparative estimation of production, composition and immunological properties of milk in Latvian local goats and German white goats. Proceeding of the 12th Baltic animal breeding conference. Jūrmala, Latvia, 27th-28th April 2006, 128-133.
13. Sprūžs, J., Šeļegovska, E., Remeza, I., Vasiljeva, S. Importance of feed additives and assessment of goat welfare in organic Farming. Proceeding of the 12th Baltic animal breeding conference. Jūrmala, Latvia, 27th - 28th April 2006, 169-176.

**RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM CELMU EFEKTIVITĀTES
NOVĒRTĒJUMS DAŽĀDOS SAIMNIEKAUGOS**
*THE EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF RHIZOBIUM
LEGUMINOSARUM STRAINS IN DIFFERENT HOST PLANTS*

**Ina Alsina, Anita Anševica, Laila Dubova, Inta Dudare, Maiga Niedrīte,
Vilhelmīne Šteinberga**

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Augsnes un augu zinātņu institūts
Strazdu iela 1, Jelgava, LV-3004, Latvija
Tel. +(371)3010612, e-pasts: Ina.Alsina@llu.lv

Abstract. *Pot experiments were carried out to investigate the effectiveness of six Rhizobium leguminosarum strains stored at the collection of Latvia University of Agriculture. Three of them are included at international Rhizobium data base. The obtained results showed that all Rhizobium strains were active and inoculated plants formed nodules on the roots. Inoculation with Rhizobium strains increased the proportion between shoots and root weight. The dry matter content of inoculated plants increased in comparison with untreated ones. The negative correlation between the plant weight and nitrogen content in the dry mater of shoots was observed. The host plant specificity was observed for tested Rhizobium leguminosarum strains.*

Keywords: *Pisum sativum, Rhizobium leguminosarum, Vicia faba.*

Ievads

Tikai prokariotiem piemīt spēja izmantot slāpekļa rezerves, kas atrodas gaisā. Gumiņbaktērijas (*Rhizobium*), veidojot uz auga saknēm gumiņus, simbiozē ar tauriņziežiem pārveido gaisā esošo inerto slāpekli (N₂) organiskajā formā, kas iekļaujas auga olbaltumvielu sastāvā.

Augu veģetācijas perioda beigās pēc augu atmiršanas augsne katru gadu bagātinās ar slāpekli, kas ir robežās no 100-300 kg uz ha [1].

Augsnes bagātināšanos ar simbiotiski saistīto slāpekli novēroja jau sen. To labi var redzēt, pielietojot dažādus agrotehniskos paņēmienus (papuve, augu seka), un šo parādību sāka apzināti izmantot lauksaimniecībā. Simbiozē augs nodrošina baktērijas ar barības vielām (galvenokārt cukuriem) un rada labvēlīgus apstākļus to dzīvei gumiņos. Kad augi atmirst, augsnē atgriežas daudz vairāk dzīvotspējīgu baktēriju, nekā tas būtu, ja neveidotos šī simbiotiskā asociācija. Slāpekļa saistīšana notiek bakterioīdos, un 95% saistītā slāpekļa amonija jonu veidā nonāk saimniekauga citoplazmā [1, 2].

Viena no gumiņbaktēriju (*Rhizobium*) īpašībām ir simbiozē ar tauriņziežiem veidot gumiņus uz auga saknēm un saistīt atmosfēras slāpekli. Arī intensīvas ķimizācijas apstākļos bioloģiskā slāpekļa saistīšanas problēma paliek joprojām aktuāla. Pozitīvas simbiozes gadījumā saistītais slāpekklis iekļaujas auga olbaltumvielu sintēzē un ceļ ne tikai augu ražību, bet arī paaugstina ražas kvalitāti. Simbiozi nosaka gumiņbaktēriju attieksme pret konkrēto saimniekaugu. Tauriņziežu ražības celšanā svarīga nozīme ir pirms sējas sēklu apstrādāšana ar aktīviem gumiņbaktēriju celmiem. Efektīva gumiņbaktēriju celmu pielietošana lauksaimnieciskajā praksē ir ekonomiski izdevīga. *Rh. leguminosarum* celmu simbiotisko efektivitāti izsaka ar auga masas pieaugumu.

Pētījuma mērķis ir pārbaudīt *Rhizobium leguminosarum* celmu, kas atrodas Latvijas Lauksaimniecības universitātes Augsnes un augu zinātņu institūta kolekcijā, efektivitāti.

Materiāls un metodika

Izmēģinājumi iekārtoti Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātes Augsnes un augu zinātņu institūta Augu bioloģijas un aizsardzības nodaļas siltumnīcā 5 L

Mitčerliha tipa veģetācijas traukos, kas piepildīti ar skalotu upes smilti, kura samaisīta ar Kemira GrowHow NPK 0-12-24-(1,5 Mg) –(13 S) ar mikroelementiem. Slāpekļis iestrādāts augsnē amonija nitrāta veidā – 0,024 g uz 1 kg smilts.

Veģetācijas traukos iesēti zirņi (*Pisum sativum*), lauku pupas (*Vicia faba*). Sēklas pirms sēšanas apstrādātas ar šādiem gumiņbaktēriju *Rhizobium leguminosarum* celmiem: 23, 109, 113, 408, 501, 505. Celmi nr. 23, 109 un 113 iekļauti starptautiskajā datu bāzē „IBP World Catalogue of Rhizobium Collections” [3]. Kontroles varianta augi nav apstrādāti ar gumiņbaktēriju tīrkultūru, bet saņēmuši 10 reizes lielāku slāpekļa devu, t.i., 0,24 g amonija nitrāta uz 1 kg smilts.

Izmēģinājums veikts 4 atkārtojumos.

Visi veģetācijas traukos kultivētie augi atradās siltumnīcā, kuras temperatūra dienā svārstījās 20-25°C robežās, naktīs nenokrita zem 12°C. Sākot ar oktobri, augiem tika nodrošināts 14 h fotoperiods, rīta un vakara stundās ieslēdzot papildapgaismojumu.

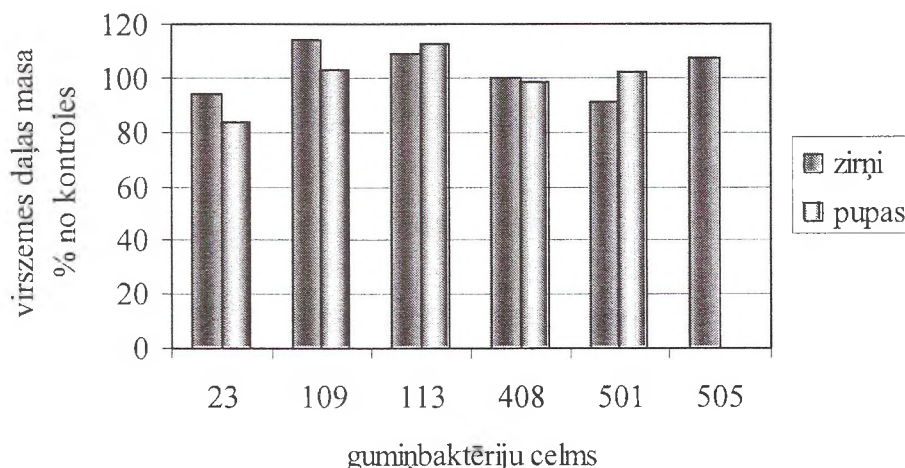
Izmēģinājums likvidēts, lauku pupām sasniedzot 62.-64.attīstības stadiju pēc vācu skalas vai 203.attīstības stadiju pēc britu BCPC skalas, bet zirņiem – 76.-78.attīstības stadijā pēc vācu vai 205.attīstības stadijā pēc britu BCPC skalas [4].

Izmēģinājumus likvidējot, skaidrota gumiņu veidošanās uz augu saknēm, noteikts augu virszemes un sakņu masa, sausnas saturs un augos akumulētais slāpekļa daudzums. Augos akumulētais slāpekļa daudzums noteikts LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā ar Kjeldāla metodi.

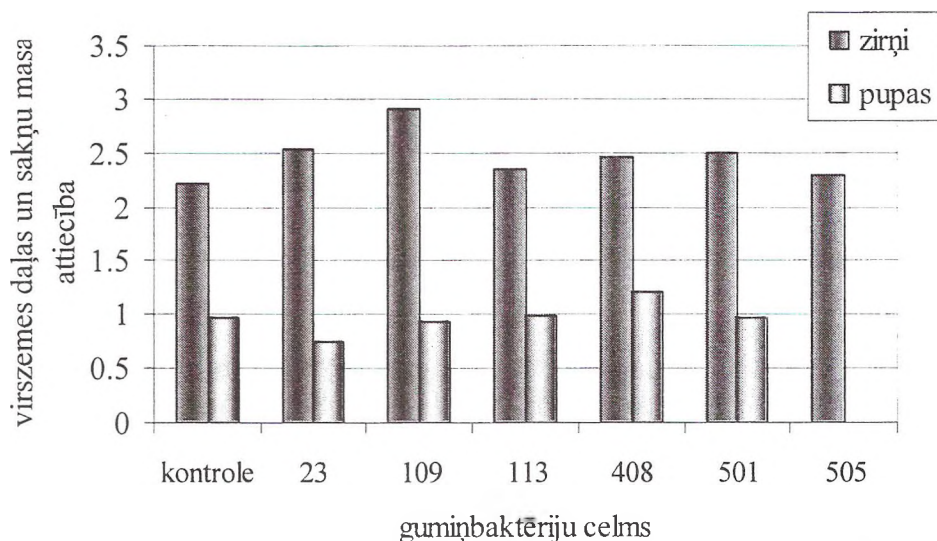
Rezultāti un to izvērtējums

Gumiņbaktēriju celmu aktivitāti raksturo ražas un saistītā slāpekļa daudzums.

Kā redzams 1.attēlā, vislielākā augu masa, salīdzinot ar kontroli, ir iegūta variantos, kuros izmantots 113.gumiņbaktēriju celms. Zirņiem aktīvi izrādījušies arī 109. un 501.celms, kur attiecīgi šie varianti pārsniedz kontroli par 13,8 un 7,6%. Salīdzinoši vismazāko masu veidoja tauriņzieži, kuru sēklas apstrādātas ar 23.gumiņbaktēriju celmu, kur zirņu masa, salīdzinot ar kontroli, samazinājās par 6,1%, bet lauku pupu masa par 16,4%. Zirņiem mazaktīvs izrādījās arī 501.celms, kur augu masa, salīdzinot ar kontroli, bija par 8,9% mazāka. Datu matemātiskā apstrāde liecina, ka neviens no izmantotajiem gumiņbaktēriju celmiem nav būtiski palielinājis vai samazinājis zirņu un lauku pupu virszemes daļas masu.

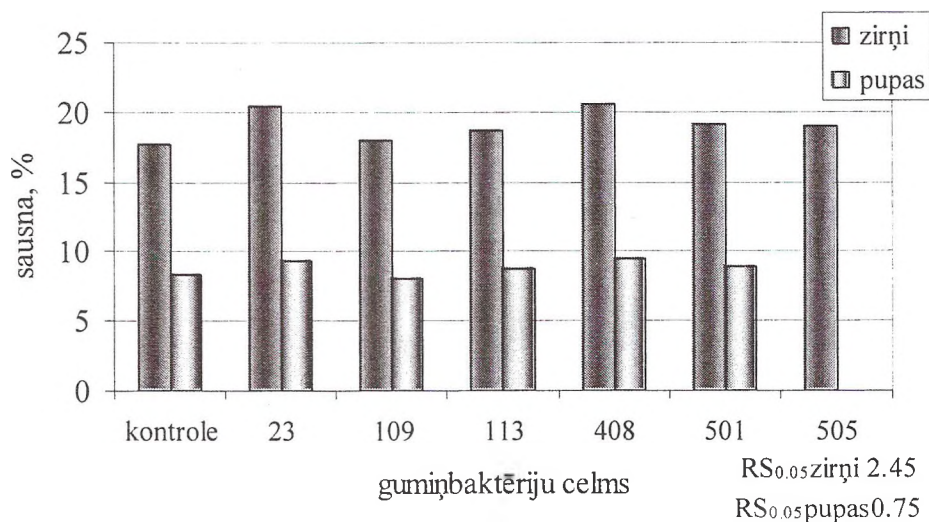


1. att. Augu masas atkarība no izmantotā gumiņbaktēriju celma, % no kontroles



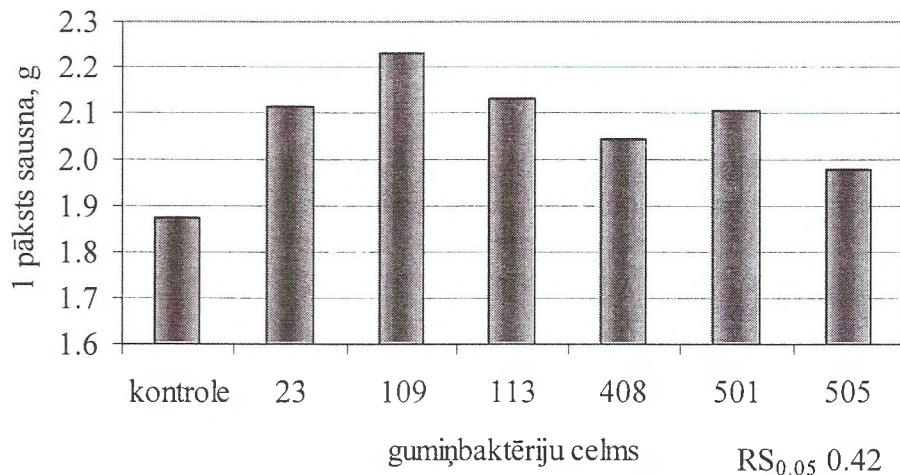
2. att. Zirņu un lauku pupu virszemes un sakņu masas attiecība

Augu virszemes un sakņu masas attiecība ir atkarīga no augu sugas. Vidēji zirņi veido 2,5 reizes lielāku virszemes masu nekā sakņu, bet pupām šie lielumi ir līdzvērtīgi. Noskaidrots, ka zirņiem sēklu inokulācija veicina virszemes masas veidošanos. Vislielākā attiecība zirņiem starp virszemes daļu un sakņu masu novērojama 109.gumiņbaktēriju celma ietekmē. Lauku pupām pēc šī parametra visaktīvākais izrādījies 408.gumiņbaktēriju celms.



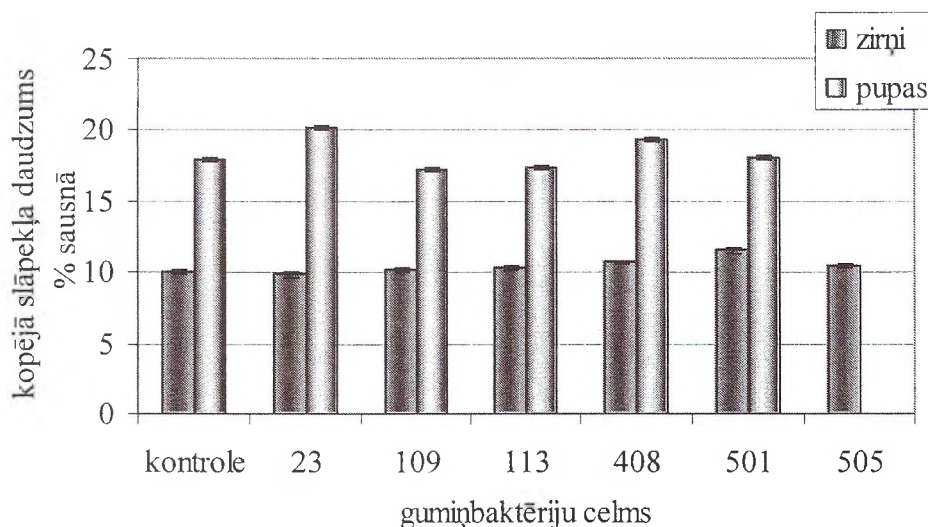
3. att. Sausnas saturs zirņos un lauku pupās

Sausnas saturs ir atkarīgs no auga sugas, attīstības fāzes un augšanas apstākļiem. Eksperimentos noskaidrots, ka augi, kuri saņēmuši 10 kārtīgu minerālā slāpekļa devu, satur mazāk sausas. Vislielākais sausas saturs ir novērots augiem, kas apstrādāti ar 23. un 408.gumiņbaktēriju celmu. Zirņiem, salīdzinot ar kontroli, ar šiem celmiem apstrādātie augi satur vidēji par 15% vairāk sausas, bet lauku pupām attiecīgi par 11% vairāk. No inokulētajiem augiem vismazāk sausas ir tajos, kuri pirms sējas apstrādāti ar 109.gumiņbaktēriju celmu. Datu matemātiskā apstrāde pierāda inokulācijas būtisko ietekmi uz sausas saturu augos.



4. att. Vienas zirņu pāksts vidējais sausnas daudzums, g

Eksperimentos noskaidrots, ka zirņu inokulācija ar gumiņbaktērijām veicina sausnas akumulāciju zirņu pākstīs. Visvairāk sausnas uzkrājuši zirņi, kuri inokulēti ar 109.baktēriju celmu. Diemžēl datu matemātiskā apstrāde gumiņbaktēriju celmu ietekmes būtiskumu uz 1 sausnas saturu pākstī neapstiprina.



5. att. Kopējais slāpekļa daudzums % augu sausnā

Eksperimentos noskaidrots, ka lauku pupu sausnē ir 1,8 reizes vairāk slāpekļa nekā zirņos. Slāpekļa daudzums augu sausnē ir atkarīgs no izmantotā gumiņbaktēriju celma. Visefektīvāk slāpekli saistījuši tie zirņi, kuri inokulēti ar 501.gumiņbaktēriju celmu, bet lauku pupām visefektīvākā simbioze izveidojusies ar 23.gumiņbaktēriju celmu. Novēro vidēji ciešu negatīvo korelāciju starp augu masu un tajos akumulēto slāpekļa daudzumu (korelācijas koeficients zirņiem -0,71, lauku pupām -0,49).

Visi izmēģinājumos iekļautie gumiņbaktēriju celmi bagātīgi veidoja gumiņus uz pārbaudāmajiem saimniekaugiem (*Pisum sativum* un *Vicia faba*). Iegūtie rezultāti liecina, ka pārbaudāmie *Rhizobium* celmi uzrāda specifiskumu attiecībā pret saimniekaugu, ko var novērot gan sausnas satura izmaiņās, gan augos akumulētajā slāpekļa daudzumā. Pēc uzkrātā

slāpekļa daudzuma zirņiem vislabākos rezultātus uzrāda *Rh. leguminosarum* celms 501., bet pupām 23. Zemu efektivitāti zirņiem uzrādīja 23.gumiņbaktēriju celms, bet lauku pupām 109., kas liecina par specifisku attieksmi pret saimniekaugu.

Secinājumi

1. Vislielākā augu masa, salīdzinot ar kontroli, ir iegūta variantos, kuros izmantots 113.gumiņbaktēriju celms. Zirņiem aktīvi izrādījušies arī celmi 109. un 501. Salīdzinoši vismazāko masu veidoja tauriņzieži, kuru sēklas apstrādātas ar 23.gumiņbaktēriju celmu.
2. Sēklu inokulācija ar *Rhizobium leguminosarum* palielina attiecību starp virszemes un sakņu masu.
3. Tauriņzieži, kuru sēklas nav inokulētas ar gumiņbaktērijām, satur mazāk sausas.
4. Slāpekļa daudzums augu sausnā ir atkarīgs no izmantotā gumiņbaktēriju celma. Visefektīvāk slāpekli saistījuši tie zirņi, kuri inokulēti ar 501.gumiņbaktēriju celmu, bet lauku pupām visefektīvākā simbioze izveidojusies ar 23.gumiņbaktēriju celmu.
5. Novēro vidēji ciešu negatīvo korelāciju starp augu masu un tajos akumulēto slāpekļa daudzumu.
6. Gumiņbaktērijām piemīt spilgti izteikts specifiskums attiecībā uz saimniekaugu.

Literatūra

1. Schlegel H.G. Allgemeine Mikrobiologie. 1992. S. 504.
2. Tate R.L. Soil Microbiology. John Wiley & Sons, Inc., 1994. p. 307-333.
3. IBP World Catalogue of Rhizobium Collections. Ed. by Skinner F.A. 1973. pp. 243-245.
4. Eiropas un Vidusjūras augu aizsardzības organizācijas (EAAO) Augu attīstības stadiju noteicējs. Rīga, 1997. 110 lpp.

VASARAS KVIEŠU SĒKLU RAŽAS KVALITĀTES FIZIOLOGISKIE ASPEKTI ATKARĪBĀ NO MINERĀLELEMENTU PIEGĀDES CAUR LAPĀM

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF WHEAT YIELD QUALITY IN DEPENDENCE ON MINERAL SUPPLY THROUGH LEAVES

Veneranda Stramkale, Aldis Stramkalis

Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs

Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes rajons, LV 4650

Tālr.: +371 4628140, +371 29465004, e-pasts: strzin@apollo.lv

Gatis Pakarna, Māra Vikmane

Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte

Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1010

Tālr.: +371 7034864, +371 29364133, e-pasts: mar.vikmane@lu.lv

Abstract. *Spring wheat is a significant crop in Latvia. The fertilisation influences the crop yield and the quality greatly.*

The main task of experiments: to test the effect of micronutrients (DDMn) and macronutrients (Phosific) supplied through leaves for the modeling environment protecting high yield and grain quality technology. The grain yield, the quality and the physiological activity were detected.

The mineral supply through leaves during the wheat heading phase increased yield for more than 0.2 – 0.4 t ha⁻¹ in comparison with the control. The physiological activity of grains is higher, but there is no significant influence on the quality of grains.

Key words: *fertilisation through leaves, spring wheat, yield, seed germination.*

Ievads

Kvieši (*Triticum* L.) Latvijā ir nozīmīga graudaugu kultūra. Kvalitatīvus kviešu graudus izmanto galvenokārt pārtikā miltu ražošanai.

Vasaras kviešu ražības un ražas kvalitātes formēšanā līdzās meteoroloģiskajiem un augsnes apstākļiem nozīmīgs faktors ir mēslojums. Augiem barības elementu nepieciešamību parasti nodrošina ar organisko un minerālmēslojumu, to iestrādājot augsnē. Tā kā augiem minerālelementu izmantošanas efektivitāte nav augsta, racionāla mēslojuma pielietošana ir viens no patlaban aktuālākajiem šīs problēmas risinājumiem.

Viena no tādām pieejām, kas ļauj piegādāt minerālelementus ātrāk un palielina minerālmēslo izmantošanas efektivitāti, ir to miglošana caur lapām. Minerālelementi lapas audos iekļūst caur kutikulas hidrofiliskajām porām, kuru diametrs ir mazāks par 1nm [1], nonāk apoplastā, tad pa plazmodesmām iekļūst šūnās, pa simplastu pārvietojas uz citām lapas parenhīmas šūnām un iesaistās metabolismā vai nonāk vadaudos [1, 2].

Vielu uzņemšanu caur lapām ietekmē auga ontogēzes etaps, lapu anatomiskā uzbūve, mēslošanas līdzekļa ķīmiskās īpašības un koncentrācija, meteoroloģiskie apstākļi un citi faktori [2, 3, 4, 5].

Kaut arī minerālelementu uzņemšana caur lapām nevar aizstāt augu minerālo barošanos no augsnes caur saknēm, tomēr tai ir priekšrocības [5, 2]: iespējams ātri piegādāt augiem tieši attiecīgajā attīstības periodā visvairāk nepieciešamos elementus un tādā veidā regulēt augšanas un attīstības procesus; ātri un efektīvi novērst fizioloģiskos traucējumus, kuri radušies minerālelementu trūkuma rezultātā; vajadzīgs neliels daudzums attiecīgo savienojumu; samazinās augsnes piesārņošana ar ķimikālijām.

Pētījuma mērķis: dodot lapu mēslojumu, izveidot videi nekaitīgu vasaras kviešu audzēšanas tehnoloģiju augstu un kvalitatīvu graudu ražu ieguvei.

Pētījuma objekts un metodes

Pētījums veikts Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrā un Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē 2005. un 2006.gadā.

Pētījuma objekts - vasaras kviešu šķirne 'Jasna'.

Izmēģinājumos izmantots lapu mēslojums *DDMn* (mikroelementi) un *Phosific* (makroelementi). Lapu mēslojuma sastāva patents pieder Somijas firmai *Kemira GrowHow* un *Fortum Oil and Gas*. Mikroelementu mēslojums *DDMn* ir pulverveida viela, viegli šķīst ūdenī, ar ķīmisko sastāvu Mn:Zn:Cu:Mo:B = 4:0,010:0,020:0,001:0,010. Makroelementu mēslojums *Phosific* ir šķidrās mēslojums ar ķīmisko sastāvu $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}:\text{SO}_3 = 10:15:5:30$, pH – 1,8-2. Masa – 1,333 kg l⁻¹.

Lauka izmēģinājums iekārtots pēc randomizēto bloku metodes 4 atkārtojumos. Laučiņa kopējā platība 2 m × 10 m = 20 m². Uzskaites platība 1,6 m × 10 m = 16 m². Izolācija starp variantiem 0,4 m, starp atkārtojumiem – 0,5 m. Izmēģinājuma kopējā platība – 1600 m².

Lauks ir drenēts, reljefs izlīdzināts, augsnes novērtējums – 48 balles. Lauka izmēģinājums iekārtots trūdainā podzolētā glejaugsnē. Augsnes pH_{KCl} – 6,45, organisko vielu saturs – 5,2%. Minerālelementu saturs augsnē (mg l⁻¹): N – 100, P – 730, K – 140, Ca – 13625, Mg – 2500, S – 23, Fe – 2800, Mn – 125, Zn – 5, Cu – 8,5, Mo – 0,08, B – 1,20. Nodrošinājums ar fosforu, kalciju, magniju un dzelzi ir ļoti augsts; ar slāpekli, varu, molibdēnu – augsts; ar mangānu, cinku, boru – optimāls un ar sēru un kāliju – zems.

Priekšaugi – lini. Pamatmēslojumā kompleksie minerālmēsli 5:10:25 3 c ha⁻¹ un papildmēslojumā amonija salpētis – 1 c ha⁻¹.

Augsnes apstrāde un mēslošana. Rudenī lauks uzarts. Pavasarī veikta augsnes sagatavošana sējai ar kombinēto apstrādes agregātu *Laumetris*. Kompleksais minerālmēslojums iestrādāts augsnē dienu pirms sējas kultivācijas laikā, devas – saskaņā ar metodiku. Pirms sējas lauks pievelts.

Sēja veikta 3.maijā ar sējmašīnu *SN-16*. Izsējas norma 250 kg ha⁻¹. Pēc sējas lauks pievelts.

Sējumu kopšana. Trešajā jūnijā veikta miglošana ar fungicīdu *Mentors* – 0,35 l ha⁻¹ + *Cikocels* – 1 l ha⁻¹ + *Arats* – 150 ml ha⁻¹ + *Kemivits* – 100 ml ha⁻¹. Slimību apkarošanai 29.jūnijā lietots fungicīds *Tango Super* – 1,5 l ha⁻¹, kaitēkļu apkarošanai lietots *Fastaks* – 150 ml ha⁻¹. Septītajā jūnijā dots slāpekļa papildmēslojums 60 kg ha⁻¹. Pirmajā jūlijā kviešu vārpošanas sākumā dots lapu mēslojums *DDMn* – 0,6 kg ha⁻¹ un *Phosific* – 2 kg ha⁻¹. Vasaras kvieši novākti ar kombainu *Sampo-130* 31.augustā.

Meteoroloģisko apstākļu raksturojums: 2005.gada maijā gaiss iesila pamazām. Maija 1.dekādē gaisa vidējā temperatūra 2,4°C zemāka par normu, bet nokrišņu daudzums 4,9 reizes pārsniedza normu. Arī maija 2.dekādē laika apstākļi bija līdzīgi. Laika apstākļi pozitīvi ietekmēja kviešu dīgšanu un augu attīstību. Jūnija vidējā gaisa temperatūra 14°C jeb 0,9°C zemāka par normu. Nokrišņu daudzums – 65 mm jeb 87% no normas. Jūlijā bija silts laiks, vidējā diennakts temperatūra par 1,7°C pārsniedza normu un nokrišņu daudzums – 65 mm jeb 80% no normas. Laika apstākļi labvēlīgi ietekmēja augu augšanu un attīstību. Augustā vidējā diennakts temperatūra bija tuvu normai, bet nokrišņu daudzums 1.dekādē 4,6 reizes pārsniedza normu. Pārmērīgais mitrums negatīvi ietekmēja graudu kvalitāti.

AS "Rīgas Dzirnātnieks" laboratorijā ar *Infratex 1241* noteikta graudu kvalitāte, proteīnu, lipekļa un cietes saturs, *Zeleny* indekss un krišanas skaitlis.

Laboratorijas izmēģinājumos sēklas dīdētās 20°C temperatūrā. Sēklas ievietotas starp filtrpapīra lapām *Petri* traukos un novietotas tumsā. Lai sēklas neizzūtu, katra *Petri* trauka filtrpapīra ripa ar papīra tiltiņu savienota ar destilēta ūdens trauku. Ūdens iztvaikošanu ierobežo *Petri* traukam uzliktais vāciņš, atstājot spraugu gaisa ventilācijai. Sēklu dīgšana noteikta ik pēc 6 stundām. Atkārtojumu skaits – 4. Katrā atkārtojumā 100 sēklas.

Sēklu dīgšanas dinamika noteikta, uzskaitot normāli sadīgušās sēklas dīgšanas laikā.

Dīgšanas enerģija noteikta, apskatot sēklu dīgšanas līkni, kurā atrod dīgšanas maksimuma punktu (visvairāk sadīgušās sēklas laika vienībā) un dīgšanas beigu punktu. Abu šo rādītāju attiecība (%) ir dīgšanas enerģija. Sēklu dīg spēja izteikta procentos, normāli sadīgušo sēklu skaitu attiecinot pret kopējo dīg spējas analizē iekļauto sēklu skaitu [6, 7].

Datu matemātiskā apstrāde (standartklūda, robežstarpības aprēķini) un attēlu izveide veikta ar datorprogrammu *MS Excel*.

Rezultāti un to izvērtējums

Vasaras kviešu graudu raža parādīta 1.tabulā. Veicot ražas datu statistisko apstrādi, noskaidrots, ka, neskatoties uz izmēģinājuma lauka potenciāli augsto auglību, lapu mēslojums ir nodrošinājis būtiskas ražas izmaiņas (1.tabula).

1.tabula

Vasaras miežu 'Jasna' graudu raža

Mēslojuma varianti	Graudu raža			1000 sēklu masa
	t ha ⁻¹	+ t ha ⁻¹	%	g
1. Kontrole	8,43	-	100	40,4
2. <i>DDMn</i>	8,63	0,20	103	40,8
3. <i>Phosific</i>	8,83	0,40	105	43,2
	$\gamma_{0.05}=0,17$			

Vārpošanas sākuma fāzē, kviešus miglojot ar mikroelementiem *DDMn*, graudu raža palielinājusies par 3%, sasniedzot 8,63 t ha⁻¹, bet makroelementu *Phosific* ietekmē – par 5%, sasniedzot 8,83 t ha⁻¹.

Liels nokrišņu daudzums augstā iespējams ir veicinājis minerālelementu izskalošanos no augsnes un aprūtinājis to uzņemšanu caur augu saknēm. Tāpēc sabalansēts ārpussakņu mēslojums pozitīvi ietekmējis metabolisma procesu norisi kviešu lapās, kā arī sekmējis sintezēto organisko vielu atplūdi uz ģeneratīvajiem orgāniem. Pēc vairāku autoru domām, augstu graudaugu ražu ieguvē liela nozīme ir visu barības elementu koncentrāciju sabalansētībai, tas ir, vienlaicīgi visu elementu optimuma nodrošināšanai augam [8, 2, 9, 10, 11].

Mikroelementu lapu mēslojums būtiski nav ietekmējis 1000 graudu masu. Makroelementu ietekmē 1000 graudu masa palielinājusies par 6,9%. Makroelementi augos ir organisko vielu sastāvā, bet mikroelementiem mangānam, cinkam, varam, molibdēnam un boram ir katalītiskas funkcijas augos [8,2]. Tāpēc mūsu pētījumā *Phosific* mēslojumam ir tieša ietekme uz graudu masu, bet *DDMn* mēslojuma ietekme izpaužas netieši, ietekmējot metabolisma procesu norisi augā.

Graudu kvalitāte. Kviešu ražai noteikti graudu kvalitātes rādītāji, kas svarīgi to izmantošanā pārtikā: proteīna, līpekļa un cietes saturs, *Zeleny* indekss, krišanas skaitlis un tilpummasa (2.tabula).

2.tabula

Kviešu šķirnes 'Jasna' graudu kvalitātes rādītāji atkarībā no lapu mēslojuma

Varianti	Proteīns	Līpekļis	<i>Zeleny</i> indekss	Ciete	Krišanas skaitlis	Tilpummasa
	%	%	ml	%	s	kg ht ⁻¹
1. Kontrole	14,0 ± 0,06	26,2 ± 0,06	55,4 ± 0,07	63,6 ± 0,09	312 ± 5,25	82,6 ± 0,06
2. <i>DDMn</i>	13,6 ± 0,03	25,4 ± 0,07	52,9 ± 0,06	63,7 ± 0,03	310,5 ± 3,75	81,6 ± 0,03
3. <i>Phosific</i>	13,9 ± 0,06	26,0 ± 0,06	56,1 ± 0,09	64,0 ± 0,06	311 ± 6,00	82,1 ± 0,07

Būtiska nozīme kviešu graudu kvalitātes raksturošanai ir proteīna saturam. Literatūrā ir norādes, ka proteīna saturs kviešu graudos var svārstīties no 7-8% līdz pat 18-20%. Jo augstāks proteīna saturs graudos, jo kvalitāte ir labāka [12].

Mūsu pētījumā lapu mēslojums proteīna saturu nav būtiski ietekmējis. Vērojama tendence, ka lapu mēslojuma ietekmē proteīna saturs pat nedaudz samazinājies (2.tabula).

Lipekļa saturs graudos lapu mēslojuma ietekmē nav būtiski mainījies. Izmēģinājumā iegūto graudu lipekļa saturs ir augsts – ~26%. Uzskata, ka maizes un maizes produktu ražošanai izmantojamais kviešu graudos optimālais lipekļa saturs ir 22-28% [13, 12].

Zeleny indekss raksturo graudu proteīna kvalitāti. Izmēģinājumā iegūto kviešu graudu *Zeleny* indekss ir augsts. Lapu mēslojuma ietekme uz *Zeleny* indeksu nav būtiska. Literatūrā ir norādes, ka viszemākais *Zeleny* indeksa rādītājs, ar kuru kviešu miltus vēl var izmantot cepšanai, ir 20 [12].

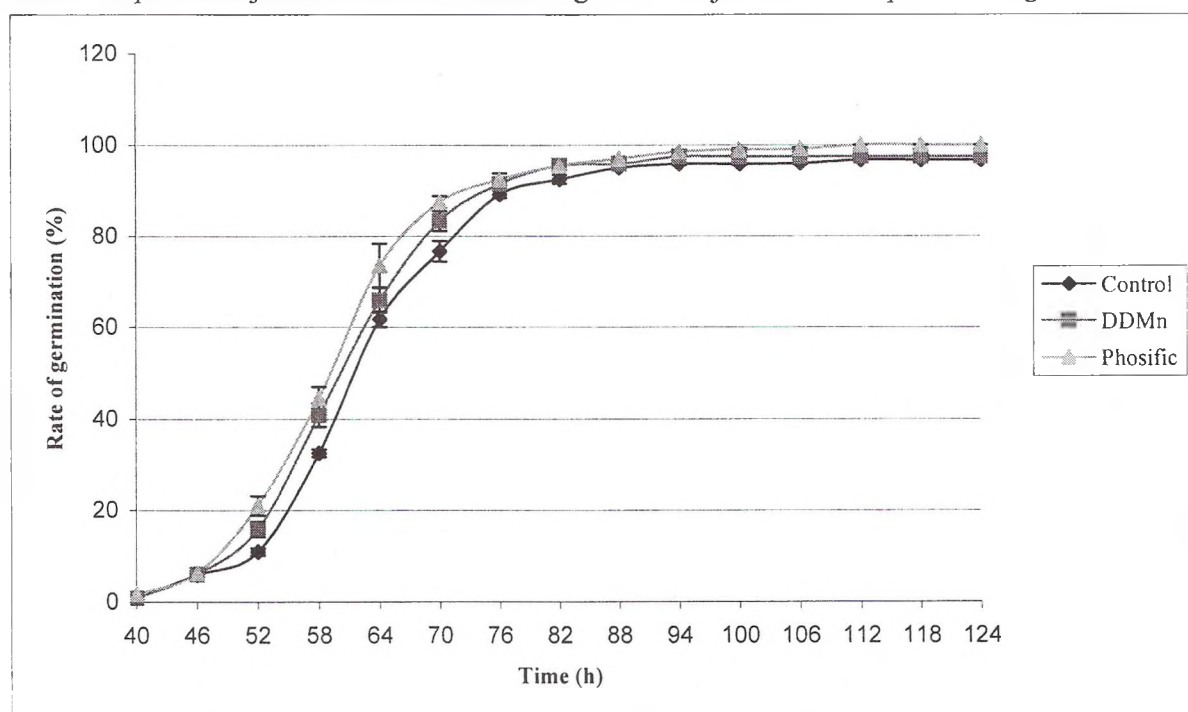
Būtiska nozīme kviešu graudu raksturošanai ir cietes saturam tajos. Cietes saturs izmēģinājumos iegūtajiem graudiem ir 63,6-64,0%. Lapu mēslojuma ietekme nav konstatējama.

Cietes skaldīšanās procesu intensitāti raksturo krišanas skaitlis. Krišanas skaitlis izmēģinājumos iegūtajiem graudiem pārsniedz optimālo 220-260 sekunžu robežu. Visaugstākā krišanas skaitļa vērtība graudiem ir kontroles variantā.

Specifisks graudu kvalitātes rādītājs ir tilpummasa. Lielāka tilpummasa nodrošina lielāku miltu iznākumu pārstrādes procesā. Kviešu graudu tilpummasa izmēģinājumos iegūtajiem graudiem ir augsta 81,6-82,6 kg hl⁻¹.

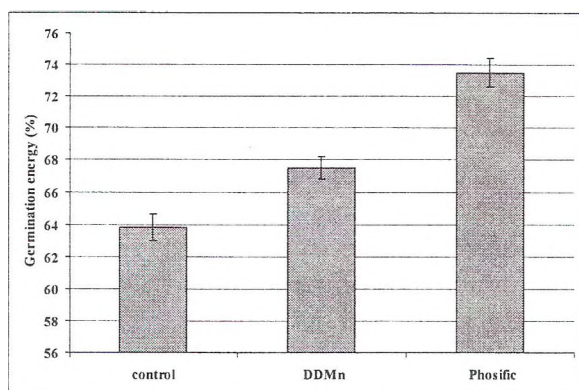
Pēc vairāku autoru domām [2, 14, 10], sēkļu kvalitāti bez mēslojuma būtiski ietekmē arī visi augsnes agroķīmiskie un meteoroloģiskie apstākļi. Augustā kviešu vārpošanas un nogatavošanās fāzē nokrišņu daudzums 4,6 reizes pārsniedza normu. Pārmērīgs mitrums negatīvi ietekmēja graudu nogatavošanos un kvalitāti.

Sēkļu fizioloģiskās īpašības – dīgšanas ātrums, dīgtspēja, dīgšanas enerģija – ir būtiski graudu kvalitātes rādītāji. Kviešu sēklas, kas iegūtas no augiem ar dažādu lapu mēslojumu, dīdēja laboratorijas apstākļos. Sēklas sāka dīgt 40.stundā pēc eksperimenta iekārtošanas (1.attēls). Pozitīva lapu mēslojuma ietekme uz sēkļu dīgšanu vērojama visā eksperimenta gaitā.

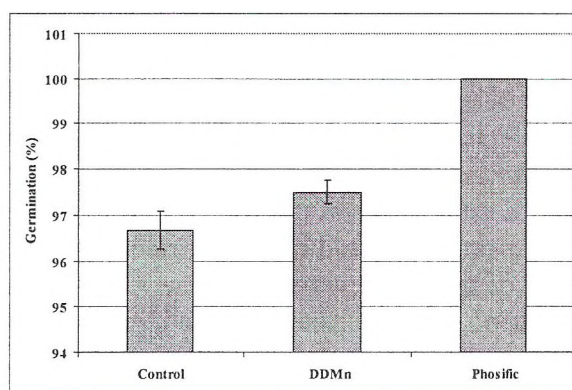


1.attēls. Kviešu sēkļu dīgšanas dinamika atkarībā no lapu mēslojuma

Ekspērimētā novērots, ka lapu mēslojums būtiski ietekmē nākamās paaudzes sēkļu dīgšanas enerģiju un dīgtspēju (2., 3.attēls).



2.attēls. Lapu mēslojuma ietekme uz kviešu sēklu dīgšanas enerģiju



3.attēls. Lapu mēslojuma ietekme uz sēklu dīgtspēju

Visaugstākā dīgšanas enerģija ir sēklām, kas iegūtas no augiem, kuri vārpošanas fāzē migloti ar makroelementiem. Makroelementu lapu mēslojums pozitīvi ietekmējis arī sēklu dīgtspēju. *Phosific* varianta sēklu dīgtspēja ir 100%.

Secinājumi

1. Lapu mēslojuma *DDMn* (mikroelementi) un *Phosific* (makroelementi) ietekmē vasaras kviešu šķirnes 'Jasna' graudu raža palielinās par 0,2-0,4 t ha⁻¹.
2. 1000 graudu masu mikroelementu lapu mēslojums būtiski neietekmē, bet makroelementu ietekmē tā palielinās par 6,9%.
3. Kviešu graudu kvalitāte (proteīna, lipekļa, cietes saturs, *Zeleny* indekss, krišanas skaitlis un tilpummasa) lapu mēslojuma ietekmē būtiski nemainās.
4. Lapu mēslojums pozitīvi ietekmē sēklu dīgšanas dinamiku, dīgšanas enerģiju un dīgtspēju.
5. Lapu mēslojuma izmantošana kviešu sējumos ir efektīva: palielinās graudu raža un sēklu fizioloģiskā aktivitāte, tiek sekmēta minerālelementu uzņemšana augos un notiek vides saudzēšana.

Summary

Wheat (*Triticum* L.) is utilised mostly for food. Characteristic qualitative indices for wheat crop are the physiological activity of grains and protein, gluten and starch content in the grains.

Field tests and laboratory tests were carried out with wheat variety 'Jasna'. During the heading phase plants were sprayed with solution of micronutrients – *DDMn* (Mn:Zn:Cu:Mo:B = 4:0.010:0.020:0.001:0.010) and solution of macronutrients – *Phosific* (NH₄NO₃:P₂O₅:K₂O:SO₃ = 10:15:5:30).

The field tests were carried out in the Latgale Scientific Agricultural Centre in Eastern Latvia, but the laboratory tests in the Department of Plant Physiology the faculty of Biology the University of Latvia.

Field tests were performed in the year 2005. The field tests were organised according to the method of random blocks with 4 repetitions. The total area for a block was 2 m × 10 m = 20 m². The total space of the test was 1600 m². There was humus podzolic gley soil. The content of organic substances in the soil was 5.2%, pH_{KCl} – 6.45. Micronutrients in soil (mg l⁻¹): N – 100, P – 730, K – 140, Ca – 13625, Mg – 2500, S – 23, Fe – 2800, Mn – 125, Zn – 5, Cu – 8.5, Mo – 0.08, B – 1.20. Pre-plant was flax. As a basic fertiliser "*Kemira Grow How*" complex mineral nutrition 5:10:25 3 c ha⁻¹, mineral supplement was ammonium nitrate – 1 c ha⁻¹ (the recommendations of the supplier). In field tests the yield of wheat was determined.

The wheat was cropped according to the grain ripening phase by grain combine harvester *Sampo-130*.

Grain quality indices – protein, gluten and starch content, *Zeleny* index and Falling number – were detected in the laboratory of „Rīgas Dzirnavnieks” with *Infratex 124*.

In the laboratory (in the year 2006) tests the grain were germinated in dark at 20°C in a Petri dish. The percentage of germinated grain was determined every 6 hours. A grain with at least 1 mm of protruded radicle was detected as germinated. The number of repetitions – 4. The number of grain in every repetition was 100. In the laboratory experiments were determined germination, germination power and germination energy.

As a result the mineral supply through leaves during the heading phase increases grain yield for 3-5%. Macronutrients *Phosific* 0.4 t ha⁻¹ were the most effective. There was no significant influence of the fertilisation through leaves on the quality of grain, but germination, germination energy and germination power were greatly increased. The rational use of the nutrients has a positive effect on the environment.

Literatūra

1. Schonherr, I. (1976). Water permeability of isolated cuticular membranes: the effect of cuticular waxes on diffusion of water. *Planta* 131: 159-164.
2. Marschner, H. (1999). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 1-889.
3. Levy, Y., Horesh, I. (1984). Importance of penetration through stomata in the correction of chlorosis with iron salts and low – surface – tension surfactants. *J. Plant Nutr.* 7, 279-281.
4. Tyree, M.T., Scherbatskoy, T.D., Tabor, C.A. (1900). Leaf cuticles behave as asymmetric membranes. Evidence from the measurement of diffusion potentials. *Plant Physiol.* 92 : 1.3-109.
5. Bowman, D.C., Paul, J.L. (1992). Foliar absorption of urea, ammonium and nitrate by perennial ryegrass turf. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117 : 75-79.
6. LV ST ZM 39-95. (1995). Sēklu dīgspējas noteikšana. Nozares standarts Rīga: LLU Augkopības katedra. 1-28.
7. Hartmann, T.H., Kester, E.D., Davies, T.F., Geneve, L.R. (2002). *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice Hall, New Jersey. 1-880.
8. Riņķis G., Ramane H. (1989). Kā barojas augi. R. “Avots”, 1-152
9. Gilroy, S., Jones, D.L. (2000). Through from function: root hair development and nutrient uptake. *Trends in Plant Science*, 5: 56-60.
10. Livmanis, J., Vucāns, R., Līpenīte, I. (2003). Vasaras kviešu ‘Eta’ graudu kvalitātes rādītāju izmaiņas mēslojuma ietekmē. *Agronomijas vēstis*, Nr. 5: 196-202
11. Stramkale, V., Špīsa, D., Vikmane, M. (2006). Slāpekļa mēslojuma ietekme uz alus miežu ražu un sēklu kvalitāti. International conference "Opportunities and problems of economic development", March 24, 2006, Rēzekne, 462-468.
12. Ruža, A. (2002). Kviešu graudu kvalitātei jauni rādītāji. *Agrotops*, Nr. 5: 4-5
13. Ruža, A. (1998). Pārtikas graudu kvalitāte. Latvijas Lauksaimniecības konsultāciju un izglītības atbalsta centrs. LLU. 1-17.
14. Ruža, A., Kreita, Dz., Liriņa, A. (2000). Slāpekļa mēslojuma iestrādes veidu ietekme uz miežu šķirņu ražību un ražas kvalitāti. *Agronomijas vēstis*, Nr. 2: 57-60

**INFORMĀCIJAS
TEHNOLOĢIJAS UN
MATEMĀTISKĀS
METODES VIDES ZINĪBĀS**

***IT AND MATHEMATICAL
METHODS IN
ENVIRONMENTAL
SCIENCES***

NESASPIEŽAMA ŠĶIDRUMA PLŪSMAS SKAITLISKĀ MODELĒŠANA CAURULĒ VIRPUĻLAUKA IETEKMĒ NUMERICAL MODELLING A STREAM OF NOT COMPRESSED LIQUID IN A PIPE UNDER INFLUENCE OF A VORTICAL FIELD

Andris Buikis, Harijs Kalis¹, Ilmārs Kangro²

Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia, Akadēmijas
laukums 1, LV 1524, Zeļļu iela 8, LV 1002, Rīga, Latvija, ph: 7033722, fax: 7033701,
e-mail: buikis@latnet.lv

¹Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia, Akadēmijas
laukums 1, LV 1524, Zeļļu iela 8, LV 1002, Rīga, Latvija, ph: 7033722, fax: 7033701,
e-mail: kalis@lanet.lv

²Rēzekne Higher Educational Institution, Department of Engineering Science, Atbrīvošanas
aleja 90, LV 4601, Rēzekne, Latvija, ph: 4625150, fax: 4625901 e-mail: kangro@ru.lv

Abstract. The article features the system of three partial differential equations, which describes the stream stationary axial - a symmetric incompressible liquid in a pipe. The developed technique allows reduce the system of PDE to the difference equations which have been solved due to the grid method. Using computer program MAPLE different values of pressure's difference in the following cases were calculated: a) a smooth pipe; b) the liquid is poured in inside a pipe through the reduced part of a pipe; c) the liquid is poured in inside a pipe through a ring. The liquid's flux modeling in a pipe is investigated at different values of parameter Re (Reynolds number), Γ (parameter of rotation) and A (whirlwind's intensity). The considered technique is applicable in specific targets and processes of formation of whirlwinds, for example, a stream of a liquid or gas in pipelines, in automobile mufflers, etc.

Keywords: difference equations, grid method, parameter of rotation, Reynolds number, stationary axial - a symmetric incompressible liquid, whirlwind's intensity

Ievads

Modernās tehnoloģijas pieprasa arvien efektīvākas, kompaktākas, videi draudzīgākas tehniskās iekārtas. Tas pilnā mērā attiecināms arī uz enerģētikas iekārtām. Tā ir kompakta, efektīva un ekoloģiski tīra iekārta elektroenerģijas pārvēršanai siltumā, kuras matemātiskais modelis apskatīts publikācijās [1; 2]. Pēdējā desmitgadē parādās enerģētikas iekārtas, kuras konstruētas pēc dabā sastopamā tornado (hurrican) principa [3]. Pēc līdzīga principa darbojas darbos [4; 5] modelētā iekārta, kura turbulentu plūsmu, laižot to caur speciāli konstruētu galīgo cilindru sistēmu, izveido virpuļu virkni un tādējādi samazina frontālo pretestību.

Pētījuma objekti un metodes

Modelējot stacionārās aksiāli simetriskās nesaspiežama viskoza šķidruma plūsmas galīgā caurulē, cilindriskās koordinātēs (r, φ, z) apskata šādu parciālo diferenciālvienādojumu sistēmu (Navjē-Stoksa vienādojumi) bezdimensiju formā [2; 5; 7]

$$-r^2 \omega = \psi_{zz} + r(r^{-1} \psi_r)_r, \quad 0 < r < 1, \quad 0 < z < 1 \quad (1)$$

$$\operatorname{Re} M(\omega) = \omega_{zz} + r^{-3} (r^3 \omega_r)_r + r^{-4} \operatorname{Re} \Gamma^2 (w^2)_z + f_\varphi r^{-1}, \quad (2)$$

$$\operatorname{Re} M(w) = w_{zz} + r(r^{-1} w_r)_r, \quad (3)$$

kur $M(g) = v g_z + u g_r$ – konvektīvie locekļi ($g=w; \omega$), ($v = v_r(r, z)$, $v_\varphi(r, z)$, $u = v_z(r, z)$) – ātruma komponentes, $\psi = \psi(r, z)$ – hidrodinamiskā strāvas funkcija vai plūsmas funkcija ($v = r^{-1} \psi_r$, $u = -r^{-1} \psi_z$), $\omega = \omega(r, z) = \omega_\varphi r^{-1}$ ($\omega_\varphi = u_z - v_r$ – virpuļu funkcija), $w = w(r, z) = r v_\varphi$, $\operatorname{Re} = U_0 a / \nu$ – Reinoldsa skaitlis, $\Gamma = V_0 / U_0$ – rotācijas parametrs, $f_\varphi = (F_r)_z - (F_z)_r$ – ārējo spēku (F_r , F_z) rotora komponente, U_0 – vienmērīgās plūsmas ātrums caurules ieejā ($z=0$), a – caurules rādiuss, ν – kinemātiskā viskozitāte, V_0 – lineārais rotācijas ātrums caurules ieejā

($V_0 = a \Omega_0$, kur Ω_0 – leņķiskais ātrums. Plūsmas raksturošanai caurulē uzdod caurteci, t.i., plūsmu caur caurules šķērsgrīzumu $z = \text{const}$ formā [7].

$$Q = 2\pi \int_0^a r v_z dr \quad (4)$$

vai vidējo ātrumu $Q_1 = Q/(\pi a^2) = 2(\psi(a, z_0) - \psi(0, z_0))/a^2$ (bezdimensiju formā $Q_1 = 1$, ja $a = 1$, $\psi(a, z_0) = 0,5$, $\psi(0, z_0) = 0$).

Skaitliskai modelēšanai cauruli pārklāj ar vienmērīgu režģi:

$$r_i = 0,5h_1 + (i-1)h_1, i = 1, \dots, n, z_j = (j-1)h_2, j = 1, \dots, m,$$

kur $nh_1 = 1$, $mh_2 = 1$, un apzīmē tuvinātās nezināmo funkciju ψ , ω , w vērtības režģa punktā (r_i, z_j) ar ψ_{ij} , ω_{ij} , w_{ij} (h_1, h_2 – režģa soļi).

Uz caurules ass ($r = 0$) simetrijas nosacījumi ir formā

$$\psi = \psi_r = \omega_r = w_r = 0. \quad (5)$$

Caurules izejā ($z = 1$) apskatīsim „mīkstos” (plūsmas kļūst paralēla z asij) nosacījumus

$$\psi_z = \omega_z = w_z = 0.$$

Caurules ieejā ($z = 0$) atkarībā no šķidrums ietecēšanas režīma caurulē uzdodam šādus nosacījumus:

1) gludas caurules atrisinājums (šķidrums ieplūst visā caurulē, Puazeiļa plūsma [5])

$$\psi(r) = r^2 - 0,5 r^4, \omega(r) = 4, w(r) = \Omega_2 r^2, \quad (6)$$

kur Ω_2 – cilindriskās virsmas ($r = 1$) leņķiskais rotācijas ātrums;

2) gludas caurules gredzena ($0 < r_0 \leq r \leq 1$) atrisinājums (šķidrums ieplūst pa gredzenu, caurules ieejas daļa $r < r_0$ ir slēgta)

$$\psi(r) = -r^2(\ln r - 0,5)/g + (r^4 \ln r_0 + r_0^2(g - \ln r_0))/(2g(r_0^2 - 1)) - r^2 \ln r_0/(g(r_0^2 - 1)),$$

$$\omega(r) = 2(r^2 - 2 \ln r_0/(r_0^2 - 1))/g, w(r) = (r^2(\Omega_2 - \Omega_1 r_0^2) - r_0^2(\Omega_2 - \Omega_1))/(1 - r_0^2), \quad (7)$$

kur $g = \ln r_0 (r_0^2 + 1) + 1 - r_0^2$, Ω_2, Ω_1 – atbilstoši virsmu $r = 1$ un $r = r_0$ leņķiskie rotācijas ātrumi;

3) sašaurinātas caurules ($r < r_0$) atrisinājums (šķidrums ieplūst no sašaurinātas caurules, caurules ieejas daļa $r_0 \leq r \leq 1$ ir slēgta)

$$\psi(r) = (r/r_0)^2 - 0,5 (r/r_0)^4, \omega(r) = 4r_0^{-4}, w(r) = \Omega_1 r^2. \quad (8)$$

Ievērojot šķidrums pielipšanas nosacījumus pie cietām virsmām (ātrums tur ir nulle), iegūstam robežnosacījumus uz caurules virsmas ($r = 1$)

$$\psi = 0,5, \psi_r = 0, w = 0, \omega = \omega_s,$$

kur ω_s ir virpuļu funkcijas sadalījums uz virsmas (9).

Pētot ātrumu sadalījumu pie caurules virsmas ($r = 1 - h_1$) posmā ($l_1 < z < l_2$) tiek pievadīti papildus riņķveida punktveida virpuļi ar uzdotas funkcijas

$G(z) = A \sin^{1000}(\pi k(z - l_1))$ palīdzību, kur $k = N/(l_2 - l_1)$, N – riņķveida virpuļu skaits (ārpus segmenta $[l_1, l_2]$ $G(z) = 0$), A – virpuļu intensitāte (amplitūda). Funkcijas vērtības $G(z_j) = A$ (ar precizitāti 10^{-15}), kur $z_j = l_1 + (2j-1)(l_2 - l_1)/(2N)$. Ja $z \neq z_j$, tad $G(z) < 10^{-15}$ (praktiski 0). Ja $A < 0$, tad virpuļi griežas uz pretējo pusi.

Šos virpuļus var realizēt divējādi:

1) tieši pieskaitot $G(z)$ funkcijas ω robežnosacījumam ω_s , ja $r = 1$,

2) netieši, uzdodot lokāli ārējo spēku, piemēram, ja $F_r = -4Az$, $F_z = -Ar$, tad $f_\phi = -3A$, no (2) seko $\omega = Ar$, no (1) – $\psi = -Ar^5/15$, tātad skaitliskos eksperimentos vienādojumā (2) funkcija f_ϕ ir formā $f_\phi = -3G(z)$.

Lai iegūtu virpuļu funkciju ω_s uz robežas, lieto Teilora rindas izvirzījumus funkciju vērtībām $\psi(1 - 0,5h_1, z)$, $\omega(1 - 0,5h_1, z)$ punktu $(1, z)$ apkārtnē (z – fiksēts) [5].

Iegūstam modificētos Vudsa nosacījumus formā (2. kārtas aproksimācijas) [3, 4]

$$\omega_s = -(12 h_1^{-2}(\psi_{n,j} - \psi_s) + 0,5 \omega_{n,j})/(1 - 0,75 h_1), \quad (9)$$

kur ω_s, ψ_s ir ω, ψ vērtības, ja $r = 1, z = z_j$.

Analogi var iegūt robežnosacījumus virpuļu funkcijai pie ieejas ($z = z_1 = h_2$), ja tās daļu aizsedz cieta virsma, proti

$$\omega_{i,1} = -3 h_2^{-2} r_i^{-2} (\psi_{i,2} - \psi_{i,1}) - 0,5 \omega_{i,2}, \quad (10)$$

Diferenciālvienādojumus (1-3) aizstāj ar diferencu vienādojumiem, lietojot centrālās diferences kopā ar monotono-eksponentu aproksimāciju (Patankars [2, 6-8]).

Aproksimējot izteiksmi $R=r(r^{-1}g_r)_r$ ass tuvumā ($r=r_1=h_1/2$) vienādojumus (1, 3)

($g=w$; ψ), ievēro nosacījumus (5), t. i., $g_{0,5,j}=0$, $g_{0,j}=g_{1,j}$ un ka $r^{-1}g_r \rightarrow g_{rr}$, ja $r \rightarrow 0$. Līdz ar to iegūst

$$R = r_1 h_1^{-1} (r_{1,5}^{-1} h_1^{-1} (g_{2,j} - g_{1,j}) - 8 h_1^{-2} g_{1,j}) + O(h_1^2).$$

Aprēķinot hidrodinamiskā spiediena $p=p(r,z)$ sadalījumu uz ass ($p(0,z)$), lieto normēto kustības vienādojumu z-ass virzienā ($v=v_z$, $u=v_r$)

$$p_z = r^{-1} (r v_r)_r + v_{zz} - \text{Re}(v v_z + u v_z). \quad (11)$$

Ievērojot (1), (5), un $r^{-1} (r v_r)_r \rightarrow -2\omega - \psi_{rrz}$, $v_{zz} \rightarrow \psi_{rrz}$, ja $r \rightarrow 0$, $u=0$, iegūst

$$p_z(0,z) = -2\omega(0,z) - 0,5 \text{Re}(\psi_{rr}^2)_z. \quad (12)$$

Aproksimējot atvasinājumus ar vienpusīgām diferencēm ($\omega_{rr}(0,z) = \psi_{rr}(0,z) = 0$)

$$\psi_{rr}(0,z_j) = (81 \psi_{1,j} - \psi_{2,j}) / (9 h_1^2) + O(h_1^3),$$

ekstrapolējot funkcijas ω vērtības uz caurules asi

$$\omega(0,z_j) = (9 \omega_{1,j} - \omega_{2,j}) / 8 + O(h_1^4)$$

un izmantojot aritmētiskās vidējās funkciju vērtības, ar 2. kārtas aproksimāciju iegūst formulu

$$p_z(0,z_{j-0,5}) = -(9\omega_{1,j} - \omega_{2,j} + 9 \omega_{1,j-1} - \omega_{2,j-1}) / 8 - \text{Re}(81(\psi_{1,j} - \psi_{1,j-1}) - (\psi_{2,j} - \psi_{2,j-1})) / (18h_2h_1^2).$$

Integrējot šo sakarību tuvināti ar vidējo taisnstūra formulu segmentā $[0,1]$, iegūst spiediena sadalījumu gar caurules asi

$$p(0,z_j) = p(0,0) + h_2 \sum_{k=1}^j p_z(0, z_{k-0,5}), \quad j=1, \dots, m, \quad (13)$$

kur $p(0,0) = 8l$ – spiediena kritums ($\Pi(r) = p(r,0) - p(r,1) = 8l$ neatkarīgi no r) gludā caurulē ar garumu l . Skaitlisko eksperimentu mērķis ir no (13) izskaitļot $\Pi(0)$ atkarībā no šķidrumsietecēšanas režīma caurulē, no skaitļa Re lieluma un no doto papildus riņķveida virpuļu intensitātes A . Tā kā fiksēto vērtību $\psi(0,z)=0$, $\psi(0,z)=0,5$ dēļ caurtece Q_1 caurulē ir konstanta ($Q_1=1$), tad no spiediena krituma izmaiņām varēs spriest par caurules pretestības un ātruma izmaiņām – samazinoties $\Pi(0)$ vērtībām, atbilstoši palielināsies šķidrumsietecēšanas ātrums caurulē un otrādi.

Rezultāti un to izvērtējums

Skaitliskie aprēķini tika veikti ar parametriem $N=4$, $l_1=0,5$, $l_2=2,5$, $l=4$, $\text{Re}=1;10;20;500$, $\Gamma=0;2$, $r_0=0,475$, $A=\pm 500;1000;2000; 10^6$; 0 , $n=20$, $m=80$. Četri riņķveida virpuļi ($k=2$) ir sakoncentrēti punktos $z_1=0,75$, $z_2=1,25$, $z_3=1,75$, $z_4=2,25$ ($r=0,95$). Diferencu vienādojumi tika realizēti ar apakšējās relaksācijas palīdzību (relaksācijas koeficientu vērtības no 0,3 līdz 0,9).

1. Šķidrumsietecēšanas plūsma gludā caurulē (6), $\Gamma=0$, $\text{Re}=500$, $\Omega_2=0$.

Atkarībā no parametra A iegūstam dažādas spiediena kritumu vērtības (1.tab.) un spiediena sadalījumu uz cilindra ass (Pielikumā 1.att.: $A=0$, 2. att.: $A=-2000$) (1.-3.att. un 9.att. uz horizontālās ass atlikta z koordināte, bet uz vertikālās – spiediens).

2. Šķidrumsietecēšanas plūsma no caurules sašaurinātās daļas plašākajā (8), $\Gamma=0$, $\text{Re}=1;10;20$, $\Omega_1=0$, $A=0$.

Atkarībā no parametra Re iegūstam dažādas spiediena kritumu vērtības (gludā caurulē ar rādiusu r_0 un garumu $l - \Pi(0) = 8 r_0^{-4} l = 628,60$) (2.tab.). Spiediena un plūsmas funkcijas sadalījumus dots attiecīgi 3. un 4.attēlā ($\text{Re}=10$) (4.-8.att. un 10.-16.att. uz vertikālās ass atlikta z koordināte, bet uz horizontālās – caurules rādiuss). Eksperimentāli iegūts, ka, palielinoties Reynolds skaitlim Re , virpuļu zona paplašinās. Realizējot virpuļus ar lokālu ārējo spēku palīdzību (4 riņķveida virpuļi caurules gredzenveida paplašinājumos), tika novērots, ka spiediena sadalījums uz ass būtiski nemainās, bet plūsma virpuļu zonā mainās (5.att.: $A=10^6$, 6.att.: $A=-10^6$). Pie parametru vērtībām $\Omega_1=1$, $\Gamma=2$, $\text{Re}=10$ $A=0$ spiediena

kritums ir $\Pi(0)=270$, bet pie $A=10^6$ un $A=-10^6$ – atbilstoši $\Pi(0)=267$ un $\Pi(0)=272$. Plūsmas līnijas ($A=0$, $A=10^6$) ir redzamas 7. un 8.attēlā.

3. Šķidruma plūsma gar caurules malām caur gredzenu (7), $\Gamma=0$, $Re=100$, $\Omega_1=0$, $\Omega_2=0$, $A=0$. Šajā gadījumā 9. un 10.attēlā redzamas attiecīgi nemonotonas spiediena izmaiņas ar tām atbilstošo plūsmas sadalījumu gludā caurulē. Spiediena izmaiņas ir mazas, ja virpuļu intensitāte ir $A=\pm 10^6$ (pozitīvām vērtībām spiediena kritums ir par 5 mazāks nekā negatīvām). 11. un 12.attēlā redzamas plūsmas līnijas, ja $A>0$ un $A<0$. Rotācijas gadījumā ($\Gamma=2$, $\Omega_1=0$, $\Omega_2=1$, $A=0$) aina ir līdzīga 10.attēlam, bet ja $A=\pm 10^6$, tad – 11 un 12.attēlam (vērojamas nelielas izmaiņas, ja $\Omega_1=1$, $\Omega_2=0$). Jāatzīmē, ka plūsma nav atkarīga no rotācijas virziena maiņas (Ω_1 , Ω_2 ar pretējām zīmēm), jo vienādojumā (2) ir saskaitāmais ar w^2 . Funkcijas w līmeņu līnijas ($A=0$) gadījumā, ja $\Omega_1=0$, $\Omega_2=1$ un $\Omega_1=1$, $\Omega_2=0$ ir redzamas atbilstoši 13. un 14.attēlā, bet 15. un 16.attēlā – virpuļu funkcijas ω līmeņu līnijas, ja $\Omega_1=0$, $\Omega_2=1$ un $\Omega_1=\Omega_2=0$.

Secinājumi

1. Riņķveida virpuļu realizācija caurules iekšpusē pie virsmas paātrina plūsmas ātrumu caurules iekšpusē, ja virpuļu griešanās notiek pulksteņa rādītāja kustības virzienā ($A>0$).
2. Plūsma caurulē ir atkarīga no parametra Re (Reinoldsa skaitlis), Γ (rotācijas parametrs) un A (virpuļu intensitāte) vērtībām.
3. Plūsma caurulē ir atkarīga no ietecēšanas režīma caurulē.
4. Aprēķini ir saistīti ar konkrētiem virpuļu lietojumiem enerģētikā [3-5]. Darbā aplūkotā metodika ļauj modelēt un pētīt dabā sastopamās virpuļauku (tornado) parādības, šķidrumu un gāzu plūstamību cilindriskās vidēs, piemēram, gāzes vai naftas vados, automobiļu izpūtējos u.c.

Summary

The stream stationary axial - a symmetric incompressible liquid in a pipe is modeled. Process is characterized by system of the partial differential equations (equations Nawe-Stock) given in the dimensionless form in cylindrical coordinates (r , φ , z) (1), (2), (3) [1, 2]

where $M(g) = vgz + ugr$ - convective parts ($g = w; \omega$), ($v = v_r(r, z)$, $v_\varphi(r, z)$, $u = v_z(r, z)$) – velocity components, $\psi = \psi(r, z)$ - hydro dynamical flux function ($v = r^{-1} \psi_r$, $u = -r^{-1} \psi_z$), $\omega = \omega(r, z) = \omega_\varphi r^{-1}$ ($\omega_\varphi = u_z - v_r$ - function of a whirlwind (circulation)), $w = w(r, z) = r v_\varphi$, $Re = U_0 a / \nu$ – Reynolds number, $\Gamma = V_0 / U_0$ - parameter of rotation, $f_\varphi = (F_r)_z - (F_z)_r$ - a component of a rotor of external forces (F_r , F_z), U_0 - velocity of a uniform flux at an input in a pipe ($z=0$), a - radius of a pipe, ν - kinematics viscosity, V_0 - linear speed of rotation at an input in a pipe ($V_0 = a \Omega_0$, Ω_0 - angular speed). For the characteristic of a stream in a pipe, the channel is defined, i.e. flux resembling through cross section $z = \text{const}$ in the form (4) [1] or average velocity $Q_1 = Q / (\pi a^2) = 2(\psi(a, z_0) - \psi(0, z_0)) / a^2$ (in dimensionless form $Q_1 = 1$, if $a=1$, $\psi(a, z_0) = 0.5$, $\psi(0, z_0) = 0$). For numerical modeling the pipe becomes covered by a uniform grid.

On an axis of a pipe ($r=0$) conditions of symmetry are submitted in the form (5). On an output of a pipe ($z=l$) we shall consider "soft" conditions (the stream is established parallel to an axis - z) $\psi_z = \omega_z = w_z = 0$. On an input of a pipe ($z=0$) depending on a mode of flowing of a liquid in a pipe we lay down the following conditions:

1) The solution of a smooth pipe (the liquid is poured in inside all pipe, Puasel's flux [1]) (6), where Ω_2 - angular speed of rotation of a cylindrical surface ($r=1$); 2) The solution of a ring of a smooth pipe ($0 < r_0 \leq r \leq 1$) (the liquid is poured in inside a pipe through a ring where the entrance part of a pipe is closed at $r < r_0$) (7), where $g = \ln(r_0^2 + 1) + 1 - r_0^2$, Ω_2 , Ω_1 - angular velocities of rotation accordingly for surfaces $r=1$ and $r=r_0$. 3) The solution of the reduced pipe ($r < r_0$) (the liquid is poured in inside a pipe through the reduced part of a pipe where the entrance part of a pipe is closed at $r_0 \leq r \leq 1$) (8).

Taking into account conditions of sticking of a liquid to firm surfaces (there velocity is equal to zero), we receive boundary conditions on a surface of a pipe ($r=1$) $\psi = 0.5$, $\psi_r = 0$, $w = 0$, $\omega = \omega_s$, where ω_s is a distribution of the whirlwind function on a surface of a pipe.

Boundary conditions for a whirlwind function on the surface are in the form (9), but near an input ($z=z_1=h_2$) (at the closed input) - in the form (10).

The pressure's function on z -axis is in the form (11 - 12), the corresponding pressure's distribution - (13) and the pressure's difference is $(\Delta p(r) = p(r,0) - p(r, l) = 8l$. The numerical calculations were processed by parameters $N=4$, $l_1=0.5$, $l_2=2.5$, $l=4$, $Re=1;10;20;500$, $\Gamma=0;2$, $r_0=0.475$, $A=\pm 500;1000;2000; 10^6$; 0 , $n=20$, $m=80$. Four whirlwinds are placed in the points $z_1=0.75$, $z_2=1.25$, $z_3=1.75$, $z_4=2.25$ ($r=0.95$).

Different values of pressure's difference $\Delta p(r)$ in the following cases were received: a) a smooth pipe ($0 < r \leq 1$) (6), $\Gamma=0$, $Re=500$, $\Omega_2=0$ (Fig. 1.,2); b) the liquid is poured in inside a pipe through the reduced part of a pipe, ($r < r_0$) in a part ($0 < r \leq 1$) (8), $\Gamma=0$, $Re=1;10;20$, $\Omega_1=0$, $A=0$ (Fig. 3. - Fig. 8.); c) the liquid is poured in inside a pipe through a ring ($0 < r_0 \leq r \leq 1$) in a part ($0 < r \leq 1$) (7), $\Gamma=0$, $Re=100$, $\Omega_1=0$, $\Omega_2=0$, $A=0$, (Fig. 9. - Fig. 16.).

Conclusions: 1. Acceleration of a stream of a liquid at a wall of a pipe is achieved by creation the vortical stream on a clockwise direction.

2. Character of a stream of a liquid in a pipe in many respects depends on values of the parameters Re , Γ and A .

3. Character of a stream of a liquid in a pipe in many respects depends on a mode of liquid's pouring in inside of a pipe.

4. The considered technique is applicable in specific targets and processes of formation of whirlwinds, for example, a stream of a liquid or gas in pipelines, in automobile mufflers, etc.

Literatūra

1. Buikis, A., Kalis, H. The vortex formation in a horizontal finite cylinder by alternating electric current. Mathematical modeling and analysis. Vol.10, No.1, 2005. pp. 9-18.
2. Buikis, A., Kalis, H. Flow and temperature calculations of electrolyte for a finite cylinder in the alternating field of finite number circular wires. Magnetohydrodynamics, vol.40, No.1, 2004. pp. 77-90.
3. Schatz, J. Mini-Tornado mit Wirbeleffekten. Neue universale energielösungen. Jupiter Verlag, 2003. pp. 247-290.
4. Buikis, A., Kalis, H., Schatz, J. Calculation of the velocity field of ideal fluid, induced by vortex curves in a finite cylinder. Proc. of WSEAS int. conf.: On environment, ecosystems and development. Venice, Italy, November 2-4, 2006. pp. 255-260.
5. Buikis, A., Kalis, H., Schatz, J. Numerical calculation of flow field caused by vortices chain. Proc. of 5-th WSEAS int. conf.: On system science and simulation in engineering. Tenerife, Canary Islands, Spain, December 16-18, 2006. pp. 427-432.
6. Kalis, H. Special computational methods for solution of MHD problems. Magnetohydrodynamics, vol. 32(3), 1996. pp. 272-280.
7. Milne-Thomson, L.M. Theoretical hydrodynamics. London, New York: Clarendon press, 1960.
8. Patankar, S. Calculation of the heat transfer and fluid flow problems. Moscow: Nauka, 1984.

PIELIKUMS

1. tabula

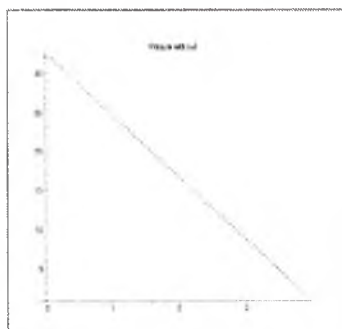
Spiediena krituma $\Pi(0)$ atkarība no parametra A vērtībām

A	0	500	1000	2000	-500	-1000	-2000
$\Pi(0)$	32	22	18	12	38	46	53

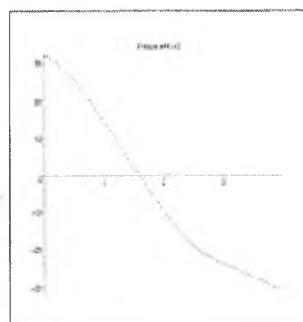
2. tabula

Spiediena krituma $\Pi(0)$ atkarība no parametra Re vērtībām

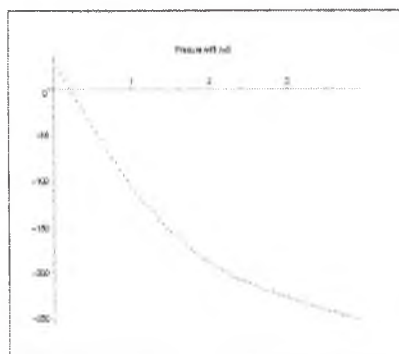
Re	0	1	10	20
$\Pi(0)$	69	82	283	440



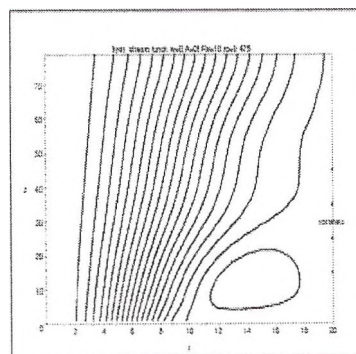
1.attēls. Spiediena sadalījums uz cilindra ass gludā caurulē (A=0)



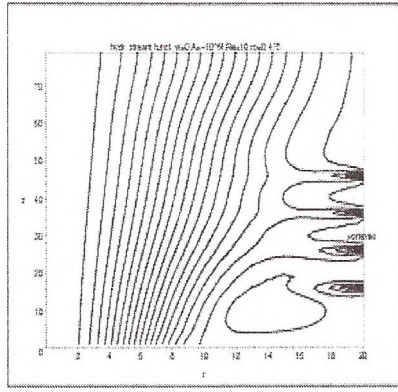
2.attēls. Spiediena sadalījums uz cilindra ass gludā caurulē (A=-2000)



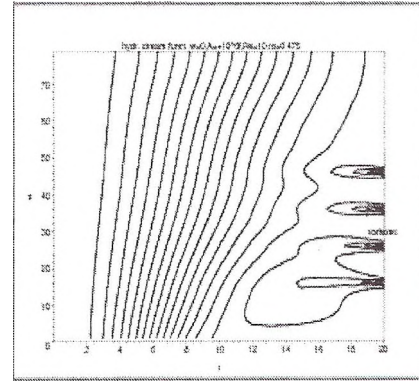
3.attēls. Spiediena sadalījums uz cilindra ass gludā caurulē (Re=10)



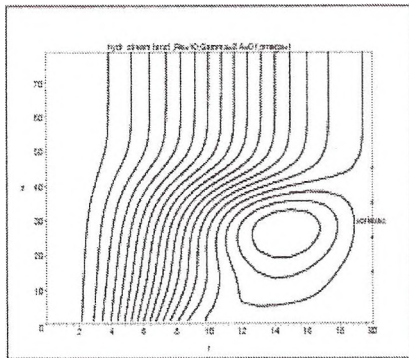
4.attēls. Plūsmas sadalījums gludā caurulē (Re=10)



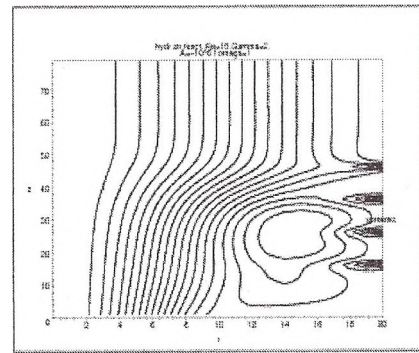
5.attēls. Plūsmas sadalījums caurulē ar sašaurinātu ieeju un riņķveida virpuļiem ($A=10^6$)



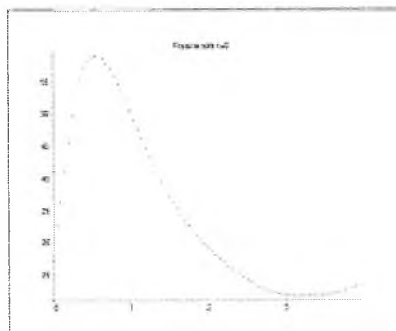
6.attēls. Plūsmas sadalījums caurulē ar sašaurinātu ieeju un riņķveida virpuļiem ($A=-10^6$)



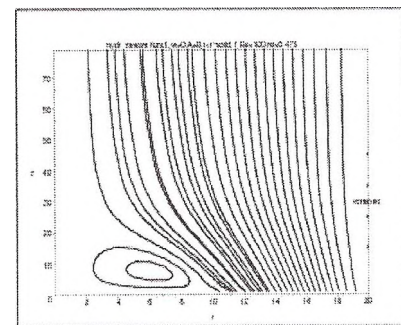
7.attēls. Plūsmas sadalījums gludā caurulē ar sašaurinātu ieeju ($A=0$)



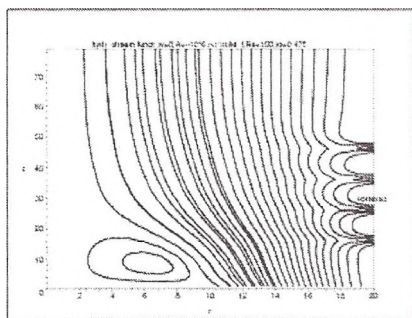
8.attēls. Plūsmas sadalījums caurulē ar sašaurinātu ieeju un riņķveida virpuļiem ($A=10^6$)



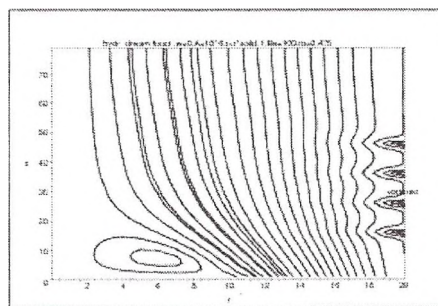
9.attēls. Spiediena sadalījums uz ass plūsmai caur gredzenu gludā caurulē



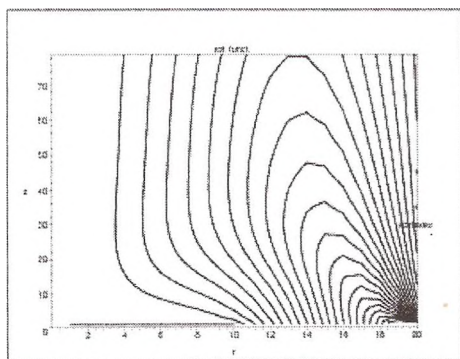
10.attēls. Plūsmas sadalījums caur gredzenu gludā caurulē



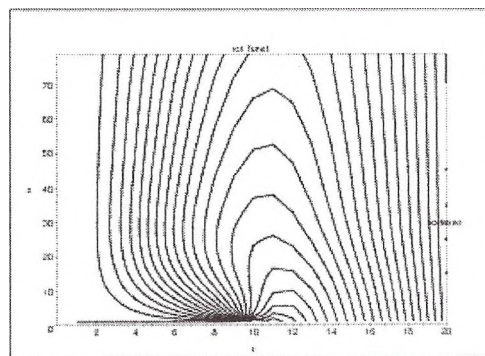
11.attēls. Plūsmas sadalījums caur gredzenu ar riņķveida virpuļiem ($A > 0$)



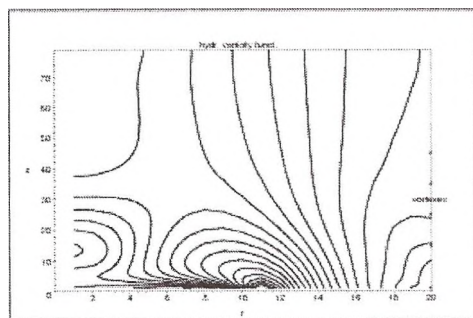
12.attēls. Plūsmas sadalījums caur gredzenu ar riņķveida virpuļiem ($A < 0$)



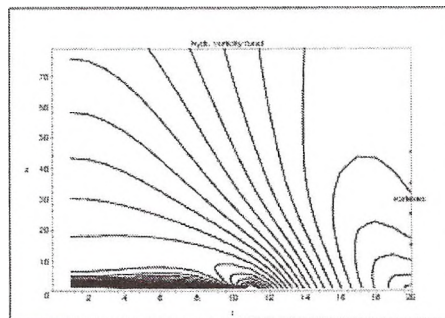
13.attēls. Rotācijas funkcijas w sadalījums plūsmā caur gredzenu ($A=0, \Omega_1=0, \Omega_2=1$)



14.attēls. Rotācijas funkcijas w sadalījums plūsmā caur gredzenu ($A=0, \Omega_1=1, \Omega_2=0$)



15.attēls. Virpuļu funkcijas ω sadalījums plūsmā caur gredzenu ($A=0, \Omega_1=0, \Omega_2=1$)



16.attēls. Virpuļu funkcijas ω sadalījums plūsmā caur gredzenu ($A=0, \Omega_1=0, \Omega_2=0$)

**DATA PREPROCESSING METHODS FOR INTERVAL BASED
NEURAL NETWORK PREDICTION**
*DATU PIRMAPSTRĀDES METODES INTERVĀLU BĀZĒTAI
PROGNOZĒŠANAI AR NEIRONU TĪKLIEM*

Aleksejs Zorins
Rēzeknes Augstskola
Rēzekne, Atbrīvošanas 115, ITC; e-pasts alex@ru.lv

Abstract. The paper examines a task of forecasting stock prices of Riga Stock exchange by the use of interval value prediction approach, which is carried out by modified Kohonen neural network learning algorithm. The data preprocessing methods are analyzed and implemented here to solve stock prices prediction task. The proposed data preprocessing methods has been experimentally tested with two types of artificial neural networks.

Keywords: artificial neural networks, interval value prediction, Kohonen neural networks, time series transformation methods

Introduction

Neural networks is a very popular direction of artificial intelligence which has found a large number of implementations in such fields as finance, medicine, engineering, geology and physics. Different kinds of network architectures and learning algorithms have been discovered so far. The most popular among them are backpropagation, Elman's, recurrent, counterpropagation networks and Kohonen self-organizing maps [2, 3, 5]. The hybrid networks which combine genetic algorithms, fuzzy logic and neural networks are also being introduced.

One of the tasks, which can be successfully solved by neural networks, is financial forecasting or prediction. Forecasting the behavior of a given system follows two approaches which are trying to predict future values of time series by extracting knowledge from the past. One common approach is to relate the changes in one time series to other phenomena in the economy. Other approach also adopted in this paper, states that stock exchange indexes embody all the knowledge that is necessary to predict future behavior. The experiments presented here are based on the assumption, that the past values of the indexes contain all the knowledge that is necessary to predict future behavior.

Next, there are two possible ways of prediction. Most often a person needs precise or exact values as a prediction result, however, in many cases such a prediction has quite big error and can be replaced with the interval value prediction, when we obtain value (index) change intervals. Varying the length of such intervals, one may obtain required forecasting precision.

The paper examines a task of forecasting stock prices of Riga Stock exchange by the use of interval value prediction approach, which is carried out by modified Kohonen neural network learning algorithm. The data preprocessing methods are analyzed and implemented here to solve stock prices prediction task. The proposed data preprocessing methods has been experimentally tested with two types of artificial neural networks.

Materials and methods

The interval value prediction is based on the partitioning of time series into number of intervals, which may represent factor changes in absolute values or percentage. The simplest case allows using standard windowing method for input value preparation; however, better results are possible with time series transformation methods.

Proper time series transformation can substantially improve performance of the prediction system and reduce learning time. There are different kinds of time series transformation, for instance, Fourier transformation, Wavelets and piece-wise linear approximation [1, 4, 7]. The paper discusses the last one of the methods, which is based on the time series approximation with N straight lines (Fig. 1).

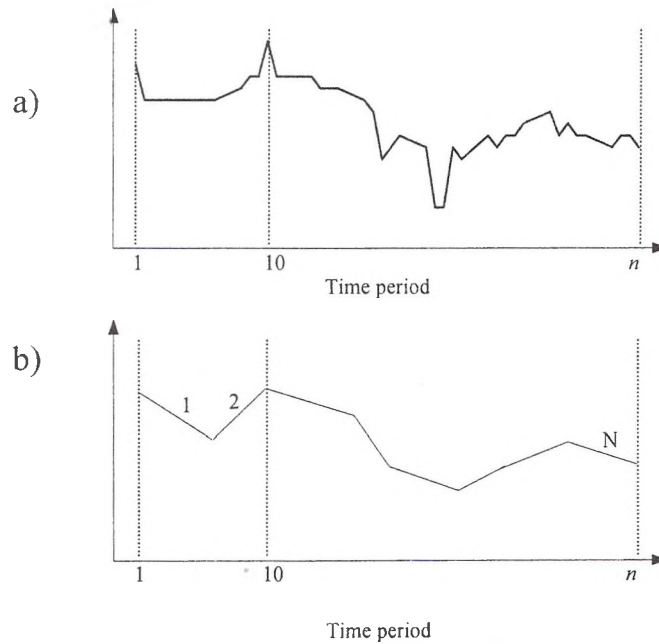


Fig. 1. Time series (a) and its piece-wise linear approximation

In most cases $N < n$ (n – number of time series data points), therefore, the time series transformation method allows to process data more efficiently. The time series transformation methods have been initially implemented in data mining, but, as it will be shown later, they may be successfully used as data preparation tool for neural networks.

The goals of the time series transformation (sometimes also called segmentation) may be different [6]:

- time series best representation with fixed number of segments N ;
- time series representation in such way, that maximal approximation error for each segment does not exceed initially defined threshold;
- time series representation in such way, that maximum total approximation error for all segments does not exceed initially defined threshold.

There are number of time series transformation (segmentation) algorithms. The experiments presented in this paper deals with three most popular: sliding window, top-down and bottom-up algorithms [4]. The flowchart of the sliding window algorithm is shown in the Figure 2.

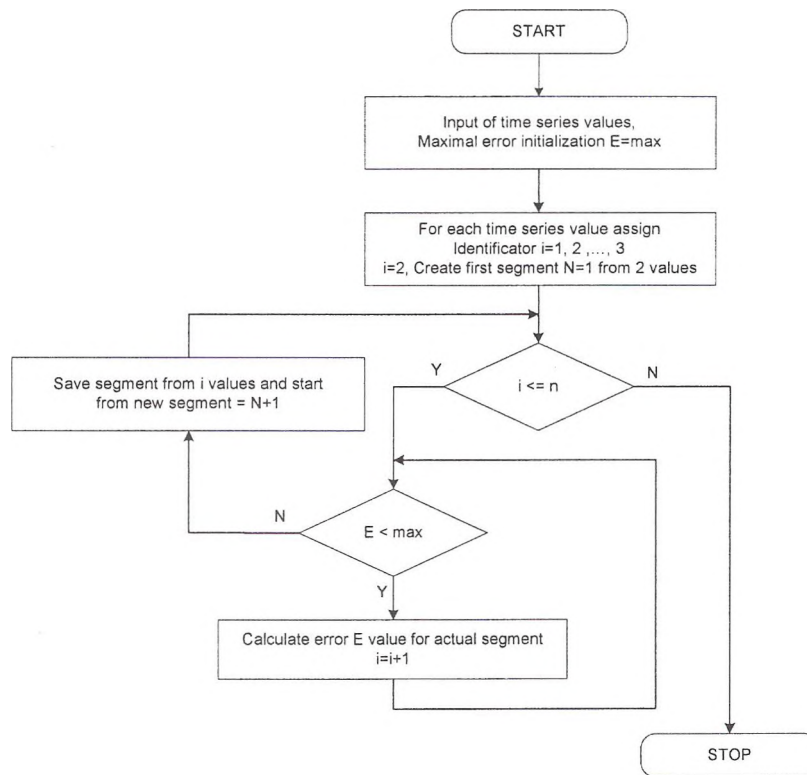


Fig.2. Sliding window algorithm flowchart

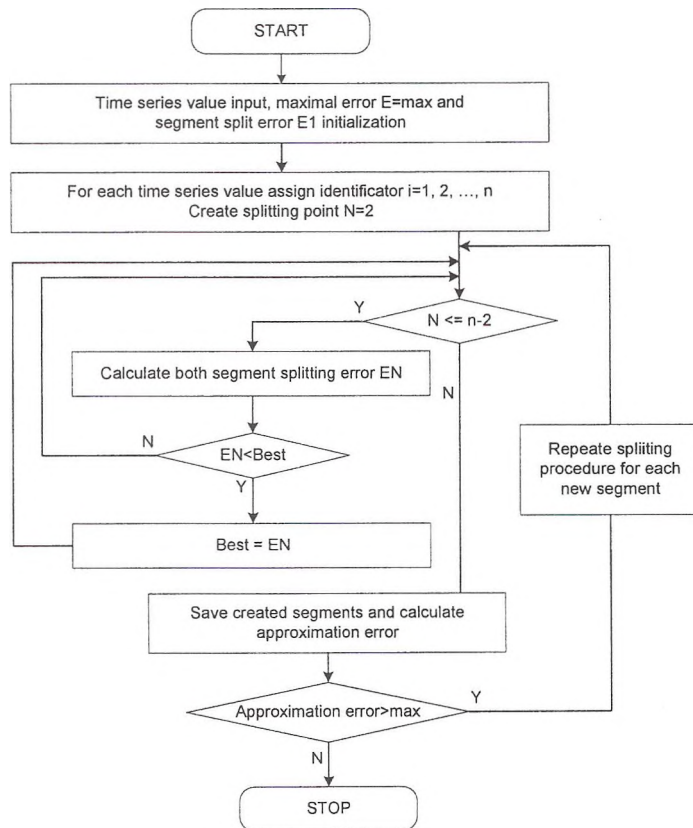


Fig.3. Top-down algorithm flowchart

Sliding window algorithm starts from the first time series data point, gradually increasing size of a segment and calculating approximation error for each variant of a segment. When the

Emax limit is reached, algorithm creates segment from $i-1$ time series data points and the process repeats until all time series values are transformed into segments.

The main advantage of this algorithm is its simplicity and possibility to its implementation in on-line regime. There are numbers of possible improvements for this algorithm. For example, it is possible to increase initial step (size of a segment) and use not 1, but k -size step. Experiments show that with $k=15$ algorithm is 15 times faster and performance (approximation quality) is still good [4].

Figure 3 shows the next time series segmentation algorithm.

The next segmentation algorithm "Top-Down" initially split the time series into 2 equal segments, and then analyze each of them, calculating approximation error. Each of the segments may be split many times, until the desired error threshold is reached. The last time series algorithm, which was used in the experiments, is Bottom-Up. Its flowchart is shown in Figure 4.

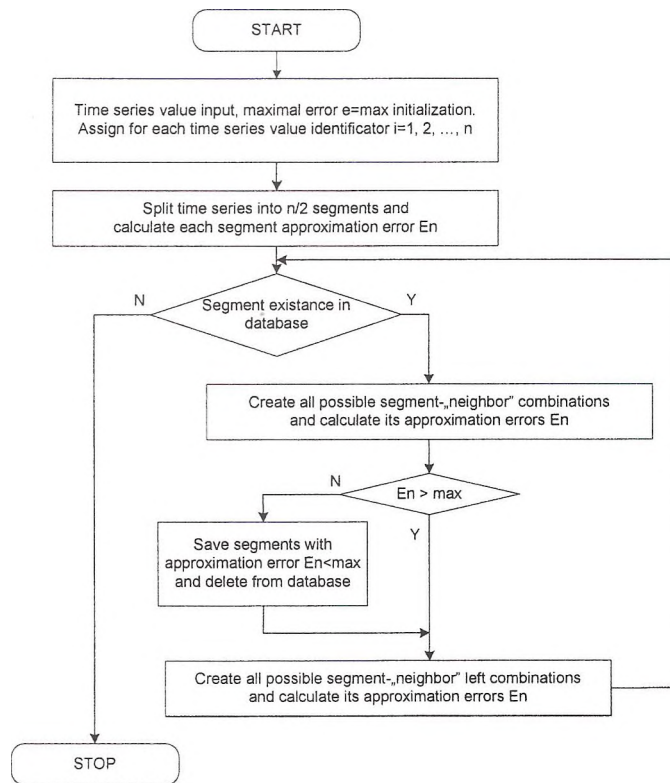


Fig.4. Bottom-Up algorithm flowchart

All three algorithms perform piece-wise linear approximation, which could be calculated in two ways:

- linear interpolation (method simply connects two endpoints of a segment);
- linear regression (segment approximation line is obtained using least square regression).

Linear interpolation requires less calculation and uses less processor time, therefore it is better for on-line segmentation, when time factor is in first place. Linear regression is more time consuming, but allows obtaining better segmentation precision.

In the experiments presented here the time factor is not crucial, and the use of the linear regression instead of the linear interpolation is more appropriate. Regression line is calculated as follows:

$$X_{i+1} = a + bX_i, \quad (1)$$

where

a and b are approximation lines coefficients.

b coefficient is calculated as follows:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2)$$

where

y_i – independent variable;

x_i – dependent variable;

n – number of data points.

The next part of the paper shows an implementation of these three algorithms in practical example. All methods are based on the linear regression approximation. Approximation mean square error is used as a benchmark.

Results and discussion

The experiments presented here use the data from Riga Stock Exchange server. The dataset consists of five time series, which represents five Latvian enterprises. Each time series contains 523 data point, therefore allowing testing segmentation algorithm performance. Figures 5 and 6 show the dataset of the task.

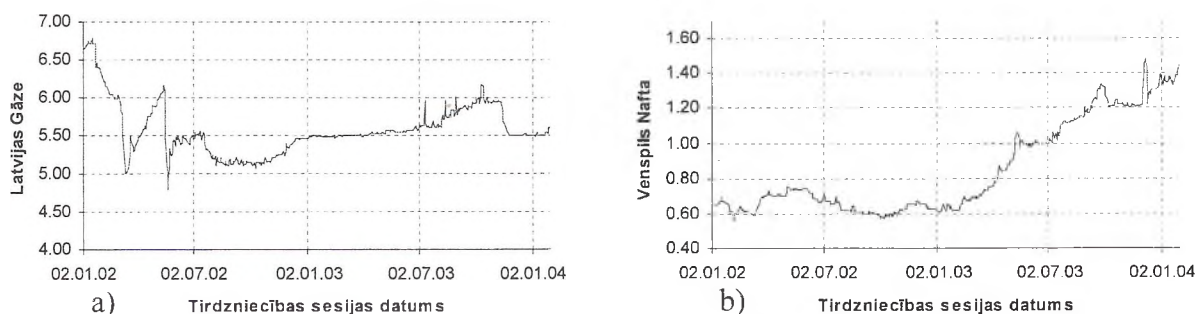


Fig.5. Time series of Latvian enterprises: a - Latvijas Gāze, b – Ventspils Nafta

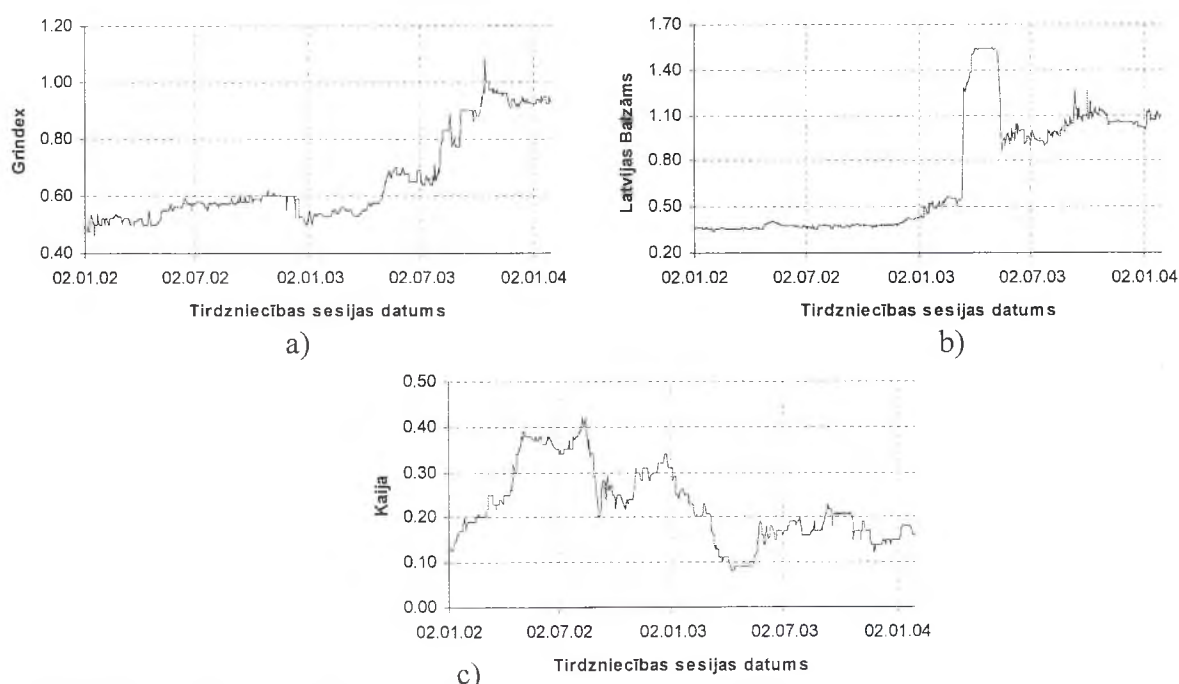


Fig.6. Time series of Latvian enterprises: a - Grindex, b – Latvijas Balzāms, c - Kaija

As an additional quality measure for segmentation algorithm the correlation coefficient value will be used. The correlation coefficient in our case shows how well regression line fits data. This coefficient between x and y values is calculated as follows [9]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}} \quad (3)$$

where

- x_i - actual time series value;
- y_i - approximated value;
- \bar{x}, \bar{y} - mean of the correspondent values;
- n - number of data point in time series.

Table 1 summarizes the experimental results on different datasets with different time series transformation algorithms. Additional performance measure here is mean absolute percentage error (MAPE).

Table 1.

Time series transformation results

<i>Time series</i>	<i>Sliding Window</i>		<i>Top-Down</i>		<i>Bottom-Up</i>	
	<i>MAPE</i>	<i>r</i>	<i>MAPE</i>	<i>r</i>	<i>MAPE</i>	<i>r</i>
Ventspils Nafta (VNFT)	2.42	0.77	2.54	0.72	2.61	0.69
Latvijas Gāze (GAZE)	2.35	0.75	2.28	0.81	2.32	0.73
Kaija (KAIJ)	2.21	0.85	2.31	0.81	2.28	0.82
Grindex (GRDX)	2.39	0.69	2.29	0.72	2.25	0.75
Latvijas Balzāms (BALZ)	2.33	0.81	2.47	0.77	2.31	0.82

Table 1 shows, that none of the methods are better than others in all time series cases. As an additional comparison criteria the number of approximated segments for each time series is used (the less the better).

The best approximation results are possible in the “Kaija” time series with Sliding window algorithm (correlation coefficient $r=0.85$). The other time series are also transformed rather well.

The time series transformation results may be interpreted in two ways [8]:

1. Use real time series values from created segments of transformed time series. This approach is similar to windowing approach, but the length of segments may be different.
2. Use as input data from Table 2.

Table 2.

Description of neural network inputs for interval value prediction	
Identifier label	Description
AC	Linear regression coefficient a for each approximated segment
BC	Linear regression coefficient b for each approximated segment
LS	Length of a segment (in data points)
SS	Starting point of a segment
ES	End point of a segment
CL	Class identifier

As a result the input vector used in training may be different. Some possible variants are shown in Figure 7.

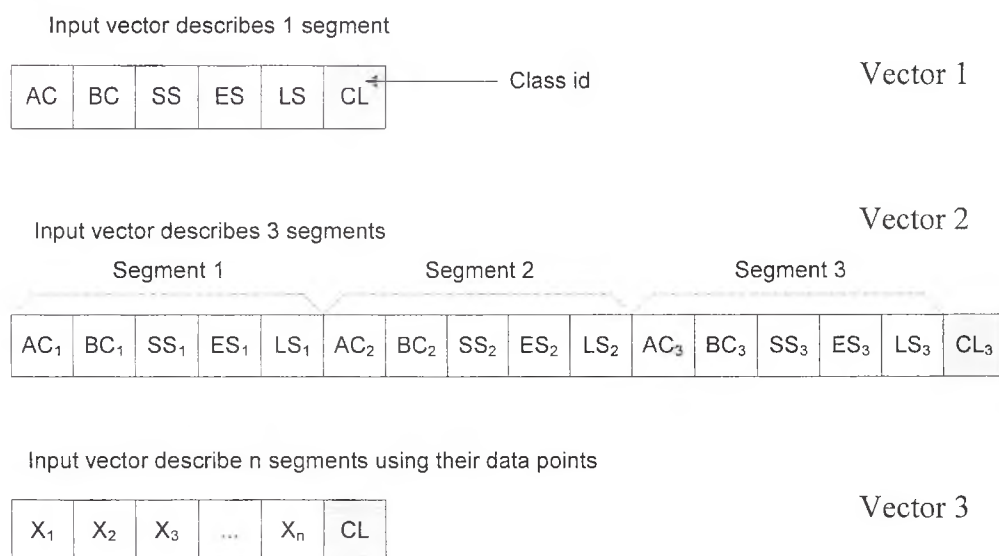


Fig. 7. Neural network input vectors for the experiments

Let us denote first vector type from the Figure 7 as „Vector 1”, the second as „Vector 2” and the third as „Vector 3”. The „Vector 1” input type one time series segment. In this case input vector consists of regression equation coefficients, segment starting and ending point, length of a segment and a class identifier.

The experiments show that an input from only one segment does not give enough information for the neural network proper training; therefore it is better to use “Vector 2” kind of input with several segments descriptions and a class identifier.

At this moment we have all information required for the experiments. Table 3 presents Kohonen neural networks performances with different input preparation methods.

Table 3.

Neural networks performances with different input preparation methods

<i>Input preparation method</i>	<i>Correctly classified objects for the training set (%)</i>	<i>Correctly classified objects for the test set (%)</i>
Vector 1	75	65
Vector 2 (two segment description)	79	72
Vector 2 (three segment description)	91	80
Vector 2 (four segment description)	85	75
Vector 3	82	63

Conclusions

The proper data preparation methodology is required for its implementation. The time series transformation methods, earlier used in data mining, can also be used in the neural network training experiments for time series prediction.

The table 4 proves that the best results are obtained with Vector 2 data preparation method (when three simultaneously described segments are used in neural network learning). The "common" Vector 3 approach, when the standard windowing method is used, is strongly outperformed by the Vector 2 method. Therefore the data preprocessing method presented here may be till 10% more effective than the standard approach.

References

1. 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.
2. Fausett L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks. Architectures, algorithms and applications*, Prentice Hall.
3. Hean-Lee Poh, Jingtao Yao, Teo Jasic (1998). Neural Networks for the Analysis and Forecasting of Advertising and Promotion Impact, *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management*, Vol.7, P. 253-268.
4. Keogh, E., & Pazzani, M. (1998). An enhanced representation of time series which allows fast and accurate classification, clustering and relevance feedback. In: *Proceedings of the Fourth International Conference of Knowledge Discovery and Data Mining*. pp 239-241.
5. Refenes A.N., Zapranis A., Francis G. (1994). Stock Performance Modelling Using Neural Networks, *Neural Networks*, Vol. 7. No 2. P. 357-388.
6. Rojas R. (1996). *Neural networks. A systematic approach*, Springer, Berlin.
7. Zirilli J.S. (1997). *Financial Predictions using Neural Networks*, International Thomson Computer Press, London.
8. Zorin A. (2003). Stock price prediction: Kohonen versus backpropagation, *Proceedings of the International Conference "Modelling and Simulation of Business Systems"*, Vilnius, Lithuania, May 13-14, P. 115-119.
9. Zurada J.M. (1992). *Introduction to Artificial Neural Systems*, St. Paul: West Publishing Company.

THE ESTIMATION OF ERRORS OF AREA MODELS DESCRIBED BY THE SHAPE FUNCTIONS BY THE MEANS OF NEURAL NETWORKS NEIRONU TĪKLA FUNKCIJAS KĻŪDU NOTEIKŠANAS APRAKSTS MASĪVA MODELĪ

Maria Mrówczyńska

University of Zielona Góra, Institute of Building Engineering
65-516 Zielona Góra, ul. Z. Szafrana 2, Poland
Phone: +(48)683282636, e-mail: m.mrowczynska@ib.uz.zgora.pl

Abstract. *The article deals with the issue of estimation of the area models errors determined on the basis of a discrete points set with the given values of space coordinates (x, y, z). The object was assumed to be described by shape functions in the form of the elliptic paraboloid and the hyperbolic paraboloid. The digital task accomplishment consisted in the statistic verification of errors of the models determined by neural networks and by the accomplishment of adjustment tasks. Modeling by the means of neural networks was carried out by the unidirectional multilayer networks with the application of gradient methods of optimization and by Resilientback Propagation algorithm (RPROP). The obtained results were compared with the following results of approximation of the second and the third degree of polynomial, the b-spline function and the kriging's method.*

Key words: *neural networks, gradient methods of optimization, approximation method*

Introduction

The problem of specifying the form of a surface over a particular set of points can be discussed from the geodesic point view in terms of statistical verification in two cases, namely [3,4]:

- points P_i ($i = 1, 2, \dots, m$), which have been assigned theoretical coordinates x_i, y_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, m$),
- points P_i ($i = 1, 2, \dots, m$) with empirical coordinates x_i, y_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, m$).

If we put forward the hypothesis that the form function with n parameters assumes the form

$$F(x, y, z) = 0,$$

then for points with theoretical coordinates estimation of errors of the model consists in solving the problem of minimization

$$\min \sum_{i=1}^m v f_i^2 = \sum_{i=1}^m F^2(x_i, y_i, z_i),$$

where $v f_i$ ($i = 1, 2, \dots, m$) represents the differences between the value of the function specified on the basis of theoretical coordinates and the value of the function obtained from the process of minimization.

When we consider empirical coordinates of points we will deal with an equalization task in the general form

$$\min \sum_{i=1}^m v x_i^2 + v y_i^2 + v z_i^2$$

at that

$$F(x_i^{obs} + v x_i, y_i^{obs} + v y_i, z_i^{obs} + v z_i) = 0 \text{ for } P_1, \dots, P_m.$$

In this case errors of empirical coordinates are particularly important in terms of modeling objects.

In order to analyse estimation of errors of the model we have been trying to find the minimum function spread over the assigned set of points with theoretical coordinates. Two

cases of estimation of errors model obtained from the solution of the equalization task with regard to basis form functions have been analysed:

- equations of elliptical paraboloid $z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}$ (fig. 1a),
- equations of hyperbolic paraboloid $z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}$ (fig. 1b).

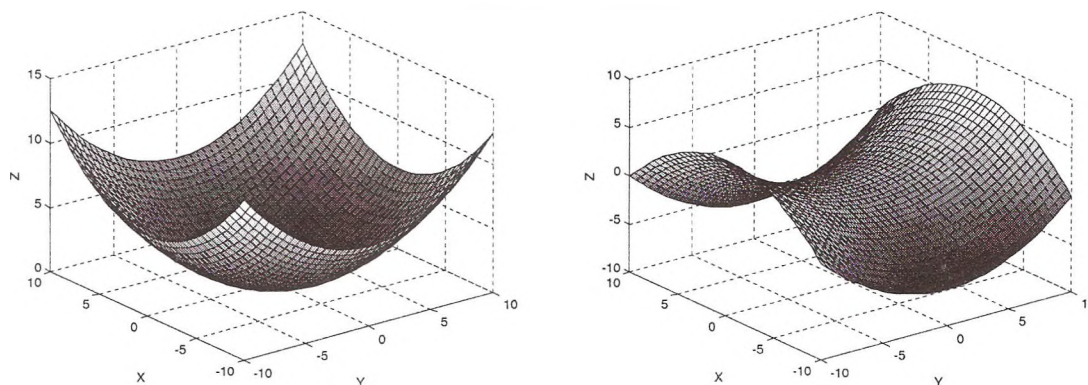


Fig. 1a Fig. 1b

Fig. 1. The elliptic paraboloid and the hyperbolic paraboloid for $a=4$ and $b=4$

The solution of this problem facilitates a critical analysis of the effectiveness and precision of the representation of the terrain model by means of neural networks, which are a universal approximation system reflecting multidimensional data sets without the necessity to formulate a form function. However, the use of neural networks requires a suitable network structure, a particular number of learning standards for a general number of points and choice of a suitable activation function (it can be different in the hidden layer and output later).

Materials and methods

Artificial neural networks are systems in the form of configurations of neurons, whose computing power makes it possible to achieve a representation from input space to output space [2,5].

The basis for the algorithms applied for teaching the network is an objective function (an energy function), defined by means of the Euclides algorithm as the sum of the squares of differences between the current values of input signals of the network and the allocated values in the form:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p \|y_i - d_i\|^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^M (y_i^j - d_i^j)^2 \quad (1)$$

where:

p - number of input vectors,

M - number of coordinates of the input vector,

y_i^j - coordinate of the input vector ($i = 1, 2, \dots, p$), ($j = 1, 2, \dots, M$),

d_i^j - coordinate of the allocated vector ($i = 1, 2, \dots, p$), ($j = 1, 2, \dots, M$).

On the assumption that the objective function is continuous and gradient optimisation methods are used, the adaptation of the vector of weights is carried out according to the rule:

$$w_{ij}^{(k+1)} = w_{ij}^{(k)} + \Delta w_{ij}^{(k)} \quad (2)$$

where k is the number of a subsequent iteration.

In the process of the minimization of the objective function and the sigmoidal activation function adopted, the increase of coordinates of the vector of weights

$$\Delta \mathbf{w} = -\eta \mathbf{p}(\mathbf{w}) \quad (3)$$

where $\mathbf{p}(\mathbf{w}) = -\frac{\partial E}{\partial \mathbf{w}}$, is a direction in the multidimensional space \mathbf{w} , and η is the learning coefficient.

In order to obtain similarities with the optimum solution the following quasi Newtonian methods have been used: the method of a quasi-Newton algorithm, conjugate gradients, and the Levenberg – Marquardt method.

The algorithm carried out via the quasi-Newton method uses information on the curve of the objective function being minimized. In quasi-Newton methods the hessian matrix is approximated by means of the difference of first rank derivatives. This method does not require the difficult-to-satisfy (in general) condition of the positivity of the hessian in each iteration, which facilitates the practical implementation of the algorithm. We will be looking for a stationary point \mathbf{w}^* of the minimum of the objective function $E(\mathbf{w})$ in the direction

$$\mathbf{p}^{(k)} = -[\mathbf{G}(\mathbf{w})^{(k)}]^{-1} \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)}, \quad (4)$$

and the reverse matrix of the approximated hessian $\mathbf{V}^{(k)} = [\mathbf{G}(\mathbf{w})^{(k)}]^{-1}$ as a matrix modified from the previous iteration (the starting value $\mathbf{V}^0 = \mathbf{I}$) has been described with the Davidon – Fletcher – Powell recurrent dependence [5]

$$\mathbf{V}^{(k)} = \mathbf{V}^{(k-1)} + \frac{\mathbf{s}^{(k)}(\mathbf{s}^{(k)})^T}{(\mathbf{s}^{(k)})^T \mathbf{r}^{(k)}} - \frac{\mathbf{V}^{(k-1)} \mathbf{r}^{(k)}(\mathbf{r}^{(k)})^T \mathbf{V}^{(k-1)}}{(\mathbf{r}^{(k)})^T \mathbf{V}^{(k-1)} \mathbf{r}^{(k)}} \quad (5)$$

where $\mathbf{s}^{(k)}$ and $\mathbf{r}^{(k)}$ denote respectively the increase of the vector of weights \mathbf{w} and the gradient $\mathbf{g}(\mathbf{w})$ in two subsequent iterations, $\mathbf{s}^{(k)} = \mathbf{w}^{(k)} - \mathbf{w}^{(k-1)}$, $\mathbf{r}^{(k)} = \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)} - \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)}$.

The Levenberg – Marquardt method is very similar to the quasi-Newton method, which also uses the square calculation of the objective function $E(\mathbf{w})$ and an approximated value of the Hessian $\mathbf{G}(\mathbf{w})$ including a regularization factor. When the objective function is defined as (1) the approximated matrix of the Hessian has the form

$$\mathbf{G}(\mathbf{w}) = \mathbf{J}(\mathbf{w})^T \mathbf{J}(\mathbf{w}) + \mathbf{R}(\mathbf{w}) \quad (6)$$

where:

$\mathbf{J}(\mathbf{w})$ - Jacobian of the function (1)

$\mathbf{R}(\mathbf{w})$ - summands of the expansion of the exact value of the hessian $\mathbf{H}(\mathbf{w})$ by means of the regularization factor $r\mathbf{1}$ (or $r\mathbf{I}$).

After introducing the regularization factor into the formula (6) we obtain a form of the matrix of the hessian equivalent to the expression (6)

$$\mathbf{G}(\mathbf{w})^{(k)} = \mathbf{J}(\mathbf{w})^{(k)T} \mathbf{J}(\mathbf{w})^{(k)} + r^{(k)} \mathbf{1} \quad (7)$$

The efficiency of the algorithm depends on the choice of the scalar coefficient $r^{(k)} \mathbf{1}$. At the beginning of the learning process, when the value of the function $E(\mathbf{w})$ is great, the regularization factor $r^{(k)} \mathbf{1}$ assumes great values. As error is reduced and the solution gets closer the parameter $r^{(k)} \mathbf{1}$ is reduced down to zero.

The method of connected gradients uses the square model of the objective function without the necessity to use a number of matrix calculations in each iteration. The directions $\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \dots, \mathbf{p}_n$ are called directions connected to the symmetrical, strictly positive matrix \mathbf{G} , if

$$p_i^T G p_j = 0 \quad i \neq j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

Directions of the connections are generated on the basis of information about new derivatives and former directions. Using concise notation including the assumption (8), the direction vector in the k^{th} iteration

$$p^{(k)} = -g(w)^{(k)} + \beta^{(k-1)} p^{(k-1)} \quad (9)$$

where:

$g(w)^{(k)}$ - gradient vector,

$\beta^{(k-1)}$ - connection coefficient.

The coefficient $\beta^{(k-1)}$ should be chosen in such a way that the direction $p^{(k)}$ is connected to the direction $p^{(k-1)}$. The best known theorem for specifying the coefficient $\beta^{(k-1)}$ (a method by the Polish scientist Riebiere) is expressed with the formula [5]:

$$\beta^{(k-1)} = \frac{g(w)^{(k)T} (g(w)^{(k)} - g(w)^{(k-1)})}{(g(w)^{(k-1)T} g(w)^{(k-1)})} \quad (10)$$

The essence of the RPROP algorithm (Resilient Backpropagation algorithm) consists in updating weights according to the sign of only the summands of the gradient, regardless of its value [1,5].

Correction of weights is effected according to the dependence

$$w^{(k+1)} = w^{(k)} - \eta^{(k)} \text{sgn}(\nabla E(w)^{(k)}), \quad (11)$$

where the learning coefficient η depends on the sign of the gradient. The coefficient η is chosen in each cycle for each weight w individually. The value of this coefficient increases when the sign of the gradient in two subsequent iterations is the same, if not it decreases. Thus

$$\eta^{(k)} = \begin{cases} \min(a\eta^{(k-1)}, \eta_{\min}) & \text{dla } \nabla E(w)^{(k)} \nabla E(w)^{(k-1)} > 0 \\ \max(b\eta^{(k-1)}, \eta_{\max}) & \text{dla } \nabla E(w)^{(k)} \nabla E(w)^{(k-1)} < 0 \\ \eta^{(k-1)} & \text{w innym przypadku} \end{cases} \quad (12)$$

The symbols a and b in the formulas are constants: $a = 1.2$, $b = 0.5$ and η_{\min} and η_{\max} denote respectively the minimum and maximum value of the learning coefficient, equal in the ROROP algorithm respectively 10^{-6} and 50 [5,6]

Results and discussion

The representation of surfaces described by means of form functions – elliptical paraboloid and hyperbolic paraboloid has been effected for a training set of 20 points, a test set of 320 points (fig. 2a and 2b) for a network with the architecture 2_5_1 and 2_10_1 with the use of the bipolar activation function in the form

$$y = f(net) = \frac{1 - \exp(-\lambda net)}{1 + \exp(-\lambda net)}, \quad \lambda > 0 \quad (13)$$

In the learning process the change of the learning error of two consecutive iterations $1e-10$ and the number of iterations on the level of 20000 have been adopted as the criterion for the termination of the minimization process.

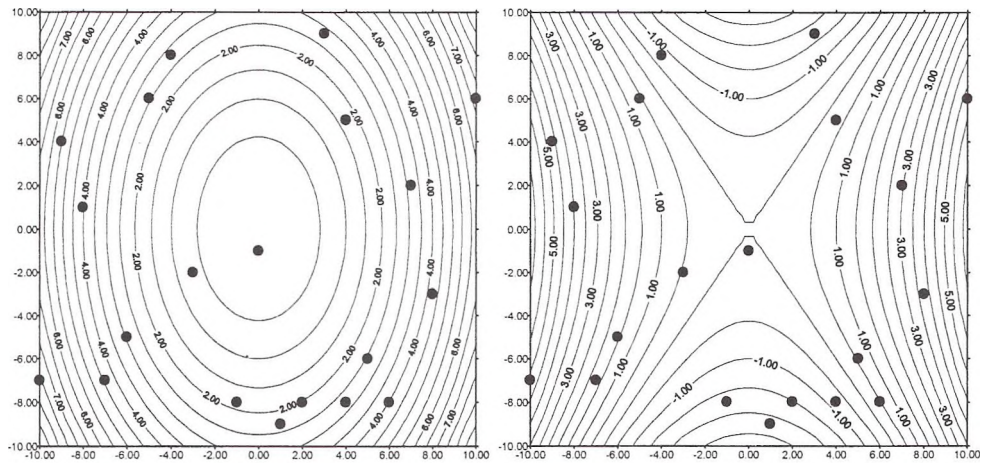


Fig. 2a
 Fig. 2b
Fig. 2. The layout of training set points – the elliptic paraboloid (2a) and the hyperbolic paraboloid (2b)

The results of learning and testing the network in the form of the mean error

$$RMSE = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - y_i)^2} \quad (14)$$

and the results of obtained by means of spline and kriging approximations have been compared in table 1 and 2 an represented graphically in fig. 3.

Table 1.

The results of the area models projection – the networks architecture 2 5 1

The approximation method	The elliptic paraboloid error <i>RMSE</i> [m]		The hyperbolic paraboloid error <i>RMSE</i> [m]	
	training set	testing set	training set	testing set
RPROP algorithm	0.04	0.07	0.06	0.07
Backpropagation algorithm	0.65	0.78	0.72	0.79
Conjugate gradient algorithm	0.17	0.19	0.25	0.28
Quasi-Newton algorithm	0.01	0.00	0.02	0.00
Levenberga – Marquardta	0.02	0.02	0.01	0.01
Spline approximation	0.02	0.03	0.01	0.02
Kriging approximation	0.07	0.10	0.07	0.08

Table 2.

The results of the area models projection – the networks architecture 2 10 1

The approximation method	The elliptic paraboloid error <i>RMSE</i> [m]		The hyperbolic paraboloid error <i>RMSE</i> [m]	
	training set	testing set	training set	testing set
RPROP algorithm	0.02	0.04	0.05	0.06
Backpropagation algorithm	0.53	0.64	0.62	0.65
Conjugate gradient algorithm	0.12	0.14	0.20	0.24
Quasi-Newton algorithm	0.00	0.00	0.00	0.00
Levenberga – Marquardta	0.00	0.00	0.00	0.00
Spline approximation	0.02	0.03	0.01	0.02
Kriging approximation	0.07	0.10	0.07	0.08

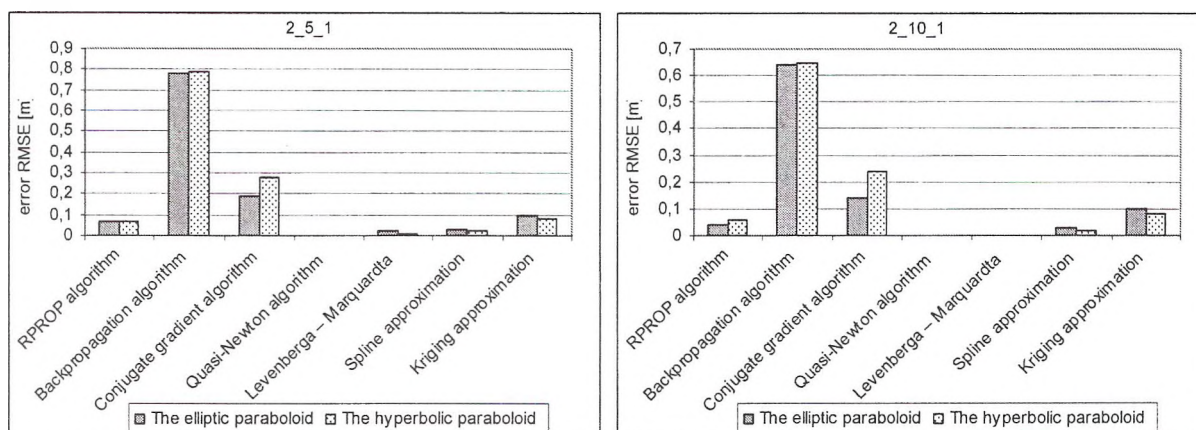


Fig.3. The errors values $RMSE$ [m] for the testing set depending on the approximation method and the networks architecture

Conclusions

The approximation of the square form of three real numbers x, y, z (elliptical paraboloid and hyperbolic paraboloid) by means of second and third rate polynomials and by means of one direction multi – layer networks taught by means of the Levenberg – Marquardt changeable metric method brings the best results in terms of quality. Slightly greater errors are obtained by the use of the heuristic algorithm *RPROP* and spline and kriging approximation. At this point it is necessary to add that the algorithm *RPROP* requires approximation 10 times more iterations in order to achieve convergence than basic gradient methods. The worst results have been obtained by the use of the method of the greatest fall, because of linear convergence and slow progress of minimization around the optimum point.

On the basis of the results obtained it is possible to say that the approximation of surface models described by means of basic form functions does not differ in terms of quality from the approximation obtained by means of traditional methods. It is merely necessary to meet all the requirements concerning the obtainment of the local minimum, located near the global minimum.

Bibliography

1. Duch W., Korbicz J., Rutkowski L., Tadeusiewicz R., Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2000.
2. Faulkner J., Einführung in Neuronale Netze, Universität Tübingen 2001.
3. Nowak E., Estymacja i weryfikacja numerycznego modelu terenu. XI Konf. Naukowo – Techniczna „Systemy Informacji Przestrzennej”, Warszawa 28 – 30 maj 2001.
4. Nowak E., Wyznaczanie kształtu poprzez estymację błędów pomiaru i modelu. V Konf. Naukowo – Techniczna „Problemy Automatyzacji w Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa 29 – 30 marca 2001.
5. Osowski S., Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym. WNT, Warszawa 1996.
6. Riedmiller M., Braun H., A fast adaptive learning algorithm, Technical Report, University Karlsruhe, Germany 1992.

**INFORMĀCIJAS TEHNOLOĢIJU IZMANTOŠANA BĒRŅA
PSIHOFIZIOLOĢISKĀ STĀVOKĻA NOVĒRTĒŠANĀ UN UZVEDĪBAS
KOREKCIJĀ**

*THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ASSESMENT OF
CHILD'S PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE AND CORRECTION OF
BEHAVIOUR*

Jānis Vandāns¹, Juris Porozovs², Nelli Tolmača¹

¹ Psihoneirofizioloģijas un bioregulācijas pētījumu centrs
Lāčplēša iela 106/108, Rīga, LV 1004

Tel: +(371)7221814, fakss: +(371)71449961, e-pasts: nms.diagnostika@parks.lv

² Rīgas Pedagoģijas un izglītības vadības augstskola
Imantas 7.līnija – 1, Rīga, LV 1083

Tel: +(371)7808120, fakss: +(371)7808034, e-pasts: juris.porozovs@rpiva.lv

Abstract. *The paper deals with the information technology methods of early diagnostics and correction of nervous system disorders. The effective method which allows to improve the psychoemotional sphere of people with different functional disorders of nervous system and to make correction work with them is functional bioregulation with biofeedback. 24 hyperactive children were observed in current investigation. The assessment of psychophysiological state of children was carried out. The analysis of behaviour of children was organised as a computer game. Electroencephalograms of children were registered and their individual peculiarities were estimated. The behaviour correction of hyperactive children with attention deficiency by the method of functional bioregulation with biofeedback was carried out. The results of investigation showed that functional bioregulation training procedures normalise the bioelectrical activity of hyperactive children brain, decrease behaviour impulsiveness, improve abilities to concentrate attention and make better work capabilities.*

Keywords: *computer games, electroencephalogram, functional bioregulation with biofeedback, hyperactive children, labyrinth.*

Ievads

Pēdējos gados gan Latvijā, gan arī citās Eiropas valstīs vērojama bērnu psihiskās veselības pasliktināšanās [1]. Pieaug bērnu skaits ar intelektuālās attīstības traucējumiem, psihosomatisko patoloģiju, paaugstinātu neirotizācijas un psihopatizācijas līmeni, kā arī hiperaktīvo bērnu daudzums. Bērnu veselības problēmām ir vairāki iemesli: tehniskā progresa sekas, starojums, sociālie faktori, iedzimtība, grūtniecības toksikozes, stress [2].

Neiroloģisko slimību pieaugums bērniem un pusaudžiem prasa jaunu metožu izstrādi agrīno smadzeņu traucējumu diagnostikā un korekcijā. Efektīvu metožu un tehnoloģiju ieviešana medicīniskajā praksē dos iespēju veikt aktīvāku un mērķtiecīgāku darbu jaunās paaudzes veselības saglabāšanai. Spēļu situāciju izmantošana ir viens no efektīvākajiem līdzekļiem, lai attīstītu bērnu uzmanību, atmiņu un vispārējā intelekta līmeni [3]. Šim nolūkam ir izstrādātas datorprogrammas, lai pētītu bērna kognitīvās funkcijas, kā arī veiktu atklāto kognitīvo funkciju traucējumu korekciju. Efektīva metode, ar kuras palīdzību iespējams uzlabot cilvēka psihoemocionālo sfēru un veikt korekciju pie dažādiem nervu sistēmas funkcionāliem traucējumiem, depresijas, psihosomatiskām slimībām, patoloģiskām atkarībām un citiem traucējumiem, ir funkcionālā bioregulācija ar bioatgriezeniskās saites (FB ar BAS) palīdzību [4]. FB ar BAS palīdzību ir tieša centrālās un perifērās nervu sistēmas apmācības metode, kuru pielieto ar mērķi normalizēt to darbību. FB ar BAS metode ir vērsta uz labāku organismā notiekošo procesu izpratni un regulāciju, relaksācijas spēju paaugstināšanu un organisma funkcionālā stāvokļa uzlabošanu, izmantojot fizioloģiskos signālus no sava organisma [5].

FB ar BAS realizē „fizioloģiskā spoguļa” principu, kura lomā veic speciāla aparātūra un izstrādātas datorprogrammas. Pateicoties tām, pacients iegūst spēju redzēt un dzirdēt tādas

fizioloģiskos procesus kā ķermeņa temperatūra un ādas elektrovadītspēja, muskuļu elektriskā aktivitāte, smadzeņu bioelektriskā aktivitāte, sirdsdarbības ritms, asins plūsma dažādos orgānos u.c. Pateicoties šādai atgriezeniskai informācijai, rodas iespēja apmācībai bez apziņas līdzdalības. Tā rezultātā var mērķtiecīgi vēlamajā virzienā ietekmēt organisma regulatoro sistēmu funkcionēšanu [5, 6].

FB ar BAS metode palīdz uzlabot organisma nervu sistēmas regulācijas funkciju un orgānu sistēmu funkcionālo mijiedarbību. Metode ir vērsta uz organisma regulatoru sistēmu rehabilitāciju. FB ar BAS metodi var izmantot ne tikai pieaugušajiem, bet arī bērniem, sākot jau no 5 – 7 gadu vecuma. Metodei nav negatīvu blakusefektu. Tomēr nepareiza FB ar BAS metodes pielietošana var pasliktināt organisma funkcionālo stāvokli, tāpēc nepieciešama augsta funkcionālās bioregulācijas speciālistu sagatavotība. Metodes iedarbību iespējams dozēt atkarībā no cilvēka individuālajām īpatnībām, tā ir saistīta ar personas aktīvu iesaistīšanos rehabilitācijas procesā [5].

Tiek izdalīti vairāki FB ar BAS palīdzību procedūru veidi: pēc elektroencefalogrammas parametriem, pēc organisma veģetatīvajiem rādītājiem (ķermeņa temperatūra, elpošana, asins plūsma, ādas elektriskā pretestība, sirds saraušanās biežums), pēc elektromiogrammas (EMG) parametriem. Galvenā EEG procedūru pielietošanas sfēra ir neiroloģija, pediatrija, psihiatrija, psihoimunoloģija. Otra FB ar BAS palīdzību procedūru grupa tiek izmantota pie dažādiem psihosomatiskiem traucējumiem, kuru cēlonis bieži vien ir hronisks stress. EMG procedūras tiek izmantotas kā relaksācijas nolūkā pie psihosomatiskiem traucējumiem, tā arī lai atjaunotu un nostiprinātu dažādu muskuļu grupu funkcionālo stāvokli [7].

Liela FB ar BAS palīdzību metodes priekšrocība ir tā, ka to var pielietot ne tikai pie atsevišķām slimībām, bet pie dažādiem organisma regulatoro funkciju (centrālās, perifērās, veģetatīvās nervu sistēmas, humorālās un imūnsistēmas) traucējumiem. Rezultātā gandrīz ikvienu organisma funkcionēšanas traucējumu (izņemot infekcijas rakstura, vai ja nepieciešama ķirurģiskā iejaukšanās) var koriģēt ar FB ar BAS metodi. Traucējumu saraksts, pie kuriem konstatēts FB ar BAS palīdzību metodes ārstnieciskais efekts, ir visai iespaidīgs un pētījumu rezultātā arvien papildinās. Izmantojot šo metodi, cilvēks iemācās regulēt sava organisma fizioloģiskos procesus (piemēram, sirdsdarbības ritmu, elpošanu, muskuļu tonusu, smadzeņu bioelektrisko aktivitāti) un līdz ar to uzlabot organisma funkcionālo stāvokli [4, 5]. FB ar BAS metode palīdz uzlabot organisma nervu sistēmas regulācijas funkciju un orgānu sistēmu funkcionālo mijiedarbību.

Darba mērķis bija noskaidrot FB ar BAS treniņu ietekmi uz hiperaktīvo bērnu kognitīvajām funkcijām, smadzeņu bioelektrisko aktivitāti un uzvedību.

Pētījuma objekti un metodes

Pētījumā tika apsekoti 24 bērni vecumā no 7 līdz 10 gadiem, kurus skolu psihologi bija novērtējuši kā bērnus ar hiperaktivitāti un uzmanības deficītu.

Bērniem tika veikta psihofizioloģiskā stāvokļa novērtēšana ar datorprogrammu, kā arī datoru, funkcionālās bioregulācijas aparatūras „Reakor” un elektroencefalogrāfa palīdzību [8]. Izstrādātā bērna psihofizioloģiskā stāvokļa novērtēšanas programma sastāv no diviem blokiem: I testēšanas bloka, kas ietver 1) instrumentālo uzvedības analīzes metodi dažādu grūtības pakāpju slēgtos labirintos; 2) kvantitatīvās elektroencefalogrāfijas metodi; II korekcijas bloka: smadzeņu bioelektriskās aktivitātes vadīšana ar funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti metodes palīdzību.

Instrumentālā uzvedības analīzes metode labirintos ir organizēta datorspēles veidā – bērns orientējas dažādu grūtības pakāpju slēgtos labirintos. Pārbaude tika veikta ar datora palīdzību pēc speciāli izstrādātas datorprogrammas. Situācijas atrisinājuma atrašana noteiktā laikā, izmantojot pēc iespējas mazāku gājienu skaitu, ir smadzeņu analizatorās darbības un funkcionālā stāvokļa rādītājs. Tika novērtētas bērna smadzeņu darbības individuālās īpatnības

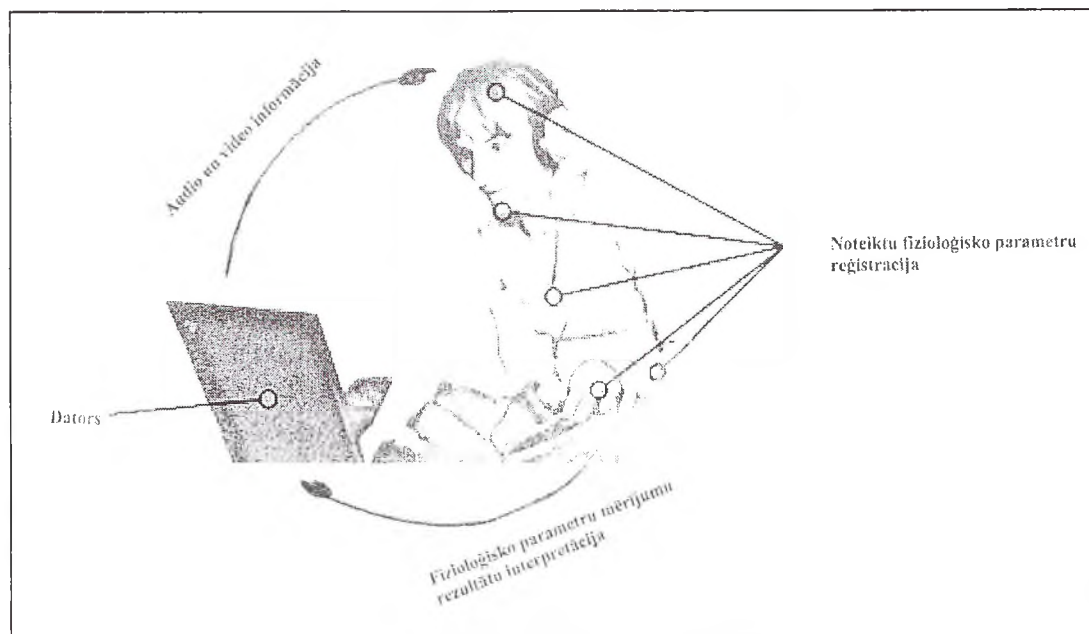
un bērna uzvedības stratēģija – uzdevuma izpildes efektivitāte, kļūdas, veicot uzdevumu, lēmuma pieņemšanas algoritma veidošana.

Labirintam ir 5 grūtības pakāpes. Bērns sāk orientēties ar pirmās grūtības pakāpes labirintu. Orientēšanās sākas no starta lauciņa. Bērna uzdevums ir atrast ceļu līdz pirmajam galamērķim, pēc tam līdz otrajam galamērķim un tad iziet no labirinta. Ja bērns nokļūst aizliegtajos lauciņos, par to viņš saņem soda punktus. Pirms gājieni uzsākšanas atļauts iepazīties ar labirintu, mēģināt to atcerēties, taču pēc gājieni uzsākšanas labirints nozūd no ekrāna un bērnam jāizdara gājieni pēc atmiņas. Ja tiek sasniegts galamērķis vai saņemti soda punkti, tad lauciņš, kurš sasniegts parādās datora ekrānā. Kad pirmās grūtības pakāpes labirints iziets, tad bērns pāriet uz otrās grūtības pakāpes labirintu, un tā tālāk. Orientēšanās labirintā tiek izbeigta, kad kādu no grūtības pakāpes labirintiem bērns vairs nespēj iziet (viņš apmaldās, sāk darboties haotiski un pārtrauc spēli). Tiek reģistrēts izdarīto gājieni skaits, laiks, kas patērēts gājiena veikšanai, orientēšanās laiks labirintā, saņemtie soda punkti, cik grūtības pakāpes labirinti tiek izieti. Iespējams novērtēt, vai bērns meklē ceļu labirintā mērķtiecīgi, vai arī darbojas haotiski. Pēc orientēšanās labirintā tika novērtēta bērna spēja koncentrēt uzmanību, viņa atmiņa un uzvedības stratēģija determinētā vidē.

Bērniem tika reģistrētas elektroencefalogrammas (EEG) un novērtētas to individuālās īpatnības. EEG tika reģistrēta pēc standartveida monopolārās reģistrācijas metodes [9, 10]. EEG reģistrēja, bērnam atrodoties nomodā, miera stāvoklī. EEG struktūra tika izvērtēta pēc bioritmēm. Tika novērtēta arī EEG atbilstība vecuma bioloģiskajai normai.

Funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti procedūru treniņi tika veikti pēc smadzeņu bioelektriskās aktivitātes parametriem. Tika izmantoti divi treniņu veidi: 1) relaksācija pēc EEG parametriem – procedūra, kas vērsta uz α (alfa) ritma daudzuma palielināšanu; 2) EEG ritmu attiecību izmaiņas – procedūra, kas vērsta uz β (beta) ritma un θ (teta) ritma daudzuma attiecības palielināšanu.

Katram bērnam tika veikti 12 – 15 treniņu seansi. Viena treniņa seansa ilgums bija 20 – 30 minūtes. Treniņu seansi tika atkārtoti katru otro dienu, tādējādi FB ar BAS treniņi katram bērnam ilga apmēram mēnesi. Seansu laikā gan pacients, gan arī ārsts varēja kontrolēt organisma fizioloģisko reakciju izmaiņas (1.att). FB ar BAS treniņu laikā hiperaktīvajiem bērniem ar uzmanības deficītu nekāda medikamentoza ārstēšana netika veikta.



1.attēls. Funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti metodes vispārējā shēma

Rezultāti un to izvērtējums

Hiperaktīvajiem bērniem ar uzmanības deficītu orientēšanās labirintā radīja lielas grūtības. Viņiem bija grūti atrast loģisku ceļu, kā virzīties uz labirinta galamērķi. Hiperaktīvie bērni, orientējoties labirintā, veica lielu skaitu lieku gājienu un pieļāva daudz kļūdu. Pāreja jaunā labirinta grūtības pakāpē viņiem radīja satraukumu, par ko liecina tas, ka šo bērnu darbība bieži kļuva haotiska. Vairums hiperaktīvo bērnu ar uzmanības deficītu izgāja tikai otro / trešo labirinta grūtības pakāpi.

Hiperaktīvajiem bērniem EEG tika konstatētas vairākas izteiktas novirzes no normas:

1. EEG tika reģistrēts samazināts α ritma daudzums galvenokārt lielo pusložu garozas pakauša daivās. Hiperaktīvajiem bērniem ar minētajām smadzeņu bioelektriskās aktivitātes novirzēm tika konstatētas grūtības mācībās, traucēta spēja koncentrēt uzmanību, samazināts atmiņas apjoms un pasliktinātas vispārējās darbaspējas.

2. Tika konstatēts ievērojams lēnā θ ritma daudzuma pieaugums EEG uz dezritmijas fona. Lēno viļņu frekvence bija galvenokārt 5-6 Hz. Šiem bērniem tika konstatēta vispārējas nervu sistēmas darbības noturības samazināšanās un lielo pusložu garozas pieres daivu aktivitātes samazināšanās. Hiperaktīvajiem bērniem ar minētajām smadzeņu bioelektriskās aktivitātes novirzēm tika konstatēta ātra nogurdināmība, grūtības kontrolēt savu uzvedību un regulēt kustību aktivitāti, darbaspēju samazināšanās.

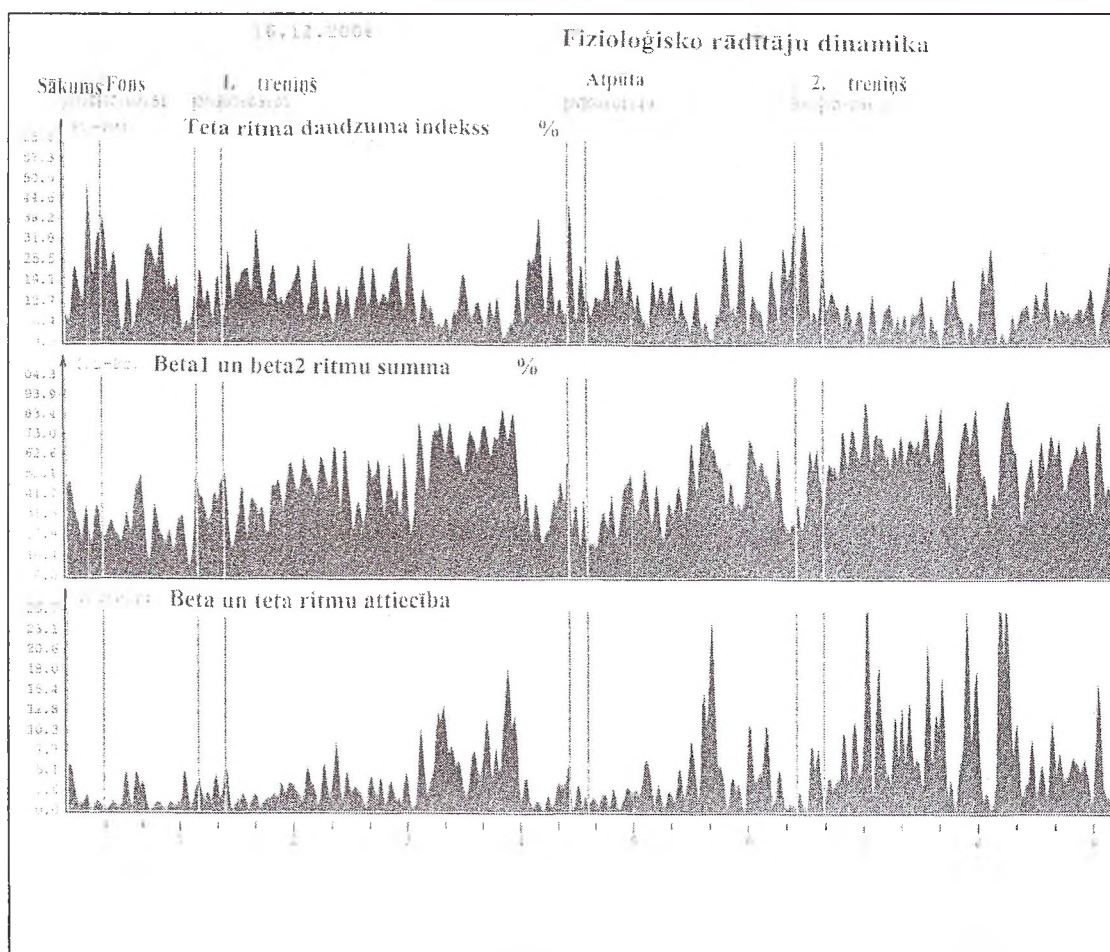
3. EEG bija izmainījušās θ un beta ritmu kvantitatīvās attiecības. Šiem bērniem EEG bija palielināts θ un samazināts β ritma daudzums. Hiperaktīvajiem bērniem θ un beta ritmu kvantitatīvās attiecības salīdzinājumā ar veselīgiem bērniem visvairāk bija izmainītas lielo pusložu garozas centrālajos un paura rajonos. Hiperaktīvajiem bērniem ar minētajām smadzeņu bioelektriskās aktivitātes novirzēm tika konstatētas grūtības mācībās, pasliktināta atmiņa, nespēja koncentrēt uzmanību.

Vadoties pēc EEG analīzes datiem, bērni tika sadalīti divās grupās: pirmā grupa – 14 bērni, kuru EEG raksturīgākā īpatnība bija samazināts β ritma daudzums un palielināts θ ritma daudzums salīdzinājumā ar vecuma normu, un otrā grupa – 10 bērnu, kuru raksturīgākā īpatnība bija samazināts kopējais α ritma daudzums salīdzinājumā ar vecuma normu. Pirmās grupas bērniem tika veikta funkcionālās bioregulācijas treniņu sērija ar mērķi palielināt β ritma un samazināt θ ritma daudzumu EEG, bet otrās grupas bērniem tika veikta funkcionālās bioregulācijas treniņu sērija ar mērķi palielināt α ritma daudzumu EEG.

Funkcionālās bioregulācijas treniņi tika organizēti datorspēļu veidā. Treniņš, kurš vērsts uz β ritma daudzuma palielināšanu, tika veikts pēc šādas programmas: datora ekrānā tika demonstrēta multiplikācijas filma. Samazinoties β ritma daudzumam, ekrāns kļuva tumšāks un attēls zaudēja asumu, bet, pieaugot β ritma daudzumam, attēls ekrānā atkal atguva apgaismojumu un asumu. Par cik bērnam interesē skatīties multiplikācijas filmu, viņam visu laiku jākoncentrē uzmanība, kas vienlaikus izraisa β ritma daudzuma palielināšanos EEG un θ ritma daudzuma samazināšanos EEG. Filmas demonstrācijas starplaikos bija atpūtas brīži. Lielākai daļai bērnu, kuriem tika veikta funkcionālās bioregulācijas treniņš pēc šādas shēmas, no desmitā līdz divpadsmitajam treniņa seansam β ritma daudzums bija ievērojami palielinājies un tuvojās vecuma normai. Treniņu laikā ar aparatūras palīdzību tika reģistrēti tādi parametri kā θ ritma daudzuma indekss, β_1 un β_2 ritmu summa, β un θ ritmu attiecības (2.att.).

Treniņš, kurš vērsts uz α ritma daudzuma palielināšanu, tika organizēts šādā veidā: bērns sēž krēslā ar aizvērtām acīm un klausās mūziku. Samazinoties α ritma daudzumam, EEG rodas trokšņi, kas traucē klausīties mūziku, bet, palielinoties α ritma daudzumam, trokšņi pazūd un uzlabojas mūzikas kvalitāte. Mūzikas klausīšanās seansu starplaikos ir atpūtas brīži. Lielākajai daļai bērnu, kam treniņš tika veikts pēc šādas shēmas, α ritma ievērojams pieaugums EEG tika konstatēts no septītā līdz desmitajam treniņa laikā, bet dažiem bērniem jau

otrā vai trešā treniņa laikā ievērojami palielinājās α ritma daudzums EEG un tuvojās vecuma normai.



2.attēls. Smadzeņu bioelektriskās aktivitātes parametru reģistrācija funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti treniņu procedūras laikā

Reģistrēti šādi parametri: θ ritma daudzuma indekss; $\beta 1$ un $\beta 2$ ritmu summa; β un θ ritmu attiecība

Pēc treniņa procedūrām hiperaktīvo bērnu spēja orientēties dažādas grūtības pakāpes labirintos bija uzlabojusies – viņu darbība bija mērķtiecīgāka un mazāk haotiska nekā pirms funkcionālās bioregulācijas treniņu procedūrām. Vairums bērnu pēc treniņa procedūrām izgāja trešo līdz ceturto labirinta grūtības pakāpi.

Pēc funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti treniņa procedūrām skolu psihologi turpināja novērot hiperaktīvo bērnu uzvedību. Skolu psihologi atzīmēja, ka hiperaktīvajiem bērniem pēc treniņu seansiem ir samazinājusies uzvedības impulsivitāte, palielinājusies spēja koncentrēt uzmanību mācību darbam skolā, paaugstinājies pašvērtējums, kā arī uzlabojies kontakts ar citiem bērniem un vecākiem.

Secinājumi

1. Hiperaktīvie bērni, orientējoties labirintā, pieļauj daudz kļūdu un veic lielu skaitu lieku gājienu. Pārejot jaunā labirinta grūtības pakāpē, viņu darbība bieži kļūst haotiska. Funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti treniņi uzlabo hiperaktīvo bērnu spēju orientēties labirintā.
2. Hiperaktīvajiem bērniem ar uzmanības deficītu EEG tika konstatētas raksturīgas izmaiņas: samazināts α ritma daudzums galvenokārt lielo puslōžu garozas pakauša daivās,

- ievērojams lēnā θ ritma daudzuma pieaugums, palielināts θ un samazināts β ritma indekss, galvenokārt lielo pusložu garozas centrālajos un paura rajonos.
3. Funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti treniņu seansi normalizēja hiperaktīvo bērnu smadzeņu bioelektrisko aktivitāti: palielināja β ritma un samazināja θ ritma indeksus, kā arī palielināja α ritma daudzumu elektroencefalogrammās.
 4. Funkcionālās bioregulācijas ar bioatgriezenisko saiti treniņu rezultātā samazinājās hiperaktīvo bērnu uzvedības impulsivitāte, palielinājās spēja koncentrēt uzmanību mācību darbam skolā, paaugstinājās pašvērtējums, kā arī uzlabojās kontakts ar citiem bērniem un vecākiem.
 5. Funkcionālā bioregulācija ar bioatgriezenisko saiti ir efektīva informācijas tehnoloģiju metode, kuras pielietošana dod iespēju uzlabot hiperaktīvo bērnu ar uzmanības deficītu funkcionālo stāvokli.

Summary

Becoming worse of psychical health of children is observed in Latvia and other European countries. The increase of children's neurological diseases requires to develop new methods in early diagnostics and correction of nervous system disorders.

The effective method which allows to improve the psychoemotional sphere of people with different functional disorders of nervous system and to make correction work with them is functional bioregulation with biofeedback. Patients find out the way how to regulate the physiological processes of their organism using this method. It gives ability to improve the functional state of organism. Functional bioregulation with biofeedback training is a method for becoming more aware of, and gaining more conscious control of bodily processes in order to increase relaxation, relieve pain, and develop healthier, more comfortable life patterns, enhancing both functioning and performance by using physiological signals from the body.

Functional bioregulation with biofeedback is providing real time information from psychophysiological recordings about the levels at which physiological systems are functioning. Electronic biofeedback devices are designed to record physiological functions non-invasively. The information recorded by surface sensors is frequently sent to a computer for processing and then displayed on the monitor and/or through speakers. The person being recorded and any therapist or coach who may be present can attend to the display of information and incorporate it into what ever process they are attempting to perform. The device does not send anything directly back into the person being recorded. The loop is completed only when the person being recorded attends to and uses the displayed information. 24 children at the age of 7 until 10 years, assessed as children with hyperactivity and attention deficiency by school psychologists, were observed in current investigation. The assessment of psychophysiological state of children using computer programs, computer, biofeedback equipment "Reacor" and electroencephalograph was carried out. The program for assessment psychophysiological state of child consists from two blocks: I. Testing block which includes: 1. Instrumental behaviour analyse method in labyrinth with various levels of difficulties. II. Block of correction: the management of brain bioelectrical activity with the method of functional bioregulation with biofeedback.

The analysis of behaviour of children was organised as a computer game. Estimation was carried out using computer with special computer program. The child's ability to pay attention, his memory and strategy of behaviour in determined environment was evaluated from the results of orientation in labyrinth. Labyrinth has five levels of difficulties. When the previous level is passed child goes to the next. Orientation is interrupted when child is not able to pass one of the levels of labyrinth.

Electroencephalograms (EEG) of children were registered and their individual peculiarities were estimated. The structure of EEG was estimated by biorhythms. The accordance of EEG to the child's biological age was determined.

The behaviour correction of hyperactive children with attention deficiency by the method of functional bioregulation with biofeedback was carried out. Two kinds of trainings were used to hyperactive children depending from the parameters of brain bioelectrical activity of child: 1) relaxation from the parameters of EEG (procedure directed to the increase of α rhythm in EEG); 2) changes of the rhythm ratio in EEG (procedure directed to the increase of ratio between quantity of β and θ rhythms. 12 – 15 training performances were carried out to every child. The endurance of one performance was 20 – 30 minutes.

The results of investigation showed that hyperactive children with attention deficiency made many mistakes during orientation in labyrinth. They had difficulties to find the shortest way to reach the goal of the labyrinth. Pass to the next more difficult level of labyrinth caused anxiety for hyperactive children. Often their actions became chaotic in this situation. The majority of hyperactive children reached second or third level of difficulty in labyrinth.

The main deviations from the norm in the EEG of hyperactive children were following:

1. The decreased quantity of α rhythm mainly in the occipital lobes. Difficulties in study process at school and attention concentration, decreased level of memory and declined work abilities have hyperactive children with these changes in EEG.
2. The considerable increase of slow θ rhythm in EEG was observed. General decrease of stability of nervous system functioning and decrease of activity of forehead lobes were observed to these children. Quick exhaustion, difficulties to control behaviour and regulate movement activity and decrease of work abilities were find out to hyperactive children with these changes in EEG as well.
3. The quantitative ratio among θ and β rhythms were observed. Increased quantity of θ rhythm and decreased quantity of β rhythm were found out for hyperactive children mainly in the central and top of the head regions of the brain hemispheres. Difficulties in study process, decreased level of memory and attention concentration were observed to hyperactive children with these changes in EEG.

Functional bioregulation with biofeedback procedures directed to the increase of ratio between quantity of β and θ rhythms was carried out by the following program. An animated cartoon was demonstrated on the monitor of computer. If the quantity of β rhythm decreased in EEG the picture on monitor became darker and lost contrast. If the quantity of β rhythm increased in EEG the picture on monitor got back colour and contrast. The majority of hyperactive children who trained by this scheme had significant increase of the quantity of β rhythm and EEG got closer to the characteristic age norm at the 10th till 12th training performance.

Functional bioregulation with biofeedback procedure directed to the increase of α rhythm in EEG was carried out by the following program. Child was sitting in the armchair and listened music. If the quantity of α rhythm decreased in EEG there were sounds which troubled listening music but if the quantity of α rhythm increased in EEG the sounds disappeared and the quality of music improved. The majority of hyperactive children who trained by this scheme had the significant increase of α rhythm at the 7th till 10th training performance but some of them had increase of α rhythm already at the 2nd or 3rd training performance.

After functional bioregulation with biofeedback training procedures a repeated estimation of cognitive functions of hyperactive children by observation their abilities to orientate in labyrinth with various levels of difficulties was carried out. The results of investigation showed that after training procedures the quantity of mistakes as well as chaotic movements was decreased for hyperactive children. The majority of hyperactive children reached the third or the fourth labyrinth's level. There was observed a decrease of behaviour impulsiveness, an

improvement of abilities to concentrate attention to the work at school, an increase of self-estimation and an improvement of coming into contact with other children and parents after training procedures of functional bioregulation with biofeedback.

Conclusions: 1. During orientation in labyrinth hyperactive children make many mistakes and perform a great number of unnecessary processions. After getting over to the next level of labyrinth their activities often become chaotic. The training performances of functional bioregulation with biofeedback improve the abilities of hyperactive children to orientate in labyrinth with various levels of difficulties 2. The characteristic changes in EEG of hyperactive children were following: decreased level of α rhythm mainly in the occipital lobe, increased level of slow θ rhythm as well as increased level of θ rhythm index and decreased level of β rhythm index mainly in the central and top of the head regions of the brain hemispheres. 3. The training performances of functional bioregulation with biofeedback normalise the bioelectrical activity of hyperactive children brain: increase the level of β rhythm index and decrease the level of θ rhythm index as well as increase the quantity of α rhythm in EEG. 4. As a result of training procedures of functional bioregulation with biofeedback a decrease of behaviour impulsiveness, an improvement of abilities to concentrate attention to the work at school, an increase of self-estimation and an improvement of coming into contact with other children and parents of hyperactive children was observed. 5. Functional bioregulation with biofeedback is an effective method of information technologies which applying gives ability to improve functional state of hyperactive children with attention deficiency.

Literatūra

1. Veselības ministrijas darbības stratēģija 2007. - 2009.gadam. Rīga, 2006, 83 lpp.
2. Ranka I., Miezīte S., Kalniņa I., Everika G. Skolēnu garīgā veselība Latvijā . Latvijas ārsts, Nr.2., 1996, 89.-92.lpp.
3. Лазарева О.Ю., Джафарова О.А., Гребнева О.Л., Штрак М.Б. Игровое компьютерное биоуправление в школе. Опыт практического применения Бюлл.СО РАМН Новосибирск (3), 2004, с. 23-29.
4. Moore N.C. A review of EEG biofeedback treatment of anxiety disorders. Clinical Electroencephalography, Vol. 31, No.1, 2000, p. 1-6.
5. Штрак М.Б., Скок А.Б. Применение электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике: Биоуправление – 3; Теория и практика. Новосибирск: ЦЭРИСб, 1998, с. 131-141.
6. Mann, C. A., Lubar, J. F., Zimmerman, A. W., Miller, B. A., Muenchen, R. A. Quantitative analysis of EEG in boys with attention deficit/hyperactivity disorder. A controlled study with clinical implications. Pediatric Neurology, 8, 1992, p.30-36.
7. Conners K.C., Jett J.L. Attention Deficit Hyperactivity Disorders (in Adults and Children). The Latest Assesments and Tretment Strategies. Kansas City: Compact Clinicals, 1999, 117 p.
8. Collura T.F. Brain master. Computer program. New-York, 1999, 42 p.
9. Grīnbergs Z., Gustsons P. Elektroencefalogrāfija. Rīga: Zvaigzne, 1978, 230 lpp.
10. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. Таганрог: ТРТУ, 1996, 358 с.

**DABAS RESURSI UN VIDES
APSAIMNIEKOŠANA**

***NATURE RESOURCES AND
ENVIRONMENTAL
MANAGEMENT***

ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVES: ECONOMIC IMPLICATIONS

KUZNETS LĪKŅU VIDE: EKONOMISKĀ IEJAUKŠANĀS

Remigijus Ciegis, Dalia Streimikiene, Rimantas Pareigis, Dalia Gineitiene

Vilnius University, Kaunas Faculty of Humanities

Muitinės str. 8, Kaunas; tel: +370 37 422344, fax: +370 37 423222

remigijus.ciegis@vukhf.lt, dalia.streimikiene@vukhf.lt, rimantas.pareigis@vukhf.lt,
dalia.gineitiene@vukhf.lt

Abstract. *The results of empirical studies on Kuznets environmental curves are discussed in the article as well as economic implications of findings of these studies. The relationship of economic growth and environmental impact has spurred fierce debates between growth optimists referring to the phenomenon of the environmental Kuznets curve, and pessimists referring to the limits to growth. The article draws some hints from a critical assessment of the literature on the environmental Kuznets curve. In particular it is argued that the optimistic implications of this literature on the sustainability management are not granted. However, environmental Kuznets curves analysis allows clarification of a few basic conditions to achieve pollution reduction with economic growth. These conditions can be met by implementing a systematic and strict environmental policy strategy aimed at shifting Kuznets relations downward.*

Keywords: *economic growth, environmental Kuznets curve, environment, sustainable development.*

Introduction

Discussions of recent years on the dissociation of previously positive relationship between economic growth and resource utilisation (environmental degradation) are markedly related to research of *environmental Kuznets curves*, where resource degradation will increase initially with per capita income growth and then eventually decline, thus exhibiting the characteristic an inverted U-shaped relationship between income and emissions known as the “*environmental Kuznets curve*”, where emissions initially worsen but ultimately improve with income.

The **research objective** of the article is to analyse the results of empirical studies on Kuznets environmental curves and discuss the economic implications of these studies findings.

The tasks. In order to fulfil the objective, the following research tasks had to be accomplished:

- to analyse the essence of environmental Kuznets curves;
- to analyse results and findings of empirical studies on Kuznets environmental curves;
- to define economic implications of the results and findings of empirical studies.

The methods of the research. Logic abstraction, which encompasses generalisations on economic and management theories and thoughts, according to the conclusions and reasoning of scientists from other countries, comparison and analysis of Kuznets curves research were used in the article.

The essence of the environmental Kuznets curve concept

During most of the course of industrial development, economic growth entailed parallel growth in resource consumption and environmental degradation. Though this relationship still holds, experience of the last decades indicates that economic growth and increases in resources consumption and environmental degradation *can* be de-linked to a considerable extent. The path to environmental sustainability lies in maximising this de-linking process. So, the theoretical explanation of the *environmental Kuznets curves* plays a central role for the theoretical foundation of sustainable growth.

Some relative data on environmental quality and natural resources utilisation and income per person, allows us to make a presumption that environmental quality worsens with low-income level. But the situation improves with the increase of income level, which reflects “the pressure of dissociating environment with economic growth” (Simonis, 1989). This relationship – as the income of an economy grows over time, emission level grows first, reaches a peak and then starts declining after a threshold level of income has been crossed – was first suggested in the early 1990s and has thereafter been subject to intensive research. The inverse relationship between pollution and per capita income has been explored for a variety of pollutants, such as nitrogen oxide, sulfur dioxide, suspended particulate matter, carbon monoxide, lead, and for deforestation, biological oxygen demand and others (List, Gallet, 1999; Selden, Song, 1994; Stern, et al. 1996; World Bank, 1992, Panayotou, 1997, Grossman, Krueger, 1995). The empirical literature about *environmental Kuznets curves*, which studies the empirical relationship between per capita income, generally interpreted as a proxy of the stage of development, measured on the horizontal axis, and environmental deterioration, measured on the vertical axis by different indexes: total environmental deterioration, or more often its per capita value or its value per unit of income, extensive critical survey is given in (Stern, et al., 1996; Borghesi, 2001).

This interrelation between the national income per person and the concentration level of industrial waste by P. Dasgupta and K.-G. Maler (1995) is called the *environmental Kuznets curve*, analogous to traditional curve, proposed by Simon Kuznets (1955), which demonstrates a similar relationship between actual income per person and income inequality (Figure 1). (As is well known, S. Kuznets observed that inequality tends to increase during the early stages of growth to decrease later on, describing an inverted-U shaped relationship between per capita income (on the horizontal axis) and income inequality (on the vertical axis). This relationship, called Kuznets curve after the name of the author, was very popular during the 1970s when it was taken as an empirical regularity of the economy).

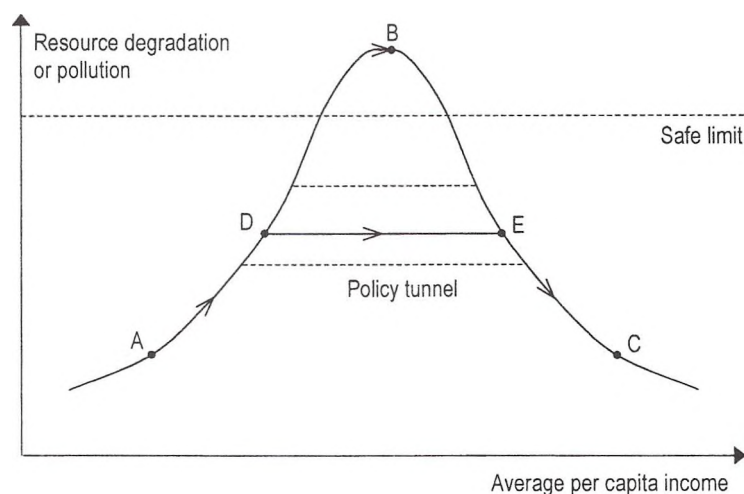


Figure 1. The dependence of environmental quality from income level

Most commonly, the studies of *environmental Kuznets curves* have taken econometric approaches using data based on cross-sections of countries, and sometimes combining this with time series data. Historical approaches to the *environmental Kuznets curve* or other emission patterns, such as studies of individual countries' historical emissions trajectories, have been taken relatively seldom. *Environmental Kuznets curve* studies for single countries most often address developing countries (e.g. Patel et al., 1995; Vincent, 1997). Rare exceptions addressing industrialized countries include (De Bruyn et al., 1998; Friedl, Getzner, 2003). But, as shown by M. Lindmark (2002), historical studies of individual countries offers

an advantage over cross-section approaches in bringing the analyses closer to the dynamics that cause the *environmental Kuznets curve* pattern. An investigation of the time-series data of a single country may be able to account for historic experience such as environmental policy, development of trade relations, and exogenous shocks such as the oil crisis (Stern et al., 1996).

Results of empirical studies

A number of survey articles (Ekins, 1997; Stern, 1998) prompted several clarifications concerning both the actual development of various pollutants and the methodology used to explain the *environmental Kuznets curve* patterns. The literature has mostly considered *environmental Kuznets curve* as an empirical phenomenon and examined the presence or otherwise of significant statistical association between the level of economic activity and environmental degradation without explicitly discussing the nature of causation between these variables. A principal explanatory factor is *income* based on assumptions of initially high, but falling marginal utility of consumption and initially low, but increasing disutility of emissions as incomes rise (Di Vita, 2004). Thus, it is presumed that the relationship between income and pollution is one of unidirectional causality with income causing environmental changes – viz. a change in the level of economic activity/per capita income causes a consequent change in the environmental quality and not vice versa. Additionally, *technological* and *structural changes*, including *trade patterns*, may also influence an *environmental Kuznets curve* pattern. These changes may in turn interact with *price changes*.

Grossman (1995) plotted Kuznets curves for sulphur dioxide and suspended particulate matter on multi-national basis, and also analysed suspended particulate matter on a multi-national basis, and also analysed suspended particulate matter, airborne lead, sulphur dioxide, carbon monoxide, and nitrogen dioxide on a country basis for the United States. Shafik (1994) developed curves for the following ten environmental parameters: lack of safe water, lack of urban sanitation, annual deforestation, total deforestation, dissolved oxygen in rivers, faecal coliform in rivers, suspended particulate matter, ambient sulphur dioxide, municipal solid waste per capita, and carbon emission per capita.

Environmental Kuznets curves generally exhibit one of three shapes. The first represents an environmental benefit that improves continually with increasing per capita income, as the example in the case of “lack of safe water” (Shafick, 1994). The second shape is showing the continuous increase of pollution (municipal waste per capita, CO₂ emissions) with rising income and can be represented in the form of “N”.

The mostly discussed shape of environmental Kuznets curve is inverted “U” shape and has been used to predict air quality as related to economic development. Similar shaped curves have been reported for sulphur dioxide and particulate matter) by several researchers, although they reported different levels of income for the “turning points”. Grossman (1995) calculated that the turning point for both pollutants was approximately 5000 USD; Shafic (1994) placed the top of the curves between 3000 and 4000 USD and Selden and Song (1994) calculated turning points at 10391 USD for sulphur dioxide and 12275 USD for suspended particulate matter. Stern and Common (2001) estimated the turning point at over 100000 USD. Markandya et al (2004) find different turning points for different countries analysed (between 5000 and 140000 USD. Besides that in the same study for all 12 European countries analysed the two turning points were identified (on 7000 USD and 25000 USD). The analysis of implemented environmental regulations performed in the article indicated that all the implemented regulations did shift Kuznets curve down.

Situation with regard of global pollutants (such as CO₂), which have a limited direct impact on population is quite different (Cole et al., 1997) . CO₂ emissions cause problems on a global scale, and the social costs of global warming accrue both across time and nations. Therefore,

free-rider behavior might lead to a close relationship between carbon emissions and income at all levels of per capita income (Arrow et al., 1995). In line with this argument, a linear relationship for CO₂ emissions and GDP per capita was confirmed in early studies (Shafik, 1994).

But the international nature of global warming is not the only reason that prevents de-linking greenhouse gas emissions from economic growth. The intergenerational nature of the negative impact of greenhouse gas emissions may have also been an important factor preventing the implementation of greenhouse gas abatement measures in the past. For water quality the evidence is more mixed, with studies giving conflicting results on the shape, position and peak of the curve according to the different indicators used. As for the other indicators of environmental degradation, the *environmental Kuznets curve* hypothesis receives very little corroboration. Environmental problems that have a direct and strong impact on the population (such as access to urban sanitation and clean water) tend to improve steadily with the process of development, while environmental problems that can be transferred elsewhere (such as municipal solid wastes) do not exhibit any clear tendency to diminish with development (see Rothman, de Bruyn, 1998).

So, per capita income, in turn, affects inequality and environmental degradation through several channels, as suggested by the literature on the *environmental Kuznets curve*. Although the findings regarding to “*environmental Kuznets curve*” are not conclusive (mentioned survey gives only limited support to the *environmental Kuznets curve* hypothesis), most empirical studies have generated very high income turning points beyond the maximum income level of the data they used in their analysis, and beyond the level of affluence to which most developing countries might realistically achieve in the foreseeable future. For example, Holtz-Eakin and Selden (1995) generate an out-of-sample turning point of \$ 35000 per capita (1986 US\$) that indicates that substantial economic growth would be required before CO₂ emissions begin to decline. De Bruyn (1997) provides a survey of the empirical studies.

Therefore *environmental Kuznets curves* do not explicate on the systems’ consequences of environment utilisation, therefore they should not be further used as a proof or a critical argument in grounding the statement that economic growth is sufficient to achieve environmental improvement. Thus, considering all arguments, the *environmental Kuznets curve* should be viewed as *the hypothesis on the interrelation between economic growth and environmental quality*.

It must be mentioned, that recent studies have also tested for a possible third order polynomial relationship between emissions and income (Markandya et al, 2004; Moomaw, Unruh, 1997). However, they conclude that neither the inverted “U” nor an A cubic (i.e. “N”-shaped) relationship between CO₂ emissions and income provide a reliable indication of future behavior. Hence the use of *environmental Kuznets curve* models to forecast future emissions may not be appropriate. From other hand, Jones and Manuelli (1995) using an overlapping generations model shown how the interaction of individual optimal decision making and collective regulation may lead to an *environmental Kuznets curve*, but also a N-shaped curvature is possible. A N-shaped relationship between Austria GDP and CO₂ emissions is found to fit the data most appropriately for the period 1960–1999 in the research, done by (Friedl, Getzner, 2003) too.

Economic implication of environmental Kuznets curve

M.Pasche (2002) showed that the sources of an *environmental Kuznets curve* can be summarized into two groups: (a) *the structural change to service and information-based economic activities* which are less pollution intensive than physical production; and (b) *the growing ecological efficiency of production and consumption by means of a “greening”*

technical progress. The driving forces behind these two determinants may be a change of preferences favouring environmental goods or at least a sufficiently high income elasticity of demand for environmental goods on the one hand, and regulating activities like e.g. technical standards, legal restraints, environmental taxation on the other hand.

From the other hand, within the extensive body of literature that has been published in recent years concerning the *environmental Kuznets curve*, two main theoretical arguments have been formulated to account for the fact that beyond a particular level of per capita income, the relationship between economic growth and environmental quality becomes a “virtuous” circle (Roca, 2003). Both arguments concern the changes in levels of relative demand that occur as per capita income varies.

The first argument suggests an endogenous change in the demand structure for goods and services. According to this first argument, the sectors that become increasingly important as per capita income increases are those, which have less environmental impact. The evidence that generally underlies this position is the increasing demand directed at the service sectors at the expense of demand directed at the industrial sector. However, much more empirical research needs to be done on the assumptions this argument is based on: some activities that are regarded as services may have as much or more environmental impact (direct and/or indirect) as others involving the industrial sector (consider, for example, long-distance tourism). In any case, this argument would only explain a reduction in environmental pressures per unit of GDP as income increases; it would not explain a reduction of these pressures in absolute terms unless we suppose that the sectors that are most environmentally problematic produce inferior goods. In fact, this is not at all likely (Torrás and Boyce, 1998). In other words, if we apply the distinction made by de Bruyn and Opschoor (1997), the change in demand structure could account for a “delinking” of economic growth and (some) environmental pressures in the “weak (or relative) sense” but not in the “strong (or absolute) sense”.

The second argument, as mentioned by J.Roca (2003), is also based on individual preferences and changes in relative demand that occur as income increases. In this case, however, it is not the changes in the relative demand for different goods and services acquired in the market that are crucial, but those between the consumption of marketable goods and services on the one hand, and environmental quality on the other. According to Lopez (1994), the relation between the level of pollution and the income level then depends on the elasticities of substitution of goods and the risk preference of the households. And a high “income elasticity of demand for environmental quality” could potentially explain the delinking of economic growth and environmental pressures in the “strong sense”.

In other words, under the *environmental Kuznets curve* hypothesis, with growth of income, the status of emission as an item of consumption gradually changes from a *necessary* to an *inferior good* (thus reflecting a clear preference for a cleaner environment at higher levels of living).

In the original definition of sustainable development, suggested by the Brundtland Commission (WCED, 1987): “*sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”, inequality and environmental deterioration are conceived as equally important and interdependent conditions of sustainability. The recent process of globalisation of international markets has managed to sustain the economic growth of the countries that have actively participated in this process. The available empirical evidence suggests, however, that it has been accompanied by a worldwide increase in environmental degradation and economic inequality. Therefore, there is growing concern that these features of the globalisation process may jeopardise its social and environmental sustainability.

As pointed out in the paper of S.Borghesi and A.Vercelli (2003), environmentally sustainable globalisation requires a policy strategy directed to shift the relationship between *environmental Kuznets curve* relations downwards. Within the process of globalisation it is possible to modify the shape and position of the *environmental Kuznets curves*, thus improving social and ecological conditions. In the case of the environment, public opinion can influence environmental quality not only through the voting system, but also through the market: "greener" consumer demand contributes to a shift in production and technologies towards less polluting activities. Globalisation may increase competition and thus strengthen public opinion pressure for environmental quality. In a more competitive market consumers are likely to have more alternatives to polluting products and thus more chances to express their environmental demand. This positive impact of globalisation on the environment, however, crucially depends on the actual capacity of globalisation to increase competition. If greater market concentration comes together with globalisation (as occurs in some sectors), then the opposite might be true and environmental-friendly consumers might end up with fewer opportunities to express their preferences. S.Borghesi and A.Vercelli (2003) conclude, therefore, that globalisation might contribute to a more sustainable development by enhancing the impact of public opinion pressure on government and market decisions and thus shifting the *environmental Kuznets curve* relations downwards. The implementation of strict environmental policies in developed countries and knowledge and know-how in new technologies sharing with developing world are the main drivers to reduce pollution on global scale.

M.Pasche (2002) showed that under reasonable assumptions about technical progress a positive sustainable growth rate fails to exist. The argument is that a growing part of income has to be spent for continuing technical progress in order to compensate the pollution effects of growth. Hence in the long run either the sustainability condition will be violated or the growth rate must decline to zero. Furthermore, in finite time the level of wealth will decrease despite growing income and a constant pollution level, thus further growth is no longer reasonable. Similar arguments also hold for the environmental effects of structural change favoring less pollution-intensive economic activities, when the part of pollution-intensive production can decrease while less pollution-intensive services or information-based production increases. Hence, the level of output can rise with constant or reduced emissions. An evolutionary change of goods and production technology may shift the limits of growth and is hence a prerequisite for a long-run *environmental Kuznets curve*. But the possibilities of a rational sustainability policy seem to be limited.

Several empirical studies of the 1980s and 1990s give a optimistic view: in industrialized countries many pollution indicators decreased despite a growing per capita income, while in less developed countries growth yields increasing pollution. Therefore, economic progress with less impact on the environment seems to be possible. The idea that economic growth is ultimately beneficial for the environment has caused some authors to maintain that only economic growth is necessary, because the surest way to improve the environment is to become rich (Beckerman, 1992). This viewpoint implies that environmental problems are a temporary phenomenon since economic growth and technological innovation will resolve these problems in due time.

But the fact that nations which formerly had or currently have low per capita income are experiencing increasing pollution while industrialized countries are successful in abating emissions does not imply that economic development will solve environmental problems quasi automatically. It is possible to make only one statement: the research results have proved the presumption that economic growth can be conformed to environmental improvement, if accordingly a specific policy is worked out. The key policy conclusion is that even if such a curve characterized past growth, there is no reason for developing countries

passively to accept “historical determinism” along their future development path. In effect, lower-income countries could learn from the experience of wealthier nations and adopt policies that permitted them to “tunnel” DE (Figure 1) through the curve (Munasinghe, 1999). But, in no case can it be expected that public environmental problems will automatically be solved as a result of economic growth, without the need for environmental policy (Arrow et al., 1995). If we deny the need for environmental policy, we are renouncing the mechanism through which higher income could lead in some cases to reduced environmental impact. And some recent studies show that economic and social policy may have a very important role in determining the emergence of the downward sloping part of the *environmental Kuznets curves* (Panayotou, 1995; Grossman, 1995; Torras, Boyce, 1998; Spangenberg et al, 2002; Bosquet, 2000).

Conclusions

Discussions on dissociation of growth and environmental degradation are based on *environmental Kuznets curves*. Applying critical scientific argumentation, it can be stated that *environmental Kuznets curves* must be viewed as a hypothesis on the interface between economic growth and environmental quality.

A principal explanatory factor of *environmental Kuznets curve* is income. Additionally, technological and structural changes, including trade patterns, may also influence an *environmental Kuznets curves* pattern. These changes may in turn interact with price changes. The process of globalisation may render world development more sustainable simply by pushing the world economy towards the decreasing part of the bell-shaped *environmental Kuznets curves*.

Environmental technical progress and structural change can lead to positive growth rates with a constant or even decreasing level of pollution. Hence the results are compatible with an *environmental Kuznets curves*. But this can only be a temporary phenomenon since in the long term either the condition of a non-increasing emission level is violated (the *environmental Kuznets curves* becomes N-shaped).

It is unrealistic to expect that economic growth per se would reduce environmental pressures. The main drivers turning the inverted “U” curves down in developed countries are strict environmental policies adopted in EU and being considered in the rest of the world, i. e. the EU Thematic Strategy on air pollution COM (2005) 446 final) sets the reduction targets for 2020 to the base year 2000 to reduce SO₂ emissions by 82%, suspended particulates emissions by 59%, NO_x - by 60% etc., the EU Communication on an energy policy for Europe proposed to cut GHG emissions by at least 20% from 1990 level by 2020.

References

1. Arrow K., Boling B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling S., Jansson B.-O., Levin S., Mäler K.-G., Perrings C., Pimentel D. (1995). Economic growth, carrying capacity and the environment // *Science*. No. 268. p. 520-521.
2. Beckerman W. (2002). Economic growth and the environment. Whose growth? Whose environment? // *World Development*. No. 20. p. 481-496.
3. Borghesi S. (2001). The environmental Kuznets curve: a critical survey. / In: M. Franzini and A. Nicita (Eds.), *Economic Institutions and Environmental Policy*, Ashgate.
4. Borghesi S., Vercelli A. (2003). Sustainable globalisation // *Ecological Economics*. No. 44. p. 77- 89.
5. Bosquet B. (2000). Environmental tax reform: does it work? A survey of empirical evidence // *Ecological Economics*. No. 34. p. 19-32.
6. de Bruyn S. M. (1997). Explaining the environmental Kuznets curve: structural change and international agreements in reducing sulphur emissions // *Environment and Development Economics*. No. 2. p. 485-503.
7. de Bruyn S. M., van den Bergh J. C. J. M., Opschoor J. B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of the Environmental Kuznets Curves // *Ecological Economics*. No. 25. p. 161-175.

8. de Bruyn S. M., Opschoor J. B. (1997). Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations // *Environmental Economics*. No. 20. p. 255-268.
9. Cole M. A., Rayner A. J., Bates J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: an empirical analysis // *Environment and Development Economics*. No. 2. p. 401-416.
10. Dasgupta P., Mäler K.-G. (1995). Poverty, Institutions and the Environmental- Resource Base. World Bank Environment Paper. No. 9. Washington D.C.
11. Di Vita G. (2004). Another explanation of pollution-income patterns. // *International Journal of Environment and Pollution*. Vol. 21, No. 6. p. 588-592.
12. Ekins P. (1997). The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence // *Environmental Planning*. No. 29. p. 805-830.
13. Friedl B., Getzner M. (2003). Determinants of CO₂ emissions in a small open economy // *Ecological Economics*. No. 45. p. 133-148.
14. Grossman G. M. (1995). Pollution and growth: what do we know. / In: I. Goldin and L.A. Winters, (Eds), *The Economics of Sustainable Development*, Cambridge University Press. p. 19-45.
15. Grossman G. M., Krueger A. B. (1995). Economic growth and the environment // *Quarterly Journal of Economics*. No. 110. p. 353-377.
16. Holtz-Eakin D., Selden T. M. (1995). Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth // *Journal Public Econ*. No. 57. p. 85-101.
17. Jones L.E., Manuelli R.E. (1995). A Positive Model of Growth and Pollution Controls. NBER Working Paper. No. 5205.
18. Kuznets S. (1955). Economic growth and income inequality. // *American Economic Review*. No. 45. p. 1-28.
19. List J. A., Gallet C. (1999). The environmental Kuznets curve: does one size fit all? // *Environmental Economics*. No 31. p. 409- 423.
20. Lindmark M. (2002). An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870–1997 // *Ecological Economics*. No. 42. p. 333-347.
21. Lopez R. (1994). The environment as a factor of production: the effects of economic growth and trade liberalization // *Journal of Environmental Economics and Management*. No. 27. p. 163-184.
22. Markandya A., Pedrosa S., Golub A. (2004). Empirical analysis of national income and SO₂ emissions in selected European Countries. // *International energy markets*. Social Science Research Network Electronic Paper Collection.: http://papers.ssrn.com/abstract_id=XXXXXX.
23. Moomaw W. R., Unruh G. C. (1997). Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO₂ emissions // *Environment and Development Economics*. No. 2. p. 451-463.
24. Munasinghe, M. (1999). Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve // *Ecological Economics*. No. 29. p. 89-109.
25. Panayotou T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool // *Environment and Development Economics*. No. 2. p. 465-484.
26. Panayotou T. (1995). Environmental degradation at different stages of economic development. / In: I. Ahmed and J.A. Doeleman, Editors, *Beyond Rio. The Environment Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World*, MacMillan Press Ltd.
27. Pasche M. (2002). Technical progress, structural change, and the environmental Kuznets curve // *Ecological Economics*. No. 42. p. 381-389.
28. Patel S. H., Pickney T. C., Jaeger W. K. (1995). Smallholder wood production and population pressure in East Africa: evidence of an Environmental Kuznets Curve // *Land Econ*. No. 71. p. 516-530.
29. Roca J. (2003). Do individual preferences explain the Environmental Kuznets curve? // *Ecological Economics*. No. 45, p.3-10.
30. Rothman D. S., de Bruyn S.M. (1998). Probing the environmental Kuznets curve hypothesis // *Ecological Economics*. No. 25. p. 143-145.
31. Sachs W., Loske R., Linz M. (1998). *Greening the North: A Post-Industrial Blueprint for Ecology and Equity*, Zed Books, London.
32. Selden T. M., Song D. (1994). Economic growth and environmental quality: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? // *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 27. p. 147-162.
33. Shafik N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis // *Oxford Econ. Pap*. No. 46. p. 757-773.
34. Simonis U. E. (1989). *Industrial restructuring for sustainable development: three points of departure*. Berlin.
35. Spangenberg J. H., Omann I., Hinterberger F. (2002). Sustainable growth criteria. Minimum benchmarks and scenarios for employment and the environment // *Ecological Economics*. No. 42. p. 429-443.
36. Stern D. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve // *Environment and Development Economics*. No. 3. p. 175-198.

37. Stern D., Common M. S., Barbier E. B. (1996). Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development // *World Development*. No. 24. p. 1151-1160.
38. Torras M., Boyce J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curves // *Ecological Economics*. No. 25. p.147-160.
39. Vincent J. R. (1997). Testing for environmental Kuznets curves within a developing country // *Environment and Development Economics*. No. 2. p. 417-431.
40. WCED (The World Commission on Environment and Development). (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
41. World Bank. (1992). *World Development Report 1992. Development and Environment*. New York: Oxford, 1992.

**DABAS RESURSU EKONOMISKĀ ANALĪZE VIDZEMES REĢIONA
RAJONOS**
*ECONOMIC ANALYSIS OF THE NATURAL RESOURCES IN THE DISTRICTS
OF VIDZEME REGION*

Līga Vindele, Veronika Buģina

LLU Ekonomikas fakultāte

Svētes ielā 18, Jelgava, LV 3001, tālr. 3021041, e-pasts: liiga-v@inbox.lv

Abstract. *Economic analysis of the Natural resources gives information about nature values of the existing territory what is a precondition for a successful further development of territory. Society pays attention to restrictedness problem of natural resources more and more; in the whole world scientists searches for different solutions, how to combine our wills and provide reserves of natural resources for next generations. In our article we have analysed one of the most important natural resources (Forests and agricultural used land) economically, whose reasonable use provides a successful development of economy in the region. The following research methods were used: abstractly logical, graphical, monographic, document analysis, deduction, synthesis and statistical methods.*

Keywords: *Cadastral value, economic analysis, land, market prices, theoretical research*

Ievads

Dabas resursu ekonomiskā analīze sniedz informāciju par teritorijā esošajām dabas vērtībām, kas ir priekšnosacījums teritorijas tālākai veiksmīgai attīstībai. Sabiedrība arvien vairāk pievērš uzmanību dabas resursu ierobežotības problēmai, visā pasaulē zinātnieki meklē dažādus risinājumus, kā savienot mūsu vēlmes un nodrošināt, lai dabas resursu pietiktu arī nākamajām paaudzēm. Šajā rakstā autori ir ekonomiski izanalizējuši vienus no vissvarīgākajiem dabas resursiem (mežus un lauksaimniecībā izmantojamās zemes), kuru pareiza izmantošana nodrošina veiksmīgu tautsaimniecības attīstību reģionā.

Hipotēze – dabas resursi Vidzemes reģiona rajonos ir daudzveidīgi un to racionāla izmantošana ir tautsaimniecības attīstības pamats.

Mērķis – ekonomiski izanalizēt esošos dabas resursus Vidzemes reģiona rajonos un izstrādāt priekšlikumus to labākai izvērtēšanai.

Ar darba mērķi saistītie uzdevumi:

- izstrādāt tēmas teorētisko pamatojumu;
- veikt mežu un lauksaimniecībā izmantojamo zemju ekonomisko analīzi Vidzemes reģiona rajonos un izstrādāt priekšlikumus to labākai izvērtēšanai.

Materiāli un metodes

Pētījumu uzdevuma risināšanai izmantoti LR likumi, LR Vides ministrijas dati, Valsts zemes dienesta, publikācijas un speciālā literatūra. Pētījumā tika pielietotas šādas metodes: abstrakti loģiskā, grafiskā, monogrāfiskā, dokumentu analīzes, dedukcijas, sintēzes un matemātiskās statistikas metodes.

Rezultāti un to izvērtējums

Dabas resursu teorētiskā izpēte

Vārds ‘zeme’ apzīmē tās dabas dotās dāvanas, kas mums ir pieejamas, lai apmierinātu mūsu vēlmes, tās ir, augsnes dabiskā auglība, minerāli zemes dziļēs u.c. [1]. Dabas resursu plašajā kopumā izdala zemi un tās dziļu bagātības. Nevar aizmirst mežu un tā daudzveidīgo floru, ūdeņus – no strautiņa līdz okeānam, augus un dzīvnieku valsti [2].

Dabas resursi ir dabas daļas, arī zeme, augsne, zemes dziļes, gaiss, ūdens, flora un fauna, kurām ir ekonomiska, sociāla vai kultūras vērtība [3]. Dabas resursus raksturo noteikti apstrādājamo gabalu (atradņu) izmēri (apjomi), klimatiskie apstākļi, fizikālās un ķīmiskās īpašības, izmantošanas pieejamība utt. [4].

Dabas resursus var iedalīt:

- neizsmeļamajos (saules, vēja enerģija);
- atjaunojamajos (augi, dzīvnieki);
- neatjaunojamajos (lielākā daļa Zemes dziļu resursu) [5].

Atjaunojamie dabas resursi ir resursi, kuri var tikt atjaunoti vai papildināti dabisko procesu gaitā vai arī ar cilvēku darbību [6].

Daži vides aspekti, piemēram, augsnes auglība, spēja videi asimilēt piesārņojumu un saglabāt ekoloģiski tīru sistēmu, tiek dēvēti par daļēji atjaunojamiem dabas resursiem, jo tos iespējams atjaunot ļoti lēni, vairāku paaudžu laikā [6].

Intensīva zemes izmantošana pārtikas ieguvei ir izraisījusi zemes degradāciju. Ar šo problēmu saskaras daudzas pasaules valstis. Kā vienu no labākajiem risinājumiem, lai novērstu šo problēmu, ir papuvju sistēma, tas nozīmē, ka ik pēc noteikta laika zemei ir jāatpūšas, lai to atkal varētu intensīvi izmantot tautsaimniecībā [7].

Minerāli un no zemes dziļēm iegūtais kurināmais tiek uzskatīts par neatjaunojamiem dabas resursiem, jo to atjaunošana var notikt vienīgi ģeoloģiskā, nevis cilvēku dzīves laika mērogā [6].

Pēc izmantošanas rakstura dabas resursus var iedalīt divās daļās:

- nedzīvā daba – dabas faktori, kurus cilvēks ar savu darbību praktiski nevar izmainīt (reljefs, klimats, ģeogrāfiskais stāvoklis, zemes platības);
- dzīvā daba – dabas faktori, kurus cilvēks var būtiski izmainīt (meži, kūdra, ūdens krājumi) [5].

Zemi kā ražošanas faktoru izmanto trīs veidos:

- apstrādei (lauksaimniecībai, mežsaimniecībai);
- ieguvei (derīgie izrakteņi, enerģija);
- saimnieciskajai darbībai (zeme ir vieta uzņēmuma darbībai, transportam, dzīvojamām mājām, komunikācijām u.c.) [5].

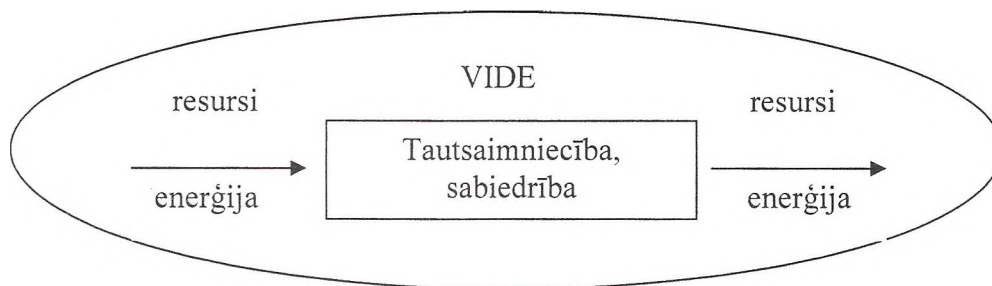
Ieņēmumi no dabas resursiem ir rente. Rentes pamatā ir zemes gabalu dažādā auglība un atrašanās vieta attiecībā pret produkcijas noieta vietām [8].

J.H von Thünen ir izstrādājis Zemes izmantošanas teoriju, kuras kodols ir lauksaimniecisko ražotāju atrašanās vietas diferenciālā rente. Šo atrašanās vietas renti samazina ar atrašanās vietas pieaugošo attālumu no patēriņa centra un izraisa zemes izmantošanas intensitātes un veidu telpisku diferencēšanu [9].

Platības vienības atrašanās vietas rente (piemēram, uz 1 ha) rodas no tirgus cenas, kurā novērtēta 1 ha raža, atskaitot ražošanas un transporta izmaksas. Tirgus cena veidojas patēriņu centrā, pamatojoties uz pieprasījumu un piedāvājumu [9].

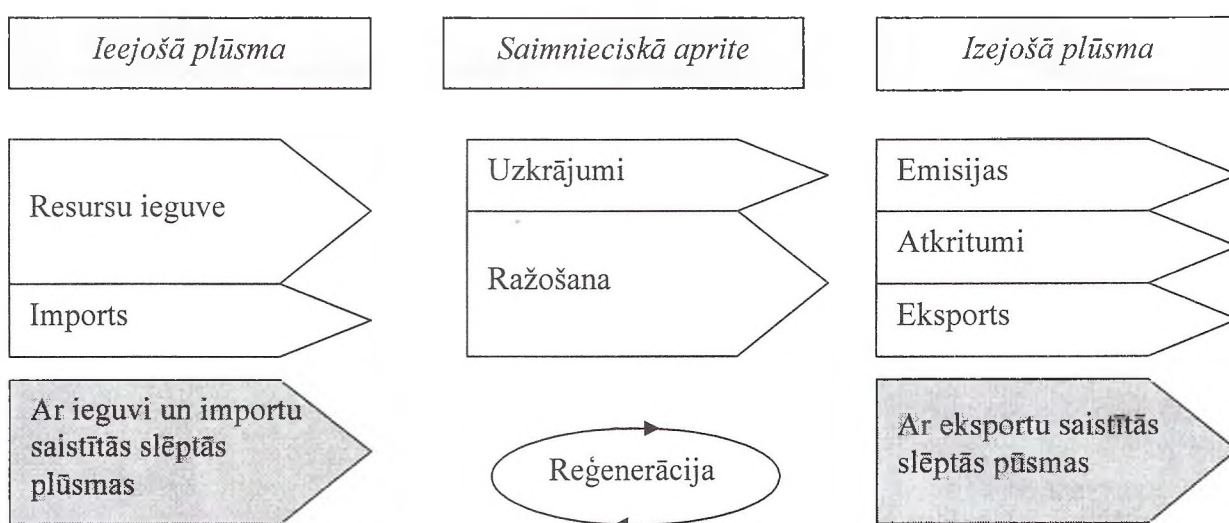
Liels pieprasījums pēc tirgum tuvām zemēm ar augstu atrašanās vietas renti izsauc zemes cenu paaugstināšanos. Telpiski diferencētā zemes rente izraisa telpiski diferencētu zemes cenu [9].

Dabas resursu plūsmai izmanto novērojuma metodi, kas balstās uz vielu un enerģijas nezūdamības likumu, proti, ekonomiskajā sistēmā ievadītais dabas resursu daudzums ir līdzvērtīgs saimnieciskās darbības radītajam uzkrājumam, atkritumu un emisijas daudzumam (1.attēls) [10].



1.attēls. Novērojuma metode, kas balstās uz enerģijas nezūdamības likumu [10]

Lai nodrošinātu ticamu un salīdzināmu datu ieguvu, Eiropas Komisijas statistikas birojs ir izstrādājis vienoto metodoloģiju, kas detalizēti izklāstīta Eurostat 2001. publikācijā [10]. Novērojuma metode ļauj analizēt resursu daudzumu, kas šķērso vides un tautsaimniecības nozaru robežas, uzskaita valstī iegūtos un importētos resursus, kas nonāk ražošanā un tiek pārstrādāti vai izmantoti. Tā kā daļa resursu kalpo ilgāku laiku, tie veido uzkrājumus, izejošo plūsmu veido eksports, emisija un atkritumi (2.attēls) [10].



2. attēls. Dabas resursu bilances vispārējā shēma [10]

Pēc šīs pieejas plūsmas bilancē ūdens un gaiss netiek ņemti vērā, lai gan tie rada lielu neatbilstību starp ieejošo un izejošo plūsmu [10].

Latvijā šo metodi izmanto tikai valsts līmeņa datu apkopošanā. Eksperti atzīst, ka dabas resursu bilances sastādīšanu apgrūstina trūkstoši vai nepilnīgi resursu ieejošās un izejošās plūsmas dati. Rajonu līmenī šī dabas resursu bilance netiek izmantota.

Dabas resursu ieguve ir dabas resursu atdalīšana no to dabiskās vides un iesaistīšana (apstrādātā vai neapstrādātā veidā) saimnieciskajā darbībā [11].

Dabas resursu lietošana ir dabas resursu izmantošana, arī zemes dziļņu derīgo īpašību izmantošana, iesūkņējot ģeoloģiskajās struktūrās dabasgāzi vai siltumnīcefekta gāzes, un piesārņojošu vielu emitēšana vidē [11].

Dabas resursu ieguve ir atkarīga no iedzīvotāju vajadzībām un mēģina tos efektīvi apsaimniekot. Ilgtspējīga dabas resursu izmantošana nozīmē augstu ekonomisko rādītāju sasniegšana, nekaitējot dabai un videi, taupīgu neatjaunojamo resursu izmantošana, kur iespējams tos aizstāt ar atjaunojamiem resursiem, savukārt atjaunojamo resursu ieguve nedrīkst pārsniegt atjaunošanās iespējas.

Dabas resursu ieguve un ar to saistītā ražošana, pārstrāde un patēriņš ir pamats ne tikai cilvēku saimnieciskajai darbībai, bet arī rada dažādas vides un veselības problēmas, tajā skaitā

klimata pārmaiņas, ūdenstilpju eitrofikāciju, bīstamu ķīmisku vielu uzkrāšanos dzīvajos organismos, atkritumu daudzuma palielināšanos, ainavu un biotopu izmaiņas [10].

Esošo dabas resursu ekonomiskā analīze Vidzemes reģiona rajonos

Lai varētu pastāvēt ilgtspējīga teritorijas attīstība, ļoti svarīgi ir noskaidrot un ekonomiski izanalizēt teritorijā esošās dabas vērtības. 1.tabulā ir apkopota informācija par dabas resursu īpatsvaru Vidzemes reģiona rajonos 2005.gadā.

1.tabula

Dabas resursu īpatsvars Vidzemes reģiona rajonos 2005. gadā

		Alūksnes rajons	Cēsu rajons	Gulbenes rajons	Madonas rajons	Valkas rajons	Valmieras rajons	Vidzemes reģions
Meži	ha	127851	154601	106932	147356	129671	100889	767300
	%	57	52	57	44	53	41	50
LIZ	ha	67290	101085	58156	125253	78646	91334	521764
	%	30	34	31	37	32	37	34
Zem ūdeņiem	ha	6729	8919	7129	9735	4802	8724	46038
	%	3	3	4	3	2	4	3
Purvi	ha	8972	8919	7692	20094	10765	4942	61384
	%	4	3	4	6	4	2	4
Krūmāji	ha	2243	5946	1877	13651	3433	3541	30692
	%	1	2	1	4	1	1	2
Pārējās zemes	ha	11215	17839	5814	18811	16800	36943	107422
	%	5	6	3	6	7	15	7
Kopā	ha	224300	297310	187600	334900	244117	246373	1534600

Avots: Autoru aprēķini pēc Vidzemes attīstības aģentūras datiem, 2005

Kā redzams pēc 1.tabulas datiem, vismežainākie ir Alūksnes un Gulbenes rajons (57%), bet vismazāk mežu ir Valmieras rajonā (41%). Visvairāk lauksaimniecībā izmantojamās zemes ir Madonas rajonā un Valmieras rajonā (37%), bet vismazāk – Alūksnes rajonā (30%). 4% no Valmieras rajona aizņem ūdeņi, kas ir vislielākais rādītājs pētāmajā teritorijā, savukārt Valkas rajonā zem ūdeņiem atrodas tikai 2% no visas rajona teritorijas. Vislielākais purvu īpatsvars vērojams Madonas rajonā (6%), bet vismazākais – Valmieras rajonā (2%). Krūmāji visvairāk sastopami Madonas rajona teritorijā (4%), bet vismazāk – Gulbenes rajonā.

Meži

Meža resursi pieskaitāmi pie nozīmīgākajiem dabas resursiem. Pētāmās teritorijas kopējais mežainums ir 50%. Lai gan visa Vidzemes reģiona teritorija ir bagāta ar mežiem, īpaši izdalāma ir tā ziemeļaustrumu daļa ar lielākajiem vienlaidus meža masīviem starp Valku, Vijciemu, Strenčiem un Alūksnes rajona Virešu pagastu un Gulbenes rajona Lejasciema pagastu.

Teritorijas mežos dominējošā koku suga ir priede, egle un sīklapu koki, pārsvarā bērzi. Lielāko daļu mežu veido vidēja vecuma audzes, kurās konstatēts arī lielākais koksnes daudzums (kopējais koksnes daudzums ir 104,1 milj.m³).

Daļu mežu nav atļauts izmantot intensīvai saimnieciskajai darbībai, jo tie atrodas īpaši aizsargājamās dabas teritorijās (Teiču, Krustkalnu rezervāti, Gaujas Nacionālais parks) vai arī ir meža zinātnes pētījumu objekti

Mežsaimniecības zemes kadastrālās vērtības parādītas 2.tabulā.

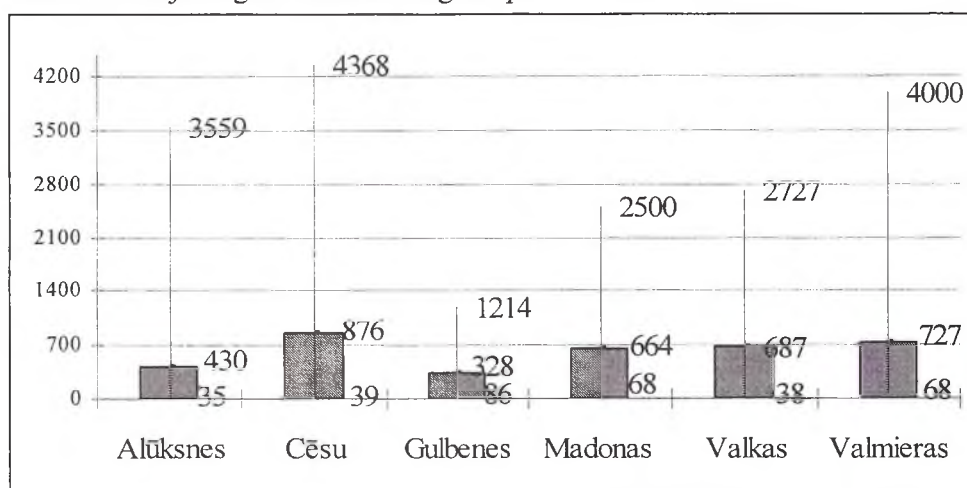
Mežsaimniecības zemes kadastrālās vērtības Vidzemes reģiona rajonos 2005.gadā, Ls/ha

Teritorija	Vidējā vērtība	Minimālā vērtība	Maksimālā vērtība	Moda
Alūksnes rajons	92	75	115	76
Cēsu rajons	120	61	161	146
Gulbenes rajons	108	86	121	117
Madonas rajons	116	86	143	105
Valkas rajons	111	57	136	103
Valmieras rajons	111	66	151	136
Vidzemes reģions	110	57	161	115

Avots: Autoru aprēķini pēc Valsts zemes dienesta datiem, 2005

Kā redzams pēc 2.tabulas datiem, vidējā mežsaimniecības zemes kadastrālā vērtība ir 110 Ls/ha. Minimālā kadastrālā vērtība ir 57 Ls/ha, kas ir noteikta Valkas rajonā. Maksimālā vērtība ir Cēsu rajonā – 161 Ls/ha. Visbiežāk sastopamā mežsaimniecības zemes kadastrālā vērtība Vidzemes reģiona rajonos 2005.gadā bija 115 Ls/ha. Analizējot šo informāciju rajonu griezumā, ir redzams, ka visaugstākā vidējā zemes kadastrālā vērtība ir Cēsu rajonā (120 Ls/ha), tālāk seko Madonas rajons (116 Ls/ha), bet viszemākā vidējā vērtība ir Alūksnes rajonā (92 Ls/ha).

Mežsaimniecības zemju tirgus cenas 2005.gadā parādītas 3.attēlā.



Avots: Autoru aprēķini, izmantojot Valsts Zemes dienesta datus, 2005

3.attēls. Mežsaimniecības zemju tirgus cenas Vidzemes reģiona rajonos 2005.gadā, Ls/ha

Kā redzam pēc 3.attēla datiem, visaugstākā vidējā mežsaimniecības zemes tirgus cena 2005.gadā ir bijusi Cēsu rajonā – 876 Ls/ha. Visaugstākā tirgus cena par 1 hektāru mežsaimniecības zemes ir bijusi 4368 Ls/ha (Cēsu rajonā), bet vismazākā tirgus cena – 35 Ls/ha (Alūksnes rajonā). Lielākā amplitūda vērojama Cēsu rajonā – 4329 Ls.

Kopumā vērojams mežsaimniecības zemju tirgus cenu pieaugums, piemēram, salīdzinot 2005.gadu ar 2002.gadu, gandrīz visos rajonos vērojams tirgus cenu pieaugums. Gulbenes un Alūksnes rajonā vērojams cenu samazinājums. Gulbenes rajonā 2002. gadā – 475 Ls/ha, bet 2005.gadā – 328 Ls/ha un Alūksnes rajonā 2002.gadā – 465 Ls/ha un 2005.gadā – 430 Ls/ha. Tas izskaidrojams ar koksnes importa palielināšanos no Krievijas. Visstraujākais pieaugums vērojams Cēsu rajonā (2002.gadā – 370 Ls/ha un 2005.gadā – 876 Ls/ha)

Rajonu meži ir bagāti ar meža dzīvniekiem, un šis aspekts ļauj attīstīties medību saimniecībām.

Lai teritorija spētu veiksmīgi attīstīties, ir jāatrod kompromiss starp vēlmi attīstīt mežizstrādi un nepieciešamību saglabāt mežu resursus nākamajām paaudzēm.

Lauksaimniecībā izmantojamā zeme (LIZ)

Lauksaimniecības zemes ir nozīmīgs reģiona tautsaimniecības resurss, to auglība ir ļoti svarīgs priekšnosacījums lauksaimniecības attīstībai, auglīgas un nepiesārņotas augsnes ir ilgtspējīgas lauksaimniecības ražošanas pamats.

Vidzemes reģiona rajonos ir 521 764 ha LIZ. Visvairāk ir aramzeme – 67% (349 582 ha), tālāk seko ganības – 19% (99 135 ha), pļavas – 13% (67 829 ha), bet vismazāk ir augļudārzi, kas ir tikai 1% (5218 ha).

Lauksaimniecībā izmantojamās zemes kadastrālās vērtības un novērtējums ballēs 2005.gadā dots 3.tabulā.

3.tabula

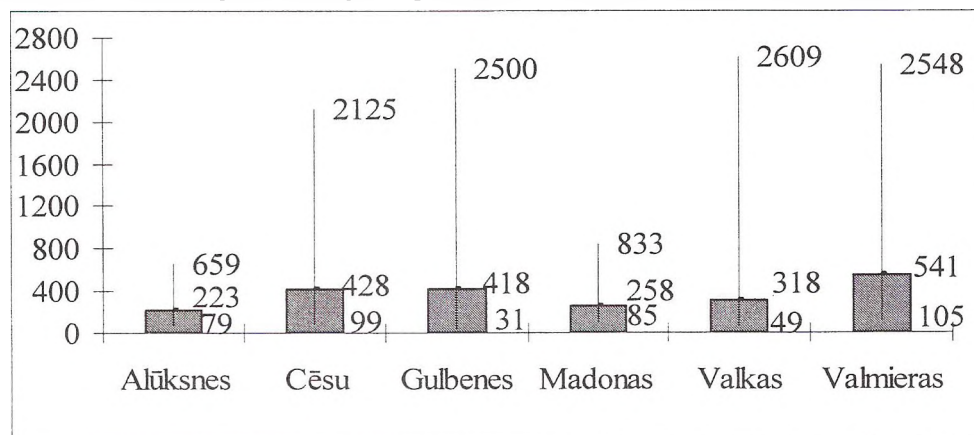
Lauksaimniecībā izmantojamās zemes kadastrālās vērtības un novērtējums ballēs 2005.gadā

Teritorija	Vidējā vērtība, Ls/ha	Minimālā vērtība, Ls/ha	Maksimālā vērtība, Ls/ha	Moda Ls/ha	Vidējā vērtība, ballēs
Alūksnes rajons	148	33	625	185	33
Cēsu rajons	249	31	909	200	33
Gulbene rajons	126	36	484	127	36
Madonas rajons	225	44	727	186	33
Valkas rajons	286	41	1364	111	37
Valmieras rajons	251	32	1011	116	39
Vidzemes reģions	224	31	1364	188	35

Avots: Autoru aprēķini, izmantojot Valsts zemes dienesta datus, 2005

Kā redzams pēc 3.tabulas datiem, vidējā lauksaimniecībā izmantojamās zemes kadastrālā vērtība bija 224 Ls/ha, minimālā kadastrālā vērtība – 31 Ls/ha (Cēsu rajonā), maksimālā vērtība – 1364 Ls/ha (Valkas rajonā) un visbiežāk sastopamā LIZ kadastrālā vērtība Vidzemes reģiona rajonos 2005.gadā bija 188 Ls/ha. Vidējā vērtība ballēs ir 35 balles. Analizējot iegūtos datus rajonu griezumā, ir redzams, ka visaugstākā vidējā lauksaimniecībā izmantojamās zemes cena ir Valkas (286 Ls/ha) un Valmieras rajonā (251 Ls/ha), bet viszemākās – Gulbenes rajonā, kaut arī vidējā vērtība ballēs šajā rajonā ir virs vidējā Vidzemes reģionā.

Lauksaimniecībā izmantojamo zemju tirgus cenas 2005.gadā parādītas 4.attēlā.



Avots: Autoru aprēķini, izmantojot Valsts Zemes dienesta datus, 2005

4.attēls. Mežsaimniecības zemju tirgus cenas Vidzemes reģiona rajonos 2005.gadā, Ls/ha

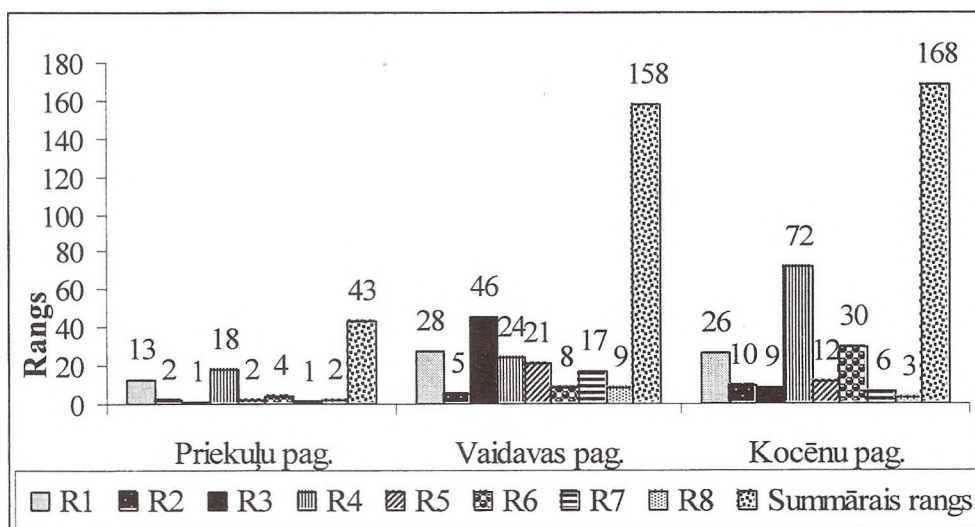
Kā redzam pēc 4.attēla datiem, visaugstākā vidējā LIZ tirgus cena 2005.gadā ir bijusi Valmieras rajonā – 541 Ls/ha. Visaugstākā tirgus cena par 1 hektāru LIZ ir bijusi 2609 Ls/ha (Valkas rajons), bet vismazākā tirgus cena – 31 Ls/ha (Gulbenes rajons). Lielākā amplitūda vērojama Valkas rajonā – 2560 Ls. Kopumā visos rajonos vērojams LIZ tirgus cenu pieaugums. Reģionā jau tradicionāli ir labi attīstīta lauksaimniecības zinātne un pētniecība – Priekuļos darbojas selekcijas stacija un Lauksaimniecības mašīnu testēšanas centrs.

Lai noskaidrotu, kurā no Vidzemes reģiona rajoniem esošajā pagastā ir vislabvēlīgākā ekonomiskā situācija mājāsaimniecībām un uzņēmumiem, tika analizēta dabas resursu vērtību ietekme uz Vidzemes reģiona pagastu ekonomisko situāciju.

Tika veikta rangu korelācija, kur par pamatu tika ņemti šādi kritēriji:

- LIZ vidējā kadastrālā vērtība 2005.gadā, Ls/ha (R1);
- LIZ vidējais novērtējums ballēs 2005.gadā (R2);
- mežsaimniecības zemes vidējā kadastrālā vērtība 2005.gadā, Ls/ha (R3);
- bezdarbs 2005.gadā, % (R4);
- iedzīvotāju ienākuma nodoklis 2004.gadā, Ls (R5);
- demogrāfiskā slodze 2005.gadā (R6);
- individuālo mūra būvju vidējā vērtība, Ls/m² (R7);
- 1.zonas Bv 601, Ls/m² (R8).

Iegūtie rezultāti apkopoti 5.attēlā.



5. attēls. Vidzemes reģiona pagastu ekonomiskā situācija

Kā redzams 5.attēlā, vislabvēlīgākā ekonomiskā situācija mājāsaimniecībām uzņēmējiem ir Cēsu rajona Priekuļu pagastā (summārais rangs – 34, pēc 2 kritērijiem ieņem 1.vietu), tālāk seko Valmieras rajona Vaidavas pagasts (summārais rangs – 158) un Valmieras rajona Kocēnu pagasts (summārais rangs – 168).

Secinājumi

1. Dabas resursu ieguve ir atkarīga no iedzīvotāju vajadzībām un mākas tos efektīvi apsaimniekot.
2. Ilgtspējīga dabas resursu izmantošana nozīmē augstu ekonomisko rādītāju sasniegšanu, nekaitējot dabai un videi, taupīgu neatjaunojamo resursu izmantošanu, kur iespējams tos aizstāt ar atjaunojamiem resursiem, savukārt atjaunojamo resursu ieguve nedrīkst pārsniegt atjaunošanās iespējas.
3. Lai varētu pastāvēt ilgtspējīga teritorijas attīstība, ļoti svarīgi ir noskaidrot un ekonomiski izanalizēt teritorijā esošās dabas vērtības.

4. Vidējā mežsaimniecības zemes kadastrālā vērtība 2005.gadā bija 110 Ls/ha. Visaugstākā vidējā zemes kadastrālā vērtība – Cēsu rajonā (120 Ls/ha), tālāk seko Madonas rajons (116Ls/ha), bet viszemākā vidējā vērtība ir Alūksnes rajonā (92Ls/ha).
5. Visaugstākā vidējā mežsaimniecības zemes tirgus cena 2005.gadā ir bijusi Cēsu rajonā – 876 Ls/ ha.
6. Kopumā vērojams mežsaimniecības zemju tirgus cenu pieaugums, tikai Gulbenes rajonā un Alūksnes rajonā vērojams cenu samazinājums. Gulbenes rajonā 2002.gadā – 475 Ls/ha, bet 2005.gadā – 328 Ls/ha, Alūksnes rajonā 2002.gadā – 465 Ls/ha un 2005.gadā – 430 Ls/ha). Tas izskaidrojams ar koksnies importa palielināšanos no Krievijas.
7. Vidējā lauksaimniecībā izmantojamās zemes kadastrālā vērtība 2005.gadā bija 224 Ls/ha. Vidējā vērtība ballēs bija 35 balles.
8. Visaugstākā vidējā LIZ tirgus cena 2005.gadā ir bijusi Valmieras rajonā – 541 Ls/ha.
9. Kopumā visos rajonos vērojams LIZ tirgus cenu pieaugums.
10. Veicot rangu korelāciju, ir redzams, ka vislabvēlīgākā ekonomiskā situācija mājsaimniecībām un uzņēmējiem ir Cēsu rajona Priekuļu pagastā, tālāk seko Valmieras rajona Vaidavas pagasts un Valmieras rajona Kocēnu pagasts.

Priekšlikumi

1. Visu dabas resursu uzskaitē ieviest Eiropas Komisijas statistikas biroja izstrādāto vienoto metodoloģiju (Dabas resursu bilances vispārīgā shēma).
2. Izstrādāt metodiku, ar kuras palīdzību varētu veikt dabas resursu ekonomisko analīzi.
3. Precīzi uzskaitīt un ekonomiski izanalizēt teritorijā esošos dabas resursus, tas ir priekšnosacījums ilgtspējīgai teritorijas attīstībai.
4. Atrast kompromisu starp vēlmi attīstīt teritoriju un nepieciešamību saglabāt dabas resursus nākamajām paaudzēm.

Annotation

The theme of the scientific article is “Economic analysis of the Natural Resources in the districts of Vidzeme Region”. Hypothesis: Natural resources in the districts of Vidzeme region are multishaped and their efficient use is a base of economy development. Aim: to analyse in the districts of Vidzeme region existing natural resources and work out proposals for their better evaluations. Tasks connected to aim of work: firstly, to work out a theoretical motivation and secondly, to do economic analysis of forests and agricultural used land in the districts of Vidzeme region and work out proposals for their better evaluation.

Scientific article consist of 2 parts: in the first (Theoretical Research of Natural Resources), there is worked out a theoretical motivation of the theme and second (Economic Analysis of existing natural resources in districts of Vidzeme region) is done economic analysis of forests and agricultural used lands – one of the most important natural resources.

The word “land” means those presents witch are given from nature, they are accessible to satisfy our wills, they are natural fertility of land, minerals in the ground etc.

Natural resources are parts of nature – ground, land, air, water, flora and fauna that have an economical social or cultural value.

Natural resources are characterized by dimensions of certain processed places, climatic conditions, physical and chemical qualities, accessibility of use.

It is possible to group natural resources:

- inexhaustible (energy of the sun, wind);
- renewable (plants, animals);
- not possible to renew (the most part of entrails of the earth).

Natural resources possible to renew are natural resources, which could be revolved or added during natural cause or with action of people.

There are two groups of natural resources based on their character of use:

- lifeless nature – nature factors practically which are not changed by action of people (relief, climate, geographical situation, land areas)
- alive nature – nature factors, which people can change essentially (forests, peat, water resources).

Land is used as a production factor in three ways:

- for processing (agriculture, wood industry)
- for output (entrails of the earth, energy)
- for economic action (land is a place for action of companies, transports, living houses, communications).

Incomes from nature resources are rent. In the base of the rent is a different fertility of land pieces and location in proportion to sale places of production.

Output of natural resources – it is to separate surroundings and include in economic action (treated or not treated way).

Use of natural resources – it is to use natural resources as well as use of suitable qualities of entrails of the earth pumping nature or hothouse effect gas into geological structures and issue of pollution in surroundings.

Output of natural resources depends on requirement of inhabitants and their knowledge to manage it. Long-term use of natural resources means to achieve high economic index not to harm nature and surroundings, economical use of resources which are not possible to renew, where it is useful to substitute them to resources which are renewed, in their turn output of renewed resources mustn't exceed options to renew.

It is important to clarify and analyse existing nature values of territory to promote a long-term development of territory.

Forests resources belong to the most important natural resources. Common woodland of explored territory is about 50%. Although the whole territory of Vidzeme region is rich in forests, its northeast part is extra distributed with the biggest tracts of forests between Valka, Vīciems, Strenči and Vireši village in Alūksne district and Lejasciems village in Gulbene district.

A pine-tree, a fir-tree and small leaves trees in prevalence birches are the dominant in the forests of territory. The most part of the forests consist of average growth in which is established the biggest number of wood-pulp (common number of wood-pulp about 104.1 million m³).

An average cadastre value of wood industry land is 110 Ls/hectare. A minimal cadastre value is 57 Ls/hectare it is in Valka district. A maximum cadastre value is 161 Ls/hectare in Cēsis district. The most frequently cadastre value of wood industry land in the districts of Vidzeme regions in 2005 was 115 Ls/hectare. When we analyse the information based on districts, it is for all to see, that the highest average cadastre value is in Cēsis district (120 Ls/hectare) then follows Madona district (166 Ls/hectare), but the lowest cadastre value is in Alūksne district (92 Ls/hectare).

The highest average market price of wood industry land in 2005 has been in Cēsis district 876 L/hectare. The highest market price of 1 hectare wood industry land is noticed in Cēsis district 4368 Ls/hectare, but the lowest market price in Alūksne district – 35 Ls/hectare. The biggest amplitude was in Cēsis district 4329 Ls.

In total it is observed the growth of market prices in wood industry lands, for example, comparing 2005 with 2002 almost in all district, but in Gulbene and Alūksne districts reduction of prices. In Gulbene district 475 Ls/hectare (2002), 328 Ls/hectare (2005) and in Alūksne district 465 Ls/hectare (2002), 430 Ls/hectare (2005). The explanation is expansion of wood import from Russia. The fastest growth is observed in Cēsis district 370 Ls/hectare (2002) and 876 Ls/hectare (2005).

It must be found a compromise between the will to develop wood industry and the necessity to keep up forest resources for next generations for a successful development of territory.

Agriculture lands is a relevant economic resource of the region, their fertility is very important precondition for development of agriculture, a base of a long-term agriculture production – a fertile ground without pollution.

An average cadastre value of agricultural used land in 2005 was 224 Ls/hectare. A minimal cadastre value is 31 Ls/hectare (Cēsis district), a maximum value 1364 Ls/hectare (Valka district), the most frequently cadastre value of agricultural used land in 2005 in the districts of Vidzeme region was 188 Ls/hectare. An average value in points is 35 points. When these facts are analysed based on districts it is observed, that the highest average price of agricultural used land is 268 Ls/hectare (Valka district) and 251 Ls/hectare (Valmiera district), but the lowest in Gulbene district, however an average value in points in this district is above average in Vidzeme region.

The highest average market price of agricultural used land has been in Valmiera district 541Ls/hectare (2005). The highest market price of 1 hectare of agricultural used land in Valka district 2609 Ls/hectare, but the smallest market price 31 Ls/hectare in Gulbene district. The biggest amplitude is observed in Valka district 2560 Ls. In fact in all districts is observed the growth of market prices of agricultural used land.

There is traditional well developed science and research of agriculture in the region, in Priekuļi works a selection station and testing center of agricultural machines.

Literatūra

1. Stenlins Dž.F. Ekonomikas pamati. Rīga: Zvaigzne ABC, 1997. 256lpp
2. Lībermanis G. Tirgus ekonomikas pamati un Latvija ceļā uz Eiropas Savienību. 2.daļa. Rīga: Kamene, 2001. 381lpp
3. Vidzemes attīstības aģentūra & Rietumflandrijas pašvaldību sadarbības institūcija. Vidzemes plānošanas reģiona telpiskās struktūras plāns. I daļa, 2004. 98 lpp.
4. Nešports V. Ievads mikroekonomikas teorijā. Rīga: Kamene, 2001. 145 lpp
5. Dobeļe A., Mihejeva L., Špoģis K., Vedļa A., Viekals U., Ruskule S., Asejeva A., Upīte I. Saimniekošanas mācība. Ozolnieki: Latvijas lauksaimniecības konsultāciju un izglītības atbalsta centrs, LLU, 1999. 344 lpp
6. Šumilo Ē., Subbotina T. Pasaule un Latvija .Ilgtspējīgas attīstības aspekti. Rīga: Jāņa Rozes apgāds, 2002. 147 lpp.
7. Honlonkou A.N. Modelling adoption of natural resources management technologies: the case of fallow systems. Environment and Development Economics. Cambridge University Press, 2004. 289.-314.pp.
8. Lipsey & Chrystal. Economics. Oxford University press, 2004. 380 p.
9. Buģina V., Pučure I. Ievads reģionālās attīstības teorijās. Jelgava: LLU, 2000. 136 lpp.
10. Latvijas Republikas Vides ministrija. Resursu patēriņa novērtējums. Rīga: Latvijas vides aģentūra, 2004. 110 lpp.
11. Dabas resursu nodokļa likums. Publicēts: Latvijas Vēstnesis Nr.209 (29.12.2005.).
12. Vidzemes attīstības aģentūra- //http://www.vidzemes-reģions.lv/
13. Valsts zemes dienests- http://www.vzd.gov.lv

EKOLOĢISKĀ EKSPEDĪCIJA KĀ EFEKTĪVA VIDES IZPĒTES UN EKOLOĢISKĀS AUDZINĀŠANAS DARBA FORMA

ECOLOGICAL EXPEDITION AS EFFECTIVE FORM OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND ECOLOGICAL EDUCATION

Ivars Matisovs

Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte
Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4600, Latvija
Tālrunis: +(371)26453990, e-pasts: ivars.matisovs@ru.lv

Abstract. *The paper deals with ecological expedition as effective form of environmental research and ecological education. Since 1997 Rēzekne Higher education institution organizes ecological expeditions for study programme "Environmental engineering" students in the Eastern Latvia region. Students realize integrated assessment of environmental quality with different methods. Article summarize experience of 10-years long period. Also show main goals and tasks of ecological expeditions, describe field research methods and cameral processing of data.*

Keywords: *ecological expedition, ecological education, environmental researches, Eastern Latvia region.*

Ievads

Mūsdienu sabiedrībā, kas tiek orientēta uz ilgtspējīgas attīstības principu iedzīvināšanu ikvienā dzīves sfērā, būtiska loma ir vides zinātnei, kas ietver arī ģeogrāfiskās vides vispusīgu izpēti cilvēka un dabas mijiedarbību kopuma skatījumā, antropogēnās ietekmes novērtējumu un pamatproblēmu uzstādījumu. Ne mazāk svarīgs jautājums ir arī vides izglītība, kas likumsakarīgi ietver sabiedrības ekoloģiskās audzināšanas dažādus aspektus.

Ģeogrāfiskās vides izpēte ir bijusi aktuāla visos laikos un viscaur pasaulē. Vides parametri ir ļoti mainīgi laikā un telpā, dabiskajā un antropogēnajā vidē izmaiņas norisinās nepārtraukti. Nav izņēmums arī Austrumlatvijas reģions, kura ģeogrāfiskās vides izpēte vēl nebūt nav pabeigta. Ļoti aktuāla ir hidrogrāfiskā tīkla un ūdens objektu (ezeru, upju, strautu, avotu) ģeogrāfiskā izpēte, kas ietver plašu pētījumu kompleksu: hidrometriskos un hidroloģiskos mērījumus, ūdens sastāva fizikāli ķīmiskās analīzes, ainavas kvalitātes novērtējumu sateces baseinā, vides kvalitātes bioindikāciju u.c. pētījumus. Arī cilvēka saimnieciskā darbība atstāj būtisku ietekmi uz vides kvalitāti, tāpēc ģeogrāfiskajos pētījumos nevar iztikt bez antropogēno procesu norises analīzes un ietekmes izvērtējuma uz konkrētajiem hidrogrāfiskajiem objektiem.

Ekoloģiskā ekspedīcija ir efektīva vides izpētes un ekoloģiskās audzināšanas darba forma, jo integrē gan tīri akadēmisku pieeju vides pētniecībā, gan sekmē videi draudzīgas attieksmes veidošanos ekspedīcijas dalībnieku vidū.

Ekoloģiskās ekspedīcijas mērķis ir apgūt apkārtējās vides ekoloģiskās kvalitātes pētījumu lauka metodes ekspedīcijas apstākļos, šo pētījumu rezultātu kamerālo apstrādi un sagatavot prezentāciju ekspedīcijas atskaites konferencē.

Ekspedīciju gaitā tiek veikti daudzpusīgi vides pētījumi ūdens ekosistēmās un tām pieguļošajās teritorijās, kas aptver gan dažādu vides parametru mērījumus, gan vides kvalitātes kompleksu novērtējumu. Tiek fiksēts izpētes areāla ainavas ekoloģiskais stāvoklis un noteikts ainavas transformācijas virziens.

Studenti praktiski apgūst apkārtējās vides izpētes lauka darbu metodes, pēc ekspedīcijas noslēguma veic iegūto datu kamerālu apstrādi un sagatavo zinātniskās atskaites. Tādējādi nepārtraukti tiek papildināta RA vides rādītāju datu bāze un radīts pamats turpmākajiem vides izpētes projektiem. Iepazīstot Latvijas ainavu krāšņumu un daudzveidību, neuzkrītoši tiek

audzināts jauniešu patriotisms un veidojas pozitīva emocionāla attieksme pret dzimto novadu un tā dabu.

Rakstā ir apkopota Rēzeknes Augstskolas pieredze vides izpētē aizvadītajā desmitgadē (1997-2006), kā arī atsegta ekoloģisko ekspedīciju nozīme vides izglītībā un studentu ekoloģiskajā audzināšanā.

Materiāli un metodes

Ekoloģiskās ekspedīcijas kopējais ilgums ir 2 nedēļas, kas ietver vairākus secīgus posmus: ekspedīcijas sagatavošanu, ekspedīcijas norisi, savākto materiālu analīzi laboratorijās, datu kamerālo apstrādi, zinātniskās atskaites sagatavošanu un atskaites konferenci.

Ekoloģiskās ekspedīcijas maršruti tiek plānoti Austrumlatvijas upju un ezeru sistēmās. Vienas dienas maršruta garums atkarībā no sarežģītības pakāpes ir 20-35 km. Katra studentu grupa lauka pētījumus ekspedīcijas apstākļos veic 3-4 diennaktis. Ik gadu ekspedīcijas norise tiek plānota vienā noteiktā laika periodā- jūlija pirmajā pusē. RA ekoloģisko ekspedīciju atskaites konferences notiek oktobrī, un tikai pēc šī pasākuma norises ikgadējo ekspedīciju var uzskatīt par noslēgtu.

Ekspedīcijas uzdevumi:

1. Veikt detalizētu vides kvalitātes novērtēšanu, kas ietver upes / ezera krastu stāvokļa apsekošanu, to degradācijas dabisko un antropogēno faktoru ietekmē noteikšanu, apsaimniekošanas līmeņa un kvalitātes, kā arī bioloģiskās daudzveidības novērtēšanu.
2. Visa maršruta garumā veikt regulāras (5-7 reizes diennaktī) ūdens paraugu fizikāli ķīmiskās un organoleptiskās analīzes, veikt augsnes un gaisa kvalitātes pētījumus.
3. Apgūt zinātniskās aparatūras un mērierīču lietošanas prasmes un analīžu veikšanas metodiku lauka apstākļos.
4. Veikt ūdens tilpju morfometriskos mērījumus un noteikt hidroloģiskos parametrus.
5. Fiksēt ekspedīcijas norisi un pētāmās teritorijas ainavas foto un videomateriālos, novērtēt ainavas vizuāli estētisko un ekoloģisko kvalitāti.
6. Ekspedīcijas norisi un apkārtējās vides novērojumus detalizēti atspoguļot novērojumu žurnālā.
7. Iegūt novadpētnieciska rakstura informāciju no vietējiem iedzīvotājiem.
8. Apgūt airēšanas tehniku, iemācīties vadīt laivu un pārvietoties dažkārt arī ekstremālos apstākļos, pilnībā veicot paredzēto maršrutu.
9. Iemācīties dzīvot ciešā saskarsmē ar dabu.
10. Apgūt prasmi strādāt grupā.

Ekoloģiskās ekspedīcijas **lauka pētījumu** pamatkomplekts [1] ietver ūdens, augsnes un gaisa kvalitātes pētījumus, kā arī upes / ezera un to krastu parametru mērījumus.

Ūdens pētījumi:

- Ūdens temperatūras noteikšana dažādos dziļumos.
- Ūdens pH, īpatnējās elektriskās pretestības, elektrodu potenciāla Eh noteikšana.
- Ūdens ķīmiskā sastāva noteikšana (Cl, Fe, karbonātionī, amonjaks, nitrāti, nitrīti, cietība).
- Organoleptisko īpašību noteikšana (ūdens smarža, garša, krāsa, caurspīdīgums, duļķainība).
- Ūdens kvalitātes bioindikācija pēc ūdens augiem (lēcas) un dzīvniekiem.

Augsnes pētījumi:

- Augsnes strukturālo parametru un mineraloģiskā sastāva noteikšana ar lauku ekspres metodēm.
- Augsnes paraugu sagatavošana turpmākajai analīzei RA lietišķās ekoloģijas un dabas resursu zinātniskajā laboratorijā.
- Augsnes piesārņotības līmeņa vizuāla novērtēšana.

Gaisa kvalitātes pētījumi:

- Gaisa organoleptisko rādītāju noteikšana (smarža, putekļainība, dūmi).
- Bioindikācijas veikšana, izmantojot lihenoindikācijas un priežu skuju dzīves cikla noteikšanas metodes.

Upes/ezera un krastu parametru mērījumi: dziļums, straumes ātrums, kritums, krastu erozija, eitifikācijas pakāpe, ūdens teču aizsprostojumi, biodaudzveidības līmeņa novērtēšana u.c.

Kamerālais darbs pēc ekspedīcijas:

- Iegūtā materiāla sakārtošana un matemātiskā apstrāde.
- Augsnes analīžu veikšana RA laboratorijās.
- Rezultātu izvērtēšana un pamatošana, secinājumu izstrādāšana un priekšlikumu sagatavošana.
- Ekspedīcijas zinātniskās atskaites noformēšana un demonstrācijas materiāla atskaites konferencei izstrāde.
- Publikāciju sagatavošana, informācijas ievietošana internetā.

Pilnvērtīgu pētījumu programmu nav iespējams īstenot bez mūsdienīga zinātniskā aprīkojuma un atbilstoša materiāli tehniskā nodrošinājuma, tāpēc katru gadu tiek atjaunināta un pilnveidota ekoloģiskajās ekspedīcijās izmantotā zinātniskā aparatūra, pielietotas precīzākas un daudzveidīgākas vides izpētes metodes.

Ģeogrāfiskās vides izpēte mūsdienās nav iedomājama bez globālās pozicionēšanas sistēmas (GPS) ierīču izmantošanas un precīza kartogrāfiskā nodrošinājuma. Pētāmo objektu un paraugošanas vietu pēc iespējas precīzāka kartogrāfiskā piesaiste ir viens no vides izpētes pamatpostulātiem. Tuvākajā nākotnē paredzēts izmantot arī ĢIS piedāvātās iespējas.

Rezultāti un to izvērtējums

Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte ikgadējās studentu ekoloģiskās ekspedīcijas pa Austrumlatvijas reģiona upēm un ezeriem rīko kopš 1997.gada. Šajā laika periodā ekspedīciju dalībnieki 76 diennaktīs laivās veikuši 1520 kilometrus pa reģiona ūdensceļiem, apsekojot 7 upes un vairāk nekā 20 ezerus (skat.1.tab.). Ekspedīcijās kopumā piedalījušies vairāk nekā 170 studiju programmas „Vides inženieris” pirmā kursa studenti un 10 augstskolas mācībspēki.

Ekspedīciju maršruti katru gadu tiek plānoti pa atšķirīgām ūdenstecēm un ūdenstilpnēm, aptverot pēc iespējas plašāku izpētes areālu un daudzveidīgākus dabas ģeogrāfiskos kompleksus. Ar RA ekoloģisko ekspedīciju maršrutiem iepazīstina 1.attēls.

Ekspedīciju pa noteiktu maršrutu veicot atkārtoti pēc vairākiem gadiem, ir iespējams izsekot vides kvalitātes izmaiņām dotajā teritorijā, tādējādi realizējot savdabīgu vides monitoringu. Tomēr jāatzīmē, ka upju hidroloģiskais režīms gadu no gada atšķiras- vērojamas visai lielas ūdens līmeņa un caurplūduma svārstības, atšķirīga ūdens temperatūra utt. Lai iegūtu ticamus datus, nepieciešama novērojumu veikšana noteiktos punktos ilgstošā laika periodā. Diemžēl ekspedīcijas to nodrošināt nespēj, jo fiksē vides stāvokli konkrētā laika momentā.

Ekoloģisko ekspedīciju maršruti tiek plānoti pa ainaviski augstvērtīgiem apvidiem- Austrumlatvijas upju zemēm un ezerainēm, kuras uzskatāmas par vieniem no vērtīgākajiem ainavu kompleksiem Latvijā. Iepazīstot mūsu zemes ainavu krāšņumu un daudzveidību, studentiem veidojas pozitīva emocionāla attieksme pret dzimto novadu, tādējādi neuzkrītoši un dabiski veicinot patriotisma jūtu attīstību. Tas ir ļoti svarīgi tieši mūsdienās, kad globalizācijas procesa un tradicionālo vērtību devalvācijas iespaidā bieži vien jauniešos veidojas bezsākņu izjūta un nacionāls nihilisms.

Ekspedīcijas gaitā studenti daudz pamatīgāk, nekā tas iespējams lekciju procesā, apgūst Latvijas vides ģeogrāfiju, jo nesteidzīgā ekspedīcijas norise veicina apkārtējās vides un tās daudzveidības rūpīgāku iepazīšanu. Unikāla ir iespēja iepazīt ainavas daudzveidību no

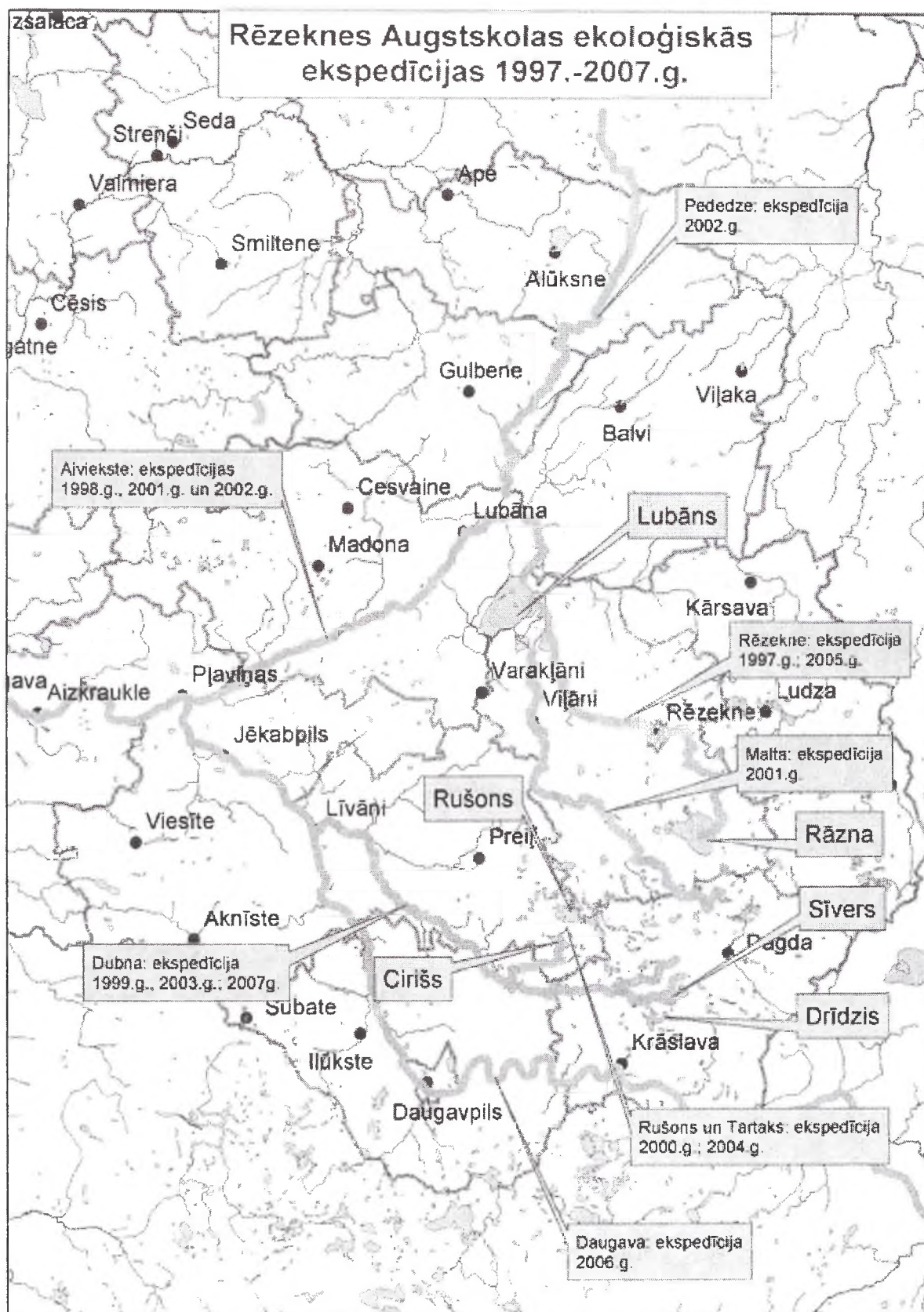
neierasta skatu punkta, jo laivā esošam cilvēkam pat pazīstamas apkārtnes vērošana var sagādāt nebijušus iespaidus.

1.tabula

**Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultātes studiju programmas
„Vides inženieris” ekoloģiskās ekspedīcijas 1997.-2006.gadā**

<i>Gads</i>	<i>Ekspedīcijas maršruts</i>	<i>Veiktais attālums (km)</i>	<i>Upes</i>	<i>Ezeri</i>	<i>Norises laiks</i>
1997.	Kaunata – Lubāns	115	Rēzekne	Kaunatas, Lubāns	03.-08. jūlijs
1998.	Lubāns- Pļaviņas	115	Aiviekste		07.-12. jūlijs
1999.	Drīdzis- Līvāni	150	Dubna	Drīdzis, Ots, Ārdavs, Sīvers, Lejs, Cārmins, Sakovas, Aksjonovas	05.-13. jūlijs
2000.	Jašezers- Špoģi	110	Rušeņica, Tartaks	Jašezers, Bicānu, Kategrades, Zolvu, Rušons, Geraņimovas Ilzas, Kapiņu, Ilzs, Cirišs, Ciriša HES ūdenskrātuve, Pakalņa, Višķu, Luknas	04.-12. Jūlijs
2001.	Maltečka- Pļaviņas	230	Malta, Rēzekne, Aiviekste	Lubāns	03.-11. jūlijs
2002.	Pededze- Pļaviņas	220	Pededze, Aiviekste		02.-10. jūlijs
2003.	Drīdzis- Līvāni	150	Dubna	Drīdzis, Ots, Ārdavs, Sīvers, Lejs, Cārmins, Sakovas, Aksjonovas	03.-11. Jūlijs
2004.	Jašezers – Špoģi	110	Rušeņica, Tartaks	Jašezers, Bicānu, Kategrades, Zolvu, Rušons, Geraņimovas Ilzas, Kapiņu, Ilzs, Cirišs, Ciriša HES ūdenskrātuve, Pakalņa, Višķu, Luknas	04.-12. Jūlijs
2005.	Zosna – Lubāns	140	Rēzekne	Rāznas, Kaunatas, Lubāns	04.-08.jūlijs
2006.	Daugavas augštece un vidustece no Indricas līdz Spuņģēniem	177	Daugava		03.- 09. jūlijs

Ekoloģiskās ekspedīcijas gaitā spilgti saskatāma cilvēka darbības ietekme uz apkārtējo vidi un ainavu, kas ļauj novērtēt antropogēno procesu pozitīvos un negatīvos aspektus. Priecē upju un ezeru krastu sakoptība, dabiskajā vidē ar rūpīgu darbu iekopta un par ilgtspējīgas attīstības iespējamību arī Latvijas laukos liecinoša kultūrainava. No dabiskiem materiāliem būvētas dzīvojamās un saimnieciskās ēkas, kas atspoguļo vietējās būvniecības tradīcijas, senatnīgi koku stāvi, sakārtotas pirtiņas, laipas un laivu piestātnes, vietējo iedzīvotāju nesteidzīgais dzīves ritms un saskaņa ar apkārtējo vidi neatstāj vienaldzīgu nevienu ekspedīcijas dalībnieku, bet gan rosina arī pašiem īstenot līdzīgu dzīves modeli.



1.attēls. Rēzeknes Augstskolas ekoloģiskās ekspedīcijas 1997.- 2007.gadā

Toties atšķirīgas emocijas izraisa daudzviet vērojamā postaža- iedzīvotāju jau sen pamestu māju ar krūmiem un nezālēm caurauguši gruveši, sabrukuši tilti un straumes izrautas laipas.

Vēja un bebru gāzto un upei pārkritušo koku radītie aizsprosti leļpus apdzīvotajām vietām daudzviet ir kļuvuši par īpatnējām sadzīves atkritumu izgāztuvēm, kur straume biežā slānī ir sanesusi cilvēka vieglprātīgi izmesto drazu- plastmasas pudeles, vecas gumijas bumbas, laipu pārpalikumus un pat mirušus dzīvniekus. Dažkārt šādas upju izgāztuves atrodas pat visumā sakoptu pagastu un pilsētu teritorijās.

Jāatzīmē, ka pēdējo gadu laikā atsevišķi upju posmi cilvēka darbības rezultātā ir izmainījušies līdz nepazīšanai. Piemēram, vēl 1999.gada vasarā Dubnas augštece vietumis atgādināja mežonīgu kalnu upi ar pamatīgu straumes ātrumu un iespaidīgām krastu nogāzēm, bet jau 2003.gadā varēja vērot, ka Dubnas nevaldāmo tecējumu ir iegrožojuši 4 mazo HES aizsprosti, padarot upi ūdens tūristiem visai neinteresantu un prognozējamu. Fiksējot ekspedīcijas norisi un maršrutā sastopamās ainavas fotoattēlos un videomateriālos, iespējams izsekot dabas vides un antropogēno ainavu transformācijas procesam laika gaitā.

Lielāks piesārņojošo vielu daudzums upēs salīdzinājumā ar fona līmeni tiek konstatēts apdzīvotajās vietās un leļpus tām, kā arī ezeru piekrastēs blīva apdzīvojuma rajonos. Ūdens ekosistēmas jūtīgi reaģē uz jebkādu vides piesārņojumu, tomēr, pateicoties ūdensteču pašattīrīšanās spējām, piesārņojums izkliedējas un upju tīrība atjaunojas. Ezeri šajā ziņā ir neizdevīgākā stāvoklī, jo tie kalpo kā savdabīgi piesārņojuma akumulācijas baseini. Tomēr kopumā ūdens, augsnes un gaisa kvalitāte ekspedīciju gaitā apsekotajās teritorijā ir salīdzinoši augsta.

Ūdeņu piesārņojums negatīvi ietekmē tajos dzīvojošos organismus gan tiešā veidā- sasniedzot koncentrāciju, kas ir kaitīga organismu eksistencei, gan arī netieši- veicinot eitrofikāciju, kas rada izmaiņas ūdenstilpēs un var izraisīt ūdenstilpes aizaugšanu. Arī vidējās un mazajās Latgales upēs, īpaši Dubnā un Rēzeknē, kā arī dažos ezeros, vērojamas eitrofikācijas pazīmes, jo vasaras vidū iespaidīgi sakuplojušās ūdensaugu veģetācijas dēļ atsevišķi upju posmi un pat ezeri kļūst laivām grūti izbraucami.

2004.gadā vienlaikus ar ekoloģisko ekspedīciju izpētes areālā norisinājās arī folkloras ekspedīcija, kuru īstenoja Rēzeknes Augstskolas Humanitāro un juridisko zinātņu fakultātes (HJZF) mācībspēki un studenti. Tādējādi veiksmīgi tika īstēnota kompleksa teritorijas novadpētnieciska izpēte, kas, apvienojot dažādu zinātnes nozaru pētnieciskās metodes, ļauj iegūt vispusīgu informāciju par konkrētu reģionu, īstēnojot mūsdienās tik nepieciešamo holistisko pieeju, vienotā kopsakarā veicot dabas un cilvēka, kā arī to mijiedarbības pētījumus.

2007.gadā ekoloģiskajā ekspedīcijā pirmo reizi dosies arī HJZF profesionālās studiju programmas „Ģeogrāfijas un sociālo zinātņu skolotājs vidusskolā” studenti. Topošie skolotāji iegūs vērtīgu pieredzi, kas ļaus tiem vides izglītības principus un pētnieciskās metodes iedzīvināt pedagoģiskajā praksē, tādējādi sekmējot skolēnu zinātniski pētnieciskā un novadpētnieciskā darba kvalitātes uzlabošanu reģiona skolās.

Ar RA ekoloģisko ekspedīciju pieredzi plašāka auditorija tikusi iepazīstināta vairākās starptautiskajās zinātniski praktiskajās konferencēs [2,3]. Ekspedīciju norise regulāri tikusi atspoguļota vietējos preses izdevumos un radio raidījumos. Sākot ar 2007.gadu, ekoloģisko ekspedīciju vides izpētes rezultāti tiks ievietoti īpašā interneta mājas lapā, tādējādi iegūtā informācija būs pieejama un noderīga gan dabas tūristiem, gan zinātniekiem un citiem interesentiem. Informācija pēc katras ekspedīcijas tiks papildināta, ietverot arvien plašāku Latgales novada ģeogrāfisko, ekoloģisko un kultūrvēsturisko raksturojumu.

RA ekoloģisko ekspedīciju zinātnisko vadību nodrošina pieredzējuši augstskolas mācībspēki. Profesors Gotfrīds Noviks ir bijis šī pasākuma iniciators un visu ekspedīciju dalībnieks, izstrādājis ekoloģiskās ekspedīcijas metodiskos norādījumus [1]. Gandrīz visās ekspedīcijās piedalījušies docents Andris Martinovs, lektors Ivars Matisovs un Edmunds Teirumnieks.

Noslēgumā gribētos citēt izcilā latviešu rakstnieka un dabas drauga Jāņa Jaunsudrabiņa vārdus, kas iekalti akmenī Pļaviņu pilsētas- vairāku RA ekoloģisko ekspedīciju maršrutu

galapunkta- parkā: “Mūs visus vieno dabas varenums un skaistums. Saule, gaiss, ūdens, zeme ir tie, kas mūžam atjaunojas un atjauno”.

Secinājumi

1. Ekoloģiskā ekspedīcija ir viena no visefektīvākajām vides izglītības, ekoloģiskās audzināšanas un novadpētniecības darba formām.
2. Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultātē ir uzkrāta ievērojama ekoloģisko ekspedīciju organizēšanas un īstenošanas pieredze, izstrādāts atbilstošs metodiskais nodrošinājums. Tā rezultātā kopš 1997.gada Austrumlatvijas reģionā kopumā sekmīgi norisinājušās jau 10 RA rīkotās studentu ekoloģiskās ekspedīcijas.
3. RA pieredzi ekoloģisko ekspedīciju organizēšanā efektīvi var pārņemt arī citas augstākās izglītības iestādes ar radniecīgām studiju programmām (dabas aizsardzība, vides zinātne, ģeogrāfija, vides inženierzinātnes u.c.)
4. Salīdzinājumā ar 10 gadus senu pagātņi RA ekoloģisko ekspedīciju zinātniskais un materiāli tehniskais nodrošinājums ir nesalīdzināmi pilnveidojies. Tas ļauj daudz sekmīgāk īstenot ekspedīcijas mērķus un uzdevumus, paaugstinot topošo vides inženieru zināšanu līmeni un pilnveidojot prasmes veikt plaša spektra vides pētījumus.
5. RA ir izveidojusies atbilstoša un pietiekami nokomplektēta ekspedīciju materiālā bāze (laivas, tūrisma inventārs, zinātniskā aparatūra, laboratoriju aprīkojums u.c.), kas ļauj ievērojami samazināt ekspedīcijas finansiālā nodrošinājuma slogu.
6. Pētījumu programmas sekmīga realizācija un vides izpētes darba turpināšana, nākotnē aptverot arvien jaunas teritorijas un paplašinot pētījumu loku, ļauj izveidot pietiekami apjomīgu datu bāzi, kuru var izmantot studiju darbu un zinātnisko referātu izstrādei, kā arī RA Latgales ilgtspējīgās attīstības pētījumu institūta vajadzībām.
7. Ar ekspedīciju gaitā veikto pētījumu rezultātiem, izmantojot masu saziņas līdzekļu (interneta, preses izdevumu, TV un radio) iespējas, regulāri tiek iepazīstināta plašāka sabiedrība, tādējādi izplatot aktuālu informāciju par vides kvalitāti reģionā un veicinot sabiedrības noturīgu interesi par vides problēmām.
8. Ekoloģiskās ekspedīcijas nodrošina atgriezeniskās saiknes izveidošanos starp Rēzeknes Augstskolu un Austrumlatvijas reģiona iedzīvotājiem, kas sekmē arī studēt gribošo skolu jauniešu piesaisti mūsu augstskolai.

Summary

The paper deals with experience of ecological expeditions organized by Faculty of Engineering of Rēzekne Higher education institution since 1997. The first-year students of professional bachelor study program “Environmental engineering” together with professors and lecturers of Department of Nature sciences take part in ecological expeditions in the Eastern part of Latvia (Latgale and Vidzeme) every summer in the beginning of July. In 10-years long period (1997- 2006) about 180 participants take part in the expeditions, travelers overcome 1520 km of waterways (7 rivers and more than 20 lakes) for 76 days.

Main goals of ecological expeditions are: 1) to realize the complex researches of environmental quality in the study area; 2) acquiring of practical skills and research methods by students in the field. Students also acquire skills to cooperate and work in team, learn how to camp environmental friendly. Ecological expeditions are effective form of environmental research and ecological education.

Field research (5- 7 times per day) include chemical water tests, measurements of water physical parameters, hydrometric researches, organoleptic tests of water, measurements of granulometric structure of soils and content of humus, estimation of air quality by bioindication methods, assessment of biodiversity and landscape quality in the study area.

Cameral processing of data include mathematical and statistical processing of obtained data, aggregate information in the final report and add new information about expedition in home page. The closing meeting of expedition organize in autumn. Ecological expedition is unforgettable event of study years for every participant.

Literatūra

1. Noviks G. Ekoloģiskās ekspedīcijas metodiskie norādījumi. Rēzekne: Rēzeknes Augstskola, 2002.
2. Matisovs I. Rēzeknes Augstskolas ekoloģiskās ekspedīcijas: 10 gadu darba pieredze. // Starptautiskā zinātniski pētnieciskā konference „Vides zinātne un izglītība Latvijā un Eiropā”. Rakstu krājums. Rīga: Latvijas Vides zinātnes un izglītības padome, 2007.
3. Матисовс И. Экологическое воспитание и медиасредства: опыт Резекненской Высшей школы. // Международная конференция «Адукаційныя і выхаваучыя асяроддзі і практыки». Сборник статей. Витебск, 2005. С.96-99.

**CAMELINA SATIVA AS A CROP FOR DIVERSIFICATION OF
AGRICULTURE AND AS A PRODUCER OF HIGH QUALITY OIL**
*IDRA (CAMELINA SATIVA) – AUGS LAUKSAIMNIECISKĀS VIDES
DAŽĀDOŠANAI UN AUGSTAS KVALITĀTES EĻĻAS IEGUVEI*

Dace Grauda^{1,2}, Lita Lapīņa¹, Veneranda Stramkale², Isaak Rashal¹

¹Institute of Biology, University of Latvia, Salaspils, LV-2169, Latvia,
e-mail: dace@email.lubi.edu.lv, lita555@inbox.lv, izaks@email.lubi.edu.lv

²Agricultural Science Centre of Latgale, Vilani, Rezekne distr., LV-4650, Latvia,
e-mail: strzin@apollo.lv

Abstract. *'Camelina sativa' is one of the oldest oil crops in Europe. Growing areas were reduced dramatically in 20-40-ties of the last century. Low price of rape oil and unclear composition of camelina oil were primary reasons of this process. Nevertheless, last years 'Camelina sativa' attracted a great interest of scientists and oil processors as a crop for diversification of agriculture and, in the same time, for producing of the high quantity and quality oil for biofuel, feeding, food, and pharmacy (source of α -linolenic acid, linoleic acid and vitamins, especially E). In Latvia 'Camelina sativa' is spread as a wild form but for the agriculture it is a new crop.*

The potential of use of 'Camelina sativa' in the Latgale region as an alternative oil crop and a new plant in the crop rotation was investigated. We compared the oil content and it composition in 'Camelina sativa' seeds from plants of variety 'Ligena' grown in different conditions (Latvia and Germany). We also are looking for a possibility to use biotechnology methods for obtaining additional camelina breeding source material. For this purpose we applied calli culture method for producing plants-regenerants.

Keywords: *calli culture, camelina sativa, iodine value, oil content, vitamins*

Introduction

Camelina (*Camelina sativa*), wide known as False Flax or Gold of Pleasure, is a very old oilseed crop that was cultivated in Europe during the Iron and Bronze Ages. In early 1940's commercial production of camelina was ceased with the introduction of oilseed rape; the lack of knowledge on the value of oil content was the main cause of decrease of interest in camelina [1]. Furthermore, it is generally believed that camelina growing needs lower input than oilseed rape because high disease and pest resistance and good competitive ability against weeds. Camelina seeds produce golden-colored oil with a delicate, almond-like flavour, containing up to 45% omega-3 alpha-linolenic acid and approximately 15% of omega-6 linolenic acid. Camelina oil may contain up to 110 mg/100 g vitamin E, while linseed oil contains only trace (0.5 – 2 mg/100 g) amounts of this vitamin [2, 3], what makes camelina oil very stable and resistant to heat, rancidity and long storage. These fatty acids (α -linolenic, linoleic) are known to reduce the LDL (low density lipoprotein) cholesterol level in the blood and are good for heart and cardiovascular health [4]. Omega-3 fatty acids are essential for normal human growth and may play a role in the prevention and treatment of diabetes and some inflammatory and autoimmune disorders [2, 5].

Some derivatives for non-food application, such as industrial chemicals, pharmaceuticals, and cosmetics, could be produced in addition to food products (salad and cooking oil) from camelina oilseed. It has been suggested that camelina oil may be a cheaper source of biodiesel than oilseed rape. Camelina could produce acceptable yield when grown in relatively poor conditions and can be grown with lower input of nutrients and pesticides than required for oilseed rape [6, 7].

Camelina sativa is spread in Latvia as a wild plant, but it is a new crop for agriculture. Therefore the goal of this study was to determine the usefulness of *Camelina sativa* as an alternative oil crop and a new plant in the crop rotation in the Latgale region of Latvia.

At present there is not camelina breeding program in Latvia. For potential breeding it is important to obtain good quality breeding source material in short time. It is known that after cultivation in calli culture regenerated plants could perform higher genetic variation, so-called somaclonal variation. Somaclonal variation has been described for many plant species as a method for obtaining new breeding source material [8, 9, 10, 11] but we did not find reports about establishment of camelina calli culture. Therefore an additional task of our work was to check a possibility of inducing viable camelina calli culture.

Materials and methods

Material

We used camelina seeds yielded from plants of variety 'Ligena' grown in Germany during the summer 2002 and in Latvia (Agricultural Science Centre of Latgale) during the summer 2004.

Oil content and biochemical analyses

The oil content in seeds was measured by the Soxhlet extraction: 10 g seeds were milled and the oil was extracted by hexane during two hours, extraction was repeated two times. Cold-pressed camelina oil (produced by mechanical pressing of clean seed material) was used to determine balance of unsaturated fatty acids. Iodine value was determined by the Kaufman's method [12].

Biochemical analyses of seeds were done in the Laboratory of Animal Biochemistry and Physiology of the Institute of Biology, University of Latvia. Content of B₁, B₂, C and E vitamins, β-carotenes, xanthophylls, selenium, zinc, copper and iron was determined.

Calli culture establishing

Seeds of variety 'Ligena' produced in Latvia were used to establish calli culture. A method elaborated earlier for oil flax [13] was applied. Plantlets were grown from seeds placed on the MS or B₅ basal medium with addition 10mg/l or without AgNO₃. Different parts of plantlets on two leaves stage were used as explants (leaves, 3-5 mm stem fragments and apex). As calli induction medium were used the MS or B₅ basal mediums with 1.5 or 2.0 mg/l 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) (added after autoclaving) adjusted to pH 5.8 (Table 1). After every four weeks of cultivation calli were transferred on the fresh MS medium supplemented with 1.5 mg/l 2,4-D. Cultures were grown in the light conditions.

Table 1.

Number of explants placed on different calli induction mediums

Media	Plantlets growing	B ₅ +AgNO ₃	B ₅	MS+AgNO ₃	MS	B ₅
	Calli induction	B ₅ +2,4D 1.5 mg/l	B ₅ +2,4D 1.5 mg/l	MS+2,4D 1.5 mg/l	MS+2,4D 2 mg/l	B ₅ +2,4D 2 mg/l
Explants type	Leaves	71	-	15	38	18
	Stem	195	44	24	56	70
	Apex	35	-	10	-	-

Results and discussion

The yield of *Camelina sativa* in the Latvian climatic conditions (2004) was 2.0 t/ha. The yield of spring-sown camelina in different EU countries ranged from 2.0 to 2.5 t/ha [1].

Oil content in seeds grown both in Latvia and Germany was approximately 30% and it is in accordance with data reported in literature (29 – 39%) [14]. The iodine value was 153 for oil from seeds grown in Latvia and 127 for oil from German seeds. Oil from Latvian seeds was more unsaturated than oil from German seeds. It could be related with different growing conditions and with the fact that seeds from Germany were two years older than produced in

Latvia. Compared these results with iodine values in literature (144-155 [14]) we could noticed that oil produced from seeds yielded in Latvia was rather rich with unsaturated fatty acids.

Results of biochemical analysis of camelina seeds are presented in the Table 2. Camelina seeds produced in Latvia were richer with vitamins B₁, E and copper and iron than seeds produced in Germany. Seeds from Germany had more xanthophylls and zinc.

Table 2.

Biochemical composition (mg/kg) of camelina seeds

Component	Country of seeds origin	
	Germany	Latvia
Vitamin B ₁	3.68	7.04
Vitamin B ₂	1.05	1.23
Vitamin C	34.60	33.50
Vitamin E	250.00	325.00
β-carotene	0	0
Xanthophylls	21.99	13.90
Selenium	0.08	0.09
Zinc	60.00	40.00
Copper	8.60	10.50
Iron	145.00	151.30

Camelina seeds placed on both basal mediums (MS and B₅) with and as well without AgNO₃ formed plantlets suitable as source of different type of explants for calli culture establishment. Nevertheless calli were obtained only from stem explants. Calli formation started two weeks after culture establishment. Optimal concentration of 2,4D was 1.5 mg/l. Explants from plantlets grown on medium supplemented by AgNO₃ formed not viable (necrotic) calli. Formation of regeneration zones started only after four months of calli cultivation. Producing of plants-regenerants is in the progress at the moment.

Conclusions

Latgale climate conditions are acceptable for camelina growing. Camelina have good disease and pest resistance and good competitive ability against weeds. The seed yield and biochemical analysis of seeds produced in Latgale region shown that *Camelina sativa* is a perspective alternative oil crop for Latvia and could be used here in the crop rotation for agriculture diversification. *Camelina sativa* has excellent quality of oil for different use, especially for food and pharmacy as a source of unsaturated fatty acids and vitamin E. Establishing of camelina calli culture open a possibility to obtain additional genetic variation for breeding purpose.

Bibliography

1. Crowley J.G. Evolution of *Camelina sativa* as an alternative oilseed crop. <http://www.teagasc.ie/research/reports/crops/4319/eopr-4319.pdf>, 1999.
2. Karvonen H., Aro A., Tapola N., Salminen I., Uusitupa M., Sarkkinen E.. Effect of α-linolenic acid – rich *Camelina sativa* oil on serum fatty acid composition and serum lipids in hypercholesterolemic subjects. *Metabolism*, Vol. 51, No 10, 2002, p. 1253-1260.
3. Zariņš Z., Neimane L. Diet study. Riga: Rasa ABC. 2002, p. 416. (in Latvian).
4. Gold of pleasure (false flax). www.ienica.net/crops/goldofpleasure.pdf, 2002
5. Muceniece R. Medicinal and prophylactic action of omega-3 fatty acid. *Latvijas ārsti*. Nr. 7/8, 2004, p. 50-54.
6. The oil of the future. <http://2002.hightechfinland.com/healthcare-lifesciences/sivu.php?id=camelina>

7. Gold of pleasure (*Camelina sativa*). <http://www.biomatnet.org/secure/Crops/F592.htm>
8. Larkin P.J., Scowcroft W.R. Somaclonal variation – a novel source of variability from cell culture for plant improvement. *Theoretical Applied Genetics*, No 60, 1981, p. 197-214.
9. Leike H. Methoden der Gewebekultur zur Beschleunigung des Zuchtfortschrittes. *Tagungoberichts Akademie Landwirtschaft – Wissenschaft*. No 237, 1985, s. 19-33.
10. Encheva J., Tsvetkova F., Ivanov P. Comparison between somaclonal variation and induced mutagenesis in tissue culture of sunflower line RHA-857 (*Helianthus annuus* L.) *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. No 9, 2003, p. 179-184.
11. Rutkowska-Krauze I., Mankowska G., Lukaszewicz M., Szopa J. Regeneration of flax (*Linum usitatissimum* L.) plants from anther culture and somatic tissue with increased resistance to *Fusarium*. *Plant Cell Reports*, No 22, 2003, p. 110-116.
12. Matiseks R., Šnēpels F.M., Šteinere G. Determination of iodine value using Kaufman's method. In: *Food Analytical Chemistry*. University of Latvia, Rīga, 1998, p. 48-51.
13. Grauda D., Rashal I. Calli culture of oil flax: establishing and regeneration. *Latvian Journal of Agronomy*. No. 8, 2005, p. 104-106.
14. Camelina. <http://www.terramax.sk.ca/specialty/camelina.html>, 2003.

PILSĒTVIDES AINAVAS TRANSFORMĀCIJA LATGALES REĢIONĀ
20.- 21. GADSIMTU MIJĀ
TRANSFORMATION OF URBAN LANDSCAPE IN LATGALE REGION ON
CHANGE OF 20- 21 CENTURIES

Ivars Matisovs

Rēzeknes Augstskola, Inženieru fakultāte
Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4600, Latvija
Tālrunis: +(371)26453990, e-pasts: ivars.matisovs@ru.lv

Abstract. *The paper deals with transformation of urban landscape in the 2 cities and 12 towns of Latgale region on change of 20-21 centuries, in the period from 1990 to 2007. Article provides information about factors and social economics processes that have influence on urban landscape structure and quality. The paper have a look at changes of land use structure, demographical processes, urban environmental quality, dynamics of urban transportation system and intensity of construction works in the cities and towns of Latgale region. The results establish disparities between scopes and directions of urban landscape transformation among different ranks of urban settlements.*

Keywords: *landscape, urban landscape, transformation of urban landscape, Latgale region.*

Ievads

Ainava ir telpā un laikā orientēta zemes virsma, ko nosaka dabas vides īpašību attīstība, vēsturiskā un pašreizējā integrācija sociālajos procesos. Urbanizētās ainavas specifiska iezīme ir tā, ka šeit cilvēks visintensīvāk pārveido dabas apstākļus sev piemērotas dzīves vides radīšanai. Pilsētvides ainava ir viens no svarīgākajiem pilsētu kā mākslīgu ekosistēmu raksturojošajiem vides parametriem, kas sevī integrē gan pilsētas dabiskās pamatnes (reljefs, ūdeņi, klimats, veģetācija), gan antropogēnas izcelsmes (ielu tīkls, ēkas, inženiertehniskās komunikācijas, dažādi artefakti) elementus [1].

Telpiskās ainavu struktūras pilsētās parasti analizē no vēsturiskā, morfoloģiskā, funkcionālā un zemes lietojuma aspekta. Teritoriālos plānotājus un pilsēt būvniekus interesē arī tādi pilsētvides ainavas raksturojumi kā tās vēsturiskā ģenēze, kultūrvēsturiskais mantojums, arhitektoniski strukturālā uzbūve, vizuālās informācijas kapacitāte, vides arhitektoniski telpiskās un ekoloģiskās kvalitātes [2].

Galvenie telpiskās vides attīstības plānojuma elementi ir: 1) teritorija; 2) iedzīvotāji; 3) apbūve; 4) pakalpojumi; 5) ražošana; 6) transports; 7) inženiertehniskās komunikācijas; 8) rekreācija; 9) dabas elementi un to aizsardzība [3]. Sekmīgu šo elementu funkcionēšanu virza ekonomika, politika un pareiza administrēšana. Neatkarīgi no apdzīvojuma telpiskā mēroga līdzsvarots un ilgtspējīgs teritoriālā plānojuma sociālais, ekonomiskais un vides komplekss gala rezultātā fokusējas teritorijas vizuālajā tēlā.

Mūsdienu kultūrainavas, tātad arī pilsētvides ainavas, uzdevums ir gan optimāli atbilst tai izvirzītajām sociāli ekonomiskajām un ekoloģiskajām funkcijām, gan arī būt apveltītai ar estētiskajām kvalitātēm, jo viens no dzīves vides kvalitātes būtiskākajiem komponentiem ir pievilcīga ainava, kas lielā mērā ietekmē dzīves vietas izvēli, kā arī veicina tūristu piesaisti.

Pilsētvides ainavas veidošanās un transformācijas process ir nepārtraukts telpā un laikā, līdz ar to likumsakarīgi mainās arī ainavas estētiskā un ekoloģiskā kvalitāte. Īpaši strauji tas notiek pilsētu saimnieciskā uzplaukuma vai lejupslīdes periodos, kad būtiski mainās pilsētu ekonomiskais potenciāls un sociāli demogrāfiskā situācija. Šajos laika periodos būtiski mainās arī būvniecības apjomi un tendences, notiek vērā ņemamas izmaiņas pilsētu vizuāli estētiskajā veidolā un sociāli psiholoģiskajā telpā [1].

Atjaunotajā Latvijas valstī kā teorētiskajā, tā arī praktiskajā darbā priekšplānā izvirzāma pilsētu un lauku apdzīvoto vietu arhitektoniski mākslinieciskā veidola problēma. Pilsētvides veidols ietver sevī tās ārējo izskatu, tas ir materializēts telpisks komplekss, ko emocionāli uztver cilvēks. Ēkas vai celtnes individuālās arhitektoniski telpiskās kvalitātes specifiku pilnībā var raksturot tikai tad, ja ir izprasta tas vieta un loma pilsētvidē kopumā- kvartālā, mikrorajonā vai pilsētā [3].

Pilsētu arhitektoniski kompozicionālo vidi lielā mērā veido vēsturiski izveidojušās telpiskās struktūras, apbūves kompleksi un atsevišķi objekti, kas kopumā iemieso vietējās tradīcijas, kultūru, būvmākslu, celtnu mērogus un proporciju izjūtu. Tomēr pieaugošā kultūrainavu, jo īpaši pilsētvides ainavu, unifikācija mūsdienu globalizētās sociālās un ekonomiskās attīstības ietekmē atstāj iespaidu arī uz sabiedrību un veicina cilvēku vietas piederības saīšu iziršanu- cilvēki neizjūt savu piederību, līdz ar to mazinās viņu atbildības sajūta un rūpes par apkārtni [4].

Cilvēka dzīvesvietas ainavas uztveres pētījumi ir būtiski jebkura līmeņa teritoriju attīstības projektu izstrādē un vērtēšanā, ir būtisks instruments sabiedrības iesaistīšanā projektu apspriešanā un īstenošanā. Kaut gan Latvijā postpadomju periodā ir notikušas būtiskas izmaiņas ainavas vizuālajā veidolā, to ietekmes uz sabiedrību un indivīdu nav pētītas [5].

Pilsētas fiziskā struktūra veidojusies ilglaicīgā procesā. Areālais novietojums un mājokļu veids ir veidojies vēsturiski atbilstošos sociālās situācijas nosacījumos. Strukturālas pārmaiņas tautsaimniecībā un pieaugošā iedzīvotāju mobilitāte ir izmainījušas pilsētu attīstības perspektīvas. Pēdējos gados iezīmējušās izmaiņas pilsētas sociālajā un fiziskajā telpā, jo arvien vairāk materiāli labi nodrošinātu pilsētnieku dod priekšroku individuālo privātmāju būvniecībai pilsētas perifērijā vai piepilsētas zonā, par ko liecina straujais zemesgabalu cenas pieaugums šajos rajonos.

Ārpilsētas ainavas- to transformācija no rurālas uz urbanizētu vidi, kā arī to izkliedētās apbūves raksturs- ir nepastāvīgas, tāpēc tās tiek dēvētas par efemērām ainavām. Ārpilsētas ainavas raksturs mainās līdz ar pilsētu attīstības procesu, tomēr to pagaidu stāvoklis dažādu politisku un sociāli ekonomisku apstākļu, dažkārt zemes īpašnieku vai attīstītāju subjektīvas rīcības dēļ var ilgt daudzu gadu garumā [6].

Šobrīd Latvijā, arī Latgales reģionā, sociālās strukturēšanās procesi ir ļoti dinamiski. Latvijas lielākajās pilsētās notiek sociālo grupu telpiskā diferenciācija. Mazajās pilsētās, kur sociālo grupu dažādība ir daudz ierobežotāka un sabiedrība nav tik elastīga, šis process ir vājāk izteikts. Sociālie procesi Latvijas pilsētās un to attīstība norit līdz ar ekonomisko apstākļu izmaiņām valstī, kā arī saistībā ar pasaulē notiekošajām sociāli ekonomiskajām pārmaiņām [7].

Pēc kardinālo politiski sociālo izmaiņu izsauktās ekonomiskās krīzes, kas mūsu valstī, un jo īpaši Latgalē, bija vērojama 20.gadsimtu noslēdzošajā desmitgadē, pēdējos gados, neskatoties uz vēl joprojām izteikto depopulāciju, arī Latgales pilsētās vērojama noturīga ekonomiskā augšupeja. Līdz ar to atsācies pilsētvides ainavas transformācijas process, kas it sevišķi pastiprinājies līdz ar Latvijas pievienošanos Eiropas Savienībai un globalizācijas tendenču straujāku ienākšanu mūsu dzīves telpā.

2001.gadā tika izstrādāta „Latgales pilsētu attīstības stratēģija”, kuras pamatnostādnes iekļautas arī „Latgales reģiona teritorijas plānojumā” (2006), kas paredz:

- attīstīt policentrisku un līdzsvarotu apdzīvojuma sistēmu;
- veidot ilgtspējīgu un labi funkcionējošu pilsētu tīklu, kas balstītos uz sadarbības un papildinātības principiem;
- nodrošināt pilsētās pievilcīgu dzīves vidi gan iedzīvotājiem, gan investoriem, mazināt telpiskās un dzīves līmeņa atšķirības [8].

Saimniecisko procesu analīze rāda, ka pilsētu ekonomiskā aktivitāte un dinamika ir atšķirīga. Pieaug mazo pilsētu kā apkalpes centru nozīme, it īpaši izglītības, sociālās aprūpes, kultūras,

tirdzniecības un citu pakalpojumu jomā. Tāpēc ierobežotas finansēšanas apstākļos būtu nepieciešams valsts atbalsts un investīciju piesaiste tieši perifērajām mazajām pilsētām [9]. Gandrīz visas Latgales pilsētas, izņemot Daugavpili un Rēzekni, atbilstoši Ministru kabineta noteikumiem Nr. 637 2004.- 2006.gadā ir bijušas iekļautas īpaši atbalstāmo teritoriju sarakstā [10]. Jāiebilst, ka tieši Latgales reģiona mazpilsētas nu jau tradicionāli noslēdz Latvijas pilsētu attīstības rangu sarakstu.

Materiāli un metodes

Pilsētai kā vienotam telpiskam organismam piemīt dinamisms, jo pilsēta atrodas nemitīgā pārmaiņu procesā, ko nosaka sabiedrības attīstība, tās ekonomiskās un tehniskās bāzes izaugsme. Tādējādi pilsētvides ainavas transformācija ir daudzdimensiāls process, kura izvērtējumam nepieciešams izmantot kompleksu pieeju, jo tikai tā spēj sniegt pietiekami objektīvu un ticamu šī sarežģītā procesa kopainu.

Latgales pilsētvides ainavas transformācijas process tiek aplūkots postpadomju periodā, aptverot laika posmu no 1990.gada, kad Latvija atguva valstisko neatkarību, līdz pat mūsdienām- 2007.gadam.

Apkopota informācija par visām 13 Latgales kultūrvēsturiskā novada pilsētām:

- 2 reģiona lielpilsētām, arī valsts pakļautības pilsētām Daugavpili un Rēzekni;
- 7 vidēji lielajām pilsētām (Balvi, Krāslava, Līvāni, Ludza, Preiļi), kas, izņemot Līvānus, ir arī lauku administratīvo rajonu centri;
- 5 mazpilsētām (Dagda, Kārsava, Varakļāni, Viļāni, Zilupe).

Pateicoties iespējai iegūt daudzpusīgāku, regulāri publicētu un tāpēc vieglāk pieejamu informāciju, īpaša uzmanība veltīta reģiona lielpilsētu Daugavpils un Rēzeknes ainaviskās telpas teritoriālajai diferenciācijai un transformācijas procesiem.

Pilsētvides ainavu raksturojošo elementu kopumam būtu jāietver: a) pilsētainavai specifiskie apbūves, tās funkcionālā lietojuma un vizuālā tēla raksturojumi; b) vides tīrības un labiekārtojuma kvantitatīvie rādītāji; c) pilsētnieciskus un viņu darbību šajā ainavā raksturojošie rādītāji un pazīmes [11].

Vissvarīgākais pilsētvides ainavas elements, kas nosaka tās specifiku uz samērā ilgu laika periodu, ir konkrētā vēsturiskā laikposma apbūve ar tai raksturīgo blīvumu, plānojumu, stāvainību, arhitektūras stilu un funkcionālo lietojumu. Tāpēc nozīmīgs pilsētvides ainavas transformācijas rādītājs ir būvniecības apjomi, to dinamika un jaunbūvju funkcionālā lietojuma veidu proporcijas.

Pilsētvides ainavas transformācijas procesu ietekmē daudzi faktori to savstarpējā mijiedarbībā: demogrāfiskie, sociālie, ekonomiskie, ekoloģiskie u.c. Kā nozīmīgākie pilsētas attīstības rādītāji, kas ietekmē uz pilsētas ainavisko veidolu, būtu minami:

- pilsētu teritoriālā izaugsme un zemes lietojuma veidu struktūras izmaiņas,
- iedzīvotāju skaita dinamika un citi demogeogrāfiskie procesi,
- būvniecības apjomi un pilsētas telpas sociāli areālā diferenciācija,
- pilsētas ekonomiskā attīstība un saimniecības pārstrukturizācija,
- transporta infrastruktūras attīstība, transporta līdzekļu skaita un kustības intensitātes pieaugums,
- pilsētvides ekoloģiskās kvalitāte, pastāvošās un nākotnē iespējamās vides problēmas.

Kompleksam pilsētvides ainavas transformācijas procesa izvērtējumam Latgales reģiona pilsētās pārsvarā tika izmantota Latvijas Republikas Centrālās statistiskās pārvaldes apkopotā un publicētā informācija. Izmantotas Latvijas ainavzinātnieku- ģeogrāfu, ainavu arhitektu, teritorijas un attīstības plānošanas u.c. speciālistu- jaunākajos pētījumos atrodamās atziņas, kā arī periodikā publicētā informācija par pilsētvides transformācijas procesa aktualitātēm Latgales reģionā.

Ainavas kvalitātes novērtējumā priekšroka tika dota vizuāli estētiskajai pieejai, izmantojot raksta autora izveidoto ainavas uztveres un novērtējuma matricu, kas ietver 11 ainavas parametrus [1]. Ainavas ekoloģiskās kvalitātes novērtējumam tika analizēta vides institūciju apkopotā informācija. Izmantoti arī transporta kustības intensitātes mērījumu, kas Rēzeknē tiek veikti kopš 2000.gada, rezultāti. Ainavas kvalitātes kompleksa novērtējuma veikšanā un transporta plūsmas mērījumos dažādās Latgales pilsētās tika iesaistīti nozīmīgāko reģiona augstākās izglītības iestāžu- Daugavpils Universitātes un Rēzeknes Augstskolas- studenti. Regulāri apmeklējot visas Latgales reģiona pilsētas, to ainava tiek fiksētas fotoattēlos, radot iespēja izsekot ainavu transformācijas procesa dinamikai un virzieniem. Mūsdienās tas ir kļuvis sevišķi aktuāli, jo līdz ar ekonomikas atveseļošanas tieši pēdējos gados sākusies strauja tradicionālās pilsētvides ainavas transformācija, īpaši reģiona lielpilsētās un rajonu centros.

Rezultāti un to izvērtējums

Vispārējā informācija

Latgales reģiona platība ir 14 547,2 kvadrātkilometri jeb 22,5% no valsts teritorijas. Latgalē 2006.gada sākumā dzīvoja gandrīz 360 tūkstoši iedzīvotāju jeb 15,9% no Latvijas iedzīvotāju kopskaita. Jāpiebilst, ka 207 tūkstoši jeb 57,6% Latgales iedzīvotāju 2006.gadā bija pilsētnieki, turklāt 40% reģiona iedzīvotāju koncentrējās novada lielpilsētās Daugavpilī un Rēzeknē.

Līdz Latvijas valstiskās neatkarības atjaunošanai Latgales kultūrvēsturiskajā novadā bija 12 pilsētas. Postpadomju periodā pilsētas tiesības ieguva bijušais pilsētciemats Dagda (1992), savukārt pārējie reģiona pilsētciemati Malta, Kuprava un Žiguri izvēlējās lauku apdzīvotās vietas statusu.

Latgales pilsētas veido vairākus funkcionālus pilsētu tīklus, kas pārsniedz reģiona robežas. Centrālo pilsētu tīkla atbalsta karkasu veido pilsētu trijstūris- Daugavpils, Rēzekne un Jēkabpils, kas ir nozīmīgākais mezgla punkts virzienā no Latgales uz valsts galvaspilsētu. Šīs pilsētas ir tiešā veidā saistītas ar nozīmīgiem transporta koridoriem un veido Latgales reģiona policentrisko struktūru un nākotnē nodrošinās visplašāko dažādu funkciju un augstas kvalitātes pakalpojumu klāstu [8].

Pilsētu trijstūra centrā atrodas Preiļi, uz tā malām Līvāni, Viļāni, Varakļāni, savukārt austrumu pilsētu tīklu veido Balvi, Viļaka, Kārsava, Ludza, Zilupe, Dagda un Krāslava. Šīs apdzīvotās vietas, kuru loma un funkcijas ir saistītas ar pierobežas vārtu lomu un tūrisma attīstību, sasaista „Austrumu stīga”- perspektīvais nacionālas nozīmes transporta koridors.

Kopš 1990.gada Latgales reģiona pilsētu robežu izmaiņas nav notikušas, tādējādi pilsētu aizņemtā teritorija palikusi nemainīga- tā sastāda 162,3 km² jeb aptuveni 1,1% no Latgales reģiona kopplatības. Arī zemes lietojuma veidu struktūra Latgales pilsētās būtiski nav mainījusies (skat. 1.tab.)

1.tabula

Zemes lietojuma veidu struktūra Latgales pilsētās 1999.gadā [12]

Teritorija	Pilsētas zemju kopējā platība pilsētas robežās		Apbūvētās zemes		Zaļie apstādījumi un meži		Ūdeņi		Vispārējās lietošanas zaļie masīvi	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Daugavpils	7248	100	2911	40,2	2065	28,5	982	13,5	1784	24,6
Rēzekne	1748	100	1411	80,7	214	12,2	74	4,2	189	10,8
Latgales pilsētas	16228	100	7499	46,2	3340	20,6	1598	9,8	2262	13,9

Būtiski atšķiras zemes lietojuma veidu struktūra abās reģiona lielpilsētās, jo apbūvēto zemju īpatsvars Rēzeknē, kur tas ir lielākais visā Latgales reģionā, 2 reizes pārsniedz šo rādītāju Daugavpilī, savukārt zaļās un zilās zonas īpatsvars Rēzeknē ir 2,5 reizes mazāks. Tādējādi ievērojami atšķiras arī abu pilsētu ainaviskais veidols, kā arī ainavas transformācijas iespējamie virzieni un mērogi.

Daugavpilī ir daudz lielākas iespējas izvērst dzīvojamo namu un ražošanas objektu būvniecību, intensificējot un optimizējot pilsētas zemju izmantošanu, savukārt Rēzeknē sociāli ekonomiskās attīstības process draud „iziet” ārpus pilsētas administratīvajām robežām, palielinot spiedienu uz pilsētai pieguļošajām lauku teritorijām Vispārējās lietošanas zaļo masīvu salīdzinoša pārpilnība Daugavpilī liecina par pilsētas rekreatīvo potenciālu, kā arī ievērojami uzlabo vides kvalitātes ekoloģiskos rādītājus.

Demogrāfiskā situācija Latgales reģiona pilsētās

2.tabula

Iedzīvotāju skaita dinamika Latgales reģionā postpadomju periodā (1990-2006)

(sastādīts un aprēķināts pēc [13])

Pilsēta	Iedzīvotāju skaits			2006.gadā % pret 1990.gadu
	1990	2000	2006	
Daugavpils	126 575	115 574	109 482	86,5
Rēzekne	42 832	39 430	36 646	85,6
Krāslava	12 434	11 412	10 781	86,7
Ludza	11 853	10 822	10 005	84,4
Līvāni	12 263	10 368	9 413	76,8
Preiļi	9 421	8 909	8 376	88,9
Balvi	9 340	8 655	8 051	86,2
Viļāni	4 608	4 049	3 652	79,3
Dagda	3 325	2 820	2 649	79,7
Kārsava	3 110	2 722	2 505	80,5
Varakļāni	2 798	2 413	2 224	79,5
Zilupe	2 441	1 953	1 848	75,7
Viļaka	2 152	1 850	1 692	78,6
Latgales pilsētās kopumā	243 152	220 977	207 324	85,3
Urbanizācijas līmenis Latgalē (%)	57,5	57,3 %	57,6	Praktiski bez izmaiņām

Postpadomju periodā pilnīgi visās Latgales pilsētās secīgi un noturīgi ir samazinājies iedzīvotāju skaits. Kopumā pilsētnieku skaits samazinājies par aptuveni 36 tūkstošiem cilvēku jeb 15% no pilsētu iedzīvotāju kopskaita 1990.gadā. Visstraujāk depopulācijas process norisinājies reģiona mazpilsētās un padomju laikā hipertrofēti attīstītajā rūpniecības centrā Līvānos, kur iedzīvotāju skaits sarucis vairāk nekā par piektdaļu. Toties rajona centros, arī abās Latgales lielpilsētās, iedzīvotāju skaita samazinājums bijis relatīvi mazāks- caurmērā par 10-15%.

Pilsētu un lauku iedzīvotāju sadalījuma maiņas var liecināt par būtiskām sociālo un ekonomisko procesu tendencēm. Tomēr, neskatoties uz būtiskiem sociāli ekonomiskās transformācijas procesiem postpadomju periodā, urbanizācijas līmenis Latgales reģionā kopumā palicis praktiski nemainīgs, turklāt līdzīga tendence vērojama arī valstī kopumā. Iedzīvotāju dabiskās kustības rādītāji Latgales pilsētās pēdējās desmitgades laikā nav būtiski mainījušies, turpinoties izteiktam depopulācijas procesam. Tā, piemēram, dabiskais

pieaugums Daugavpilī 1998.gadā bijis -6,6%, bet 2005.gadā – -6,9%, savukārt Rēzeknē šie rādītāji bijuši attiecīgi -7,1% un -6,3%.

Ļoti daudzi darbaspējas vecuma iedzīvotāji no Latgales pilsētām devušies labāk atalgota darba meklējumos uz Rīgas reģionu, bet kopš 2004.gada arī uz ES vecajām dalībvalstīm, sevišķi Īriju, Lielbritāniju un Vāciju. Daudzi migranti nav deklarējuši dzīves vietas izmaiņas, tāpēc joprojām tiek uzskatīti par pilsētu patstāvīgajiem iedzīvotājiem. Līdz ar to var apgalvot, ka statistikas dienestu apkopotā informācija par Latgales pilsētu iedzīvotāju skaitu un demogrāfisko struktūru nav precīza. Jāpiebilst, ka depopulācija un iedzīvotāju struktūras izmaiņas tiešā un netiešā veidā atstāj ietekmi arī uz pilsētvides ainavisko veidolu.

Vides kvalitāte

Līdz ar rūpnieciskās ražošanas apjomu strauju samazināšanos 20.gs.90.gados un ekonomikas pārstrukturizāciju vides kvalitāte Latgales reģiona pilsētās postpadomju periodā ir būtiski uzlabojusies. Arī pēdējos gados vērojama gaisa piesārņojuma apjoma pakāpeniska samazināšanās (skat.3.tab.)

3.tabula

Stacionāro gaisa piesārņojuma avotu izmeši atmosfērā Latgales pilsētās, t/gadā [12, 14]

<i>Pilsēta</i>	<i>1998.gads</i>	<i>2003. gads</i>	<i>2004. gads</i>	<i>2005. gads</i>
Daugavpils	8044	1340	969	911
Rēzekne	2669	1368	1522	1317
Krāslava	...	576	552	472
Ludza	...	215	240	226
Preiļi	...	355	200	137
Balvi	...	315	322	38

Tomēr satraucoši ir tas, ka kaitīgo vielu izmete atmosfērā no stacionāriem avotiem vidēji uz 1 ha pilsētas zemju 2005.gadā Rēzeknē sastādīja 753 kg, kas ir bijis pats lielākais piesārņojuma apjoms valstī. Daugavpilī attiecīgais rādītājs bija 6 reizes mazāks- tikai 126 kg/ha. Pie tam būtiski atšķiras izmešu struktūra: ja Rēzeknē 67,7% izmešu sastādīja SO₂, tad Daugavpilī šīs vielas īpatsvars ir tikai 8,6%, jo tur dominē CO un NO_x, kas kopumā veido 69% kaitīgo izmešu no stacionāriem avotiem.

Pilsētvides ainavas ekoloģisko kvalitāti būtiski palīdz uzlabot pāreja uz videi draudzīgāku kurināmo. Tā, piemēram, pēdējos gados mazutu un akmeņogles kā nozīmīgāko kurināmā veidu Rēzeknē un Preiļos ir nomainījusi ekoloģiski tīrāka dabasgāze, savukārt Balvos, Ludzā un visās reģiona mazpilsētās apkurē dominē atjaunojamie energonesēji- koksnes šķelda, malka un kūdra.

Katlu māju īpatsvars stacionāro avotu radītā gaisa piesārņojuma ziņā Rēzeknē pārsniedz 90%, toties Daugavpilī katlu mājas rada 65% izmešu, savukārt rūpniecības uzņēmumi- pārējos 35%. Jāpiebilst, ka jaudīgas vidi piesārņojošas ražotnes Rēzeknē atrodas ārpus pilsētas administratīvajām robežām, tāpēc industriālais piesārņojums šajā pilsētā noteikti ir lielāks.

Ja stacionāro avotu izmešu daudzums atmosfērā Latgales reģiona pilsētās pakāpeniski samazinās, tad tikpat noturīgi palielinās vides piesārņojums ar transporta līdzekļu radītajām izplūdes gāzēm un dažādiem kaitīgiem mehānismu ekspluatācijas blakusproduktiem. Transporta ietekmi uz pilsētvides ainavu un tās kvalitāti uzskatāmi parāda automobiļu skaita dinamika Latgales reģionā (skat.4.tab.)

Automobilizācijas līmenis Latgales pilsētās ir zemāks nekā valstī kopumā. Reģistrēto vieglo automobiļu skaits uz 1000 iedzīvotājiem 2005.gadā Latvijā kopumā sastādīja 324 vienības, savukārt Rēzeknē tas bija 278, bet Daugavpilī- tikai 223 vienības. Tomēr, salīdzinot ar 10 gadus senu pagātņi, automašīnu skaits uz 1000 iedzīvotājiem Latgales reģiona pilsētās šodien ir dubultojies.

CSDD reģistrēto automobiļu skaits Latgales lielajās pilsētās [13]

Teritorija	1998. gads			2005. gads		
	Kravas automobiļi	Autobusi	Vieglie automobiļi	Kravas automobiļi	Autobusi	Vieglie automobiļi
Daugavpils	2841	469	17790	3506	378	24566
Rēzekne	1613	363	7154	1763	310	10212
Latgales reģions	12 428	1690	59130	14373	1489	89409

Likumsakarīgi palielinājusies arī automašīnu kustības intensitāte Latgales pilsētu ielās, piemēram, Daugavpilī un Rēzeknē rīta un vakara stundās reizēm vērojami auto sastrēgumi. Pilsētas ainavisko vidi ietekmē arī aizvien lielākais autostāvvietās, pagalmos un ielu malās novietotais automašīnu skaits, autotransporta radītais troksnis, vibrācija un pieaugošā nedrošības sajūta gan gājēju, gan arī pašu transporta līdzekļu vadītāju vidū. Joprojām ļoti augsts ir ceļu satiksmes negadījumos cietušo un bojā gājušo skaits, īpaši gados jaunu autobraucēju un motociklistu vidū.

Rēzeknes Augstskolas studenti kopš 2000.gada veic transporta kustības intensitātes ikgadējus novērojumus galvenajās Rēzeknes pilsētas ielās un krustojumos (Atbrīvošanas aleja, Dārza iela, Latgales iela). Iegūtie dati liecina, ka transporta līdzekļu kustības intensitāte Rēzeknē 2000.-2006.gada laika periodā palielinājusies par 32,5%. Noslogotākos Atbrīvošanas alejas krustojumus darba dienās stundas laikā šķērso vairāk nekā 1000 transporta līdzekļi, galvenokārt vieglās automašīnas un mikroautobusi, savukārt videi visdraudzīgākais pārvietošanās līdzeklis velosipēds Rēzeknē sastāda tikai 0,5-1% no uzskaitīto transporta līdzekļu daudzuma.

Automobilizācija veicina pilsētu telpisko izplešanos un urbāno areālu paplašināšanos. Šajās teritorijās dzīvo daudzi cilvēki, kas regulāri dodas uz pilsētu strādāt, mācīties, iepirkties, apmeklēt kultūras pasākumus. Tā, piemēram, Daugavpils urbānajā areālā dzīvo vairāk nekā 16 tūkstoši iedzīvotāju jeb 12,4% no pilsētas patstāvīgo iedzīvotāju kopskaita, savukārt Rēzeknes- 3,5 tūkstoši (7,9%) [15]. Tas liecina, ka arī Latgales reģiona lielpilsētām raksturīgi suburbanizācijas (piepilsētu augšanas) un ruralizācijas (lauku apvidu pilsētnieciskošanas) procesi.

Šie procesi būtiski ietekmē pilsētas un apkārtējo lauku teritoriju saskares zonas ainavisko veidolu. Latgales pilsētām raksturīgi tas, ka lepnāko savrupmāju rajoni un puduri veidojas ārpus pilsētas robežām uz apkārtējo pagastu zemes (ievērojami mazāki nodokļi u.c. finansiāli atvieglojumi). Bieži vien ielas, kas atrodas tieši uz pilsētas un pagasta robežas, atrodas katastrofālā stāvoklī, jo neviens nav ieinteresēts ieguldīt līdzekļus ielu seguma remontā.

Interesanta aina vērojama Liepu ielā Rēzeknē- valsts svētkos vai atceres dienās karogi tiek izkārti tikai un vienīgi pie padomju laikā celtām dzīvojamajām mājām ielas pilsētas pusē, savukārt ielas Griškānu pagasta pusē valsts karogs nav redzams ne pie vienas 20.-21.gadsimtu mijā celtās lepnās savrupmājas. Šīs ainavas vērotājam var rasties priekšstats, ka viņš atrodas nevis pie pilsētas un pagasta, bet gan kaimiņvalstu robežas.

Būvniecība un tās apjomi

Pilsētībūvniecības stratēģiskos mērķus nosaka valsts realizētā politika, pilsētu labiekārtošana kalpo iedzīvotāju kopējām vajadzībām, savukārt atsevišķi objekti- fizisko un juridisko personu interesēm [16.]. Pilsētvides ainavas transformācijas raksturu un intensitāti ļoti lielā mērā ietekmē būvniecības apjomi, realizēto projektu arhitektoniskā risinājuma un būvdarbu izpildes kvalitāte.

Kopš 1997.gada būvdarbu apjoms Latgalē nepārtraukti palielinās (skat.5.tab.) 2005.gadā būvdarbu kopapjoms reģionā salīdzinājumā ar 1997.gadu bija pieaudzis 6,4 reizes.

5.tabula

Izpildītais būvdarbu apjoms Latgales reģiona lielajās pilsētās [12, 13]

(2005.gada salīdzināmās cenās, milj. Ls)

Teritorija	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1997-2005
Daugavpils	5,2	12,2	13,3	19,7	24,3	8,3	26,0	16,2	19,0	144,2
Rēzekne	5,5	6,2	6,8	3,2	0,6	2,8	4,6	7,3	7,6	44,6
Latgales reģions	13,4	22,6	25,8	44,0	40,7	44,8	66,6	74,2	85,8	417,9

Latvijas 2000.gada tautas skaitīšanas rezultāti uzrāda, ka tikai 5,8% Latgales reģiona pilsētu iedzīvotāji dzīvo mājokļos, kas uzcelti 1990.-2000.gadā. Dažās pilsētās šis rādītājs ir ievērojami zemāks, piemēram, Viļānos 20.gadsimta pēdējā desmitgadē uzceltajos mājokļos mīt tikai 0,7% iedzīvotāju, Varakļānos- 1,2%, Zilupē- 2,0%, Līvānos- 2,3%, savukārt visvairāk jaunu namu uzcelts Preiļos, kur 9,4% iedzīvotāju dzīvo postpadomju perioda jaunbūvēs [17]. Jāatzīmē, ka mājokļu būvniecība visās Latgales pilsētās 90.gadu 2.pusē praktiski bija apstājusies, jo tikai 1054 iedzīvotāji jeb 0,5% no pilsētnieku kopskaita dzīvo 1996.-2000.gadā celtajos namos.

Līdz pat 2002.gadam lielākā daļa būvdarbu Latgales reģionā tika veikti Daugavpilī un Rēzeknē. 1997.-2005.gada periodā abu lielpilsētu īpatsvars reģiona kopējā būvdarbu apjomā sastādīja 45,2%, savukārt dzīvojamo platību nodošanā ekspluatācijā- tikai 28,2%. Tas liecina, ka Daugavpilī un Rēzeknē ievērojami vairāk nekā citās Latgales reģiona pilsētās un lauku apvidos tikuši būvēti ražošanas un pakalpojumu objekti. Dzīvojamo māju būvniecības apjomi Latgales lielpilsētās salīdzinājumā ar Pierīgas reģionu ir niecīgi. Tā, piemēram, 2005.gadā Rīgā uzcelts 24 reizes (!) vairāk dzīvojamo platību nekā Daugavpilī, savukārt Rēzeknes atpalcība no Rīgas ir pat 150-kārtīga (!).

Dzīvojamais fonds uz 1 iedzīvotāju Daugavpilī (21,0 m²) un Rēzeknē (22,5 m²) ir vismazākais valstī (vidēji 24,8 m²), atpaliekot gan no citām lielajām pilsētām, gan no lauku administratīvajiem rajoniem, tāpēc jau tuvākajā nākotnē Latgales reģiona lielpilsētās prognozējams dzīvojamo namu celtniecības bums. Tas noteikti atstās iespaidu arī uz pilsētvides ainavisko veidolu.

Pēdējos gados Latgales reģionā sākušas ieplūst ievērojamas ārvalstu un pašmāju investīcijas, daudz līdzekļu šeit rodas arī no ārzemēs strādājošajiem Latgales iedzīvotājiem, viegli pieejami kļuvuši banku izsniegtie kredīti. Tāpēc jau pašlaik intensīvi notiek jaunu ēku būvēšana, nolietoto ēku renovācija un tiek izstrādāti daudzi jauni būvniecības projekti. Tas sevišķi jūtams Daugavpilī, kur uzņēmēji iegulda savus līdzekļus arī daudzdzīvokļu namu celtniecībā. Rajonu centros un mazpilsētās nekustamais īpašums aktīvāk attīstās dzīvojamo namu rekonstrukcijas jomā.

Pēc Latvijas iestāšanās ES nepieredzēti straujos tempos ir kāpušas nekustamā īpašuma cenas arī Latgales reģionā. Piemēram, Daugavpilī 2005.gada laikā privātmājas sadārdzinājušās vairāk nekā par 50%, komerciālā nekustamā īpašuma cenas kāpušas 2 reizes, bet dzīvokļu cenas palielinājušās aptuveni 4 reizes. Lielā mērā tas izskaidrojams ar to, ka jaunais dzīvojamais fonds top ļoti lēnām, tāpēc bieži vien dzīvokļi daudzstāvu namos maksā pat vairāk nekā privātmājas pilsētas nomalēs.

Spilgti iezīmējusies dzīvojamo platību tirgus cenu teritoriālā diferenciacija. Piemēram, 2-istabu dzīvoklis 103.sērijas namā Daugavpils centrā un Gajokā 2006.gada pavasarī maksāja Ls 32 000, Jaunbūvē un Esplanādē- Ls 30 000, Jaunajā Forstatē- Ls 24 000, Ruģeļos un Ķīmiķu ciematā- Ls 17 000, Vecstropos- Ls 12 000, savukārt pilsētas visattālākajā nomalē-

Križos- mazāk par Ls 10 000 [18]. Tādējādi, pieaugot attālumam no Daugavpils centra, dzīvokļu cenas proporcionāli samazinās.

Pēdējos 5 gados Latgales pilsētās vērojama intensīva tirdzniecības un pakalpojumu sfēras objektu būvniecība, jo tos ir vieglāk uzbūvēt un arī normatīvi nav tik sarežģīti. Piemēram, Rēzeknē salīdzinoši īsā laika posmā nodoti ekspluatācijā 8 jauni lielveikali, Daugavpilī līdz nepazīšanai izmainījies pilsētas tirgus rajons. Daugavpils ainavisko veidolu tuvākajos gados jūtami transformēs 20-stāvēgu augstceltņu un multifunkcionālā sporta kompleksa būvniecība Esplanādē, kas atrodas līdzās pilsētas vēsturiskajam centram. Reģiona vidējās un mazajās pilsētās būvniecības apjomi ir daudz mazāki un pamanāmākās jaunbūves pagaidām ir galvenokārt turīgāko iedzīvotāju savrupmājas, veikali un degvielas uzpildes stacijas.

Problēmas un perspektīvas

Pēc padomju laika plānveida ekonomikas sabrukuma daudzi Latgales reģiona rūpniecības uzņēmumi ievērojami sašaurināja ražošanu, pārprofilējās vai arī bankrotēja. Tāpēc Latgales rūpniecisko centru, it sevišķi Daugavpils, Rēzeknes un Līvānu, pilsētvides ainavai raksturīgas vēsturiski izveidojušās industriālās teritorijas, kuru apbūves vizuālais tēls šobrīd nerada estētisku baudījumu. Tām raksturīgi lieli asfaltēti laukumi, masveidīgi neestētiski būvapjomi, monolīti dzelzsbetona žogi un izstieptas cauruļvadu komunikācijas. Ēkas ir nolietojušās, pamestas vai nepabeigtas, bieži vien uz sienām ieraugāmi pārsvarā nekvalitatīvi grafiiti paraugi vai dažāda satura uzraksti, galvenokārt krievu un angļu valodā. Bijušo industriālo teritoriju sakārtošana ir neatliekams uzdevums, kura izpilde ir nozīmīga pilsētvides ainavas kvalitātes paaugstināšanai Latgalē.

Iezīmējot pilsētvides ainavas tālākas transformācijas virzienus Latgalē, tiek sniegts ieskats Daugavpils pilsētas teritoriālajā plānojumā 2006.-2018.gadam [19], kurā akcentēta pilsētas vēsturiskā veidola, zaļās zonas un atpūtas vietu saglabāšana. Plānojumā paredzēts, ka tuvākajā nākotnē par aktīvas celtniecības zonu jāklūst Daugavas kreisā krasta teritorijām Grīvai un Nīderkūniem, pilsētas perifērijā esošajiem mikrorajoniem Viduspoguļankai un Vecstropiem, kā arī vēsturiskās apbūves rajoniem- Jaunbūvei un Vecajai Forštatei. Šajos mikrorajonos tiks izveidoti centri ar uzlabotu infrastruktūru, sakārtotiem ceļiem un transporta mezgliem.

Padomju laikā nepabeigto dzīvojamo masīvu Ruģeļus, kas bija paredzēts plānotās Daugavpils HES celtniekiem un darbiniekiem, papildinās rindu mājas un daudzstāvu ēkas. Kādreizējā amatniecības centra slavu jāatgūst Gajokam, kur plānots pagarināt dambi un celtniecības līniju gar Daugavu. Kalkūni un Ķīmiņu mikrorajons arī turpmāk būs industriālās zonas, kuras tiks attīstītas, savukārt pilsētas zaļajām zonām Mežciemam un Jaunajiem Stropiem ir izstrādāts īpašs infrastruktūras attīstības un rekreācijas plāns.

Secinājumi

1. Pilsētvides ainavai ir būtiska loma vietas tēla veidošanā un identitātes nostiprināšanā, tā var kļūt par nozīmīgu pilsētas ekonomiskās izaugsmes stimulu, cita starpā veicinot arī tūrisma plūsmu piesaisti.
2. Ainavas attīstības plānošanā jārespektē pilsētas kultūrvēsturiskais mantojums, kas ietver arī pilsētas arhitektoniski kompozicionālo veidolu un tradicionālo zemes lietojuma veidu struktūru.
3. Šodienas ainavu raksturu Latgales pilsētās lielā mērā nosaka tie apstākļi, kas pastāvēja padomju varas gados un noteica cilvēka darbības ietekmju veidus. No padomju laika mantotā etnosociālās vides ietekme izpaužas gan daudzdzīvokļu namu mikrorajonos, gan individuālās apbūves teritorijās, vizuāli iezīmējot pilsētnieku estētiskos priekšstatus un tradīcijas.
4. Ainavas kvalitātes novērtējuma rezultāti Latgalē uzrāda, ka visaugstākā pilsētvides ainaviskā kvalitāte ir reģiona rajonu centros un mazpilsētās- Balvos, Krāslavā, Preiļos,

Dagdā un Varakļānos. Lielajās pilsētās Daugavpilī un Rēzeknē pastāv izteikta ainavas vizuālās un ekoloģiskās kvalitātes iekšējā teritoriālā diferenciacija.

5. Prognozējot pilsētvides ainavas transformācijas iespējamus virzienus, iezīmējušās būtiskas atšķirības starp atsevišķām Latgales reģiona pilsētām. Dinamiskāks pilsētvides transformācijas process raksturīgs tieši lielākajām pilsētām, ko veicina apjomīga investīciju plūsma uz nozīmīgākajiem ekonomiskās aktivitātes centriem. Pazeminoties pilsētu rangam, vājāk izteiktas kļūst ainaviskās vides pārmaiņas.
6. Latgales lielpilsētās Daugavpilī un Rēzeknē tiek saražoti aptuveni 55% reģiona kopprodukta, arī darba ražīgums ir ievērojami augstāks nekā citās Latgales pilsētās. Straujāka ekonomiskā izaugsme veicina būvniecības apjomu pieaugumu, zemju lietojuma veidu izmaiņas, teritorijas izmantošanas intensitātes paaugstināšanos un izteiktāku pilsētvides ainavas transformāciju tieši Daugavpilī un Rēzeknē.
7. Tiek prognozēts, ka jaunas daudzstāvu mājas tiks būvētas galvenokārt Latgales rūpniecības centros Daugavpilī un Rēzeknē, savukārt parējās reģiona pilsētās dominēs individuālo 1 vai 2 stāvu dzīvojamo namu un rindu māju būvniecība. Pilsētu centros pārsvarā tiks būvēti jauni darījumu centri, biroju telpas, kultūras, sociālās un sporta infrastruktūras objekti, savukārt mājokļu būvniecība izvēršīsies pilsētu perifērajās zonās, arī ārpus pilsētas administratīvajām robežām.
8. Latgales reģiona pilsētu arhitektūrai ir individuāls raksturs un sava īpatnēja vides telpa, taču attīstības gaitā reģionālās un lokālās formas un vide pamazām transformējas un unificējas, jo mūsdienās daudzās valstīs lieto praktiski vienas un tās pašas industriālās konstrukcijas, būvdetaļas un apdares materiālus.
9. Latgales reģiona pilsētu telpiskās arhitektūras veidošanā maksimāli jāiesaista reljefs, ūdensteces un ūdenstilpes, esošie un projektējamie apstādījumi. Pilsētu arhitektūras ekoloģiskajām prasībām jāklūst arvien diferencētākām, jo šo prasību nivelēšana ir liels drauds pilsētvides ainaviskajai savdabībai.
10. Jāveic dažāda mēroga būvniecības projektu saskaņošana, obligāti noskaidrojot pilsētnieku viedokli par viena vai otra projekta realizācijas lietderību. Sabiedriskajā apspriešanā noteikti būtu jāiekļauj jautājumi par plānotā objekta iederību pilsētas ainaviskajā veidolā un saskaņu ar pastāvošo pilsētvides arhitektoniski telpisko kompozīciju.
11. Ņemot vērā nekustamā īpašuma tirgus cenu straujo kāpumu, aizvien lielāka nozīme jāvelta jau esošo apbūvēto teritoriju arhitektoniskajai un ainaviskajai rehabilitācijai. Industriālo mantojumu iespējams pārveidot ne tikai par dzīvojamo apbūvi, bet arī par tūristu piesaistes objektiem.
12. Pilsētvides ainavas tālāku transformāciju ietekmē arvien intensīvāka urbānās un rurālās telpas mijiedarbība pilsētu un lauku teritoriju saskares robežjoslās. Lauku telpiskā vide ir pakļauta sadrumstalošanas riskam un identitātes zudumam urbānās vides spiediena rezultātā, tāpēc ir jāveic integrēta pilsētu un lauku teritoriju attīstības plānošana un optimāla telpiski kompozicionālā veidola veidošana. Jācer, ka valstī realizējamā administratīvi teritoriālā reforma veicinās pilsētu un lauku teritoriju līdzsvarotu un ilgtspējīgu attīstību.

Summary

The paper deals with transformation of urban landscape in the 2 cities and 12 towns of Latgale region on change of 20- 21 centuries, in period from 1990 to 2007. Article provides literary overview about specifics of urban landscape and factors, that have influence on transformation of urban landscape structure and quality. Complex character of urban landscape stressed equally impressive very different factors that includes demographic, social economic, visual aesthetic, ecological and cultural historical aspects.

Significant indicators of urban landscape transformation are changes of population and another demographic parameters in urban areas, changes of land use structure, urban environmental quality, dynamics of urban transportation system and volume of construction works.

Urban landscape play essential role in making of place image and in consolidation of local identity. Landscape quality can be significant factor of urban economic development and are a resource of tourism business. Present view of urban landscape in Latgale region are mainly inherit from Soviet times. Transformation of urban landscape became more intensitive in period after join Latvia in EU. Unification of urban landscape is threatening process, what can reduce urban landscape quality.

Results establish disparities between scopes and directions of urban landscape transformation among different ranks of urban settlements. Changes of landscape are more expressive and intensitive in the cities of Latgale region Daugavpils and Rēzekne, in which exist territorial differentiation of visual aesthetic and ecological quality of urban landscape. Comperatively higher quality of urban landscape is in the district centres and small towns of region- in Balvi, Krāslava, Preiļi, Dagda, Varakļāni. Results have practical importance on process of urban development planning, in optimization of urban land use structure and to increase of urban landscape quality in Latgale region.

Literatūra

1. Matisovs I. Pilsētvides ainavas kvalitāte un to ietekmējošie faktori Latgalē.// V Starptautiskās zinātniski praktiskās konferences „Vide. Tehnoloģija. Resursi.” rakstu krājums. Rēzekne: Rēzeknes Augstskola, 2005. 155.-163.lpp.
2. Briņķis J. Latvijas apdzīvoto vietu arhitektoniski telpiskā kompozīcija teritoriju plānošanā.// LU 64.zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga: Latvijas Universitāte, 2006. 21.- 23.lpp.
3. Briņķis J. Apdzīvoto vietu kompleksu funkcionālā un arhitektoniski telpiskā kompozīcija.// LU 65.zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga: Latvijas Universitāte, 2007. 23.- 26.lpp.
4. Stūre I. Kultūras un dabas mantojuma aizsardzība un attīstības plānošana. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 2004.
5. Urtāne M. Ainavas vizuālās kvalitātes modelēšana.// LU 65.zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga: Latvijas Universitāte, 2007. 109.-110.lpp.
6. Kūle L. Urbanizācijas īpatnības Pierīgā.// LU 65.zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga: Latvijas Universitāte, 2007. 64.-65.lpp.
7. Šķiņķis P., Stankeviča V. Latvijas pilsētu sociāli ģeogrāfiskās atšķirības. Ģeogrāfiski raksti. VII sējums. Rīga: Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, 1999. 94.-115.lpp.
8. Valdmane I. Latgales reģiona teritorijas plānojums. Latvijas arhitektūra. #3 (65)/2006.112.-116.lpp.
9. Krišjāne Z. Pilsētu loma teritorijas attīstībā.// Ziemeļaustrumu Latvijas daba un cilvēki reģionālajā skatījumā. Rakstu krājums. Rīga: Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, 2005. 8.- 11.lpp.
10. Reģionu attīstība Latvijā 2004. Rīga: Valsts reģionālās attīstības aģentūra, 2004.
11. Eglīte P. Pilsētainavu dažādība un raksturīgās iezīmes.// LU 64.zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga: Latvijas Universitāte, 2006. 33.- 34.lpp.
12. Latvijas reģioni skaitļos 2001. Rīga: LR Centrālā statistikas pārvalde, 2001.
13. Latvijas statistikas gadagrāmata 2006. Rīga: LR Centrālā statistikas pārvalde, 2006.
14. Vides rādītāji Latvijā 2004.-2006. Rīga: LR Centrālā statistikas pārvalde, 2004.-2006.
15. Jankevics J., Krišjāne Z., Bauls A. Iedzīvotāju mobilitātes pētījumu izmantošana lielo pilsētu tieces areālu noteikšanā.// II Latvijas Ģeogrāfijas kongress. Rīga: LGB, 2000. 8.- 12.lpp.
16. Крешенинников А. Градостроительное развитие жилой застройки: исследование опыта Западных стран. Москва: Архитектура С, 2005. 112 с.
17. Latvijas 2000.gada tautas skaitīšanas rezultāti. Rīga: LR Centrālā statistikas pārvalde, 2002.
18. Krivica M. Dzīvokļa kvadrātmetra cena Daugavpilī divkāršojusies. *Latgales Laiks*, 2006.gada 7.aprīlis.
19. www.daugavpils.lv/images/TP_presentation_short.ppt#256, skatīts 2007.22.02.

SABIEDRĪBAS LOMA VIDES PROBLĒMU RISINĀJUMOS

THE ROLE OF SOCIETY IN THE MEASURE OF ENVIRONMENT PROTECTION

Dzintra Atstāja, Ivars Brīvers

Banku augstskola, Valdemāra ielā 1b, Rīgā, LV 1819

Tālr.: +(371)29412245, e-pasts: dzintra.atstaja@ba.lv

Tālr.: +(371)29463651, e-pasts: ivars.brivers@ba.lv

Abstract. *The paper analyzes preconditions of launching the environment education in Latvia. Since the environment has become a social priority, policies of sustainability have come to form a part of the agenda in modern society. Universities play a vital role in the success of these policies and are a key factor, alongside political and economic factors, in guaranteeing sustainable development.*

The study develops an alternative formula expert method that integrates evaluation and evaluation, maximizes fairness, broadly encompasses the key tree, tree-environment and tree-human traits, and accords realistic monetary value.

The influence of universities is confirmed by the extent to which society needs a human capital that is able to meet the challenge of sustainability. However, it should be understood that Universities create opinions and methodological paradigms that should lead the social progress.

Keywords: *economy, environment, analyze, sustainability.*

Ievads

Industrializētajā pasaules daļā izveidojies ideoloģisks konflikts starp vides aizsardzību un sabiedrības tehnoloģiskās attīstības nodrošināšanu. Pastiprināta vides ideoloģija samazina videi bīstamu darbību veikšanu. Savukārt tehnoloģijas ideja ir vērsta uz to, ka vienīgi arvien sarežģītāka tehnoloģija var panākt planētas aizsardzību [1,7].

Latvijā ir mazs iedzīvotāju blīvums un zema ražošanas intensitāte, valstī esošā vides kvalitāte ir labāka nekā vairumā ES dalībvalstu. Latvijā lielās teritorijās sastopamas citās ES valstīs retas vai izzudušas dzīvnieku sugas un dzīvotnes, turklāt piekrastes purvi, mitrie meži, dabīgās pļavas, kā arī citas dabas bagātības ir starptautiski atzītas vērtības.

Latvijas Republikas Vides ministrijas Latvijas ilgtspējīgas attīstības indikatoru pārskatā norādīts, ka mūsdienu pasaules ilgtspējīgas attīstības stratēģiju pamatā ir ekonomiskās labklājības pieauguma nodrošināšana, vienlaicīgi samazinot materiālās patēriņa vajadzības un resursu patēriņu.

Raksta autori parāda ekspertu metodes praktisko pielietojumu, lai raksturotu sabiedrības lomu vides problēmu risināšanā. Lai novērtētu sabiedrības iesaistīšanas iespējas vides jautājumu risināšanā, autori noskaidrojuši, kā uzņēmumi iesaistās vides aizsardzībā un kāda ir vides politikas ietekme uz uzņēmumu.

Lai aptvertu plašāku aptaujāto uzņēmēju loku, autori šo jautājumu iekļauj bakalaura programmas studentu prakses programmā. Autori analizē Banku augstskolas studentu atbildes no 2002.gada līdz 2006.gadam no iesniegtajiem studentu prakses pārskatiem un aizpildītajām anketām. Rezultātā iegūtas 668 aptaujas vienības. Datu ticamībai 2006.gadā aptaujāti vēl 112 eksperti.

Pētījuma objekti un metodes

Cilvēks savā darbībā nepārtraukti saskaras ar nepieciešamību izvēlēties labākos risinājumus atbilstoši konkrētajām prasībām. Tas pilnā mērā attiecas arī uz dabas resursiem. Izglītojot sabiedrību, iespējams rast veiksmīgākus vides jautājumu risinājumus un rezultātus. Piesārņotā dabas vidē rodas nepieciešamība lietot papildus materiālos, finanšu un darba resursus, kas sadārdzina produkciju, izraisa disproporcijas, ietekmē dzīves kvalitātes līmeni.

Ilgtspējīga attīstība ir normatīvs jēdziens, kas orientēts uz tādiem uzvedības un vērtību standartiem, kuri ir jārespektē, jo cilvēku sabiedrībai ir jāapmierina savas izdzīvošanas prasības un labklājības vajadzības [3,1]. Eiropas vidi vajadzētu aplūkot kontekstā ar sociālekonomiskajām aktualitātēm, piemēram, ar Lisabonas procesu un ilgtspējīgu attīstību, kam ir arī spēcīga globālā dimensija. Vides aizsardzībā un ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanā svarīgi atrast savstarpēji izdevīgus risinājumus, lai sasniegtu stabilus rezultātus. Šādi risinājumi ietver konkurētspēju un inovācijas, sociālo un teritoriālo saliedētību, kā arī nedaudzo dabas resursu un vērtīgo ekosistēmu aizsardzību un uzturēšanu. Raksta autoriem ir pieredze darbā ar topošajiem uzņēmējiem, tādēļ izdevies apkopot informāciju, kā mainās uzņēmēju un sabiedrības attieksme pret vides vērtībām un vides aizsardzības jautājumiem. Aptaujāti uzņēmumu vadošie darbinieki un rezultāti salīdzināti vairāku gadu garumā, izmantojot ekspertu metodi. Klienta atbildes mehānismi, atbildes skala – slēgtās atbildes – dod iespēju:

- novērtēt apmierinātības intensitāti;
- kvantēt atbildes;
- izmantot intervijās;
- veikt laika kontroli intervijās.

Valstī vides politika tiek veidota un pieņemti lēmumi, kas var ietekmēt vidi vai cilvēku veselību, ievērojot šādus vides aizsardzības principus:

- 1) princips “piesārņotājs maksā” – persona sedz izdevumus, kas saistīti ar tās darbības dēļ radītā piesārņojuma novērtēšanu, novēršanu, ierobežošanu un seku likvidēšanu;
- 2) piesardzības princips – ir pieļaujams ierobežot vai aizliegt darbību vai pasākumu, kurš var ietekmēt vidi vai cilvēku veselību, bet kura ietekme nav pietiekami izvērtēta vai zinātniski pierādīta, ja aizliegums ir samērīgs līdzeklis, lai nodrošinātu vides vai cilvēku veselības aizsardzību. Principu neattiecinā uz neatliekamiem pasākumiem, ko veic, lai novērstu kaitējuma draudus vai neatgriezenisku kaitējumu;
- 3) novēršanas princips – persona, cik iespējams, novērš piesārņojuma un citu videi vai cilvēku veselībai kaitīgu ietekmju rašanos, bet, ja tas nav iespējams, novērš to izplatīšanos un negatīvās sekas;
- 4) izvērtēšanas princips – jebkuras tādas darbības vai pasākuma sekas, kas var būtiski ietekmēt vidi vai cilvēku veselību, jāizvērtē pirms attiecīgās darbības vai pasākuma atļaušanas vai uzsākšanas. Darbība vai pasākums, kas var negatīvi ietekmēt vidi vai cilvēku veselību arī tad, ja ievērotas visas vides aizsardzības prasības, ir pieļaujams tikai tad, ja paredzamais pozitīvais rezultāts sabiedrībai kopumā pārsniedz attiecīgās darbības vai pasākuma nodarīto kaitējumu videi un sabiedrībai.

Veidojot vides politiku un pieņemot lēmumus, ievēro arī Reģionālās attīstības likumā noteiktos reģionālās attīstības pamatprincipus [2,2]. Sabiedrībai – topošajiem uzņēmējiem, ikvienai privātpersonai, kā arī personu apvienībām, organizācijām un grupām – ir tiesības:

- 1) prasīt, lai valsts iestādes un pašvaldības, amatpersonas vai privātpersonas izbeidz tādu darbību vai bezdarbību, kas pasliktina vides kvalitāti, kaitē cilvēku veselībai vai apdraud viņu dzīvību, likumiskās intereses vai īpašumu;
- 2) atbalstīt vides aizsardzības pasākumus un sadarboties ar valsts iestādēm un pašvaldībām, lai nepieļautu tādu darbību veikšanu, arī tādu lēmumu pieņemšanu, kas var pasliktināt vides kvalitāti vai ir pretrunā ar vides normatīvo aktu prasībām;
- 3) sniegt informāciju valsts iestādēm un pašvaldībām par darbībām un pasākumiem, kas ietekmē vai var ietekmēt vides kvalitāti, kā arī ziņas par vidē novērotajām negatīvajām pārmaiņām, kas radušās šādu darbību vai pasākumu dēļ;
- 4) iesniegt valsts iestādēm un pašvaldībām priekšlikumus par tiesisko regulējumu un izstrādātajiem dokumentu projektiem vides jomā.

Autori izmanto atbilžu variantus piecu gradāciju skalā (Likerta formāts), kas pieprasa klientam sniegt aprakstu (lielumu, frekvenci). Apstiprinošas un noliedzošas atbildes ir izslēgtas. Datu saņemšana analīzei – tiek pielietota bāzes veidlapa, autori manuāli ievada datus bāzes programmā, katram klientam piešķirot noteiktu kodu. Pie datu ievadīšanas tiek nodrošināta:

- atbilžu rediģēšana un interpretēšana;
- atbildes ievadīšana datorā;
- atbilžu tīrīšana (datoram saprotama).

Pie datu uzglabāšanas tiek nodrošināts, lai no klientu kodiem var pārslēgties atpakaļ pie vārdiem.

Rezultāti un to izvērtējums

No iepriekš aprakstītā autori secina, ka nepieciešams iesaistīt sabiedrību dabas aizsardzības procesu ieviešanā un videi nedraudzīgu pasākumu apturēšanā. Lai pārliecinātu atbildīgās institūcijas un sabiedrību par nepieciešamību veikt apkārtējās vides piesārņojuma ekonomisko novērtējumu, sakārtot piesārņoto vietu datu bāzi, bez sabiedrības atbalsta neiztik. Lai panāktu kvalitatīvu rezultātu, nepieciešams pārliecināties par sabiedrības informētību par vides jautājumiem un situāciju organizācijās, iestādēs, reģionā un valstī.

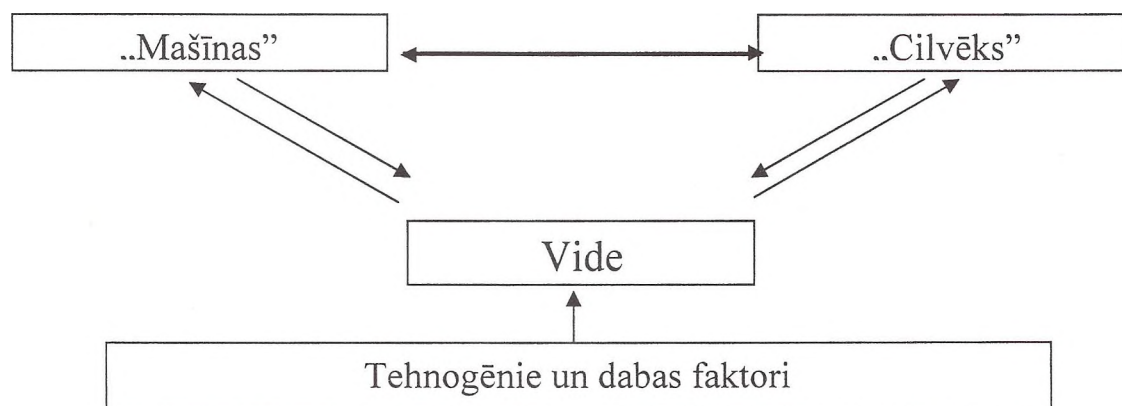
Autori analizē aptaujas rezultātus par vides politikas ietekmi uzņēmumu un organizāciju darbībā, formulē secinājumus par situāciju Latvijas tautsaimniecībā un respondentu iepriekšējās sagatavotības ietekmi uz atbilžu kvalitāti.

Pirms statistiskās novērošanas uzsākšanas tika atrisināti vairāki metodoloģiskie jautājumi [4,67]:

- statistiskās novērošanas objekta noteikšana;
- statistiskās novērošanas vienības noteikšana;
- statistiskās novērošanas uzdevumu formulēšana;
- statistiskās novērošanas pazīmju izraudzīšana.

Atbilstoši grupēšanas galvenajiem uzdevumiem autori izmanto tipoloģisko grupēšanu – statistiskos datus grupē pēc ekspertu iepriekšējās sagatavotības un organizācijām, ko eksperti pētījuši.

Vides aizsardzības stratēģija ir nopietns arguments, uz kā balstīties sarunās ar potenciālajiem ieguldītājiem, jo pierāda, ka Latvija ir drošs sadarbības partneris, kurš zina, ko grib. Tā dod iespēju novirzīt līdzekļus neatliekamāko problēmu risināšanai, kā arī pamatot projektu nepieciešamību. 1.attēlā autori parāda cilvēku un vides mijiedarbību.



1.attēls. Cilvēka un vides mijiedarbība

Vides problēmu risinājumos sabiedrībai vienlīdz svarīgi ir visi mijiedarbības elementi:

- vide (gaiss, ūdens, notekūdeņi, izmeši, troksnis u.c.);

- cilvēks (dažādu indivīdu un kolektīvu ietekmju un interešu kopums, kas atstāj ietekmi uz vidi);
- mašīna (ražošanas uzņēmumi, organizācijas, firmas, kas saimnieciskās darbības rezultātā veic piesārņojošas darbības).

Šīs mijiedarbības ekonomiskais novērtējums ļaus pamatot un panākt dabas aizsardzības pasākumu ieviešanu un efektivitāti un sabiedrības attieksmi, iesaistoties vides jautājumu risināšanā.

Rezultātu interpretēšanu autori veic:

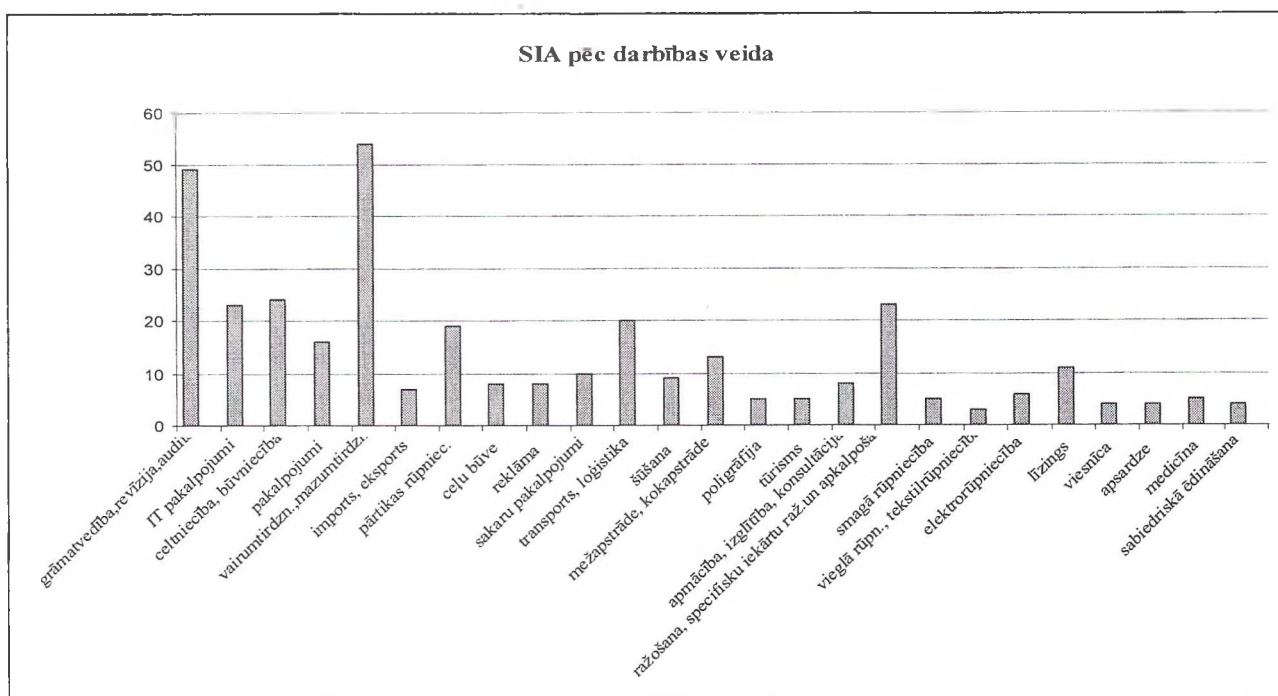
- nosakot ticamības intervālu un pieļaujamās kļūdas variācijas lielumu ap vidējo vērtību;
- nosakot statistiskās nozīmības līmeni – vai divu pētījumu rezultāti ir atšķirīgi, ievērojot pieļaujamās kļūdas;
- noskaidrojot, vai izmaiņas ir ārpus ticamības līmeņa robežām.

Par jautājumiem, kuriem nav dotas atbildes, pieņemts:

- svītrot klientus, kas snieguši nepilnīgus datus;
- ievietot trūkstošajā ailē kopējo vidējo vērtējumu;
- ievietot trūkstošajā ailē klienta vidējo vērtējumu par pārējiem jautājumiem.

2.attēlā parādītas aptaujāto uzņēmēju pārstāvētās nozares. Autori izvēlējušies nepilnīgi aizpildītās anketas izmantot uzņēmumu salīdzinājumā pa gadiem:

- nosakot, kas ir izmainījies, kopš iepriekšējās vērtēšanas,
- salīdzinot ar iepriekšējās aptaujas datiem.



2.attēls. Aptaujāto uzņēmēju pārstāvēto nozaru atspoguļojums

Lai atdalītu vairāk svarīgas parādības no mazāk svarīgām, tika izmantota datu ranžēšanas procedūra. Informācijas ranžēšana ir viens no vienkāršākajiem informācijas apstrādes paņēmieniem [4,29]. Lai novērstu izkropļojumus parametru vērtēšanas rezultātos, anomālo informāciju autori izslēdz.

Matemātiski apstrādāti ekspertu aptaujas rezultāti ir apkopoti.

Pētījuma rezultāti – „Kā Jūsu uzņēmumu ietekmē vides politika, kādus dabas aizsardzības pasākumus veic?”:

- a) aptaujāti 2002.-2006.gada Banku augstskolas pēdējo kursu bakalaura programmu studenti – topošie uzņēmējdarbības vadītāji, struktūrvienību vadītāji, īpašnieki, darbinieki, neatkarīgi eksperti, praktikanti;
- b) studenti, kas apguvuši studiju kursu „Vides ekonomika”, jautājumus par vidi un dabas aizsardzību izklāstīja sīki un detalizēti, izstrādājot priekšlikumus, ko vēl varētu uzņēmumos uzlabot, savukārt studenti, kas nebija apguvuši kursu „Vides ekonomika”, uz šo jautājumu vai nu neatbildēja, vai sniedza nenoteiktu atbildi (piem., nav informācijas, uzņēmums jauns un pagaidām neiesaistās, nav iesaistīti);
- c) visbiežāk uz jautājumu par vides aizsardzību izvairās atbildēt valsts iestāžu (ministrijas, Valsts kases, VID u.c. dažādu līmeņu darbinieki);
- d) pie pasākumiem, ko veic, visbiežāk minēti: maksā DRN, ievēro ES prasības, ievieš kvalitātes sistēmu, līgumi ar apsaimniekotāju organizācijām, piedalās apkārtnes labiekārtošanā;
- e) vakara un neklātienēs studentiem ir nopietnāka interese par vides aizsardzību un dabas aizsardzības pasākumu ieviešanu.

Saimnieciskās darbības ietekmes uz apkārtējo vidi novērtēšanu ierobežo:

- fakts, ka uzņēmuma darbības ekoloģiskās un ekonomiskās efektivitātes nosaka pēc daudziem kritērijiem, bet nepastāv vienots – sintezējošs rādītājs;
- ražošanas objektu projektu novērtēšanā pārsvarā ir normatīvi un ierobežojumi, bet ne stimulējošie parametri;
- uzņēmumiem nav konkrētas metodikas, kā aprēķināt un prognozēt ekonomisko efektu, ko dos investīcijas resursus saudzējošās, ekoloģiskās un bezatkritumu tehnoloģijas;
- nepieciešamība veidot vienotu metodisko pamatu rezultatīvai savstarpējai mijiedarbībai starp valsts institūcijām un uzņēmumiem saimniekojošo subjektu sociāli ekonomiskā ieguldījuma apkārtējās vides saglabāšanā un atjaunošanas noteikšanā un stimulēšanā.

Secinājumi

Izglītota sabiedrība aktīvi iesaistās vides jautājumu aktualizēšanā. Sabiedrībai jāizmanto tiesības piedalīties tādu lēmumu pieņemšanā un plānošanas dokumentu sagatavošanā, kuri var ietekmēt vidi. Sabiedrība šīs tiesības var īstenot, pirms ir pieņemts attiecīgais lēmums vai dokuments, tai skaitā attiecībā uz:

- 1) plānošanas dokumentiem – saskaņā ar normatīvajiem aktiem, kas reglamentē teritorijas plānošanu, stratēģisko ietekmes uz vidi novērtējumu vai konkrētu vides jomu, uz ko attiecas dokuments, arī tādiem plānošanas dokumentiem, kuri izstrādāti saskaņā ar normatīvajiem aktiem, kas reglamentē:
 - a) atkritumu apsaimniekošanu, arī bīstamo atkritumu apsaimniekošanu,
 - b) bateriju un akumulatoru apsaimniekošanu,
 - c) iepakojuma apsaimniekošanu,
 - d) gaisa kvalitāti,
 - e) ūdens resursu aizsardzību, arī pret lauksaimniecībā lietoto nitrātu piesārņojumu;
- 2) paredzētu darbību – saskaņā ar normatīvajiem aktiem, kas reglamentē ietekmes uz vidi novērtēšanu un būvniecību;
- 3) iecerētu būvniecību – saskaņā ar būvniecību reglamentējošiem normatīvajiem aktiem;
- 4) piesārņojošu darbību – saskaņā ar normatīvajiem aktiem, kas reglamentē piesārņojošu darbību veikšanu un attiecīgu atļauju izsniegšanu;
- 5) ģenētiski modificētu organismu izplatīšanu vidē – saskaņā ar normatīvajiem aktiem, kas reglamentē darbības ar ģenētiski modificētiem organismiem.

Sabiedrībai ir tiesības sniegt priekšlikumus vai izteikt viedokli pirms attiecīgā lēmuma pieņemšanas vai dokumenta galīgās redakcijas sagatavošanas [2,4].

Pētījuma rezultātā autori secina, ka:

- 1) salīdzinot atbildes piecu gadu periodā, pozitīvi mainās sabiedrības attieksme par labu vides aizsardzības risinājumiem;
- 2) uzņēmēji, kas studiju laikā apguva studiju kursu „Vides ekonomika”, ir nopietnāka attieksme, formulējot atbildes;
- 3) gadu no gada atkārtoti aptaujājot uzņēmumus, mainās pētāmā uzņēmuma vadības attieksme – rūpīgāk un detalizētāk tiek sagatavota un sniegta informācija, kā uzņēmumi iesaistās vides aizsardzības pasākumos, kā tiek iesaistīti darbinieki un apkārtējā sadarbība (visbiežāk minēts projekts „Pēdas”, talkas, teritorijas labiekārtošana u.c.).

Daudzi uzņēmumi ar labiem rezultātiem vides aizsardzībā vēlas informēt par saviem sasniegumiem plašāku sabiedrību un interešu grupas. Tāpēc tie brīvprātīgi publicē sabiedrībai pieejamus vides pārskatus, kuros apraksta uzņēmuma radīto ietekmi uz vidi, kā arī norāda uz savu veikumu vides stāvokļa uzlabošanā un akcentē paveiktā darba konkrētos rezultātus. Šāda veida pārskati tomēr jāatšķir no tiem, kurus pieprasa vides institūcijas dažādās valstīs. Vides institūcijām iesniedzamie pārskati ir obligāti un nav domāti plašākai sabiedrībai. Savukārt uzņēmumu vides pārskatu sastādīšana ir brīvprātīga, un tajos sniegtā informācija domāta plašam interesentu lokam [6,48].

Vairums uzņēmēju uzskata, ka efektīvāku rezultātu var panākt ar reālām soda sankcijām, nevis pozitīvo piemēru popularizēšanu. Autore turpinās analizēt faktoros, kas mainītu sabiedrības attieksmi par labu videi draudzīgiem risinājumiem, veicinot sabiedrību informējošus un izglītojošus pasākumus, izskaidrošanas darbu. Sabiedrībai un dažādām organizācijām ir iespējas līdzdarboties ietekmes uz vidi novērtējuma procesā.

Resume

Since the environment has become a social priority, policies of sustainability are forming a part of the agenda in modern society. Universities play a vital role in the success of these policies and are a key factor, alongside political and economic factors, in guaranteeing sustainable development. The influence of universities is confirmed by the extent to which society needs a human capital that is able to meet the challenge of sustainability. However, it should be understood that Universities create opinions and methodological paradigms that should lead the social progress.

According to the world experience in carrying out of an environment policy use of economic tools is extending in Latvia. Natural resources using in general should be such to promote reduction of costs and increase arrived in a social production.

It is a necessary to search for new approaches to the decision of environmental problems of industrial production. Ecological management should take all aspects of work in attention and should define rational attitude between a consumption level, development of manufacture and ecological factors.

The importance of environmental protection has entered the spotlight of global attention. Humans, society, and nature have mutually interacted since the beginnings of time, and it is crystal clear now that economical concerns should never prevail over the environmental protection

The purpose of the Law on Environmental Protection is to promote sustainable development in the field of environmental protection, to create and ensure an effective environmental protection system, the functions of which are the following:

- 1) to conserve, protect and improve the quality of the environment;
- 2) to protect human health;
- 3) to ensure environmental protection from the impacts created by anthropogenic loads;
- 4) to conserve biological diversity;
- 5) to promote the sustainable utilization of natural resources and energy;

- 6) to ensure the inclusion of an environmental protection requirement in the regulatory enactments, conceptions, plans and program's regulating other sectors;
- 7) to ensure public participation in the observation of environmental protection principles and the implementation of environment policies; and
- 8) to ensure that the public has the opportunity to freely receive environmental information.

State environmental policy is formed by observing the principle of sustainable development, the "polluter pays" principle, the precautionary principle and the assessment principle. They specify:

- 1) the sustainable development principle – the State and the public shall establish such a system of social and economic conditions, which provides for the sustainable utilizations of natural resources, ensures improvement in the quality of life and the satisfaction of current needs without creating a threat to the satisfaction of the needs of future generations, and ensures the conservation of biological diversity for an unlimited time period;
- 2) the "polluter pays" principle – natural persons and legal persons shall cover all the costs, which are related to the assessment, reduction or rectification of the pollution caused as a result of their activities;
- 3) the precautionary principle – a natural or legal person has a duty to reduce to the extent possible the anthropogenic load, which occurs or may occur as a result of their activities. The initiator of an activity has a duty to ensure that the activity conforms to regulatory enactments regarding environmental protection and the State environmental policy; and
- 4) the assessment principle – any activity or measure, which may impact on the quality of the environment, shall be allowed only in such case, if the positive result achieved by the relevant performer of the activity and the public as a whole exceeds the adverse result caused by the activity to the quality of the environment or the harm done as a result of such an activity or measure to the environment and the public.

The people of Latvia have the right to live in a qualitative environment and to request that competent State authorities, legal persons and their officials, as well as natural persons terminate such actions or inaction as causes this environment to deteriorate.

Every natural person and legal person, as well as unions, organizations and groups thereof (hereinafter – the public) have the right to perform concrete measures for improvements in environmental quality and environmental protection, previously co-coordinating these with the territorial (regional) environmental protection and local government authorities; request from competent State authorities and officials information regarding the environmental impact of the objects to be designed and to be constructed, and to express their objections and proposals; request that competent State authorities publish and notify the results obtained from surveys regarding environmental problems; in accordance with the procedures provided for by the Constitution and other laws, take part in referendums on laws and draft laws pertaining to environmental protection and the utilizations of natural resources, as well as in the discussions by the people of these laws and draft laws; in accordance with the procedures specified by the laws of the Republic of Latvia, organize public protests, meetings and other mass events against economic and any other type of activity that is dangerous to the environment; in accordance with the procedures specified by regulatory enactments apply to law enforcement institutions in relation to issues regarding the actions or non-actions of State and local government authorities, which affect the interests of the public in the field of the environment, as well as in accordance with the procedures specified by regulatory enactments dispute or appeal the decisions taken by State administrative institutions and local governments on such issues; Submit to the environmental consultative council proposals and recommendations regarding the regulation of environmental protection standards, as well as regarding prepared environmental protection plans, programs and projects.

The analysis of the environmental management practice lets us conclude that it is necessary to improve the existing procedure of establishment and regulation of ecologically- economical efficiency in order to make optimal nature protection agreements in enterprises.

The traditional schemes of environment evolution, motivation and restriction, depending on the influence of integrated quality and quantity of company's economical activity have several drawbacks and several relevant questions have not been observed:

- the ecological and economical efficiency of the company's activity is stated according to many criteria, but there doesn't exist a united one – a synthesizing index;
- norms and restrictions but not stimulating parameters dominate the evolution of production unit projects;
- companies do not have certain methods for calculating and prognosticating the economic effect which will be given by investment resources protecting, ecological and waste-free technologies;
- the necessity to form a united the beneficial methodical basis for the beneficial mutual interaction between government institutions and companies.

Literatūra

1. Larson, M.-L. On the Law on Environmental Damage. Liability and Reparation. Acidimetric AB, Delbruck, 1996, p 653.
2. Vides aizsardzības likums. Likums Saeimā pieņemts 2006.gada 2.novembrī. Publicēts: "Latvijas Vēstnesis" 183 (3551) 15.11.2006. Rīgā
3. Latvijas ilgtspējīgas attīstības pamatnostādnes. Rīga: Ministru kabinets, 2002.gada 13.augusts.
4. Lasmanis, A. Datu ieguves, apstrādes un analīzes metodes pedagogijas un psiholoģijas pētījumos. 1.grāmata.Rīga: SIA „Izglītības soļi”, 2002. 236 lpp.
5. Field, B.C., Field, M.K. Environmental economics an introduction. Third Edition, ISBN 0-07-242921-6, NY, McGraw-Hill Companies, 2002. p.510
6. Rokasgrāmata vides pārvaldības sistēmas ieviešanai atbilstoši ISO 14001 standarta prasībām. Sast. I.Belmane, K.Dalhammars, Lunda, 2002. 196 lpp.

**VIDES PĀRVALDĪBA UN LĪDZSVAROTA ATTĪSTĪBA
PAŠVALDĪBĀS : INTEGRĀCIJAS UN SISTEMIZĀCIJAS PRAKSE
TĀLĀKIZGLĪTĪBAS PROCESĀ**
*MUNICIPAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT : INTEGRATION AND SYSTEMIZATION PRACTICE FOR
FURTHER EDUCATION*

Raimonds Ernšteins, Diāna Šulga, Daiga Štelmahere, Sarmīte Grundšteina
Latvijas Universitātes Vides zinātnes un pārvaldības institūts
Raiņa bulv. 19, Rīga, LV 1586, Latvija, tālr.: +(371)7034575, fakss: +(371)7034572

Abstract. *Grounded environmental management training / education basic principles and approaches e.g.: complexity and wholeness of spectrum for environmental management content, particularly nature and social environment interaction; interlinkage of biotic, abiotic, anthropological and communicational structures; complementarity of state / public, household and municipal and corporate, as well as regional and international environmental management dimensions; functionality of strategic / policy and planning, programming and projecting (4P) levels of environmental management; disciplinization and integration of environmental management realizations; necessity of environmental awareness development of specialists and public through environmental communication - information, education, participation and environmentally friendly behavior, applicability of monitoring, evaluation, planning and decision making realization functions of environmental management.*

Keywords: *environmental management, sustainable development, municipal training and distance education, self-experience development, integrative and systemic approaches.*

Ievads

Sabiedrības līdzsvarotas un ilgtspējīgas attīstības sekmīgas nodrošināšanas pamatus nosaka tās realizācija iedzīvotājiem vistuvākajā pārvaldes līmenī – vietējās pašvaldībās. Līdzsvarotas attīstības principu integrāciju un starpsektoru sadarbības sekmēšanai pašvaldībās tiek izstrādātas Lokālās *Agenda 21 (LA 21)* jeb Līdzsvarotas attīstības rīcības programmas (LARP) vietējiem vai reģionālajiem līmeņiem, kas notiek obligātā un tiešā sabiedrības konsultāciju procesā. Atbilstoši ANO pieņemtās starptautiskās *Agenda 21* pašvaldību 28.nodaļas ieteikumiem līdz 1996.gadam visu valstu pašvaldībās vajadzēja uzsākt konsultatīvo procesu ar iedzīvotājiem, tomēr šis vēlējums bija pārāk optimistisks.

Jauna cilvēkresursu kapacitāte un inovācijas līdzsvarotas attīstības plānošanā un praktiskajā piemērošanā, kas vispirms būtu attīstāms, nozīmē esošo speciālistu papildu vispusīgu (sistēmisku) praktisko apmācību, lai tie spētu interaktīvā sadarbībā ar citu sektoru un organizāciju pārstāvjiem plānot un risināt kompleksas (integratīvas) dabas vides un sociāli ekonomiskās vides mijiedarbības problēmas pašvaldībās. Pēdējo gadu laikā, pieaugot Latvijas pašvaldību pieredzei, rodas arvien vairāk iespēju izmantot **vietējo pašiniciatīvu un pašpiederzi un svarīgi ir izvēlēties šodienas attīstības apstākļiem atbilstošus un konkrētus pirmos soļus LA 21 procesam, tāpēc nepieciešams attīstīt kā teorētiskās, tā arī praktiskās pieejas vides pārvaldības izglītībā, t.sk. pašpiederzes veidošanas kopumu – pašaktīvās darbības pieeja, projektu pieeja, sabiedrības līdzdalības pieeja, interešu grupu pieeja un vietējo iniciatīvas iesaistes pieeja, komandu pieeja un vides komunikācijas pieeja [2;6].**

Līdzsvarotas attīstības koncepcijas un vides pārvaldības teorijas, īpaši integrācijas un sistemizācijas paradigmatiskā principa, kontekstā būtu veidojami tādi izglītības procesa nosacījumi, lai varētu savstarpēji sasaistīt vietējo cilvēkresursu pašpilnveides izglītojošās funkcijas realizāciju ar pašaktīvās plānošanas un projektēšanas funkciju pašvaldības ikdienas praksē. Minēto funkciju apvienošanu nodrošina **municipālās tālākizglītības programma „Vides pārvalde un līdzsvarota attīstība pašvaldībās”, kas tiek realizēta tālmācības formā ar**

oriģinālu mācību kursu līdzekļu palīdzību visu sektoru un līmeņu pašvaldību speciālistiem, kā arī saistītajiem vides aizsardzības un arodizglītības speciālistiem.

Pamatojoties uz 2000.gada tālākizglītības pilotprojekta sekmīgajiem rezultātiem, lai tālāk tiktu veidoti priekšnosacījumi mērķtiecīgai, vidi sargājošai darbībai vietējo un reģionālo pašvaldību līmenī, Latvijas Universitātes Vides zinātnes un pārvaldības institūts (VZPI) sadarbībā ar Luneburgas Universitātes Vides komunikācijas institūtu, pateicoties Vācijas un Latvijas vides fondu atbalstam, izstrādāja un abās valstīs realizēja (2001-2005) uz vides zinātnes teorētiskajiem atzinumiem un ilgtspējīgas attīstības principiem balstītus, bet pašvaldību ikdienas praksē orientētus tālākizglītības kursus tālmācības formā.

Problēmsituācijas pārskats

Uzkrātā pieredze līdzsvarotas attīstības modeļprojektu realizācijā Latvijā ļauj izdarīt vairākus būtiskus rezumējumus, un, galvenais, Latvijas pašvaldībās jau praktiski aprobētas visas galvenās sastāvdaļas līdzsvarotas attīstības plānošanā [5;6], t.sk.:

- sabiedrības līdzdalībā veiktas pašvaldību starpsektoru integratīvās situāciju analīzes un izstrādātas pirmās pašvaldību līdzsvarotas attīstības koncepcijas un stratēģijas,
- izstrādātas un aprobētas dažādas jaunas pašvaldību aktivitātes ierosināšanas, sabiedrības iesaistīšanas u.c. metodikas,
- izstrādātas un aprobētas metodikas sabiedrības ierosinātu līdzsvarotas attīstības indikatoru sagatavošanā,
- veikta pašvaldību un to apvienību ilgtspējīgas attīstības stratēģiskā un rīcības plānošana un projektorientētas realizācijas izstrāde,
- ierosinātas un daudzviet sekmīgi darbojas vairākas jaunas sabiedrības iniciatīvas un interešu grupas, kā arī aktīvi tiek izmantota starptautiskā pieredze,
- tiek aprobēti arī 'zaļā' pagasta attīstības modeļi,
- izstrādāti pirmo ilgtspējīgas attīstības rīcības programmu (IARP) modeļu varianti dažāda līmeņa pašvaldībās un aprobēti praksē.

Lai nodrošinātu Latvijas pašvaldībās līdzsvarotas attīstības tālāku attīstību, nepieciešama vēl traucējošo problēmu novēršana un šādi priekšnosacījumi:

- radot nepieciešamo informatīvo, apmācības un konkrēto piemēru analīzes nodrošinājumu, psiholoģisko un komunikatīvo barjeru pārvarēšana, t.sk. par *Lokālās Agenda 21* kā tādu speciālu ārpus pašvaldību ikdienas prakses un nepieciešamības pastāvošu darbību,
- mērķtiecīga pašvaldību vadītāju un potenciālo *LA 21* koordinatore informācija un apmācība praktiskai darbībai, kā arī pašvaldību sadarbības apvienību veidošanās.

Tālāk jānovērtē arī vides pārvaldības izglītības attīstības aspekti Latvijā, vispirms teorija un tad tās piemērojums tālākizglītības praksē. Videszinātniskās izglītības (VI) ieguves procesa veidošanai un vadīšanai [3] piemērojama integrācijas un disciplinārizācijas universālā paradigmātiskā pieeja, kas nodrošina vides izziņas un pārveides konkrētās funkcionālās struktūras tematisko un cēloņu - sekas mijasakarību noskaidrošanu un to savstarpēji sistēmisku integrēšanu, izveidojot struktūras saturu tā tālākai disciplinārai vai integratīvai apguvei. Integrētu saturu veido sistēmiskā un problēmiskā kopuma pieeja vides izziņas un pārveides studijās, un satura apguves līmeni nodrošina pašas personības aktivitātes izpausmes un vajadzību apmierināšanas process. Vides pedagoģija ir zinātne par vides izziņas un pārveides zināšanu un izpratnes, prasmju un attieksmju apguves, videi draudzīgas rīcības un vides apziņas veidošanās procesu, didaktiskajām teorijām un metodēm.

Vides izziņas un pārveides studiju sistēma videszinātniskās izglītības ieguvei izveidojama katrā izglītības pakāpē un to savstarpējā sistēmiskā saistībā gan izglītības politikas un studiju satura sistematizācijas attīstībai, gan vides politikas nepieciešamajai humanizācijai un individualizācijai (sabiedrības ilgtspējīgai attīstībai). **Galvenās jomas vides pārvaldības studijās** – vides zinātne, vides politika un plānošana, vides pārvaldes teorija un vadība,

lietišķā vides pārvalde. **Programmatiskās prasības:** apgūt vides pārvaldības teoriju un tās pielietojumu dažādos plānošanas un pārvaldes līmeņos un vides sektoros; apgūt zināšanas un prasmes strādāt multidisciplinārās vides pārvaldības (projektu) komandās un risināt dabas un sociālās vides mijšakarību kvalitātes pārvaldības problēmas, izmantojot vides sistēmanalīzes interdisciplināro pieeju un nodrošinot nepieciešamo vides politiku un plānu izstrādi, kā arī atbilstošas vides pārvaldes realizāciju; apgūt akadēmisku un lietišķu pētījumu veikšanu vides pārvaldībā, izstrādājot individuālos kursa projektu un grupas pētnieciskos kursa darbus.

Tālākizglītības procesa attīstības kontekstā un tieši vides pārvaldības izglītības veidošanai svarīgi veicināt akadēmisko diskusiju par vides pārvaldības konceptu, integratīvo un sistēmisko pieeju u.tml. Vides zinātne (*Environmental Science*) ir interdisciplināra zinātne [3] par dabas vides un sociālās vides / sabiedrības mijiedarbību, **integratīvās sistēmas** izziņu un pārveidi. **Vides pārvaldība** (*Environmental Management*) ir pēctecīgi **cikliska** vides problēmsituāciju risinājumu politikas izstrāde un to praktiskās realizācijas plānošana, rīcību programmēšana un konkrētu projektu īstenošana to **sistēmiskajā kopveselumā**, kas nodrošina galveno vides pārvaldības funkciju piemērošanu – valsts un municipālajā, sadzīves un korporatīvajā pārvaldē ciešā sadarbībā starp visām atbilstošajām sabiedriskajām un profesionālajām interešu un mediatorgrupām. Galvenās funkcijas vides pārvaldē: konkrēto dabas un sociālās vides mijiedarbības radīto vides problēmu novērtēšana, alternatīvo risinājumu projektēšana, pieņemtā lēmuma plānošana; izpildes un kontroles funkcijas.

LU VZPI, sagatavojot jaunai akreditācijai vides pārvaldības maģistra studiju programmu, 2003./2004.g. izstrādāja novērtējumu un atbilstoši arī rīcības programmu priekšlikumus VI attīstībai gan nacionālās stratēģijas izstrūkumam, gan tālākizglītības un tālmācības attīstības kontekstā, kā arī mācību materiālus nepietiekamajam saturam un metožu daudzveidībai.

Vispirms būtu pieminami šādi pastāvošie attīstības ierobežojumi: nepietiekami izstrādāta **“integrēšanas” metodoloģija**, kā arī maz attiecīgu ieviešanas metožu piedāvājuma (pārsvārā starptautiski projekti), neattīstītas **“starpdisciplināras”** mācīšanas tradīcijas skolās un izglītības sistēmā kopumā, vienlaikus maz izmantojot ‘zaļo’ skolu u.c. projektu pieredzi, VI attīstības **pārskatu un pētījumu**, kā arī to atbilstošas publicitātes un materiālu izplatīšanas trūkums, nepietiekams **pieprasījums** „no augšas” (starptautisks un nacionāls) un **piedāvājums** „no apakšas” (skolotāji, NVO, plašsaziņas līdzekļi u.c.), IZM ir pieņēmusi **vadlīnijas par integrācijas** kā vienīgo VI realizācijas pieeju (izņemot sākumskolu); nepietiekams VI un apziņas līmenis (**akadēmiskās attīstības kapacitāte**) IZM un tai pakļautajās institūcijās, vispārējās izglītības ekspertiem.

Savukārt mācību materiālu un mācību grāmatu trūkumu raksturo šāda situācija: **nav atsevišķa** VI mācību priekšmeta skolu mācību programmās un integrācijas pieejas neskaidrība, kā arī nepietiekama VI īstenošana (**integrēšana**) esošajos mācību priekšmetos – nav izpratnes par VI saturiski metodisko **procesu skolā**, dominējošās **monodisciplinārās** skolotāju izglītības programmas parasti sagatavo **tikai viena divu** mācību priekšmeta mācīšanai skolā, IZM apstiprināja vadlīnijas VI integrācijai esošajos mācību priekšmetos, nevarot piedāvāt atbilstošu pilna profila **mācību līdzekļu nodrošinājumu**, vēlams visiem priekšmetiem, **kapacitātes trūkums** IZM jaunu un inovatīvu (interdisciplināru) iniciatīvu ieviešanai, t.sk. metodisko un oriģinālgrāmatu izdošanā, trūkst atbalsta **zinātniskiem pētījumiem** VI, t.sk. gan vietējām, gan globālām vides problēmām Latvijas kontekstā, kā arī VI **metodiķu** apmācībai, „citu” mācību priekšmetu **skolotāji nav sagatavoti** vides izglītībai – ne sākotnējā, ne, vairumā gadījumu, arī tālākizglītības posmā.

Šajā nodaļā, īpaši ievērojot VI sistēmas un citu veicinošu faktoru izstrūkumu, svarīgi atzīmēt atsevišķi vēl nesen tikai teorētisku, bet šobrīd jau arī praksē aprobētu [1;2;5] pieeju vietējās iniciatīvas un, īpaši, tieši tā saucamās **pašpiederzes** (caur stimulētu pašā indivīda aktīvu darbību apgūtu pieredzi, vienlaikus to liekot uzreiz lietā tālākās pieredzes apgūvē – R.Ernšteins, 2000.) veidošanu. Arvien vairāk pasaulē un, patīkami, ka arī Latvijā, tiek izdoti

dažādi palīgmateriāli un, īpaši svarīgi, paraugprojekti un paraugdarbi par sekmīgas vietējās darbības nodrošināšanas pieredzi – skatīt dažādus LU VZPI, LR VARAM, REC u.c. materiālus – un tāpat tiek realizēti t.s. modelprojekti. Mūsu pieredzē (pilnībā piekrītot VARAM formulējumiem) galvenais secinājums ir darīt visu, kas palīdzētu veidot pozitīvu attieksmi pret jaunievedumiem jeb inovācijām pašvaldībās, lai iedrošinātu vietējos speciālistus un iedzīvotājus pieņemt jaunas idejas un iespējas.

Ja mēs uzdotu pavisam vienkāršus jautājumus par cilvēka izziņas pamatuztveri, īpaši apmācību procesā, tad, apskatot gan informācijas uztveršanas, gan mūsu mācīšanās spējas praktiskai darbībai, mēs ļoti viegli varam izdarīt secinājumu, ka viens no efektīvākajiem veidiem ir **“mācīties darot”**, t.sk. piemērojot šo pieeju arī studiju procesam pašvaldības u.c. speciālistu talārizvērtībā.

Metodika un pielietojums

Kursa programmas realizācijas gaitā tika piemērotas tradicionālās pētnieciskās metodes – dokumentu analīze, anketēšana un intervijas, daļēji strukturēts novērojums. Minētās metodes atbilstoši izstrādājot un piemērojot komplementāri un dotās tālmācības programmas kā pētnieciskā fenomena realizācijas kontekstā, tika izveidots t.s. problēmsituācijas jeb gadījuma analīzes integratīvais kopsētijs (*case study research*).

Aptaujās piedalījās gandrīz visi 4 reizes pēctecīgi realizētās LU Vides zinātnes un pārvaldības institūta tālmācības studiju programmas “Vides pārvalde un līdzsvarota attīstība pašvaldībās” dalībnieki, galvenokārt pašvaldību darbinieki, no dažādiem Latvijas novadiem, pārstāvēt visa veida pašvaldības. Tālmācību kursus apmeklējuši galvenokārt domes priekšsēdētāji, attīstības un teritorijas plānotāji, kā arī vides aizsardzības un citu sektoru darbinieki. Lielākā daļa dalībnieku bija vecumā virs 30 gadiem un 2/3 bija sievietes. Gandrīz puse no aptaujātiem pašvaldībās strādā samērā neilgu laiku – līdz 5 gadiem.

Turpat pusei pašvaldību agrāk ir tikuši izstrādāti sociāli ekonomiskās attīstības plāni un/vai teritorijas attīstības plāni, bet tikai 4 pilsētu pašvaldībās izstrādāti arī vides politikas plāni. Plānu izstrādāšanā aktīvākās ir pilsētu pašvaldības, bet turpat 15% pašvaldības vispār nav izstrādāti nekādi plāni.

Pašvaldību darbinieki apmeklējuši [7] kursus tādēļ, ka vēlas paplašināt savu redzesloku, zināšanas nepieciešamas darba pienākumu veikšanai, kā arī, lai konkurētu darba tirgū.

Respondenti nosaucot vismaz 3 svarīgākās vides problēmas, kuras būtu visaktuālākās Jūsu pagastā vai pilsētā, iegūstam rezultātu, ka pagastu pašvaldībās dominē ūdens apgādes, notekūdeņu attīrīšanas, atkritumu apsaimniekošanas, kā arī lauku ainavas (aizauguši lauki) un resursu (mežu izciršana) izmantošanas problēmas. Savukārt pilsētās aktuāla ir atkritumu apsaimniekošana, ūdens saimniecības, gaisa piesārņojuma un ar infrastruktūru un plānojumu saistītās problēmas.

Respondenti atbildēja uz jautājumu par to, kas un kam būtu konkrēti jādarā, lai atrisinātu šīs u.c. vides problēmas (1.tabula).

Kā problēmu iespējamie risinājumi minēti konkrēti pasākumi, kas būtu veicami pašvaldībā, kā arī organizatoriski un politiski pasākumi valsts līmenī. Gan pagastu, gan pilsētu pašvaldībās kā viens no vides problēmu risināšanas instrumentiem minēti iedzīvotāju informēšanas un izglītošanas pasākumi. Kā liecina atbildes, tad vides problēmas būtu jārisina pašvaldībām sadarbībā ar iedzīvotājiem, uzņēmumiem, citām organizācijām, valsts institūcijām un masu medijiem.

Vienlaikus lielākā daļa (52%) respondentu atzīst, ka domes darbinieku zināšanas vides jautājumos nav pietiekamas un tās būtu jāpapildina gan ar tīri tehniskām zināšanām konkrētā jomā, gan tādām, kas ļauj saskatīt kopsakarības. Kā liecina atbildes, tad pašvaldību darbiniekiem trūkst informācijas par aktualitātēm vides jautājumos un likumdošanā. Savukārt paši darbinieki bieži vien nav ieinteresēti un motivēti zināšanu apgūšanā – tā lielākā daļa

respondentu (52%) nav pārliecināti, ka viņu kolēģi apmeklēs lekcijas par vides jautājumiem, jo, ja tas neskar konkrētus darba pienākumus, tas neinteresē.

1.tabula

Vides problēmu risināšana pagastu pašvaldībās [7]

<i>Kas būtu jādara?</i>	<i>Kam būtu jādara?</i>
Ūdenssaimniecība	
Jāuzlabo ūdens kvalitāte, jārealizē projekts ūdenssaimn. sakārtošanā	Pašvaldībai
Jāveic inženiertehnisko iekārtu rekonstrukcija	Pašvaldībai, valsts, uzņēmējiem
Jāizstrādā pagasta ūdens rīcības programma	Pagastam
Jāizveido kompleksa pagasta ūdensapgāde	Pašvaldībai
Atkritumu saimniecība	
Jāievieš visaptveroša atkritumu savākšanas sistēma, jāslēdz līgumi	Pašvaldībai un piesārņotājiem
Ātrāka atkritumu poligona izveide, jāizbūvē iekārtas, jāpopularizē centralizēta atkritumu savākšana	Valstij, pašvaldībai
Bezatlikumu kokapstrāde, jāievieš tehnoloģijas koksnes atkritumu pārstrādei	Uzņēmumiem, pašvaldībai
Energosaimniecība, gaisa piesārņojums	
Jāizmanto kokapstrādes atkritumi siltumapgādē	
Jāatrisina gaisa kvalitātes problēmas	Pašvaldībai kopā ar uzņēmējiem
Ainava, resursi	
Beidzot jāsāk "rakt" tālāk	Pašvaldībai kopā ar iedzīvotājiem
Jāizmanto ES līdzekļi	Pašvaldībai + attīstības aģentūrām
Apmācības par alternatīvām lauksaimn. metodēm	Lauks. kons. centram
Normālas l/s platības izveide	Valstij + pašvaldībai
Samazināt lietkoksnis izciršanas daudzumu	AS „Latvijas valsts meži”
Iedzīvotāju atbildības palielināšanās	Pagasta sabiedrībai kopā
Pārtraukt kokogļu ceļa darbību	Ceļa vadībai
Iedzīvotāju informētība, izglītošana	
Jāizglīto meža īpašnieki	Pašvaldībai, Meža dienestam
Jāinformē un jāizglīto iedzīvotāji, sabiedrība	Vides pārvaldei + pašvaldībai, ZAAO
Organizatoriskie, līdzekļu piesaistes pasākumi	
Jāizstrādā pagasta attīstības plāns	Pagastam + VARAM
Vairāk jāstrādā pie projektu izstrādes	Pagastam
Jāpiesaista līdzekļi šo problēmu risināšanai,	Pašvaldībai un vides aizsardzības iestādēm
Jāpiesaista cilvēki pie šīm problēmām	Pašvaldībai + valstij
Jāizstrādā apsaimniekošanas plāns	Zemes īpašniekiem
Kontroles ieviešana, motivēta l/s attīstība	Pašvaldībai, valstij, politiķiem
Jāizstrādā līdzekļu piesaistes plāns, un tas jārealizē	Pašvaldībai
Jārada jaunas darba vietas- jauni uzņēmumi, atjaunoti vecie, atjaunotie	Pašvaldībai

Galvenās atbildes uz jautājumu par to, kādas zināšanas Jums pietrūkst visvairāk:

- teorētiskās – plānošanā, komunikācijā, tās, kuras apgūstu tālmācības kursus, vides stāvokļa objektīva novērtēšana, projektu izstrāde un to īstenošana;
- tehniskās par stāvokli katrā sektorā kopumā, zināšanas ir vispārējas;
- vides problēmu kopsakarības, kura problēma izriet no kuras, lai varētu pievērsties pašai problēmas „saknei” (esošajiem speciālistiem nav zināšanu par vides jautājumu risināšanu). Kā noteikt prioritātes?
- trūkst informācijas no Vides pārvaldes jaunāko lēmumu un saistošo rīkojumu operatīvai saņemšanai, iespējas, jaunumi likumdošanā, par vides jautājumu sakārtošanu.

Ne visās pašvaldībās ir pietiekama sadarbība ar citām organizācijām, lai kopīgi risinātu vides jautājumus. Vislabākā sadarbība pašvaldībām ir ar virsmežniecībām, mežniecībām, īpaši pagastu pašvaldībām, tāpat ar Reģionālo vides pārvaldi un Rajona padomi. Labākai sadarbībai vajadzētu būt ar Lauksaimniecības pārvaldi, Lauku atbalsta dienestu, Pieaugušo izglītības centriem (PIC), NVO un SO, kā arī ar Reģionālo vides pārvaldi. Laba sadarbība ar PIC ir tikai

pilsētu pašvaldībām. Labāka sadarbība ar citām pašvaldībām ir tām, kuras ir iesaistījušās dažādās pagastu un pilsētu apvienībās un realizē kopīgus sadarbības projektus, savukārt 29% uzskata, ka sadarbība varētu būt labāka, bet 20% no aptaujātām pašvaldībām domā, ka sadarbība ir slikta. Ne visās pašvaldībās ir laba sadarbība ar vietējiem uzņēmumiem – 52% uzskata, ka tā varētu būt labāka.

Paši pašvaldību darbinieki uzskata, ka 38% ir maz un ļoti maz informēti un 48% – vidēji informēti par vides stāvokli savā pagastā, iedzīvotājiem nav pieejama visaptveroša informācija par vides stāvokli pašvaldībā, un paši arī to nemeklē. Pašvaldību sniegtā informācija vides jautājumos 90% aptaujāto pašvaldību ir nepietiekama vai varēja būt labāka. Iedzīvotājiem ir jāiesaistās lēmumu pieņemšanā, to apliecina 93% respondentu, jo tie būtiski ietekmē iedzīvotājus un palielinātu iedzīvotāju atbildību par to realizēšanu. Pašlaik iedzīvotāju līdzdalība lēmumu pieņemšanā ir nepietiekama (56%) un varēja būt labāka (38%), kas vispirms esot saistīts ar informācijas un izglītības trūkumu un neieinteresētību.

Pētījumā par programmas realizācijas kvalitāti [8] tika izmantotas šādas socioloģiskās metodes: anketas, daļēji strukturētas intervijas un telefonintervijas. Puse respondentu atzina izglītības iegūšanu tālmācības kursa veidā kā kaut ko jaunu. Gandrīz visi respondenti ieteiktu tālmācības izglītību saviem kolēģiem un draugiem. Kursu dalībnieki uzskata, ka kursa jautājumi ir svarīgi Latvijas vides aizsardzībai un ilgtspējīgai attīstībai, kā arī ir lietderīgi viņu profesionālajā dzīvē.

Galvenie respondentu secinājumi par kursu norisi. Kopumā tālmācības kurss tika novērtēts kā ļoti labs un labs, bet par apmierinošu to sauca mazāk kā 12% respondentu. Lielākā respondentu daļa vēlētos apgūt līdzīgus tālmācības kursus un uzskata par nepieciešamu veicināt vairāk tālmācības kursus pašvaldībās. Līdzdalībuursos pārtraukušie dalībnieki galvenokārt minēja šādus iemeslus – darba un personīgos apstākļus, kursu saturu atšķirību no iedomātā un personīgo nesagatavotību vides studijām. Apgalvojumu „Pateicoties tālmācības kursam, manas izredzes darbā ir uzlabojušās” par atbilstošu atzina vairāk kā 85% respondentu, un, pat vairāk, daļa respondentu jau bija uzlabojuši savu pozīciju darba vietā.

Rezultāti un to izvērtējums

Pašvaldību speciālistu papildu sistēmiska teorētisko un praktisko aspektu komplimentāra apmācība, lai tie spētu interaktīvā sadarbībā ar citu sektoru un organizāciju pārstāvjiem risināt integratīvas vides problēmas (dabas vides un sociāli ekonomiskās vides mijiedarbības problēmas), veicinās Latvijas lauku pašvaldībām tik nepieciešamo cilvēkresursu kapacitāti un inovācijas līdzsvarotas attīstības plānošanā un rīcībprogrammēšanā.

Tālākizglītības kursi „Vides pārvalde un līdzsvarota attīstība pašvaldībās” tiek realizēti **tālmācības formā** un ir adresēti galvenokārt pašvaldību darbiniekiem, t.i., vides pārvaldības un citu sektoru attīstības plānotājiem un pašvaldību uzņēmumu darbiniekiem, kā arī ar vides pārvaldības tematiku saistītajiem arodpedagogiem un vides aizsardzības speciālistiem ar vidējo, vidējo speciālo vai augstāko izglītību.

Par tālmācības kursu nepieciešamību liecina LU Vides zinātnes un pārvaldības institūta veiktie pētījumi un uzkrātā pieredze sadarbībā ar dažādām lauku pašvaldībām, kas ļauj secināt, ka Latvijas pašvaldībām, jo sevišķi lauku pašvaldībām, ir nepieciešami vispusīgi izglītoti speciālisti ar kompetenci municipālajā vides pārvaldē, vides aizsardzībā un lauku attīstībā. Kursu saturs (skat. 2.tabulu) ir izstrādāts Latvijas Universitātes Vides zinātnes un pārvaldības institūtā sadarbībā ar Lineburgas Universitāti Vācijā, un tie tiek realizēti sadarbībā ar Latvijas Pašvaldību savienību un Latvijas Vides aizsardzības fondu.

Programmas saturu veido, pirmkārt, obligātie moduļi, lai nodrošinātu municipālās dabas vides un sociāli ekonomiskās vides attīstības jautājumu pilna spektra, t.i., **savstarpēji integrētu un sistēmisku**, pārskatu un teorētiski praktisko apguvi to pieaugošajā integrētības pakāpē – Pašvaldību projektu pārvaldība, Vides un pašvaldību attīstības plānošana, Pašvaldību vides

pārvaldība, Pašvaldību līdzsvarota attīstība (pašvaldību līdzsvarotas attīstības rīcības programma jeb *Local Agenda 21*).

2.tabula

Tālmācības kursu saturs un realizācijas struktūra

Klātienes ievadseminārs Nr. 1	
<i>Obligātie mācību moduļi un tēmas (4 moduļi un 8 tēmas)</i>	<p>1. modulis. Pašvaldību projektu pārvaldība 1.1. Vides projektu pieteikumu sagatavošana 1.2. Mērķorientētu projektu izstrāde un vadīšana</p> <p>2. modulis. Vides un pašvaldību attīstības plānošana 2.1. Vides un pašvaldību attīstības plānošana 2.2. Vides un pašvaldību attīstības plānošana</p> <p>3. modulis. Pašvaldību vides pārvaldība 3.1. Vides politikas attīstība 3.2. Vides pārvalde pašvaldībās</p> <p>4. modulis. Pašvaldību līdzsvarota attīstība 4.1. Sabiedrības līdzdalība un apziņa 4.2. Līdzsvarota municipālā attīstība (pašvaldību rīcības programma)</p>
Klātienes seminārs Nr. 2	
<i>Izvēles tēmas: izvēlas 6 tēmas no 12 piedāvātajām</i>	<p>5. modulis. Lauku attīstības pārvaldība 5.1. Kultūrvide un sociālā attīstība 5.2. Bioloģiskā lauku un mežu saimniecība 5.3. Reģionu un piekrastes teritoriju attīstība 5.4. Vietējās uzņēmējdarbības attīstība</p> <p>6. modulis. Dabas resursu pārvaldība 6.1. Dabas resursu pārvaldība 6.2. Dabas resursu pārvaldība</p> <p>7. modulis. Energosaimniecības pārvalde, gaisa un klimata aizsardzība 7.1. Energosaimniecības pārvalde, gaisa un klimata aizsardzība 7.2. Energosaimniecības pārvalde, gaisa un klimata aizsardzība pašvaldībās</p> <p>8. modulis. Atkritumu saimniecības pārvaldība 8.1. Atkritumu saimniecības pārvaldes pamati 8.2. Atkritumu apsaimniekošanas tehnoloģijas</p> <p>9. modulis. Ūdens saimniecības pārvaldība 9.1. Ūdens saimniecības pārvaldes pamati 9.2. Ūdens saimniecības tehnoloģiju pamati</p>
Klātienes seminārs Nr. 3	
<i>Brīvā izvēle: izvēlas 1 moduli (2 burtnīcas) no 3 piedāvātajām</i>	<p><i>Vides un attīstības integratīvā prakse</i></p> <p>10. modulis. Dabas aizsardzība un ekotūrisms</p> <p>11. modulis. Vides audits un pašvaldību vides pārvaldes sistēmas</p> <p>12. modulis. Vides saziņa un sabiedrības attīstība (LA 21 pārvaldība)</p>
Projekta darba izstrāde savās PAŠVALDĪBĀS un to aizstāvēšana	

Kursu dalībniekiem ir svarīgi apgūt arī tās pieejas un paņēmienus, kā **izzināt, novērtēt un kvalificēti izmantot** savas konkrētās pašvaldības piemēru (atkritumu saimniecības, kultūrvides, teritorijas plānojuma utt. tematiku) attiecīgi katra kursa patstāvīgā darbu izpildē.

Otrkārt, pašvaldību speciālistiem tiek piedāvāti izvēles moduļi, lai katru no vides un arī attīstības tēmām skatītu atsevišķi un detalizēti – **disciplinārās tēmu studijas**. Vispirms par lauku attīstības jeb sociāli ekonomisko pārvaldību, tiesa, noteikti arī vērtējot attiecīgos sektorus vides kontekstā – Kultūrvide un sociālā attīstība, Bioloģiskā lauku un mežu saimniecība, Reģionu un piekrastes teritoriju attīstība, Tūrisma attīstība, Vietējās uzņēmējdarbības attīstība un ekonomikas dažādošana, bet tad arī detalizēti par tēmām, kuras attiecas tieši uz vides sektoru – Dabas resursu pārvaldība, Energosaimniecības pārvalde, Gaisa un klimata aizsardzība, Atkritumu saimniecības pārvalde, Ūdens saimniecības pārvalde – visā šo tēmu daudzpusībā jāiedziļinās ir katram klausītājam, bet to speciālismā – tikai attiecīgajiem interesentiem.

Tālmācības programmas turpinājumā dalībnieki atkal skata municipālās vides un attīstības tēmas to integratīvajā vienotībā savas konkrētās pašvaldības (pagasta, novada, pilsētas, rajona) kontekstā, apgūstot izvēles moduļu bloku „Vides un attīstības integratīvā prakse pašvaldībā” – Dabas aizsardzība un ekotūrisms, Vides audits un pašvaldību vides pārvaldes sistēmas, Vides saziņa un sabiedrības attīstība (*Local Agenda 21* pārvaldība). Tālākizglītības programmas noslēgumā kursu dalībnieki izstrādā projekta darbu – savas konkrētās (!) pašvaldības konkrēta sektora attīstības rīcības programmu, kurā, protams, ir ievēroti, t.i., integrēti, visi citu pašvaldības sektoru programmu un projektu aspekti, kā arī kaimiņu pašvaldību, iestāžu un organizāciju u.tml. saistošā darbība.

Secinājumi

1. Nepieciešams mijsakarībā attīstīt vides pārvaldības un ilgtspējīgas attīstības izglītības **sistēmiskās integrācijas kopumu** (skat. principu un pieeju paketi [4;5]).
2. Tomēr noslēgt pilnu vides izglītības situācijas izvērtējumu un izstrādāt atbilstošus nacionālos izglītības politikas un tās rīcībprogrammēšanas dokumentus, balstoties uz integratīvās pieejas un arī (!) disciplinārās pieejas **imperatīvo komplimentaritāti**.
3. Nepietiekami attīstīta sadarbība un dialogs starp dažādām ilgtspējīgas attīstības (IA) procesā iesaistītajām sabiedrības mērķgrupām nereti ir galvenais iemesls sabiedrības atbalsta trūcumam un sabiedrībā vērojamajai neizpratnei. **Vides komunikācija** kā daudzpusēja vides informācijas (t.sk izglītības) **apmaiņa un sadarbība** starp pašvaldību, valsts pārvaldes institūcijām, sabiedrību un tās mērķgrupām ir viens no pašiem būtiskākajiem nosacījumiem un instrumentiem IA dialoga un sabiedrības līdzdalības un apziņas veidošanas nosacījumiem.
4. Atbilstoši veidojot nepieciešamās inovācijas – **disciplinārās komunikācijas dimensijas** – publisko un sadzīves vides komunikāciju, municipālo un korporatīvās vides komunikāciju, kā arī, īpaši, **meditatīvo vides komunikāciju**, tālākie pētījumi un praktiskā aprobācija būtu pašvaldībās piemērojama (un vienlaikus jau izmantojama uz vietas) sadarbības pētniecības (*collaboration research*) veidā.

Summary

Performed surveys (2000 and 2004) has been covering all information resources in the field (for both municipal employees and general public) available in Latvia and empirical data collected by designed questionnaires and semi-structural interviews (2003 and 2005) of municipal and education specialists. Useful additional information was received by analysis of Local Agenda 21 projects, processes and related education programs in all three Baltic States, particularly in the growing co-operation within developing framework and action programs of Baltic Sea region countries Agenda 21 (Baltic 21).

Detailed results of analysis and conclusions drawn are leading to the next basic statements for further/adult education development. There is still an urgent need for further education/training on environmental management ought to be theoretically and practically

combined with Local Agenda 21 contents and processes in municipalities for both general system as well as specialized training programs. Very careful place based preparation is needed, particularly in the relation to the specific target groups and practical experiences to learn from – still required are resource materials in Latvian with both - Latvian expertise and international ones. Distance education, including internet resources, are successfully developing (institutions, computerization, local centers etc.) in Latvia and will have major influence in further education for municipalities in coming years.

Particularly practical long term experience in municipal training/education as well as results of our Local/regional Agenda 21 project implementations in Latvia do allow to formulate following principles and approaches for environmental management/Local Agenda 21 training/education, e.g. which shall be:

1. Planned and realized in close interlinkage and mandatory integration with **territorial / regional development** requirements / interests.
2. Particularly with emphasizing, facilitating and spin-off developing of **Local Agenda 21 action programs** and sustainable development concept in general, (especially sustainable development for coastal municipalities / sub- and interregional territories).
3. Targeted very precise towards following **main municipal target groups** - politicians and elected municipal councilors; senior specialists, especially executive directors and planners as well as co-coordinators and administrators of municipal associations; environmental specialists from municipalities and regional environmental boards; municipal employees; municipal interest groups e.g. NGOs, entrepreneurs, media, education, culture and health institutions, etc.; teachers and students; specialized municipal interest groups (land and forest owners, renters of municipal services, etc.); general public (youth, women and retired persons, etc.).
4. Designed and implemented **in co-ordination with existing** environmental and municipal training programs and institutions, including **incorporation within** developed/developing different education and communication strategies etc. (e.g. National Environmental Communication and education Strategy by Env. Min. etc.)
5. Practical development oriented for local conditions – based on **using_best available practices** and applying / developing **local case studies** in Latvia (including guidelines, questionnaires, block schemes, etc.)
6. Designed and implemented with **appropriate proportion** of:
 - **academic** (analysis, system-thinking etc.) and professional / practical content development,
 - combination of traditional and modern **methods and technologies** e.g. interactive seminars, brochures and distance education tools,
 - local and central **geographical location**,
 - region / territory or free application based.
7. Particularly prepared taking into account **local traditions / background** in general terminology (titles etc.) and specialized marketing.
8. Designed for implementation with home / **self-dependent task performance requirement** to be based on local problem / situation analysis and **eventual project development** (e.g. project ideas, descriptions, particular elaboration etc.).
9. Taking into account (when using regional training approach) **particular differences** of urban, semi-urban and rural conditions, production / services and nature protection specialization of territories as well as records of already realized training courses / programs / projects and ongoing current activities.
10. Considering **training** content and methods **specifications** when approaching specialized professional training according to the former (initial or transactional and practice based) education background of participants.

11. Grounded on environmental management training / education **basic principles and approaches e.g.:**

- **complexity and wholity of spectrum** for environmental management content, particularly nature and social environment interaction,
- **interlinkage** of biotic, abiotic, anthropological and communicational structures,
- **complimentarily** of state / public, household and municipal and corporate, as well as regional and international environmental management dimensions,
- **functionality** of strategic / policy and planning, programming and projecting (**4P**) levels of environmental management,
- **disciplinarization and integration** of environmental management realizations,
- necessity of environmental awareness development of specialists and public through environmental communication - information, education, participation and environmentally friendly behavior,
- applicability of monitoring, evaluation, planning and decision making **realization functions** of environmental management.

12. Finally, of course, it should be summarised, that **all 11 conclusions** above shall be considered as **coherent whole** and realised into practice when approaching new training developments.

These conclusions are prepared for further training developments in municipalities, but could be also easily adapted for **adult education in general**.

Literatūra

1. Ernšteins R. Partnerships between Municipalities and Universities as Means to Promote Regional and Local Sustainable Development in Latvia, Adomssent M., Godemann J., Leicht A., Busch A(Eds.). Higher Education for Sustainability, Frankfurt, Germany VAS, 2006. p. 245-250.
2. Ernšteins R. Local Agenda 21 Process Facilitation: Environmental Communication and Self-Experience Development in Latvia, Filho L.W., Ubelis.A., Berzina D. (eds.). Sustainable Development in the Baltic and Beyond, Frankfurt, Peter Lang Europaischer Verlag der Wissenschaften 2006. p. 305-318.
3. Ernšteins R., Kudreņickis I., Benders J., Jūrmalietis R., Bendere R. Vides pārvaldības nozares attīstība Latvijā: teorija un prakse. Starptautiskās konferences rakstu krājums. Rīga: RTU izdevniecība, 2007. 13.-16.lpp.
4. Ernšteins R. Local agenda 21 Education for Municipal Development in Latvia: Further and Adult Education case. IXth Conference on Environmental Education in Europe. Environmental Education and Sustainable Development from Policy into Practice, Proceedings. Klaipeda, Lithuania, 2005.
5. Ernšteins R., Štelmahere D., Kudreņickis I. Vietējās ilgtspējīgas attīstības process Latvijā: komunikācijas, mediācijas un pašpiederdes komplementaritātes imperatīvs. Vides zinātnes konferences rakstu krājums. Liepāja, 2006.g. maijs (izdošanā).
6. Ernšteins R. Lokālā Agenda 21: attīstība un perspektīvas Latvijā. Ilgtspējīga attīstība Latvijā: 10 gadi kopš Rio sanāksmes un 10 Latvijas neatkarības gadi. Konferences rakstu krājums. Rīga: LU, 2002. 22.-60.lpp.
7. Grundšteine S. Municipālās vides komunikācijas attīstība. Maģistra darbs, vad. prof. R.Ernšteins, LU Vides zinātnes un pārvaldības institūts. Rīga, 2003.
8. Jansone Z. Vācijas - Latvijas tālmācības studiju programmas novērtējums. FKU projekta nepublicētie materiāli. Rīga: LU VZPI, 2005.

AUTORU SARAKSTS
LIST OF AUTHORS

<i>Alsina Ina</i>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Lielā 2, Jelgava, LV 3001, Latvija Tālr./fakss: +(371)30 05685, e-pasts: Ina.Alsina@llu.lv	LATVIA
<i>Anševica Anita</i>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Strazdu iela 1, Jelgava, LV 3004, Latvija Tālr. +(371)3010612	LATVIA
<i>Atstāja Dzintra</i>	Banku augstskola Valdemāra ielā 1b, Rīgā, LV 1819 Tālr.: +(371)29412245, e-pasts: dzintra.atstaja@ba.lv	LATVIA
<i>Balčiūnas Marius</i>	Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų 3, Uplytė, Panevėžys district, 38 294, Lithuania Ph: +(370)45555413, fax: +(370)45555573, e-mail: soja@upyte.lzi.lt	LITHUANIA
<i>Bassioni Ghada</i>	Chemistry Department, Faculty of Engineering Ain Shams University Cairo, Egypt Phone: +(20)0101832728, e-mail: gbassioni@yahoo.com	EGYPT
<i>Belov Sergey</i>	Geophysical Center of RAS 117296, Moscow, GSP-1, Molodeznaja, 3, Russia Tel. +7 (495) 9305639, fax +7 (495) 9300506	RUSSIA
<i>Bērziņa-Cimdiņa Līga</i>	Rīgas Tehniskā universitāte Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte Āzenes 14/24, Rīga, Latvija, LV 1048 Tel.: + 371 7089211, e-pasts: rudolfs@ktf.rtu.lv	LATVIA
<i>Borovko Lilija</i>	LLU aģentūra „Zemkopības zinātniskais institūts” Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV- 5126, Latvija Tālr.: +(371)5197639, fakss: +(371)5197512, e-pasts: borovko@e-apollo.lv	LATVIA
<i>Brīvers Ivars</i>	Banku augstskola Valdemāra ielā 1b, Rīgā, LV 1819 Tālr.: +(371)29412245, e-pasts: ivars.brivers@ba.lv	LATVIA
<i>Buģina Veronika</i>	LLU Ekonomikas fakultāte Svētes ielā 18, Jelgava, LV 3001, tālr. 3021041	LATVIA

<i>Buiķis Andris</i>	Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia Akadēmijas laukums 1, LV 1524, Zeļļu iela 8, LV 1002, Rīga, Latvija Tālr.: 7033722, fax: 7033701, e-pasts: buiķis@latnet.lv	LATVIA
<i>Ciegis Remigijus</i>	Vilnius University Kaunas Faculty of Humanities Muitinės str. 8, Kaunas tel: +370 37 422344, fax: +370 37 423222 e-mail: remigijus.ciegis@vukhf.lt	LITHUANIA
<i>Daiga Štelmahere</i>	Latvijas Universitāte Vides zinātnes un pārvaldības institūts Raiņa bulv. 19, Rīga, LV 1586, Latvija Tālr.: +(371)7034575, fakss: +(371)7034572	LATVIA
<i>Diāna Šulga</i>	Latvijas Universitāte Vides zinātnes un pārvaldības institūts Raiņa bulv. 19, Rīga, LV 1586, Latvija Tālr.: +(371)7034575, fakss: +(371)7034572	LATVIA
<i>Dobeļe Gaļina</i>	Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas Institūts Dzērbenes iela 27, Rīga, Latvija, LV 1006 Tālr.: 371 7545142; fakss: 371 7550653; e-pasts: gdobeļe@edi.lv	LATVIA
<i>Dubova Laila</i>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Strazdu iela 1, Jelgava, LV-3004, Latvija Tālr. +(371)3010612	LATVIA
<i>Dubrovskis Vilis</i>	LLU TF Lauksaimniecības Enerģētikas institūts e-pasts: vilisd@inbox.lv	LATVIA
<i>Dudare Inta</i>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Strazdu iela 1, Jelgava, LV-3004, Latvija Tālr. +(371)3010612	LATVIA
<i>Endriukaitis Algimantas</i>	Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų 3, Upytė, Panevėžys district, 38 294, Lithuania Ph: +(370)45555413, fax: +(370)45555573, e-mail: soja@upyte.lzi.lt	LITHUANIA
<i>Gineitiene Dalia</i>	Vilnius University Kaunas Faculty of Humanities Muitinės str. 8, Kaunas Ph.: +370 37 422344, fax: +370 37 423222, e-mail: dalia.gineitiene@vukhf.lt	LITHUANIA
<i>Grauda Dace</i>	University of Latvia Institute of Biology Salaspils, LV-2169, Latvia Agricultural Science Centre of Latgale Vilani, Rezekne distr., LV 4650, Latvia e-mail: dace@email.lubi.edu.lv	LATVIA

<i>Gruzdevienė Elvyra</i>	Upyte Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų 3, Lt-38294, Upyte, Panevėžys distr. Lithuania Phone: +370 45 555423; fax: +370 45 555573; e-mail: upyte@upyte.lzi.lt	LITHUANIA
<i>Hill Bernd</i>	University of Münster (VWestfälische Wilhelms-Universität) Department of Physics Institute of Technics and Didactics Wilhelm-Klemm-Str. 10, 49149 Münster Ph.: +49 251 83-24393; fax: +49 251 83-25337; e- mail: hillb@uni-muenster.de	GERMANY
<i>Jankauskienė Zofija</i>	Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų 3, Upytė, Panevėžys district, 38 294, Lithuania Ph: +(370)45555413, fax: +(370)45555573, e-mail: soja@upyte.lzi.lt	LITHUANIA
<i>Jermušs Aivars</i>	LLU aģentūra "Zemkopības Zinātniskais institūts" Zemkopības institūts 7, Skrīveri 1, Aizkraukles raj., LV 5126 Tāl. 5197529, fakss 5197512	LATVIA
<i>Jurkjane Vilhelmīne</i>	Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas Institūts Dzērbenes iela 27, Rīga, Latvija, LV 1006 Tāl.: 371 7545142; fakss: 371 7550653	LATVIA
<i>Kaķītis Aivars</i>	Latvia University of Agriculture Faculty of Engineering, Institute of Mechanics J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija Ph.: 3080674, fax: 3005685, e-mail: Aivars.Kakitis@llu.lv	LATVIA
<i>Kalis Harijs</i>	Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia Akadēmijas laukums 1, LV 1524, Rīga, Latvija e-mail: kalis@lanet.lv	LATVIA
<i>Kampars Valdis</i>	Rīgas Tehniskā Universitāte Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte Āzenes iela 14/24, Rīga, Latvija, LV 1048 Tāl.: 371 7089224; fakss: 371 7615765; e-pasts: kampars@ktf.rtu.lv	LATVIA
<i>Kangro Ilmārs</i>	Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4600, Latvia Tāl. 646 25167; e-pasts: kangro@ru.lv	LATVIA
<i>Kolesnikov Ilya</i>	Geophysical Center of RAS 117296, Moscow, GSP-1, Molodeznaja, 3, Russia Tel. +7 (495) 9305639, fax +7 (495) 9300506	RUSSIA

<i>Kronbergs Ēriks</i>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte TF Mehānikas institūts J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV3001 Tālr.: 30 80674, fakss: 30 27238, e-pasts: Eriks.Kronbergs@llu.lv	LATVIA
<i>Kundziņa Antra</i>	Rīgas Tehniskā universitāte Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts Āzenes 16/20, Rīga, LV 1048, Latvija Tālr. +(371)29411618, e-pasts: antrak@latnet.lv	LATVIA
<i>Lapiņa Lita</i>	University of Latvia, Institute of Biology Salaspils, LV 2169, Latvia e-mail: lita555@inbox.lv	LATVIA
<i>Ļebedeva Gaļina</i>	LV Koksnes ķīmijas institūts Dzērbenes 27, Rīga, LV 1006, Latvija Tālr.: +(371)7555916, fakss: +(371)7550635, e-pasts: ligno@edi.lv	LATVIA
<i>Lejiņa Biruta</i>	LLU aģentūra „Zemkopības zinātniskais institūts” Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV- 5126, Latvija Tālr.: +(371)5197639, fakss: +(371)5197512	LATVIA
<i>Lejiņš Andris</i>	LLU aģentūra „Zemkopības zinātniskais institūts” Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV- 5126, Latvija Tālr.: +(371)5197639, fakss: +(371)5197512 e-pasts: andrislejins@inbox.lv	LATVIA
<i>Mālers Juris</i>	Rīgas Tehniskā universitāte Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte Āzenes 14/24, Rīga, Latvija, LV 1048 Tālr.: + 371 7089211	LATVIA
<i>Mankevičienė Audronė</i>	Lithuanian Institute of Agriculture Instituto 1, LT-58344 Akademija, Kėdainiai distr., Lithuania Phone: +370 347 37263; fax: +370 347 37096; e-mail: audre@lzi.lt	LITHUANIA
<i>Matisovs Ivars</i>	Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4600, Latvija Tālr.: +(371)4625145, e-pasts: ivars@dau.lv	LATVIA
<i>Morozov Vladislav</i>	Geophysical Center of RAS 117296, Moscow, GSP-1, Molodeznaja, 3, Russia Tālr. +7 (495) 9305639, fax +7 (495) 9300506; e-mail: morozov@wpcb.ru	RUSSIA
<i>Mrowczynska Maria</i>	University of Zielona Góra Institute of Building Engineering 65-516 Zielona Góra, ul. Z. Szafrana 2, Poland Phone:+(48)683282636, e-mail: m.mrowczynska@ib.uz.zgora.pl	POLAND

<i>Niedrīte Maiga</i>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Strazdu iela 1, Jelgava, LV 3004, Latvija Tāl. +(371)3010612	LATVIA
<i>Nikitin Oleg</i>	AS Eesti Põlevkivi, Development Department Jaama str. 10, Jõhvi, 41533, Estonia Ph: +(372)3364123, fax: +(372)3364803, e-mail: oleg.nikitin@ep.ee	ESTONIA
<i>Noviks Gotfrīds</i>	Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601; e-pasts: Gotfrids.Noviks@ru.lv	LATVIA
<i>Nulle Imants</i>	Latvia University of Agriculture Institute of Mechanics, Faculty of Engineering J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija Tāl. 3080674, fakss: 3005685 e-pasts: aka@cs.llu.lv	LATVIA
<i>Pakarna Gatis</i>	Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1010 Tāl.: +371 7034864, +371 29364133	LATVIA
<i>Pareigis Rimantas</i>	Vilnius University Kaunas Faculty of Humanities Muitinēs str. 8, Kaunas Ph.: +370 37 422344, fax: +370 37 423222, e-mail: rimantas.pareigis@vukhf.lt	LITHUANIA
<i>Pastarus Jūri-Rivaldo</i>	Tallinn University of Technology Department of Mining 5 Ehitajate tee St, Tallinn, 19086, Estonia Ph: +(372)6203850, fax: +(372)6203696, e-mail: pastarus@cc.ttu.ee	ESTONIA
<i>Pelčers Gatis</i>	Rīgas Tehniskā universitāte Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte Āzenes 14/24, Rīga, Latvija, LV 1048 Tāl.: + 371 7089211	LATVIA
<i>Plūme Imants</i>	LLU TF Lauksaimniecības Enerģētikas institūts e-pasts: imants@cs.llu.lv	LATVIA
<i>Porozovs Juris</i>	Rīgas Pedagoģijas un izglītības vadības augstskola Imantas 7.līnija – 1, Rīga, LV 1083 Tāl.: +(371)7808120, fakss: +(371)7808034, e-pasts: juris.porozovs@rpiva.lv	LATVIA
<i>Radzevičius Alfredas</i>	Institute of Geology and Geography T.Ševčenkos 13, LT-03223, Vilnius, Lithuania Ph: +(370-5)2104708, fax: +(370-5) 2104695, e-mail: alfredas.radzevicius@geo.lt	LITHUANIA
<i>Raimonds Ernšteins</i>	Latvijas Universitāte Vides zinātnes un pārvaldības institūts Raiņa bulv. 19, Rīga, LV 1586, Latvija Tāl.: +(371)7034575, fakss: +(371)7034572	LATVIA

Raipulis Jēkabs	Latvijas Universitāte Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts Kronvalda bulv 4, Rīga e-pasts: jekabs.raipulis@rpiva.lv	LATVIA
Rancāne Sarmīte	LLU aģentūra „Zemkopības zinātniskais institūts” Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV-5126, Latvija Tālr.: +(371)5197524, fakss: +(371)5197512	LATVIA
Rashal Isaak	Institute of Biology, University of Latvia Salaspils, LV 2169, Latvia e-mail: izaks@email.lubi.edu.lv	LATVIA
Sabanov Sergei	Tallinn Technical University Department of Mining Ehitajate tee 5, VII-202, Tallinn, 19086, Estonia Ph: +(372)6203850, fax: +(372)6203696, e-mail: sergei.sabanov@mail.ee	ESTONIA
Samulis Ēriks	AS “Strūžānu kūdras fabrika” Miera iela 15a, Strūžāni, Rēzeknes raj., LV 4643 Tālr.: 29272595; e-pasts: erikss@latnet.lv	LATVIA
Sarma Uģis	Rīgas Tehniskā universitāte Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts Kronvalda bulvāris 1, Rīga, LV 1010, Latvija	LATVIA
Sarmīte Grundšteina	Latvijas Universitāte Vides zinātnes un pārvaldības institūts Raiņa bulv. 19, Rīga, LV 1586, Latvija Tālr.: +(371)7034575, fakss: +(371)7034572	LATVIA
Šeļegovska Elita	Latvijas Lauksaimniecības universitātes LF Lielā iela 2, Jelgava, Latvija LV 3001 e-pasts: elita.seļegovska@llu.lv	LATVIA
Šmits Mareks	Latvia University of Agriculture Institute of Mechanics, Faculty of Engineering J.Čakstes bulv. 5, LV 3001, Jelgava, Latvia Ph.: +371 30 80674; fax: +371 30 27238; e-mail: Mareks.Smits@llu.lv	LATVIA
Špīdāns Andis	LLU TF Lauksaimniecības Enerģētikas institūts	LATVIA
Spružs Jāzeps	Latvijas Lauksaimniecības universitātes LF Lielā iela 2, Jelgava, Latvija LV 3001 e-pasts: jazeps.spruzs@llu.lv	LATVIA
Šteinberga Vilhelmīne	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Strazdu iela 1, Jelgava, LV 3004, Latvija Tālr. +(371)3010612	LATVIA
Stramkale Veneranda	Agricultural Science Centre of Latgale Vilani, Rezekne distr., LV 4650, Latvia Ph. 4628140, 9465004; e-mail: strzin@apollo.lv	LATVIA

<i>Stramkalis Aldis</i>	Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes raj., LV 4650 Tālr.: +371 4628140, +371 29465004, e-pasts: strzin@apollo.lv	LATVIA
<i>Straume Indulis</i>	LLU TF Lauksaimniecības Enerģētikas institūts	LATVIA
<i>Strazdas Dainius</i>	Vilnius Shop of Ceramicists Užupio 9/2, LT-01202, Vilnius, Lithuania e-mail: dainius.strazdas@yahoo.com	LITHUANIA
<i>Streimikiene Dalia</i>	Vilnius University Kaunas Faculty of Humanities Muitinės str. 8, Kaunas Ph.: +370 37 422344, fax: +370 37 423222, e-mail: dalia.streimikiene@vukhf.lt	LITHUANIA
<i>Švarta Agrita</i>	LLU aģentūra "Zemkopības Zinātniskais institūts" Zemkopības institūts 7, Skrīveri 1, Aizkraukles raj., LV 5126 Tālr. 5197529, fakss 5197512	LATVIA
<i>Taraškevičius Ričardas</i>	Institute of Geology and Geography T.Ševčenkos 13, LT-03223, Vilnius, Lithuania Ph: +(370-5)2104708, fax: +(370-5) 2104695, e-mail: taraskevicius@geo.lt ,	LITHUANIA
<i>Tatarinov Victor</i>	Geophysical Center of RAS 117296, Moscow, GSP-1, Molodeznaja, 3, Russia Tel. +7 (495) 9305639, fax +7 (495) 9300506	RUSSIA
<i>Teirumnieka Ērika</i>	Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, Latvija Tālr./fakss: + 371 4625167, e-pasts: erika.teirumnieka@ru.lv	LATVIA
<i>Teirumnieks Edmunds</i>	Rīgas Tehniskā universitāte Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte Āzenes 14/24, Rīga, Latvija e-pasts: edmunds@ru.lv	LATVIA
<i>Teliševa Gaļina</i>	LV Koksnes ķīmijas institūts Dzērbenes 27, Rīga, LV 1006, Latvija Tālr.: +(371)7555916, fakss: +(371)7550635, e-pasts: ligno@edi.lv	LATVIA
<i>Tiltiņa Līvija</i>	LLU aģentūra „Zemkopības zinātniskais institūts” Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV 5126, Latvija Tālr.: +(371)5197524, fakss: +(371)5197512, e-pasts: tilivija@inbox.lv	LATVIA
<i>Tolmača Nelli</i>	Psihoneirofizioloģijas un bioregulācijas pētījumu centrs Lāčplēša iela 106/108, Rīga, LV 1004 Tel: +(371)7221814, fakss: +(371)71449961, e-pasts: nms.diagnostika@parks.lv	LATVIA

<i>Toma Malda Maija</i>	Latvijas Universitāte Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts Kronvalda bulv 4, Rīga	LATVIA
<i>Urbanovičs Igors</i>	Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas Institūts Dzērbenes iela 27, Rīga, Latvija, LV 1006 Tālr.: 371 7545142; fakss: 371 7550653	LATVIA
<i>Vandāns Jānis</i>	Psihoneirofizioloģijas un bioregulācijas pētījumu centrs Lāčplēša iela 106/108, Rīga, LV 1004 Tel: +(371)7221814, fakss: +(371)71449961, e-pasts: nms.diagnostika@parks.lv	LATVIA
<i>Vigovskis Jānis</i>	LLU aģentūra "Zemkopības Zinātniskais institūts" Zemkopības institūts 7, Skrīveri 1, Aizkraukles raj., LV 5126 Tālr. 5197529, fakss 5197512, e-pasts: vigovskis@apollo.lv	LATVIA
<i>Vikmane Māra</i>	Latvijas Universitāte Bioloģijas fakultāte Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1010 Tālr.: +371 7034864, +371 29364133, e-pasts: mar.vikmane@lu.lv	LATVIA
<i>Vindele Līga</i>	LLU Ekonomikas fakultāte Svētes ielā 18, Jelgava, LV 3001 Tālr. 3021041, e-pasts: liiga-v@inbox.lv	LATVIA
<i>Vāli Erik</i>	AS Eesti Põlevkivi, Development Department Jaama str. 10, Jõhvi, 41533, Estonia e-mail: erik.vali@ep.ee	ESTONIA
<i>Zinkutė Rimantė</i>	Institute of Geology and Geography T.Ševčenkos 13, LT-03223 Vilnius, Lithuania Ph: +(370-5)2104708, fax: +(370-5) 2104695, e-mail: zinkute@geo.lt	LITHUANIA
<i>Zorins Aleksejs</i>	Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte Atbrīvošanas aleja 115, ITC, Rēzekne Tālr. 646 23742; e-pasts aleksejs.zorins@ru.lv	LATVIA