

**RĒZEKNES AUGSTSKOLA  
INŽENIERU FAKULTĀTE  
LATGALES ILGSTSPĒJĪGĀS ATTĪSTĪBAS  
PĒTNIECISKAIS INSTITŪTS**

**REZEKNE HIGHER EDUCATION  
INSTITUTION  
FACULTY OF ENGINEERING  
LATGALE SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
RESEARCH INSTITUTE**

---

# **VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI**

VII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli  
2009.gada 25.-27.jūnijs

## **1. SĒJUMS**

# **ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES**

Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Scientific and Practical  
Conference June 25-27, 2009

## **VOLUME I**

Rēzekne  
2009

**VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI:** VII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli 2009. gada 25.-27. jūnijs. *I. sējums*. Rēzekne, 2009. 296 lpp.

**ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES:** Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference June 25-27, 2009. *Volume I*. Rezekne, 2009. p. 296.

*Zinātnisko rakstu krājumā iekļauti VII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences "Vide. Tehnoloģija. Resursi" raksti.*

*Rakstu tematika saistīta ar vides aizsardzības problēmām, teoriju, praksi un pieredzi vides aizsardzībā, vides tehnoloģijām un enerģētiku, ilgtspējīgo lauksaimniecību, dabas resursiem, bioloģisko daudzveidību, vides izglītību un ilgtspējīgo attīstību, ekoloģijas un kultūras attiecībām, pārstāvēti referāti, kas ir saistīti ar datorzinātnes, matemātikas un mehatronikas pielietošanu vides un citu nozaru problēmu risināšanā.*

*Proceedings include papers presented at the 7<sup>th</sup> International Conference "Environment. Technology. Resources."*

*The themes of the papers are – the environmental problems, theory, practice and experience in environmental protection, environmental technologies and power industry, sustainable agriculture, natural resources, biodiversity, environmental education and sustainable development, ecology and culture. A separate section of the conference includes papers on applications of computer science, mathematics and mechatronics for solution of environmental and other problems.*

**Konferences orgkomiteja / Organizing Committee:**

prof. Dr.habil.geol. G.Noviks – Chairman (Rēzekne Augstskola, Latvia)  
doc. Dr.sc.ing. E.Teirumnieks – Cochairman (Rēzekne Augstskola, Latvia)  
prof. Dr.habil.chem. M.Kļaviņš (University of Latvia, Latvia)  
assoc.prof. Dr.sc.ing. A.Martinovs (Rēzekne Augstskola, Latvia)  
assoc.prof. Dr.sc.ing. P.Grabusts (Rēzekne Augstskola, Latvia)  
prof. Dr. W.Leal (Hamburg University of Applied Sciences, Germany)  
prof. Dr. V.Morozov (Russian Academy of Sciences, Russia)  
prof. Dr.-Ing. J.Timmerberg (Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven, Germany)  
assoc.prof. J.-R.Pastarus (Tallin University of Technology, Estonia)  
prof. Dr. R.Tepfers (Chalmers University, Sweden)  
prof. Dr. T.Chrzan (The University of Zielona Góra, Poland)

**Recenzenti / Reviewers:**

prof. Dr.habil.chem. M.Kļaviņš (University of Latvia, Latvia)  
prof. Dr.habil.sc.ing. J.Vība (Rīga Tehniskā Universitāte, Latvia)  
prof. Dr.habil.sc.ing. D.Blumberga (Rīga Tehniskā Universitāte, Latvia)  
prof. Dr.habil.sc.ing. J.Merkurjevs (Rīga Tehniskā Universitāte, Latvia)  
prof. Dr.agr. A.Adamovičs (Latvijas Universitāte, Latvia)  
prof. Dr.sc.ing. I.Silineviča (Rēzeknes Augstskola, Latvia)  
prof. Dr.paed. P.Vucenlazdāns (Rēzeknes Augstskola, Latvia)  
doc. Dr.biol. I.Druvietis (University of Latvia, Latvia)  
Dr.agr. V.Starmkale (Latgale Sustainable Development Research Institute, Latvia)

**Redkolēģija / Editorial Committee:**

prof. Dr.habil.geol. G.Noviks (Rēzekne Augstskola, Latvia) (managing editor)  
prof. Dr.habil.sc.ing., J.Vība (Rīga Tehniskā Universitāte, Latvia)  
prof. Dr.phil.habil. B.Hill (Münster University, Germany)  
prof. Dr. R.Tepfers (Chalmers University, Sweden)  
assoc. prof. Dr.sc.ing. A.Teilāns (Rēzekne Augstskola, Latvia)  
assoc.prof. Dr. L.Kliučininkas (Kaunas University of Technology, Lithuania)

**Rīcības komiteja / Steering Committee**

Mg.chem. Ē.Teirumnieka  
Mg.ed. I.Morozova  
Mg.biol. R.Deksne

**Redaktore / Editor** Vita Ansone

**Maketu veidojusi** Vita Ansone

© **Rēzeknes Augstskola**

Atbrīvošanas alejā 90, Rēzeknē, LV 4600

ISSN 1691-5402

ISBN 978-9984-44-027-9

**RA Izdevniecība, 2009**

Atbrīvošanas alejā 115, Rēzeknē, LV 4601

# SATURS

## I VIDES TEHNOLOĢIJAS UN ENERĢĒTIKA

<b>Miklaševičs Z.</b>	Enerģētisko šķeldu kravu transportēšanas sablīvējuma koeficientu ietekmējošo faktoru identifikācija un analīze .....	<b>11</b>
<b>Pastarus J.-R. Sabanov S. Shestakova J. Nikitin O.</b>	Igaunijas raktuvju stabu stiprības riska analīze .....	<b>19</b>
<b>Belicka I. Miglāne V. Jansone Z.</b>	Vasarāju graudaugu sugu piemērotība siltumenerģijas ražošanai .....	<b>24</b>
<b>Kaķītis A. Nulle I.</b>	Biomassas maisījumi un to viendabīgums .....	<b>32</b>
<b>Kronbergs Ē. Šmits M.</b>	Enerģētisko augu kondicionēšana bioenerģijas ieguvei .....	<b>38</b>
<b>Malins K. Kampars V. Kampare R. Rusakova T.</b>	Rapšu eļļas tetrahidrofurfurilestera iegūšanas metodes .....	<b>46</b>
<b>Medne O. Dreijers I. Bērziņa L.</b>	Cēloņu seku diagrammu analīze putu polistirola izstrādājumu ražošanas procesam .....	<b>50</b>
<b>Dmitriev A. Zilberschmidt M. Shpirt M.</b>	Ekoloģiski droša sēru saturošo akmeņogļu ieguves atkritumu glabāšana un to pārstrādes procesi .....	<b>56</b>
<b>Čubars E. Noviks G.</b>	Lubāna ezera niedru resursu izvērtēšana un to izmantošanas enerģijas ieguvei pamatojums .....	<b>66</b>
<b>Linužs A.</b>	Ogļūdeņražu atkritumu izmantošanas efektivitātes paaugstināšanas aspekti .....	<b>74</b>

## II ILGTSPĒJĪGĀ LAUKSAIMNIECĪBA

<b>Borovko L.</b>	Resursu taupošas un vidi saudzējošas tehnoloģijas meklējumi rapša audzēšanā .....	<b>81</b>
<b>Borovko L. Ruža L.</b>	Reģionālo apstākļu un ražošanas resursu koncentrācijas ietekme uz rapša sējumu ražību .....	<b>86</b>
<b>Dinaburga G. Lapiņš D. Bērziņš A.</b>	Neregulējamo faktoru ietekme uz ziemas kviešu augšanu un attīstību .....	<b>92</b>
<b>Poiša L. Stramkale V. Adamovičs A.</b>	Ziemāju graudu kvalitātes radītāju paaugstināšanas iespējas bioetanola ieguvei .....	<b>100</b>

<b>Agafonova L. Jansons A. Rancāne S.</b>	Pākšaugu un labību mistru agrofitocenozes izveidošana bioloģiskās lauksaimniecības apstākļos .....	<b>107</b>
<b>Sprūžs J. Šeļegovska E.</b>	Dažādu barības līdzekļu pēcietekme uz kazu piena produktivitāti bioloģiskajā lauksaimniecībā .....	<b>113</b>
<b>Ļebedeva G. Teliševa G. Tiltiņa L. Rancāne S.</b>	Lignosilīcija iestrāde reizē ar sēju un tā ietekme uz griķu produktivitāti bioloģiskajā lauksaimniecībā .....	<b>118</b>
<b>Maļceva M. Vikmane M. Stramkale V. Stramkalis A.</b>	Slāpekļa mēslojuma izmantošanas efektivitāte galviņkāpostiem	<b>125</b>
<b>Stramkale V. Stramkalis A. Komlajeva Ļ. Selecka M. Vikmane M. Stalažs A.</b>	Latvijā izveidoto linu šķirņu izvērtējums pēc sēklu ražas un kvalitātes .....	<b>133</b>
<b>Lejiņš A. Lejiņa B.</b>	Griķu nozīme augu maiņā un nezāļu ierobežošanas iespējas ilggadīgos pētījumos .....	<b>141</b>
<b>Aleksandrowicz O. Pakuła B. Grabiec E.</b>	Karabīdu kopuma sugu sastāvs un struktūra Ziemeļpolijas jauktajās lopkopības pļavās .....	<b>147</b>
<b>Gruzdevienē E. Jankauskienē Z. Mankevičienē A.</b>	Vides apstākļu un genotipa ietekme uz linsēklu ražu un kvalitāti .....	<b>154</b>
<b>Grauda D. Stramkale V. Komlajeva Ļ. Kolodinska - Bratestam A. Mikelsone A. Lapiņa L. Auziņa A. Rashal I.</b>	Latvijas linu ģenētisko resursu novērtēšana un to izmantošanas perspektīva .....	<b>160</b>
<b>Lapiņa L. Grauda D. Jansone B. Jansons A. Rashal I.</b>	Selekcijai perspektīvu Latvijas lucernas ( <i>Medicago Sativa</i> ) ģenētisko resursu atjaunošana .....	<b>166</b>
<b>Surikova V. Kārkiņš A.</b>	Ābeļu un zālāja konkurence augļu dārzā .....	<b>169</b>
<b>Jankauskienē Z. Gruzdevienē E.</b>	<i>Beniko</i> un <i>Bialobrezskie</i> – rūpniecisko kaņepju šķirnes Lietuvā	<b>176</b>

### III VIDES AIZSARDZĪBA UN MONITORINGS

Noviks G. Teirumnieks E. Lemešenoka N. Matisovs I. Teirumnieka Ē. Miklašēvičs Z.	Degradēto teritoriju izvērtējums Latvijā .....	185
Suchkova N. Sawidis T. Ganoulis J.	Vai smagie metāli ietekmē <i>Brassica Napus</i> , <i>Triticum Spp.</i> , <i>Zea Mays</i> un <i>Hordeum Vulgare</i> dehidrācijas pakāpi? .....	193
Noviks G. Lemešenoka N. Augule S.	Vides problēmu risinājuma stāvoklis Latgales uzņēmumos .....	199
Berezko A. Solovjov A. Krasnoperov R. Ribkina A.	Intelektuāli analītiskā ģeoinformācijas sistēma “Zemes zinātnes dati Krievijas teritorijai” .....	215
Lakevičs V. Bērziņa–Cimdiņa L. Ruplis A. Pelšs J.	Latvijas mālu sorbcijas īpašības un vides aizsardzības apskats	222
Velykienē D.	Sistemātiskā pieeja degradēto teritoriju izvērtēšanā Lietuvā .....	228
Kampars J.	Jaunās paaudzes uzņēmuma ģeogrāfiskās informācijas sistēmas .....	235
Zinkutē R. Taraškevičius R. Jankauskaitē M.	Ķīmisko elementu asociāciju akumulēšanas augsnē variācijas Viļņas vecākajā daļā .....	241
Teirumnieks E. Teirumnieka Ē. Kangro I. Kalis H.	Metālu satura kūrā matemātiskā modelēšana .....	249
Aikaitē-Stanaitienē J. Matikevičienē V. Levišauskas D. Grigiškis S. Baškys E.	Kompleksās smērvielu atkritumu utilizācijas tehnoloģijas optimizācija .....	258
Celiešiūtē R. Grigiškis S. Čipinytē V.	Bioloģisko virsmas aktīvo savienojumu izmantošanas iespējas	267
Noviks G. Skromulis A.	Gaisa vides kvalitātes monitoringa pilnveidošanas iespēju analīze .....	273
Matikevičienē V. Masiliūnienē D. Grigiškis S.	Kerāfīnu saturošo atkritumu degradēšana ar baktēriju .....	284
	<i>Autoru saraksts</i> .....	290

# CONTENT

## I ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES AND POWER INDUSTRY

<b>Miklašēvičs Z.</b>	Identification and analysis of the factors influencing the coefficients for the compaction of energy chips loads .....	<b>11</b>
<b>Pastarus J.-R. Sabanov S. Shestakova J. Nikitin O.</b>	Risk analysis of the pillar strength in the Estonia mine .....	<b>19</b>
<b>Belicka I. Miglāne V. Jansone Z.</b>	Suitability of spring cereals for production of heat energy .....	<b>24</b>
<b>Kaķītis A. Nulle I.</b>	Biomass mixtures and its homogeneity .....	<b>32</b>
<b>Kronbergs Ē. Šmits M.</b>	Conditioning of energy crops for bioenergy production .....	<b>38</b>
<b>Malins K. Kampars V. Kampare R. Rusakova T.</b>	Rape seed oil tetrahydrofurfurylestere .....	<b>46</b>
<b>Medne O. Dreijers I. Bērziņa L.</b>	Analyses of the cause and effect diagrams of expanded polystyrene manufacturing process .....	<b>50</b>
<b>Dmitriev A. Zilberschmidt M. Shpirt M.</b>	Ecologically safety storage of high-sulfur coal wastes and technologies of their processing .....	<b>56</b>
<b>Čubars E. Noviks G.</b>	Evaluation of reed recourses in the Lubans lake and substantiation of their use in energy production .....	<b>66</b>
<b>Linužs A.</b>	Efficiency aspects of hydrocarbons waste utilization .....	<b>74</b>

## II SUSTAINABLE AGRICULTURE

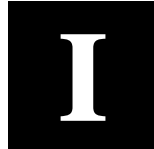
<b>Borovko L.</b>	Seeking of the resource-saving and environment-sparing technologies within rape growing .....	<b>81</b>
<b>Borovko L. Ruža L.</b>	The impact of concentration of regional conditions and production resources on the sowing productivity .....	<b>86</b>
<b>Dinaburga G. Lapiņš D. Bērziņš A.</b>	The impact of unregulated factor influence on winter wheat growth and development .....	<b>92</b>
<b>Poiša L. Stramkale V. Adamovičs A.</b>	Possibilities of winter crop grain's qualitative indices rise for bioethanol production .....	<b>100</b>

<b>Agafonova L. Jansons A. Rancāne S.</b>	Efficiency of cultivation of cereal - papilionaceous mixtures in organic farming conditions .....	<b>107</b>
<b>Sprūžs J. Šeļegovska E.</b>	Postimpact of different feedstuffs on goat milk productivity in organic farming .....	<b>113</b>
<b>Ļebedeva G. Teliševa G. Tiltiņa L. Rancāne S.</b>	Introduction of lignosilicon in soil simultaneously with seeds and its influence on productivity of buckwheat in organic farming .....	<b>118</b>
<b>Maļceva M. Vikmane M. Stramkale V. Stramkalis A.</b>	Efficiency of nitrogen fertilizer application on white cabbage ..	<b>125</b>
<b>Stramkale V. Stramkalis A. Komlajeva Ļ. Selecka M. Vikmane M. Stalažs A.</b>	Evaluation of Latvian flax varieties by seed yield and quality ..	<b>133</b>
<b>Lejiņš A. Lejiņa B.</b>	The buckwheat role in crop rotation and weed control in this sowings in long term trial .....	<b>141</b>
<b>Aleksandrowicz O. Pakuła B. Grabiec E.</b>	Species composition and ecological structure of carabid's assembly in a fodder's mixture field in north Poland .....	<b>147</b>
<b>Gruzdevienė E. Jankauskienė Z. Mankevičienė A.</b>	Influence of environmental conditions and genotype on the linseed yield and seed quality .....	<b>154</b>
<b>Grauda D. Stramkale V. Komulojeva Ļ. Kolodinska Bratestam A. Mikelsone A. Lapiņa L. Auziņa A. Rashal I.</b>	Evaluation of the Latvian flax genetic resources and perspective of their utilization .....	<b>160</b>
<b>Lapiņa L. Grauda D. Jansone B. Jansons A. Rashal I.</b>	Restoration of Latvian alfalfa ( <i>Medicago Sativa</i> ) genetic resources perspective for breeding .....	<b>166</b>
<b>Surikova V. Kārkiņš A.</b>	Competition between apple-trees and grass in the orchard .....	<b>169</b>
<b>Jankauskienė Z. Gruzdevienė E.</b>	<i>Beniko</i> and <i>Bialobrezskie</i> – industrial hemp varieties in Lithuania .....	<b>176</b>

### III ENVIRONMENTAL PROTECTION AND MONITORING

<p><b>Noviks G.</b>  <b>Teirumnieks E.</b>  <b>Lemešenoka N.</b>  <b>Matisovs I.</b>  <b>Teirumnieka Ē.</b>  <b>Miklaševičs Z.</b></p>	<p>Evaluation of brownfields in Latvia .....</p>	<p><b>185</b></p>
<p><b>Suchkova N.</b>  <b>Sawidis T.</b>  <b>Ganoulis J.</b></p>	<p>Do heavy metals affect on dehydration rate of <i>Brassica Napus</i>, <i>Triticum Spp.</i>, <i>Zea Mays</i> and <i>Hordeum Vulgare</i>? .....</p>	<p><b>193</b></p>
<p><b>Noviks G.</b>  <b>Lemešenoka N.</b>  <b>Augule S.</b></p>	<p>The situation on solving environmental problems in the Latgale enterprises .....</p>	<p><b>199</b></p>
<p><b>Berezko A.</b>  <b>Solovjov A.</b>  <b>Krasnoperov R.</b>  <b>Ribkina A.</b></p>	<p>Intellectual analytical geoinformation system “Earth science data for the territory of Russia” .....</p>	<p><b>215</b></p>
<p><b>Lakevičs V.</b>  <b>Bērziņa–Cimdiņa L.</b>  <b>Ruplis A.</b>  <b>Pelšs J.</b></p>	<p>Sorption properties of Latvian clays and environmental protection survey .....</p>	<p><b>222</b></p>
<p><b>Velykienė D.</b></p>	<p>Systematic approach to brownfields assessment in Lithuania ..</p>	<p><b>228</b></p>
<p><b>Kampars J.</b></p>	<p>New generation enterprise geographic information systems ...</p>	<p><b>235</b></p>
<p><b>Zinkutė R.</b>  <b>Taraškevičius R.</b>  <b>Jankauskaitė M.</b></p>	<p>Variation of accumulating associations in topsoil of the oldest part of Vilnius .....</p>	<p><b>241</b></p>
<p><b>Teirumnieks E.</b>  <b>Teirumnieka Ē.</b>  <b>Kangro I.</b>  <b>Kalis H.</b></p>	<p>The mathematical modeling of metals content in peat .....</p>	<p><b>249</b></p>
<p><b>Aikaitė –</b>  <b>Stanaitienė J.</b>  <b>Matikevičienė V.</b>  <b>Levišauskas D.</b>  <b>Grigiškis S.</b>  <b>Baškys E.</b></p>	<p>Optimization of complex technology for grease wastes utilization .....</p>	<p><b>258</b></p>
<p><b>Celiešiūtė R.</b>  <b>Grigiškis S.</b>  <b>Čipinytė V.</b></p>	<p>Biological surface active compounds application possibilities and selection of strain with emulsifying .....</p>	<p><b>267</b></p>
<p><b>Noviks G.</b>  <b>Skromulis A.</b></p>	<p>The analyse of air environment quality monitoring improvement possibilities .....</p>	<p><b>273</b></p>
<p><b>Matikevičienė V.</b>  <b>Masiliūnienė D.</b>  <b>Grigiškis S.</b></p>	<p>Keratīnu saturošo atkritumu degradēšana ar baktēriju .....</p>	<p><b>284</b></p>
	<p><i>List of Authors</i> .....</p>	<p><b>290</b></p>





**VIDES TEHNOLOĢIJAS  
UN ENERĢĒTIKA**

***ENVIRONMENTAL  
TECHNOLOGIES AND  
POWER INDUSTRY***



# ENERĢĒTISKO ŠĶELDU KRAVU TRANSPORTĒŠANAS SABLĪVĒJUMA KOEFICIĒNTU IETEKMĒJOŠO FAKTORU IDENTIFIKĀCIJA UN ANALĪZE

## IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING THE COEFFICIENTS FOR THE COMPACTION OF ENERGY CHIPS LOADS

Ziedonis Miklaševičs

Rēzeknes augstskola, Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601

E-pasts: Z.Miklasevics@lvm.lv, tālr.26473397

**Abstract.** In Latvia the transportation of energy chips loads is carried out almost entirely by trucks. Due to the lack of hard empirical data on the compaction of energy chips loads transported by road, the currently used methodologies for the assessment of the volume of energy chips loads produce only rough estimates.

In order to address this problem and fill the gap, this research paper offers:

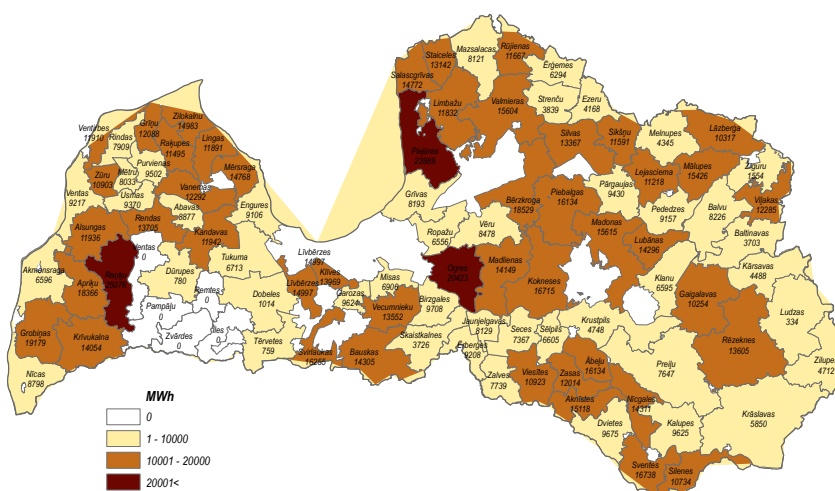
- the methodology for the determination of the coefficients for the compaction of energy chips loads depending on their transportation distance by trucks;
- the values of the coefficients for the compaction of energy chips loads for different transportation distances and different kinds of trucks;
- the identification and analysis of the factors that influenced the values of energy chips loads compaction coefficients.

**Keywords:** energy chips; coefficient.

### Ievads

Koksnes energoresursu patēriņa ievērojamais pieaugums rada nepieciešamību nodrošināt kokmateriālu tirgū vienotus enerģētisko šķeldu kvalitātes un apjoma noteikšanas pamatprincipus.

Enerģētisko šķeldu ražošana un transportēšana līdz patērētājam ir process, kuru veido: ciršanas atlieku daudzuma plānošanas [1; 2; 3], analizējot koksnes krāju cirmās (skat.1.att.), savākšanas un uzglabāšanas cirmās, šķeldošanas, iekraušanas, transportēšanas un izkraušanas darbu fāzes.



1.att. Enerģētisko šķeldu ražošanas apjomu plānošanas piemērs, pamatojoties uz koksnes krājas analīzi cirmās

Lai objektīvi novērtētu saražoto un piegādāto šķeldu apjomu un kvalitāti, jānosaka šķeldu relatīvais mitrums, tilpumlīvums, skuju, lapu piemaisījumu daudzums, šķeldu frakciju rādītāji, transportēšanas veids un pārvadājuma attālums u.c. rezultātu ietekmējošie faktori [4]. Latvijas kokmateriālu tirgū enerģētisko šķeldu uzmērīšanā, nosakot kravas kraujmēru, netiek veikta minēto šķeldu kvalitāti raksturojošo parametru izpēte. Kraujmērs tiek aprēķināts, pielietojot formulu:

$$V_{kr} = G \times P \times H \times K, \quad (1)$$

kur,

$V_{kr}$  – kraujmērs (ber. m<sup>3</sup>);

G – transportētās kravas tilpnes garums (m);

P – transportētās kravas tilpnes platums (m);

H – uzmērītais iekrauto šķeldu augstums (m);

K – šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficients atkarībā no kravas pārvadātā attāluma:

- līdz 10 km – 1,00 (0%);

- 10 līdz 50 km – 1,02 (2%);

- 51 līdz 100 km – 1,03 (3%);

- 101 līdz 200 km – 1,04 (4%);

- virs 201 km – 1,05 (5%).

Kravas apjomu rezultātu tālākiem pārrēķiniem tiek pielietoti Skandināvijas valstīs aprobētie pārrēķinu koeficienti (skat.1.tab.).

1.tabula

#### Enerģētisko šķeldu apjomu un kvalitāti raksturojošo mērvienību pārrēķinu koeficienti

	$V_{kr}$	V	1 tonna (45-50% relat. mitrums)	1 MWh
$V_{kr}$		0,36	0,3	0,75
V	2,8		0,8	2
1 tonna (45-50% relat. mitrums)	3,3	1,25		2,5
1 MWh	1,3	0,5	0,4	

Enerģētisko šķeldu kravas kraujmēra un kravas tilpuma sakarības tiek noteiktas pēc formulas:

$$V = V_{kr} \times 0,36 \quad (2)$$

kur,

V – kravas tilpums, cieš.m<sup>3</sup>;

$V_{kr}$  – kraujmērs, ber.m<sup>3</sup>;

0,36- pārrēķinu koeficients.

Līdz šim Latvijas meža nozarē pielietotajai metodikai, kas paredz noteikt enerģētisko šķeldu kravu apjomus pēc kraujmēra metodes, pielietojot transportēšanas sablīvējuma koeficientus, nav zinātniska pamatojuma, jo praksē pielietotās koeficientu vērtības ir iegūtas, pamatojoties uz pētījumiem, kas veikti Skandināvijas valstīs celulozes šķeldu uzmērīšanā, analizējot dzelzsceļa kravu pārvadājumus. Latvijā šīs metodikas pielietošana enerģētisko šķeldu uzmērīšanai nav korekta, jo:

- 1) enerģētisko šķeldu pārvadājumus veic ar autotransportu;
- 2) enerģētisko šķeldu frakciju izmēri un citi kvalitāti raksturojošie rādītāji ir atšķirīgi, salīdzinot ar celulozes šķeldu parametriem.

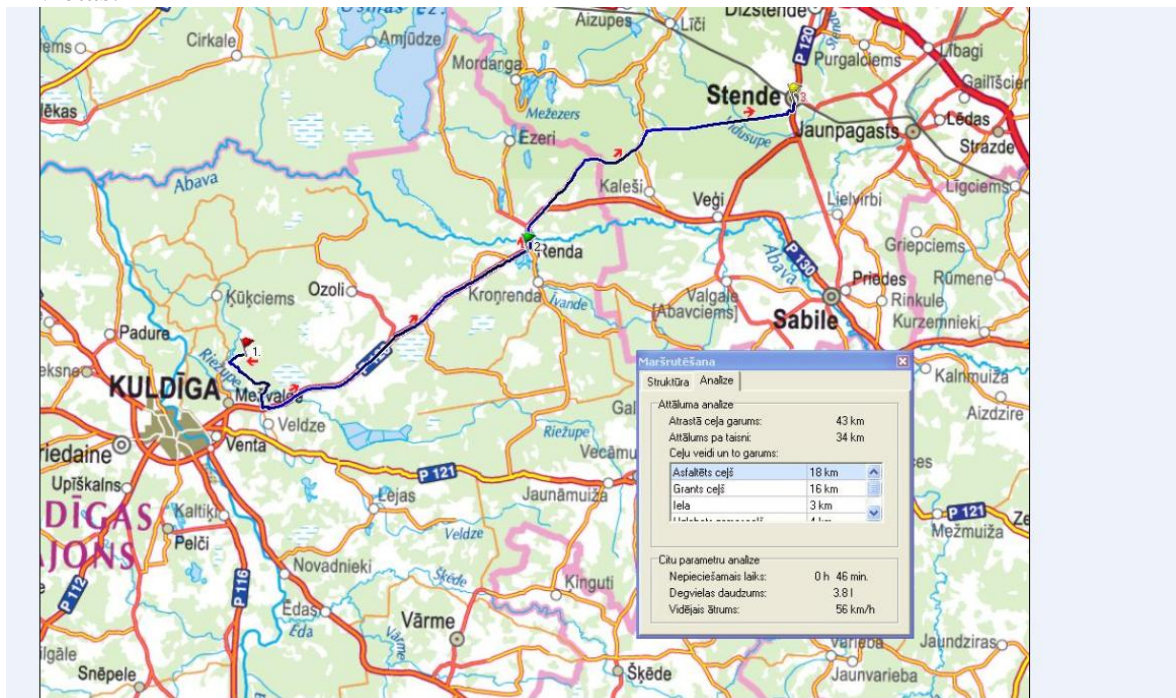
Lai objektīvi novērtētu enerģētisko šķeldu kravu apjomus un kvalitāti raksturojošos rādītājus, tika izvirzīti uzdevumi:

- 1) izstrādāt metodiku šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu noteikšanai;

- 2) noteikt šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu skaitliskās vērtības dažādu tipu kravas autotransportam noteiktos kravu pārvadājumu attālumos;
- 3) analizējot enerģētisko šķeldu relatīvo mitrumu, šķeldu frakciju rādītājus un tilpumbļivumu, veikt šo faktoru korelāciju analīzi.

### Materiāli un metodes

1. Enerģētisko šķeldu kravu pārvadājumu maršruti tika plānoti un analizēti interaktīvajā karšu sistēmā „JS Baltija.” (skat.1.att.) atkarībā no cirsmu atrašanās vietas un piegādes vietas.



2.att. Kontrolpunktu plānošanas piemērs šķeldu kravu transportēšanas koeficienta noteikšanai atkarībā no kravas pārvietošanas attāluma

2. Tika izstrādāti kontrolpunkti, kuros veikti kravu kontroluzmērījumi pārvadājumiem ar trīs tipu šķeldu vedēju transporta vienībām, t.sk. konteineravedējiem, vilcējiem ar piekabēm un puspiekabēm.  
Kravu kontroluzmērījumi tika veikti ik pēc noteikta intervāla (skat.2.tab.).

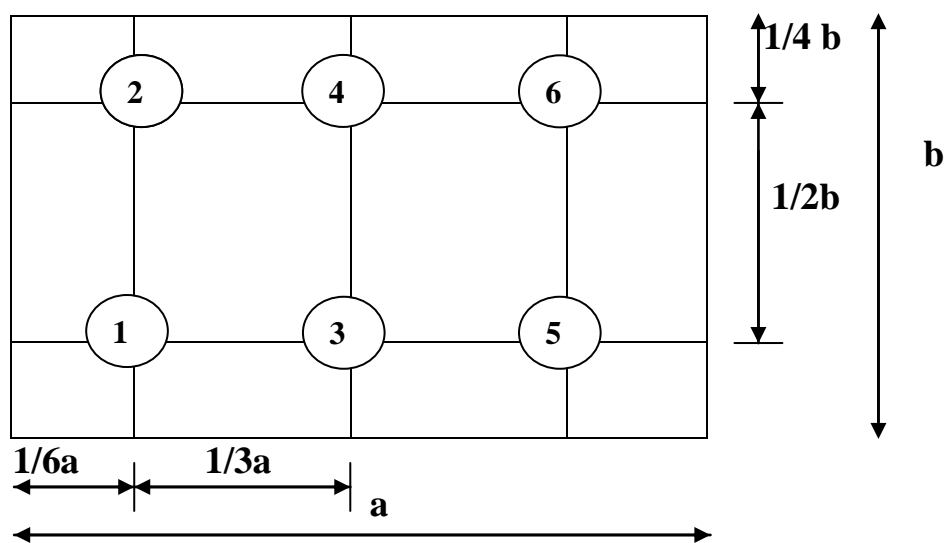
2.tabula

#### Kontrolpunktu izvēle kravu mērījumu veikšanai

Robežvērtības, km	Mērījumi, km
0 - galapunktā	0, 5, 10, 25, 50, 75, 100, (galapunktā)

3. Pēc kravas uzkraušanas, tika ņemti šķeldu paraugi relatīvā blīvuma, tilpumbļivuma un frakciju sastāva noteikšanai [5; 6; 7; 8]. Krautuvē tika novērtēts šķeldu sastāvs % sadalījumā pēc koku sugām, noteikta šķeldotāja marka un tā tehniskie parametri (šķeldotāja griezējnažu skaits, izvirzījuma regulējums), šķeldu vedēju transporta tips un kravas tilpņu iekšējie gabarītmēri (skat.3.tab.). Laboratoriskās šķeldu paraugu analīzes tika veiktas saskaņā ar standartiem [8, 9, 10, 11, 12, 13].
4. Pēc laboratorisko paraugu sagatavošanas un identifikācijas uzmērīšanas protokolā, nevienmērīgā šķeldu virsma kravā tika izlīdzināta vienmērīgā slānī. Kravas kontroluzmērījumi 6 (sešos) kontrolpunktos tika veikti atbilstoši uzmērīšanas shēmai

(skat.3.att.) noteiktos ceļa kontrolpunktos (skat.2.att.; 2.tab.) un protokolēti tālākai datu analīzei.



3.att. Kontrolpunktu izvietojuma shēma kravas uzmērījumiem

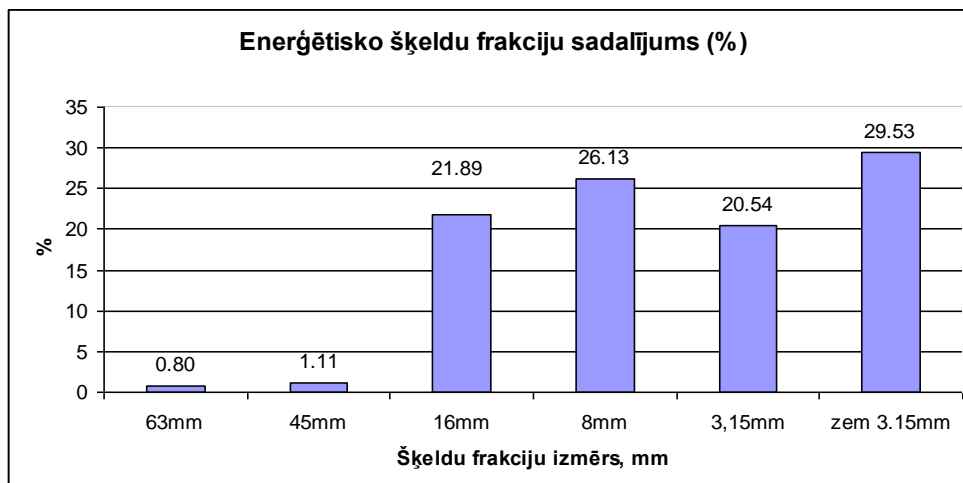
### Rezultāti un to izvērtējums

1. Enerģētisko šķeldu frakciju izmēri ir atkarīgi no šķeldotāja tipa, griezējinstrumentu skaita un regulējuma, ciršanas atlieku koku sugu sastāva un to proporcionālā sadalījuma kravā (skat. 4., 5., 6.att.).
2. Enerģētisko šķeldu tilpumblīvums krautuvēs pie koku sugu sastāva E (20-50%); P (20-60%); B (10-40%) konstatēts robežās no  $265,8\text{kg/m}^3$  līdz  $423,8\text{kg/m}^3$ , relatīvais mitrums robežās no 32,5% līdz 60,1%.
3. 40,23% no enerģētisko šķeldu tilpumblīvuma izmaiņām izskaidro šķeldu relatīvais mitrums.
4. Tika noteikts šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficients pie vidējā kravas pārvietošanas attāluma 70 km:
  - 4.1. konteinerdedēja piekabei– 1,12, automašīnas puspiekabei– 1,08, konteinerdedējam– 1,07, šķeldojot ciršanas atliekas ar šķeldotāju *JENZ HEM 360 Z* cirsmās ar sugu sastāvu E (20-30%); P (40-60%); B (10-20%), iegūstot šķeldu frakcijas (skat.5.att.);
  - 4.2. pašizgāzēja piekabei– 1,04, pašizgāzējam– 1,03, šķeldojot ciršanas atliekas ar šķeldotāju *Brucks KLOCKNER* cirsmās ar sugu sastāvu E (30-50%); P (20-50%); B (20-40%), iegūstot šķeldu frakcijas (skat.6.att.).
5. 89,78% līdz 98,48% no šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficienta izmaiņām izskaidro kravas pārvietošanas attālums.
6. 14,64% no šķeldu tilpumblīvuma izmaiņām izskaidro šķeldu frakciju izmēri.
7. Enerģētisko šķeldu siltumspēja ir atkarīga no koku sugas un sortimenta relatīvā mitruma [13].

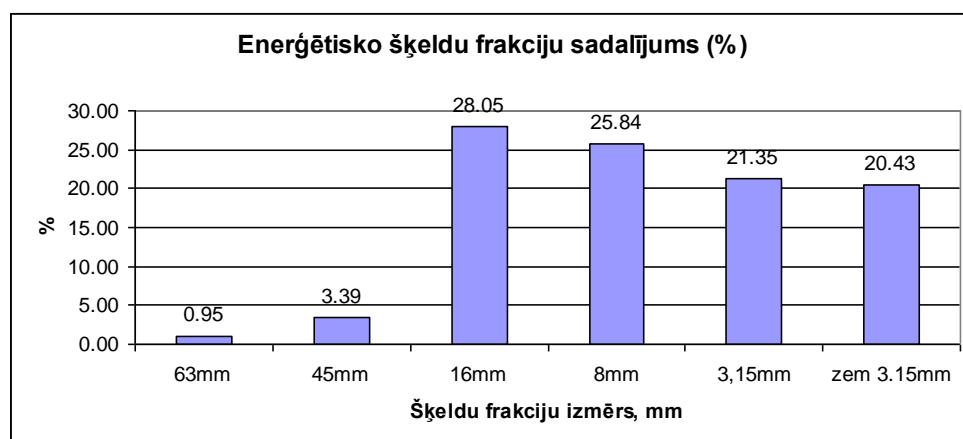
3.tabula

### Šķeldu kravu transportēšanas sablīvējumu koeficienti

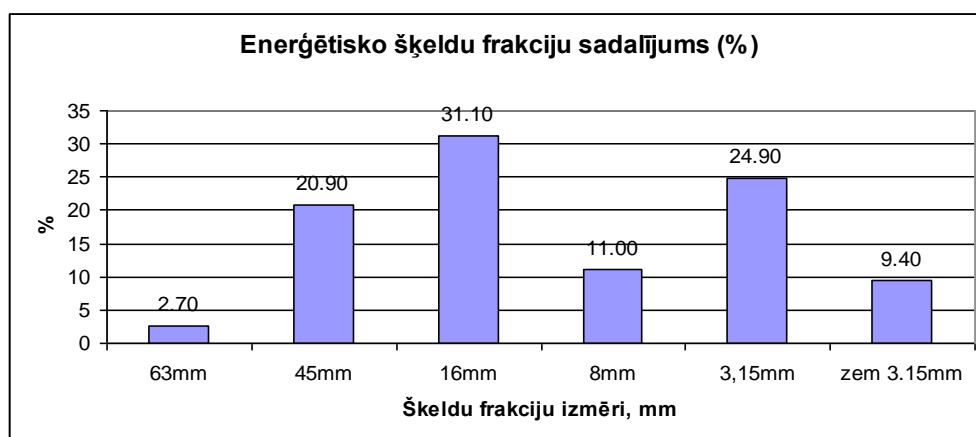
<i>Distance</i>	<i>Konteinera piekabe</i>	<i>Automašīnas puspiekabe</i>	<i>Automašīna - konteiners</i>	<i>Piekabe - pašizgāzējs</i>	<i>Automašīna - pašizgāzējs</i>
Līdz 10km	1,08	1,04	1,04	1,02	1,02
20-25km	1,10	1,07	1,06	1,03	1,03
45-50km	1,11	1,07	1,07	1,04	1,03
70-75km	1,12	1,08	1,07	1,04	1,03
95-100km	1,12	1,08	1,08	1,05	1,04



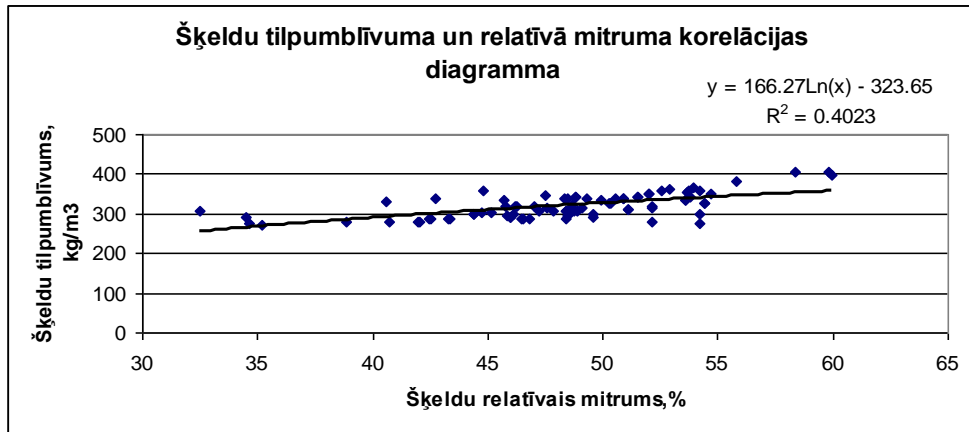
4.att. Uz Timberjack bāzes uzstādītā trumuļa tipa šķeldotāja *Brucks KLOCKNER* (divi griezējnaži, regulējamais šķeldas garums 20mm) iegūto enerģētisko šķeldu frakciju izmēri cirmās ar koku sugu sastāvu: E (30-50%); P (20-50%); B (20-40%)



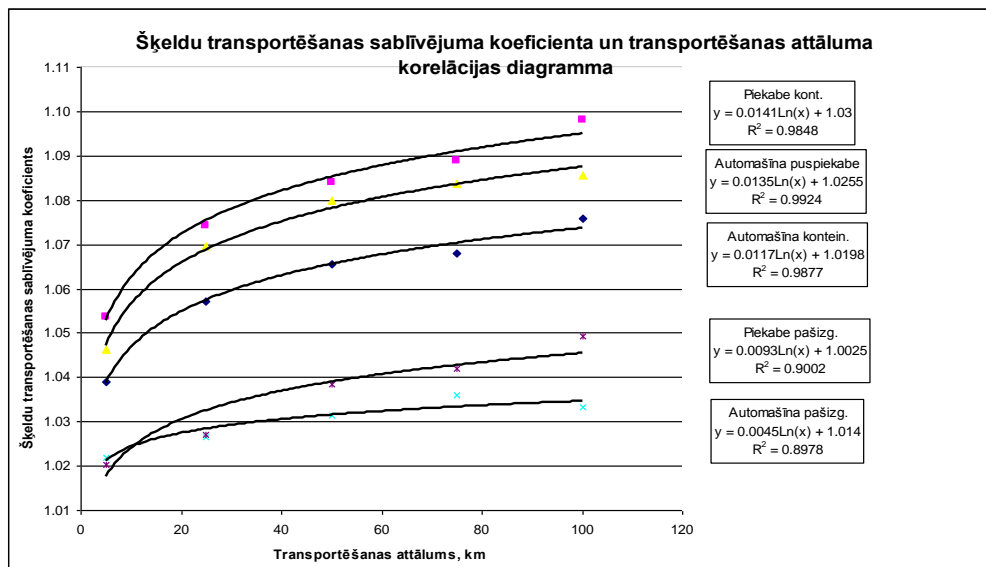
5.att. Uz Timberjack bāzes uzstādītā trumuļa tipa šķeldotāja *JENZ HEM 360 Z* (desmit griezējnaži) iegūto enerģētisko šķeldu frakciju izmēri cirmās ar koku sugu sastāvu: E (20-30%); P (40-60%); B (10-20%)



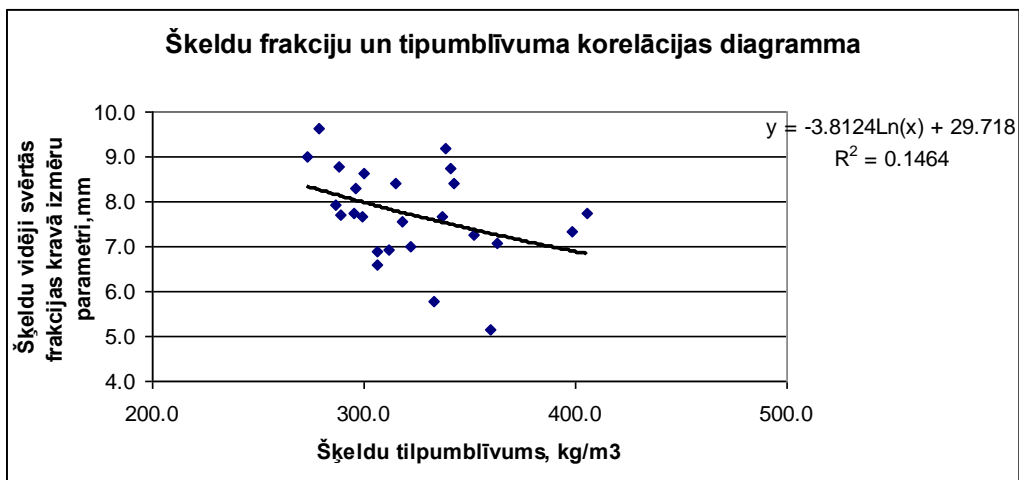
6.att. Šķeldu frakciju laboratorisko analīžu vidējie rezultāti SIA „NRG Baltic” terminālā periodā 05.-08.2008., šķeldojot ar trumuļa tipa šķeldotāju *JENZ HEM 561 Z* (desmit griezējnaži)



7.att. Šķeldu tilpumbļīvuma un relatīvā mitruma korelācijas diagramma

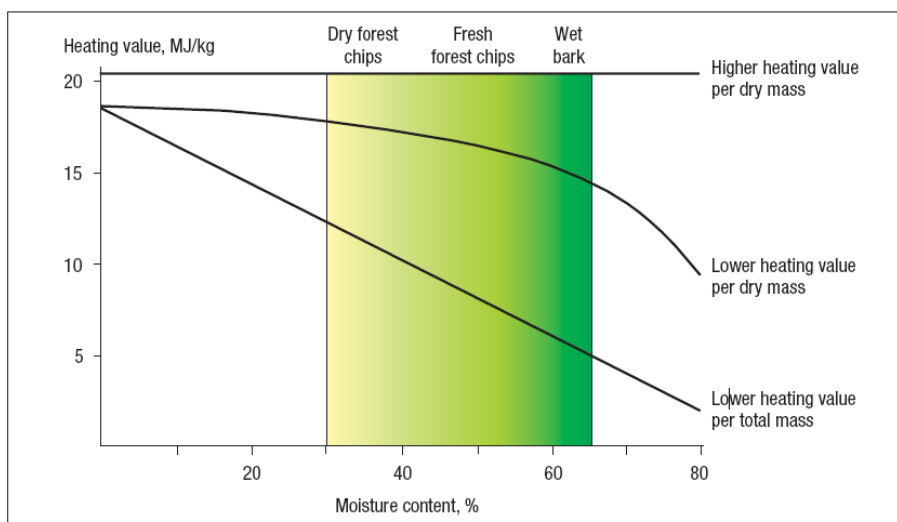


8.att. Šķeldu kravu sablīvēšanās koeficientu un transportēšanas attāluma korelācijas diagramma



9.att. Šķeldu vidēji svērtās frakciju kravās izmēru parametru un šķeldu tilpumbļīvuma korelācijas diagramma





10.att. Enerģētisko šķeldu siltumspējas un relatīvā mitruma sakarību diagramma

### Secinājumi

1. Izstrādāta metodika enerģētisko šķeldu kravu apjomu noteikšanai pēc kraujmēra metodes, pielietojot transportēšanas sablīvējuma koeficientus, kuru skaitliskās vērtības izstrādātas atkarībā no kravas pārvadājuma attāluma un autotransporta tipa. Uzmērot pēc kraujmēra metodes, netiek veikta enerģētisko šķeldu kvalitāti raksturojošo parametru analīze, lai gan kravu transportēšanas sablīvējuma koeficientu skaitliskās vērtības tie ietekmē. Rezultātā aprēķinātās kravas tilpuma iespējamā novirze no faktiskā tilpuma iespējama līdz 10%.
2. Enerģētisko šķeldu frakciju noteikšanā nav korekti izmantot standartā [12] aprakstīto metodi, jo sortimentā ir minerālu piejaukums, kuru blīvums ievērojami pārsniedz koksnes blīvumu un rezultātā – iegūtie rezultāti nav precīzi. Standarta pielietojums korekts ir tikai no minerāliem brīvo koksnes paraugu frakciju analīzei, piem., celulozes šķeldām.
3. Precīzu kravu mērījumu rezultātu iegūšanai, kas prezentētu šķeldu daudzuma un kvalitāti raksturojošos parametrus, jāveic izlases kontrolmērīšana, nosakot kravas svaru un šķeldu relatīvo mitrumu. Pēc iegūtajiem datiem, izmantojot sakarības (skat.1.tab.), tiek aprēķināta siltumspēja. Kontrolmērījuma rezultātus jāattiecina uz turpmākajām piegādātajām kravām līdz nākamajam kontrolmērījumam.

### Summary

Measurement methods based on the determination of dry weight, biomass composition and moisture content of energy chips used in Scandinavian countries are too expensive for the Latvian market because of the following reasons:

- they require the procurement of highly expensive weight scaling equipment;
- the measurement of moisture content is slow and burdensome and the accuracy of the results are questionable;
- there are considerable difficulties to carry out the conversion of dry weights to other scaling units (loose volume, solid volume, effective heat volume).

Accordingly, it is of great practical importance to establish a simple, effective and inexpensive methodology for measuring the volume of energy chip loads depending on their transportation distance by trucks.

This research paper focuses on the quantitative and qualitative properties of energy chips. Energy chips often consist of material from various tree species with different proportions of wood, bark, foliage, twigs, needles, buds and even cones and different moisture content.

As a result, there are great difficulties in determining the correct load volume, which is crucial for:

- establishing the contract fees for cutting work, forest and long distance transport and chipping;
- controlling the chip amounts that are transported.

#### **Literatūras saraksts**

1. Magnus T., Hofsten von H., Lundstrom H., Lazdāns V., Lazdiņš A. Ciršanas atlieku kurināmā sagatavošana ar harvesteru izstrādātās kailcirtēs. Skogforsk&Silava, 2006.
2. [http://www. Biomasssaforestate.org/ilvasa/file/indaginesulla cippaturainItalia.pdf](http://www.Biomasssaforestate.org/ilvasa/file/indaginesulla_cippaturainItalia.pdf).
3. Koksnes atliekas. Pārskats par cirsmu atlieku apjoma un kvalitātes novērtēšanu. LVMI „Silava”, 2006.
4. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. Final report. Tekes. Technology Programme Report 6. Helsinki, 2004. pp.53-62.
5. Anttila P., Tahvanainen T., Parrika H., Laitila J., Ala-Fossi A. Energy Wood Transportation by Rail. Joensuu. Metla. 5 EURES Project report 23 – Case study of North Karelia. 2007. 18 p.
6. Seppänen V., Nikala L., Kaipainen H., Kovanen S. Puupolttoaineen laadun ja tuotantotehokkuudenparantaminen haketustekniikkaa kehittämällä.VTT Energia. Tutkimusselostus PRO/T6045/02. 2002.
7. Measurement and Evaluation of Wood Fuel / Proceedings of the IEA/BE Task VI Activity.
8. Workshop in Juvaskyla, Finland, edited by Juha Nurmi & Keijo Polet / Nurmi J., Verkasalo E., Scaling of Forest Chips and Chipwood in Finland, 1990. pp.10-55.
9. LVS CEN/TS 14778-2:2005 Paraugu ievākšana un sagatavošana.
10. LVS CEN/TS 15103:2005 Bēruma blīvums.
11. LVS CEN/TS 14774-2:2004 Mitrums.
12. LVS CEN/TS 14918:2004 Siltumspēja.
13. LVS CEN/TS 15149-1:2006 Frakciju sastāvs.
14. CEN/TS 14588:2003 Solid biofuels – Terminology, definitions and descriptions.

# RISK ANALYSIS OF THE PILLAR STRENGTH IN THE ESTONIA MINE

## IGAUNIJAS RAKTUVJU STABU STIPRĪBAS RISKA ANALĪZE

Jyri-Rivaldo Pastarus<sup>1</sup>, Sergei Sabanov<sup>1</sup>, Jekaterina Shestakova<sup>1</sup>, Oleg Nikitin<sup>2</sup>

1- Department of Mining, Tallinn University of Technology  
5 Ehitajate tee Str., Tallinn, 19086, Estonia

E-mail: pastarus@cc.ttu.ee; sergei.sabanov@ttu.ee; katja.shestakova@gmail.com

2- Eesti Põlevkivi Ltd., Department of Development  
10 Jaama Str., Jõhvi, 41533, Estonia; e-mail: oleg.nikitin@ep.ee

---

**Abstract.** *This paper deals with the risk analysis and assessment of the pillars strength problems in the Estonia oil shale mine. Aim of this investigation was to determine the strength parameters and predict the bearing capacity of the pillars in Estonia mine, mining block No. 3107*

*Methods were based on theoretical investigation and experimental data of in-situ conditions. It is given the geological description of the mining block and determined the strength parameters, moisture content and volume density of the oil shale and limestone layers.*

*Analysis showed that the used risk analysis method is applicable for Estonian oil shale mines. The results of the risk analysis are of particular interest for practical purposes.*

**Keywords:** *mining block, pillars, event tree, probability, risk analysis.*

---

### Introduction

In Estonia the main mineral resource is a highly calorific oil shale. The deposit is located in a densely populated and rich farming district. The commercially bed typically excavates by underground and surface mining methods. Underground development of oil shale production is obtained by room-and-pillar method with blasting. This method is cheap, highly productive and easily mechanize, but the processes in overburden rocks and pillars have caused unfavorable environmental side effects accompanied by significant subsidence of the ground surface. This is causes a large number of technical, economical, ecological and juridical problems.

The pillars strength is important parameter of mining block stability. For determination pillars strength the experiments in Estonian oil shale mine was made. The strength parameters of in situ conditions were done by Point Load test method. The aim of this investigation is to determine the strength parameters and predict the bearing capacity of the pillars in Estonia mine and to estimate probability of receiving adequate results by the risk analysis method. Analysis of the experimental data showed that it is necessary to modifier the calculation scheme of the pillar parameters.

### Geological description and mining system

The commercially important oil shale bed is situated in the north-eastern part of Estonia. It stretches from west to east for 200km, and from north to south for 30km. The oil shale bed lays in the form of a flat bed having a small inclination in southern direction. It depth varies from 5 to 150m.

The characteristics of the certain oil shale and limestone layers are quite different. The oil shale seams occur among the limestone seams in the Kukruse Regional Stage of the Middle Ordovician. The commercial oil shale bed and immediate roof consists of six oil shale layers (A-F) and limestone (B/A, C/B, D/C, E/D). 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. The compressive strength of oil shale is 20-40 MPa and that of limestone is 40-80 MPa. The volume density is

1.5-1.8 Mg/m<sup>3</sup> and 2.2-2.6 Mg/m<sup>3</sup>, respectively. The calorific value of dry oil shale is about 7.5-18.8 MJ/kg depending on the seam and the location in the deposit

For underground mining the room-and-pillar mining system gives the extraction factor about 80%, and embedded at the depth of 40-70 m. The field of an oil shale mine is divided into panels, which are subdivided into mining blocks, approximately 300-350 m in width and 600-800 m in length each. A mining block usually consists of two semi-blocks. The height of the room is 2.8 m or 3.8 m. The room is very stable when it is 6-10 m wide. However, in this case the bolting must still support the immediate roof. The pillars in a mining block are arranged in a singular grid. Actual mining practice has shown that pillars with a square cross-section (30-40 m<sup>2</sup>) are best. A work cycle lasts for over a week [1].

### Methods of the investigations

The experiment was made in southern part of Estonia mine, in mining block No. 3107, where the geological conditions are not favorable. Investigation area is located near haulage and collection drifts. Depth of excavation was 59 m from surface and room height is 3.8 m.

The aim of the tests was to determine the strength parameters of the different oil shale and limestone layers by Point Load test. It is known that the strength parameters of rock depend on moisture content and volume density. Consequently, it is determined these parameters for different layers of in situ conditions.

The Point Load (digital rock strength index apparatus 45-D0550/E), also named Franklin press, is used to obtain quick information concerning rock strength [2]. Point load measurement represents one of the most widely used classification tests for rocks, both in the field and in the laboratory. The test consists to compress up to failure a core or irregular block of rock sample by the application of a point load by a couple of steel conical points of standard size. The point load strength index is calculated using size and shape correction factor. To calculating the average point load strength index, at least 10 point load tests are required. Using the point load strength index it is calculated compressive strength of the rocks. It was determined compressive strength for different layers of oil shale and limestone.

To calculate the strength of an inhomogeneous pillar there is used the formula (pillar containing weak layers) based on experience results [3]:

$$R = \frac{R_1}{1 + \left( \frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \frac{h_2}{h}}, \quad (1)$$

where R - compressive strength of inhomogeneous pillar, MPa;

$R_1$  and  $R_2$  - strengths of the strongest and weakest pillar layers, respectively, MPa;

$h_2$  - thickness of the weakest pillar layer, m;

$h$  - pillar height, m.

Moisture content and volume density of samples were determined in laboratory of rock mechanics [3]. For this purpose were extracted the samples from pillar and delivered to laboratory with special action of protection to save originality of samples. For the data processing were used specialized Excel files made at Department of Mining, Tallinn University of Technology.

### Results of investigation

Results of investigations are presented in Table and Figures 1, 2 and 3. Figure 1 showed that limestone has higher compressive strength values (19.6 – 63.3 MPa) than oil shale one (4.4 – 19.6 MPa). Compressive strength of oil shale and limestone layers, received by point load test differs from compressive strength received by data of earliest experiments in Estonia mine [4]. It is caused by difference of excavation depth and geological conditions.

Oil shale bed layer parameters

Index	Compressive strength, MPa [4]*	Point Load test	Moisture content, %	Volumetric weight, Mg/m <sup>3</sup>
		Compressive strength, MPa		
F	18	19.6	6.6	1.87
E	18	6.7	8.1	1.74
D/E	67	19.6	-	-
D	29	4.4	-	1.92
C/D	82	63.3	4.2	2.66
C	26	9.5	12.7	1.44
B/C	75	48.8	5.0	2.03
B	40	9.0	8.5	1.39
A/B	65	27.6	4.9	2.48
A	32	-	12.0	1.85

\* Compressive strength received by data of earliest experiments in Estonia mine.

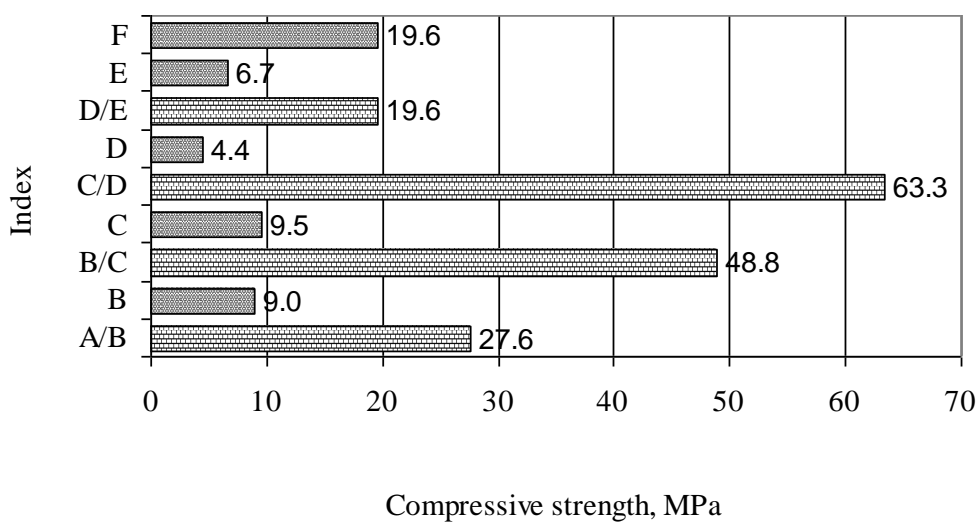


Fig. 1. Compressive strength by Point Load test

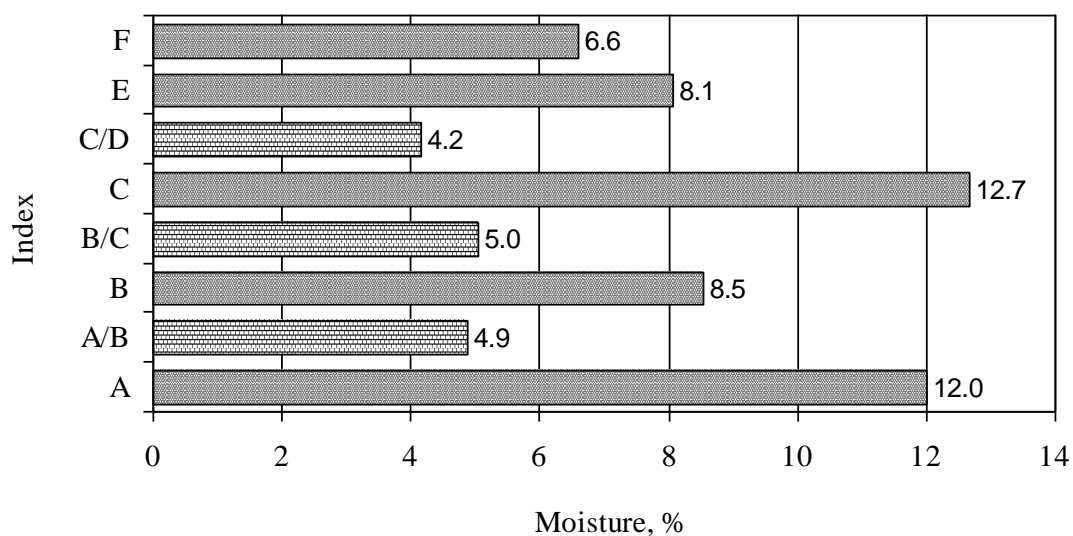
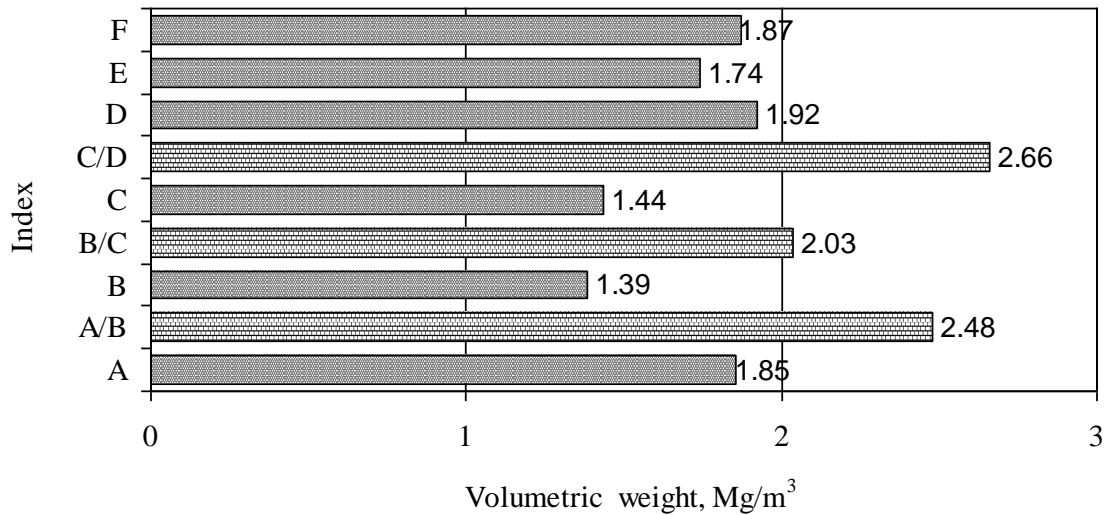


Fig. 2. Moisture content of oil shale bed layers



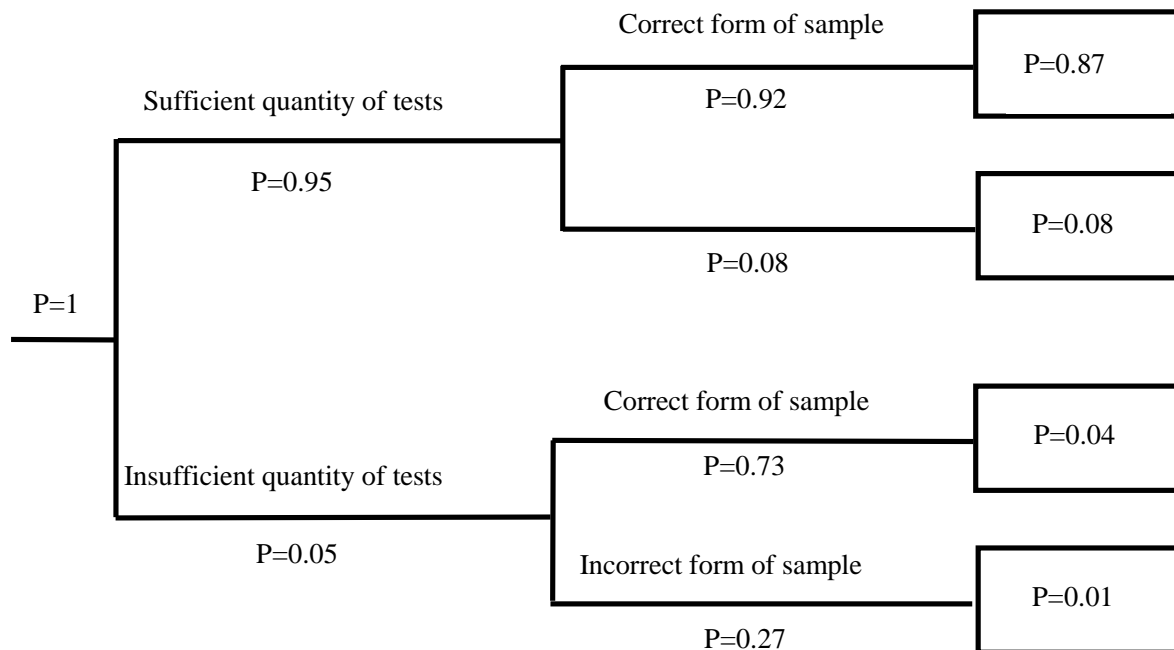
**Fig. 3. Volume density of oil shale bed layers**

Investigation showed that moisture content and volume density of layers is different. Moisture content (Figure 2) of oil shale layers varies from 8.1 to 12.7 % and limestone one from 4.2 to 5.0 %. The volume density (Figure 3) is 1.39-1.87 Mg/m<sup>3</sup> and 2.03-2.66 Mg/m<sup>3</sup>, respectively. Earlier experiments [4] confirm getting results.

Strength parameters of layers and consequently bearing capacity of the pillars depend on geological features in this location, which demand supplementary investigations.

### Risk analysis

By result of calculation using formula (1) the compressive strength of inhomogeneous pillar make 11.6 MPa. This value quit differ from compressive strength using in instructions for calculation the average values of start durability of oil-shale layer in Estonian deposit, which make 16 MPa [5]. For inspection of test result accuracy the risk analysis method with event tree calculation is used.



**Fig. 4. Event tree**

Presented event tree shows probability of receiving adequate results under sufficient quantity of tests and correct form of samples, which is 87 % ( $P = 0.87$ ). In case under insufficient quantity of tests with correct form of samples the probability makes 4 % ( $P = 0.04$ ). This result is based on Point Load test, where calculated compressive strength is different from typical parameters based on instruction for calculation of pillars dimensions. Using the event tree, it is possible define probability of receiving adequate results under different quantity of test and various form of the samples and easy to estimate, how every next branch influences on the final result, which could be successfully used in a practice.

### **Conclusions**

For determination pillars strength the experiments in Estonian oil shale mine was made. The strength parameters of in situ conditions were done by Point Load test method. The strength parameters for the bearing capacity of the pillars in the Estonia mine were determined. By analysis of experimental data the modification of the calculation scheme of pillar parameters is suggested. Risk analysis method used to estimate probability of receiving adequate results under different quantity of test and various forms of the samples.

### **Acknowledgment**

Estonian Science Foundation (Grant No.6558, 2006-2009) supported the research.

### **Bibliography**

1. Pastarus J-R., Sabanov S. A method for monitoring mining block stability in Estonian oil shale mines. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering, 11(1), 2005. pp. 59- 68.
2. 45-D0550/D Digital rock strength index apparatus 2007 (Point Load), Instruction manual.
3. Brady B.H.G., Brown E.T. Rock mechanics for underground mining, Second edition, Kluwer Academic Publishers, 2002. 571 p.
4. Nikitin O. Optimization of the Room-and-pillar Mining Technology for Oil-shale Mines, Tallinn, 2003. 73p.
5. Mining-law and legal regulation acts. Ministry of Environment, Ministry of Economy. Part II. Tallinn, 1998.

# VASARĀJU GRAUDAUGU SUGU PIEMĒROTĪBA SILTUMENERĢIJAS RAŽOŠANAI *SUITABILITY OF SPRING CEREALS FOR PRODUCTION OF HEAT ENERGY*

**Ina Belicka, Viktorija Miglāne, Zaiga Jansone**

Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts

Dižstende, Lībagu pag., Talsu raj., LV 3258

Tālr.: +371 632 91288, fakss: +371 632 91289, e-pasts: stende.selekcija@apollo.lv

---

**Abstract.** *In future biomass are planned as main source as renewable energy. The grain and straw are as one of the representatives of biomass. During 2007 - 2008 in the State Stende Cereal Breeding Institute the investigations were carried out to define more accurately spring cereal-wheat, barley and oats for heat production. In the field experiment were sown 4 - 6 varieties from each species. The yield, chemical composition, the highest and lowest heating capacity of grain and straw were evaluated. The highest heating capacity for grain was 15475 - 16994 and the lowest - 13828 - 15356 kJ kg<sup>-1</sup>; in straw - 15788 - 16840 and 14106 - 15230 kJ kg<sup>-1</sup> respectively. Accordingly to this value the cereal species arranged in the following order: oats, barley and wheat. The varieties of cereal were differed in heating capacity depending on chemical composition. Significant positive correlation was observed between grain heating capacity and fat ( $r = 0.993$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ), and fiber ( $r = 0.838$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ), but significant negative correlation with starch ( $r = -0.847$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ).*

**Keywords:** *spring cereals, chemical composition, heating capacity in grain and straw.*

---

## Ievads

Līdz ar ES valstu pievienošanos Kioto protokolam, kuras mērķis ir ierobežot vai pat pilnīgi atteikties no fosilā kurināmā, ir saprātīgi jāizmanto neatjaunojamie enerģijas resursi, jāsamazina siltumnīcas efektu izraisošo izplūdes gāzu daudzums un vienlaicīgi jāpaplašina videi draudzīgās enerģijas ieguve no atjaunojamiem energoresursiem [1]. Latvijā šobrīd koksnes produkti: malka, šķelda, granulas ir populārākais atjaunojamais kurināmais Latvijā. Tomēr arī koksnes resursu atjaunošanās spējas ir ierobežotas laikā un telpā. Daudzās valstīs iesaka audzēt dažādus augus kā alternatīvu siltumenerģijas ieguvei [2; 3; 4; 5]. Viens no biomasu veidiem ir arī labību graudi un salmi. Vērtējot graudus kā kurināmo, jāatzīmē to ļoti laba piemērotība izmantošanai automātiskās darbības katlos. Graudi pēc savām fizikāli mehāniskajām īpašībām ir dabiskas formas granula ar pietiekami lielu blīvumu un cietu apvalku, kas nodrošina to labu izturību. Graudu automātiska padeve kurtuvēs viegli realizējama ar dažādiem transportieriem (piemēram, gliemežtransportieriem). Tomēr labību graudu un salmu izmantošanu siltumenerģijas ieguvei raksturo galvenās problēmas dedzināšanas procesā, un tās ir saistītas ar pelnu daudzumu, dūmgāzu sastāvu un pelnu kušanas temperatūru [6; 7; 8].

Siltumenerģijas ražošanai būtu vajadzīgi graudaugi ar augstu biomasas ražu, labu degtspēju, ar lielāku siltuma atdevi un mazāku pelnu saturu. Atrodot siltumenerģijas ražošanai piemērotākos graudaugus un ekonomiski pamatotāku audzēšanas tehnoloģiju, iespējams nākotnē būs saimniecības, kas specializēsies tieši apkurei domāto graudu audzēšanai.

Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūtā uzsākot pētījumu, vēlējamies noskaidrot, kuras no labībām ir piemērotākās siltumenerģijas ražošanai, kā arī salīdzināt vienas sugas robežās dažādu šķirņu siltuma atdevi un faktorus, kas to ietekmē.

## Materiāli un metodes

Lauku izmēģinājumi. Lai novērtētu un salīdzinātu dažādu graudaugu sugu un šķirņu nozīmi siltumenerģijas ražošanai, lauku izmēģinājumi veikti ar vasarāju (2007-2008) labībām.



No katras labību sugas izvēlētas 4-6 šķirnes ar dažādu kvalitātes raksturojumu:

- miežu šķirnes: *Abava, Malva, Kristaps, IC 361* (kailgraudu);
- vasaras kviešu šķirnes: *Uffo, Vinjett, Heta, Zebra, Fasan*;
- auzu šķirnes: *Arta, Laima, Hecht, Dārta, Aragon, Wendela*.

2007.g. izmēģinājums iekārtots velēnu glejotā augsnē ar vidēju iekultivēšanas pakāpi, organiskās vielas saturs 24 g 100 g augsnes, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 128 mg kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O - 98 mg kg<sup>-1</sup>, augsnes pH - 6.0. 2008. g. – augsne – velēnu podzolēta, smilšmāla, organiskās vielas saturs 22 g 100 g augsnes, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 227 - 339 mg kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O – 147 mg kg<sup>-1</sup>, augsnes pH – 6.3 - 6.7.

Izmēģinājumu uzskaites lauciņu lielums – 5 m<sup>2</sup> (2007.g), 10 m<sup>2</sup> (2008.g), randomizēts lauciņu sakārtojums. 2007.g. lietots mēslojums NPK 17-10-14 (90:53:63), iestrādāts pirmssējas kultivācijā, sēja 24.aprīlī, nezāļu apkarošana veikta 25.maijā, lietojot herbicīdu maisījumu ‘Banvels +Granstārs’. Raža novākta 8.augustā.

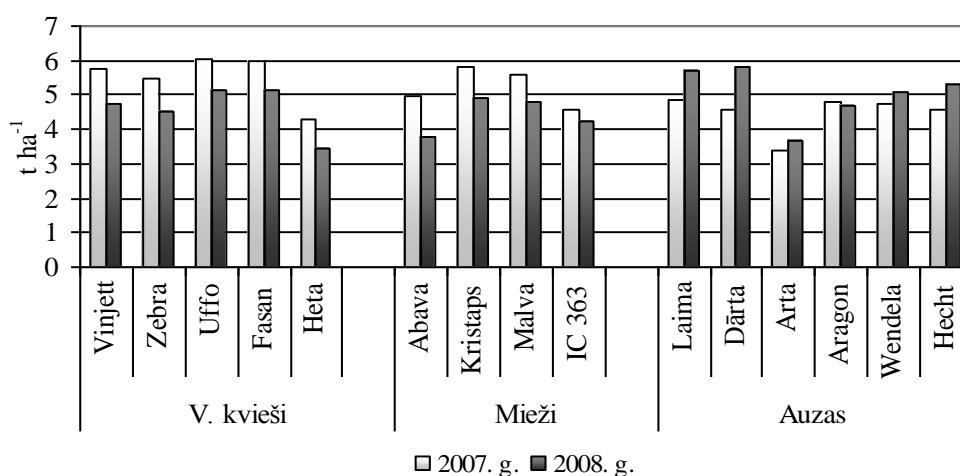
2008.g. lietots mēslojums NPK 16-16-16 – 350 kg ha<sup>-1</sup>, iestrādāts pirmssējas kultivācijā 23.aprīlī, sēja veikta 26.aprīlī, nezāles apkarotas 26.maijā, lietojot herbicīdu ‘Mustangs’ 0,6 l ha<sup>-1</sup>. Raža novākta: vasaras mieži un kvieši – 21.augustā, auzas – 26.augustā.

**Ķīmisko analīžu metodes.** C, H, O, S sastāvs noteikts ar *Macro Elemental Analyzer-vario MACRO CHNS (Elementar Analysensysteme GmbH)*, mērījumu relatīvā standartnovirze, rēķinot uz 100 mg fenilalanīna standartvielas: < 0,5%. Siltumspēja noteikta saskaņā ar ISO 1928. Augstākās siltumspējas noteikšanai tika izmantots skābekļa bumbas kalorimētrs ‘Parr 1341’, bet zemākā siltumspēja noteikta aprēķinu rezultātā (*Richardson J., Bjorheden., Hakkila P., Lowe A.T., Smith C.T. Bioenergy from sustainable forestry, Forestry Science vol.71 Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002., p.40*). Hlora saturs noteikts pēc parauga sadedzināšanas kalorimetriskajā bumbā, analīzei izmantojot bumbas skalojamos ūdeņus. Noteikšana veikta titrametriski saskaņā ar metodi, kas aprakstīta ‘British PHARMOCOEPIA’ (1998) NaCl noteikšanai (analizējamo paraugu apstrādā ar AgNO<sub>3</sub> šķīdumu un AgNO<sub>3</sub> pārākumu attitrē ar amonija rodanīdu). Titrēšanu veic potenciometriski, izmantojot ‘Radiometer Analytical’ firmas titratoru, TIM 900 ar sudraba indikatora elektrodu un datorprogrammu *Tim Talk 9*.

Rādītāji: koproteīns (LVS 277:2000), kokšķiedra (ISO 5498), tauki (ISO 6492), ciete (LVS EN ISO 10520), N (LVS 277:2000), pelnvielas (LVS 276:2000) izteikti % absolūti sausos paraugos. Graudu raža noteikta pie 14% mitruma.

### Rezultāti un to izvērtējums

Vasarāju labību graudu ražas dati 2007. un 2008.gadā parādīti 1.attēlā.

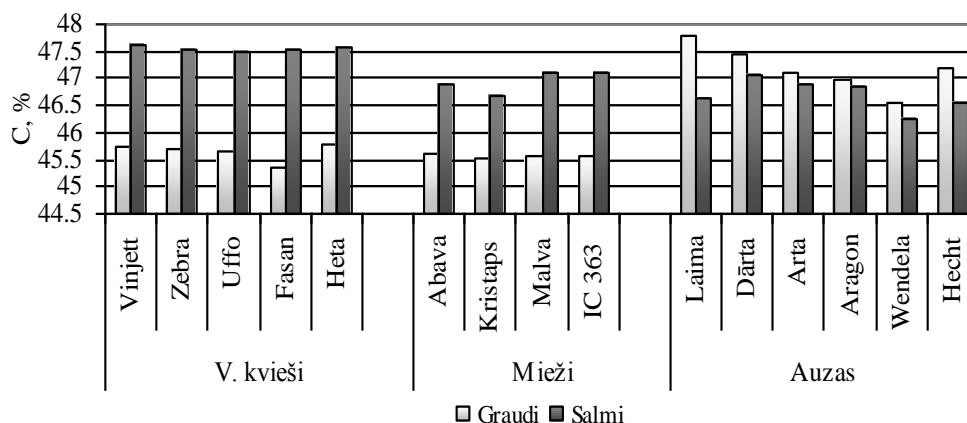


1.att. Vasarāju labību ražas

Augstākās graudu ražas iegūtas vasaras kviešu šķirnēm ‘Uffo’ un ‘Fasan’, bet būtiski zemāka tā bija šķirnei ‘Heta’ ( $\gamma_{0,05, 2007}=1,03 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $\gamma_{0,05, 2008}=0,47 \text{ t ha}^{-1}$ ). No miežu šķirnēm būtiski augstākās ražas iegūtas šķirnēm ‘Kristaps’, ‘Malva’ un ‘Druvis’ ( $\gamma_{0,05, 2007}=0,81 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $\gamma_{0,05, 2008}=0,43 \text{ t ha}^{-1}$ ), pārspējot ‘Abavu’ un kailgraudu līniju IC 363. Izmēģinājumā iekļautās 5 auzu šķirnes savstarpēji būtiski neatšķiras ( $\gamma_{0,05, 2007}=0,34 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $\gamma_{0,05, 2008}=0,65 \text{ t ha}^{-1}$ ), no tām ar būtiski zemāku ražu ir šķirne ‘Arta’. Salīdzinot ar 2007.gadu, vasaras kviešiem un miežiem ražas līmenis 2008.gadā bija zemāks, to ietekmēja mitruma deficīts maijā un jūnijā, bet augstāks tas bija auzām.

Ar ļoti labu veldres izturību var raksturot vasaras kviešu šķirnes (8,1-9,0 balles), ar labu – miežus (7,35-8,20 balles), bet apmierinošu - auzas (6,84-7,45 balles). Pēc tilpummasas rādītājiem labības kārtojas šādā secībā: v. kvieši, kailgraudu mieži, plēkšņainie mieži, auzas. Labību ķīmiskais sastāvs. Kā jebkurā kurināmajā, arī graudos un salmos kā galvenās degošās vielas ir ogleklis (C) un ūdeņradis (H). Degšanas procesā piedalās arī skābeklis (O), sērs (S) un daļēji arī slāpekļis (N). Iepriekšminēto elementu saturu kurināmajā izsaka % kā organisko masu.

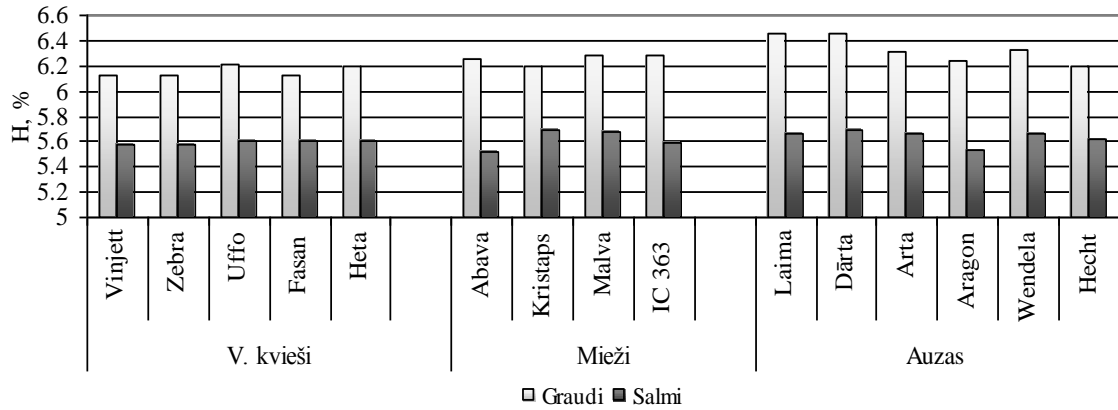
Oglekļa (C) saturs vasaras kviešu un miežu graudos (45,34-45,80%) ir zemāks nekā salmos (46,66-47,60%), bet auzām pretēji: graudos vairāk (46,55-47,80%) nekā salmos (46,25-47,08%). Nav būtiskas oglekļa satura atšķirības vasaras kviešu un miežu graudos, bet tas par 1,21-2,46% ir augstāks auzu graudos. No vasaras kviešiem ar augstāku C saturu graudos izceļas šķirne ‘Heta’, miežiem – ‘Abava’, auzām – ‘Laima’ un ‘Dārta’. Arī pēc oglekļa satura salmos ir atzīmējamas atšķirības starp sugām un šķirnēm. Vasaras kviešu salmiem raksturīgs augstāks oglekļa saturs (vid. 47,54%), tiem seko mieži (vid. 46,94%) un auzas (vid. 46,71%) (2.attēls). Arī starp šķirnēm ir atšķirības.



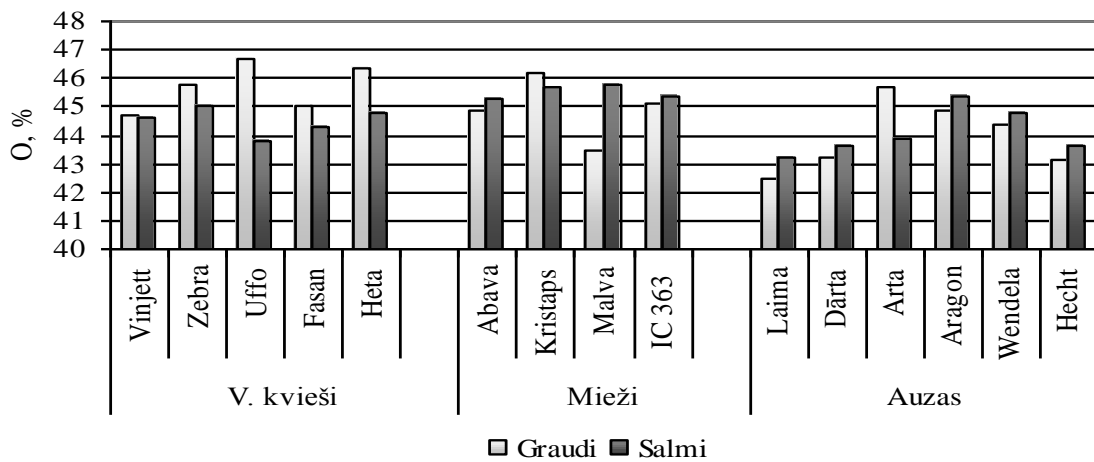
2.att. Oglekļa saturs vasarāju labību graudos un salmos

Ūdeņraža (H) saturs visām vasarāju labību sugām ir par 0,58-1,8% augstāks graudos nekā salmos (5,52-5,72%). Vidēji H saturs auzu (6,33%) un miežu (6,25%) graudos ir augstāks nekā vasaras kviešu (6,16%) graudos. Pēc šī elementa satura ir atšķirības gan graudos, gan salmos starp šķirnēm. Ar augstāku H saturu graudos var atzīmēt vasaras kviešu šķirnes ‘Uffo’, ‘Heta’, miežu – ‘Malva’, savukārt salmos: vasaras kviešu šķirnes ‘Heta’, ‘Fasan’, miežu - ‘Malva’ un ‘Abava’, auzu - ‘Wendela’ un ‘Dārta’ (3.attēls).

Skābekļa (O) saturs vasaras kviešu graudos (45,72%) nedaudz pārsniedz tā saturu salmos (44,51%), tas pats attiecināms uz miežu šķirni ‘Kristaps’ un auzu šķirni ‘Arta’. Pārējām miežu un auzu šķirnēm skābekļa saturs salmos (43,23-45,80%) pārsniedz tā saturu graudos (42,50-45,66%) (4.attēls).

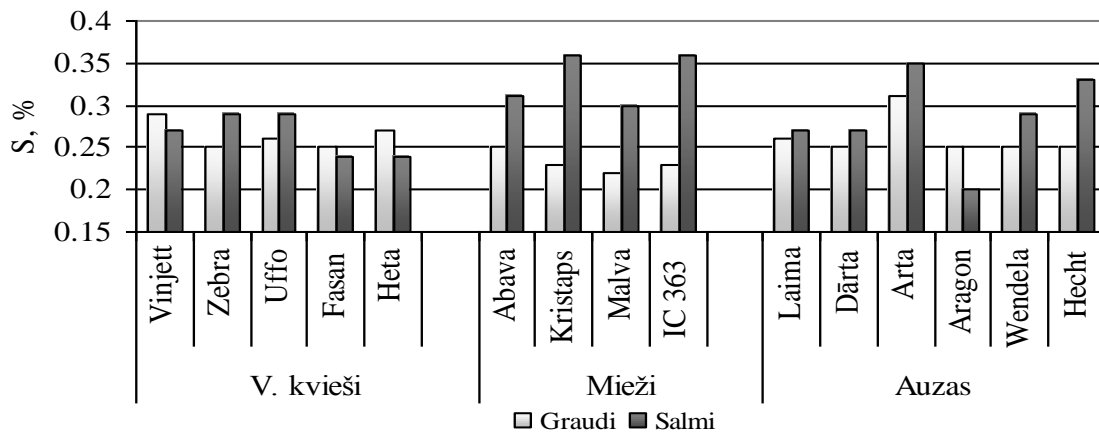


3.att. Ūdeņraža saturs vasarāju labību graudos un salmos



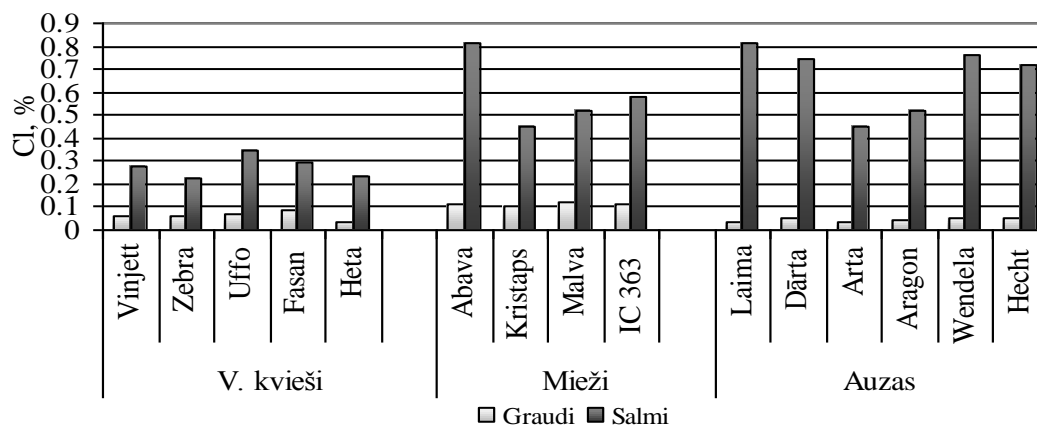
4.att. Skābekļa saturs vasarāju labību graudos un salmos

Sēra un hlora saturs. Viena no problēmām, kas saistītas ar graudu un salmu dedzināšanu ir palielināts sēra un hlora saturs, kas var izraisīt dūmvadu un citu metāla konstrukciju koroziju. Sēra saturam labību graudos (0,23-0,32%) nav būtiskas atšķirības starp sugām. Sērs salmos ir konstatēts vairāk nekā graudos visām pārbaudītajām miežu šķirnēm, 2 vasaras kviešu un 5 auzu šķirnēm (5.attēls).



5.att. Sēra saturs vasarāju labību graudos un salmos

Starp šķirnēm ir atšķirības. Palielināts sēra daudzums kurināmajā sekmē sēra dioksīda izplūdi atmosfērā. Hlora saturs vasarāju labību graudos ir mazāks (0,04-0,11%) nekā salmos (0,28-0,81%). Miežu graudos Cl ir divas reizes vairāk (0,12%) nekā vasaras kviešu (0,06%) un auzu graudos (0,05%). Hlora saturs auzu salmos (0,45-0,81%) un miežu salmos (0,45-0,81%) ievērojami pārsniedz tā saturu vasaras kviešu salmos (0,22-0,35%). Starp šķirnēm pastāv atšķirības (6.attēls).



6.att. Hlora saturs vasarāju labību graudos un salmos

Graudu un salmu kvalitāte. Cietes, kopproteīna un tauku saturs noteikts graudos, bet tauku un kokšķiedras saturs arī salmos (1.tabula). Visaugstākais cietes saturs graudos raksturīgs vasaras kviešiem, tiem seko mieži, bet viszemākais saturs atzīmēts auzām.

1.tabula

Labību cietes, kopproteīna, tauku un kokšķiedras saturs (vidēji, 2007.-2008.g.)

Suga	Ciete graudos, %	Kopproteīns graudos, %	Tauki, %		Kokšķiedra, %	
			Graudos	Salmos	Graudos	Salmos
Auzas	<b>44,3-50,1</b>	10,7 -14,3	<b>4,5-7,9</b>	0,9-1,3	<b>8,0-12,5</b>	42,8-44,4
Mieži	59,3-65,4	10,7-11,8	2,0-2,6	0,9-1,5	<b>2,2-4,1</b>	<b>43,1-49,2</b>
V. kvieši	64,8-68,5	<b>11,5-15,8</b>	2,0-2,6	0,9-1,2	2,1-2,4	40,7-46,8

No kviešu šķirnēm ar augstāku cietes saturu var izcelt 'Uffo' un 'Fasan' (abām 68,5%), miežiem - kailgraudu miežu līnija IC 363 (65,4%), bet auzām 'Wendela' (50,1%). Arī pēc kopproteīna satura visaugstākie rādītāji atzīmēti kviešiem, izceļoties šķirnei 'Heta' (15,8%). No labībām augstākais tauku saturs graudos raksturīgs auzām. Pēc šī rādītāja ir lielas atšķirības starp auzu šķirnēm. Šķirnēm 'Wendela' un 'Hecht' tauku saturs ir 1,62-1,78 reizes mazāks nekā tas ir šķirnēm 'Laima' (7,66%) un 'Dārta' (7,96%). Pēc tauku satura graudos pārbaudītās miežu un kviešu šķirnes ir līdzvērtīgas, un to saturs ir 2,2-3,96 reizes zemāks nekā auzām. Tauku saturs vasarāju labību salmos nosacīti vienāds starp sugām un ir robežās no 0,9-1,5%. Kokšķiedras saturs graudos starp labību sugām ir atšķirīgs, augstākais tas ir auzām, seko mieži, tad kvieši un kailgraudu mieži.

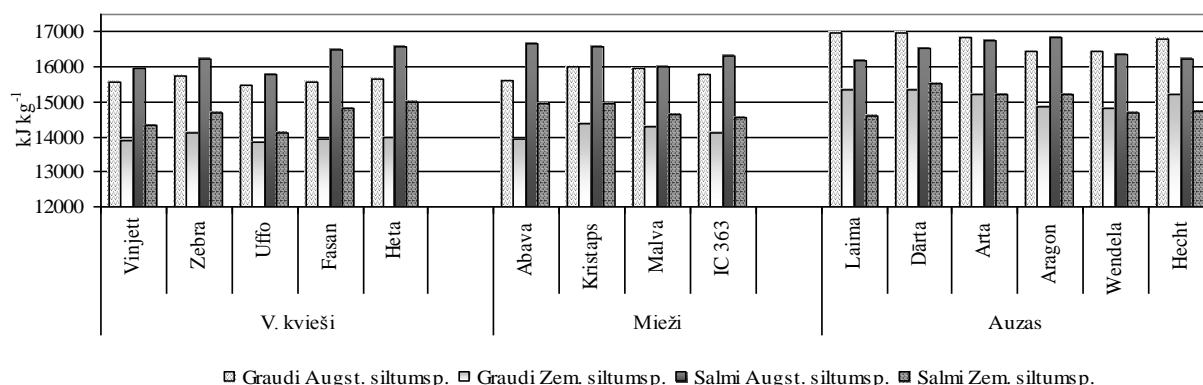
Pelnu saturs graudos un salmos parādīts 2.tabulā. Salīdzinoši augstāks pelnu saturs gan graudos, gan salmos ir auzām. Labību graudu un salmu izmantošanu siltumenerģijas ieguvei raksturo galvenās problēmas dedzināšanas procesā. Salīdzinājumā ar kokskaidu briķešu un granulu parametriem graudu un labību salmu granulu parametri atpaliel: tiem ir pat līdz 10 reizēm augstāks pelnu saturs, zema pelnu kušanas temperatūra, palielināts sēra un hlora saturs [9]. Neskatoties uz to, pasaulē graudi tiek izmantoti siltuma ieguvei nelielas jaudas siltuma ražotnēs (< 50 kW), piemēram, Zviedrijā darbojas ap 5000 graudu kurināšanas katli [7].

Labību graudu un salmu pelnu saturs

Suga	Pelnu saturs, %	
	Graudos	Salmos
Auzas, vid., min-max	2,82 (2,70-3,00)	6,27 (5,89-6,64)
Mieži, vid., min-max	2,22 (2,00-2,35)	4,46 (3,87-5,28)
Vas. kvieši, vid., min-max	1,89 (1,78-2,01)	4,80 (4,44-5,12)

Labību graudu un salmu siltumspējas. Mūsu izmēģinājumi parādīja, ka no labību sugām ar augstāku gan zemāko, gan augstāko siltumspēju graudiem un salmiem izceļas auzas, tām seko mieži un vasaras kvieši (7.attēls). Pēc radītās siltumspējas pastāv atšķirība starp šķirnēm sugas robežās. Augstākā un zemākā siltumspēja graudiem iegūta auzu šķirnēm 'Laima' (attiecīgi 16981 un 15356 kJ kg<sup>-1</sup>) un 'Dārta' (16994 un 15353 kJ kg<sup>-1</sup>), miežu - 'Kristaps' (16013 un 14378 kJ kg<sup>-1</sup>) un 'Malva' (15942 un 14271 kJ kg<sup>-1</sup>), vasaras kviešu - 'Zebra' (15731 un 14092 kJ kg<sup>-1</sup>) un 'Heta' (15646 un 13988 kJ kg<sup>-1</sup>). Vasaras kviešu un miežu salmu siltumspējas ir augstākas nekā graudiem, bet auzām tās kopumā ir zemākas.

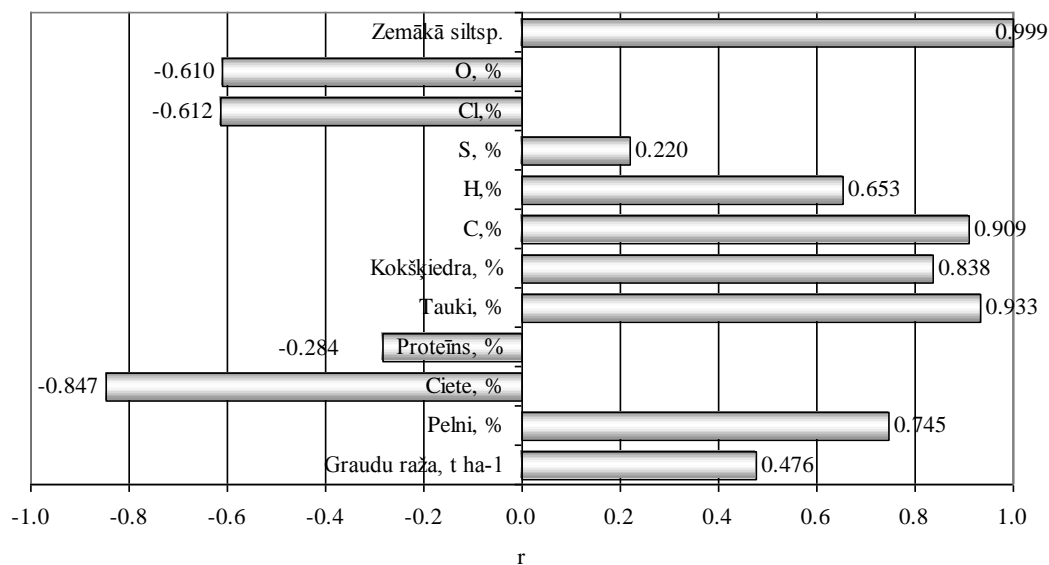
Pēc augstākiem graudu un salmu siltumspēju rādītājiem šķirnes labību sugu robežās atšķiras. Auzām augstāku salmu siltumspēju uzrāda šķirnes 'Arta' un 'Aragon', miežiem – 'Abava', kviešiem – 'Fasan' un 'Heta' (7.attēls).



### 7.att. Vasarāju labību šķirņu graudu un salmu augstākā un zemākā siltumspēja

Sakarības starp graudu kvalitāti un siltumspēju. Graudu degšanas īpašības ir līdzīgas citām biomasām, taču ir arī noteiktas īpatnības, kas jāņem vērā, izmantojot graudus dedzināšanai automātiskas darbības katlos. Svarīga nozīme ir graudu un salmu ķīmiskajam sastāvam, it īpaši cietes, tauku un kokšķiedras saturam graudos (1.tabula). Novērtējot sakarības starp labību graudu augstāko siltumspēju un graudu kvalitāti, konstatējam, ka siltumspējai pastāv būtiska pozitīva korelācija ar tauku ( $r = 0,993$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) un kokšķiedras ( $r = 0,838$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) saturu, bet negatīva korelācija ar cietes ( $r = -0,847$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) saturu (8.attēls). Auzas, kam raksturīgs gan augstāks tauku, gan kokšķiedras, bet zemāks cietes saturs (1.tabula), salīdzinot ar citām graudaugu sugām, likumsakarīgi uzrāda augstāku siltumspēju. Koproteīna saturam nav būtiskas ietekmes uz graudu siltumspēju, korelācija negatīva un zema ( $r = -0,284$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ). Tas nozīmē, ja pēc šī rādītāja graudi neatbilst pārtikas vai lopbarības kritērijiem, tad tie būtu izmantojami apkurei. Analizējot korelatīvās sakarības starp organisko vielu veidojošajiem elementiem un siltumspēju, redzam, ka pastāv augstas korelatīvas pozitīvas saites ar oglekli ( $r = 0,909$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) un ūdeņradi ( $r = 0,652$ ;  $r_{0,05} = 0,553$ ), bet būtiski negatīva ar skābekli ( $r = -0,610$ ;  $r_{0,05} = 0,553$ ). Būtiski negatīvu ietekmi uz graudu siltumspējām uzrāda hlora saturs ( $r = -0,612$ ;  $r_{0,05} = 0,553$ ). Pastāvot augstai korelācijai starp augstāko un zemāko siltumspēju ( $r = 0,998$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ), iepriekš minētās korelatīvās

saistības arī attiecināmas uz zemāko siltumspēju. Izvēloties šķirnes siltumenerģijas ražošanai, kā kritēriji būtu piemērojami augstāks tauku un kokšķiedras, bet zemāks cietes saturs. Starp visām labību sugām var atrast siltumu ražošanai atbilstošas šķirnes.



#### 8.att. Korelatīvās sakarības starp graudu augstākām siltumspējām un ķīmisko sastāvu

##### Pateicība

Izsakām pateicību Zemkopības ministrijai par pētījuma finansēšanu.

##### Secinājumi

Vasarāju graudaugu graudu un salmu siltumspējas ir atkarīgas no sugas un sugas robežās - no šķirnes. Pēc augstākās un zemākās siltumspējas graudaugu sugas sarindo šādā secībā: auzas, mieži, vasaras kvieši. Sugas robežās var atrast šķirnes ar atšķirīgām augstāku graudu un salmu siltumspēju. Būtiska nozīme ir labību graudu un salmu ķīmiskajam sastāvam, jo no tā ir atkarīgs iegūtais siltumenerģijas daudzums no 1 kg patērētās biomasas. Augsts tauku un kokšķiedras, bet zems cietes saturs ir galvenie kritēriji sugu un šķirņu izvēlei siltumenerģijas ražošanai.

##### Summary

In future biomass are planned as main source as renewable energy. The grain and straw are as one of representatives of biomass. During 2007 - 2008 at the State Stende Cereal Breeding Institute the investigations were carried out to define more accurately spring cereals – wheat, barley and oats for heat production. In the field experiment were sown 4 to 6 varieties from each species:

- Barley varieties: Abava, Malva, Kristaps, IC 361 (hulless).
- Wheat varieties: Uffo, Vinjett, Heta, Zebra, Fasan.
- Oat varieties: Arta, Laima, Hecht, Dārta, Aragon, Wendela.

The organic components (C, H, O, S), starch, fiber, crude protein, Cl content, the highest and the lowest heating capacity were determined.

During years of 2007 and 2008 the average grain yield of spring wheat was 5.04 t ha<sup>-1</sup>, barley- 4.84 t ha<sup>-1</sup>, oats- 4.47 t ha<sup>-1</sup> (Fig. 1). Chemical composition of cereals grain and straw was analyzed. Carbon content was higher in oats grain (46.55 - 47%) compared to wheat and barley (45.34 - 45.80%). Contrary carbon content in straw was higher to wheat (average 47.54%), then barley (46.94%) and oats (46.71%) (Fig. 2). Hydrogen content was higher by

0.58 - 1.8% in grain than in straw (5.52 - 5.72%) for all species (Fig. 3). There were differences among varieties by content of these elements (C, H). In spring cereal grains oxygen content was 42.50 - 46.72%, but in spring cereal straw was 43.23 - 45.80% (Fig. 4). The one of problem in combustion of grain and straw is heightened content of sulphur (S) and chlorine (Cl), that promoting the corrosion of chimney. There are no significant differences in S content in spring cereal grains. The higher S content was observed in straw for all barley varieties and also for two wheat and five oats varieties (Fig. 5). Content of chlorine was less in grain (0.04 - 0.11%) than in straw (0.28 - 0.81%). Cl was two times more in barley grains (0.12%) than in wheat (0.06%) and oats (0.05%) grain. In barley and oats straw the chlorine content (0.45 - 0.81%) several times exceeded in wheat straw (0.22 - 0.35%) (Fig.6).

The quality of grains characterize with the starch, fiber, fat and crude protein, but straw quality - fiber and fat content (Table 1). Starch content in cereals increased in the following order: wheat (64.8 - 68.5%), barley (59.3 - 65.4%) and oats (44.3 - 50.1%). The highest crude protein was for wheat, but fat content - for oats. Oat varieties had big differences in fat content. Varieties 'Wendela' and 'Hecht' had 1.62 - 1.78 times less fat content compared to varieties 'Laima' (7.66%) and 'Darta' (7.96%). Cereal species arranged in following order: oats, barley, wheat by higher fiber content.

The ash content in oats grain was: 2.70 - 3.00%, in barley - 2.00 - 2.35%, in wheat - 1.78 - 2.01%. The ash content in oats straw was 5.89 - 6.64%, in barley - 3.87 - 5.28%, in wheat 4.44 - 5.12% (Table 2).

The highest and the lowest heating capacity of grain and straw were evaluated. The highest heating capacity of grain was 15475 - 16994 and the lowest - 13828 - 15356 kJ kg<sup>-1</sup>; for straw - 15788 - 16840 and 14106 - 15230 kJ kg<sup>-1</sup> respectively. According to this value the cereal species arranged in the following order: oats, barley and wheat (Fig. 7). The varieties of cereal were differed in heating capacity depending on chemical composition. Significant positive correlation was observed between grain heating capacity and fat ( $r = 0.993$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ) and fiber ( $r = 0.838$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ), but significant negative correlation with starch ( $r = -0.847$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ) (Fig.8). The results showed that there are possibilities in different cereal species to find varieties characterized with high heating capacity.

#### Literatūra

1. Autoru kolektīvs. Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana. Valsts SIA „Vides projekti”, 2007. 192 lpp.
2. Klass D.L. Biomass for renewable energy and fuels. Encyclopedia of energy, Elsevier Inc.2004. p. 193-212. Internet resurss: [www.farmersjournal.ie/2005/0528/farmmanagement/crops/feature.shtml](http://www.farmersjournal.ie/2005/0528/farmmanagement/crops/feature.shtml)
3. Heaton E.-A., Long S.-P., Voigt T.-B., Jones M.-B. and Clifton-Brown J. Miscanthus for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois. Mitigation and adaption strategies for global change, vol. 9, No 4, Oct. 2004, p. 433-451.
4. Saballos A. Development and utilization of Sorghum as a bioenergy crop. In book: Genetic improvement of bioenergy crop, 2008. pp. 211-248.
5. Sander M.-L., Andren O. Ash from cereal and rape straw used for heat production: liming effect and contents of plant nutrients and heavy metals. Water, Air & Soil Pollution Vol 93. no 1-4, January, 1997. p. 93-108.
6. Prevention of corrosion by additives & Flue gas condensation well for cereal grains [Internet resurss] [http://www.primeenergysolutions.ie/docs/grain\\_burning\\_in\\_sweden.pdf](http://www.primeenergysolutions.ie/docs/grain_burning_in_sweden.pdf). (skatīts 25.10.2008.).
7. Influence of increased of agrifuels on aerosol emissions - Methods to reduce Emissions from Small Scale Combustion. [http://www.ieabcc.nl/meetings/task32\\_jyvaskyla\\_ws\\_aerosols/06%20Tullin.pdf](http://www.ieabcc.nl/meetings/task32_jyvaskyla_ws_aerosols/06%20Tullin.pdf). [Internet resurss]. (skatīts 20.10.2008).
8. Ash-related problems during Biomass Combustion and possibilities for Sustainable Ash Utilisation, Friedrich Biederman et.al. [Internet resurss] <http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Biedermann-AshRelated-2005-10-11.pdf> (skatīts 15.10.2008.)

# BIOMASS MIXTURES AND ITS HOMOGENEITY

## BIOMASAS MAISĪJUMI UN TO VIENDABĪGUMS

**Aivars Kaķītis, Imants Nulle**

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

J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, LV 3001, Latvia

E-mail: Aivars.Kaķītis@llu.lv; Imants.Nulle@llu.lv

---

**Abstract.** *Components of mixtures have to be in required proportion and homogeneous mixed to provide good quality of briquettes or pellets. Analyzing the mixing processes several advantages for mixing biomass with an in-flow or continuous mixer was discovered.*

*To provide better quality of in-flow mixing process an electrical charge can be applied to the particles using corona discharge. When a sharply pointed electrode is raised to a high potential, the intense electrical field at its tip ionizes the air in its immediate vicinity. To mix particles of different bulk materials, it is necessary to give a negative electrical charge to one material, and a positive electrical charge to other material particles. The electrical charge provides mixing on a small scale, and electrostatic forces drive the process towards a perfect mixture.*

*In this article experiments of in-flow mixer equipped with electrodes of corona discharge is described. Three different rotation frequencies (20, 35 and 50 rpm) of conveyer shaft and five different voltages (0, 5, 10, 15, 20 kV) of corona electrodes were used to evaluate impact on flow direction of balk material.*

---

**Abstract.** *Biomass mixtures, homogeneity, image analyze, electrostatic field.*

---

### Introduction

Peat can be used as additive for manufacturing of solid biofuel, because it improves density and durability of stalk material briquettes (pellets). The burning performance of 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 [1]. 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 compositions with peat for solid biofuel production is recommended.

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. Analyzing the mixing processes several advantages for mixing biomass with an in-flow or continuous mixer was discovered. The machine costs of the in-flow mixing process are by 38 % lower than for the discontinuous mixing. The total operation costs for the briquetting process using an in-flow mixer are approximately 6% less than using a cyclic mixer.

To provide better quality of in-flow mixing process an electrical charge can be applied to the particles using corona discharge. When a sharply pointed electrode is raised to a high potential, the intense electrical field at its tip ionizes [2] the air in its immediate vicinity. The ions produced move away from the electrode along the electric field lines, and this corona discharge can be used to “spray” ions (and, thus, charge) onto particles.

The uncharged particle will attract field lines. Free ions will begin to be captured by the particle. The particle continues absorption until it has the same potential as the incoming ions. Degree of charge absorbed depends on particle size, field strength, and time in charge area (Fig.1 a).

When the particle has reached its saturation point of captured ions it develops its own electric field. This new field will then cause lines of force to be pushed away from the particle. Ions can no longer reach the particle due to repulsion (Fig.1 b).



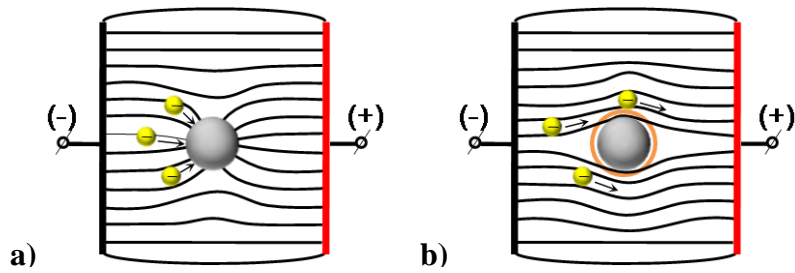


Fig. 1. Particle in an electric field

The basic idea of this mixing device is a simple one. For example, to mix black particles with white particles, give the black particles a negative electrical charge, the white particles a positive electrical charge, and allow them to combine. Two processes will now take place concurrently: groups of like particles will repel each other and tend to spread, while unlike particles will attract each other. Once an unlike pair is combined it will remain combined as long as the particles retain their individual charges.

Theoretically, if each particle were given the same charge and enough time was allowed, every black particle would be combined with one white particle (assuming that blacks and whites are being mixed in equal proportions), and the resulting pairs would be electrically neutral. Since the particles under consideration in this case are biomass materials which are electrical insulators, the combined pairs should not separate until the charges are depleted (i.e., relaxed). The net result would be a perfect mixture. Of course, a real device will deviate from such ideal behavior to some degree depending on the design of the device. The electrical charge provides mixing on a small scale, and electrostatic forces drive the process towards a perfect mixture.

### Materials and methods

Estimation of the volumetric throughput of a rotor feeder of in-flow mixer was carried out in experimental equipment (Fig.2). Experimental equipment consists of containers 1, rotor of feeder 2 coated with a special rubber coating with knobs (highness of the knobs is 6mm), conveyer 3 and two electrodes 4 and 5. Rotation frequency of rotor and conveyer was changed by electromotor.

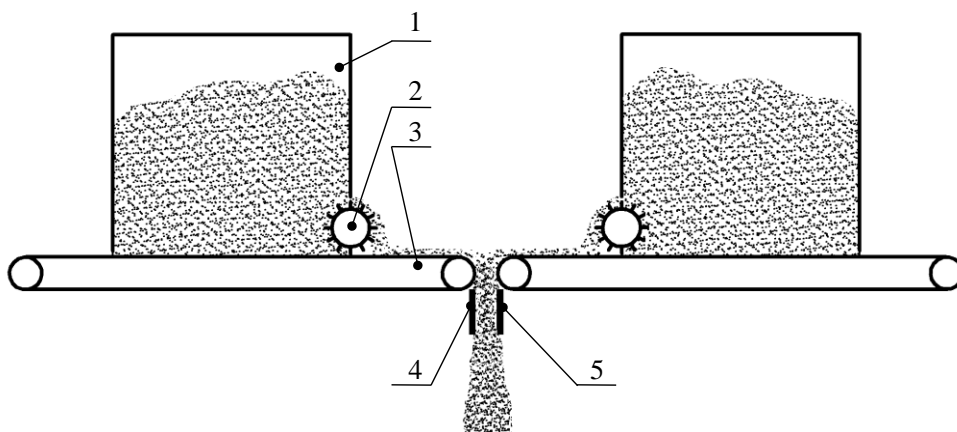
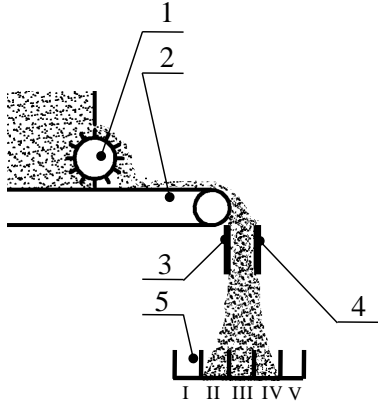


Fig. 2. In-flow mixer

1 – container; 2 – rotor of feeder; 3 – conveyer; 4 – positive electrode; 5 – negative electrode

The frequency of conveyer shaft ( $\varnothing 24$  mm) was stated using AC tachogenerator. To process impulses coming from tachogenerator PicoScope 3423 oscilloscope was used. The frequency of rotor feeder ( $\varnothing 35$  mm) is 1.46 times lower than frequency of conveyer shaft.

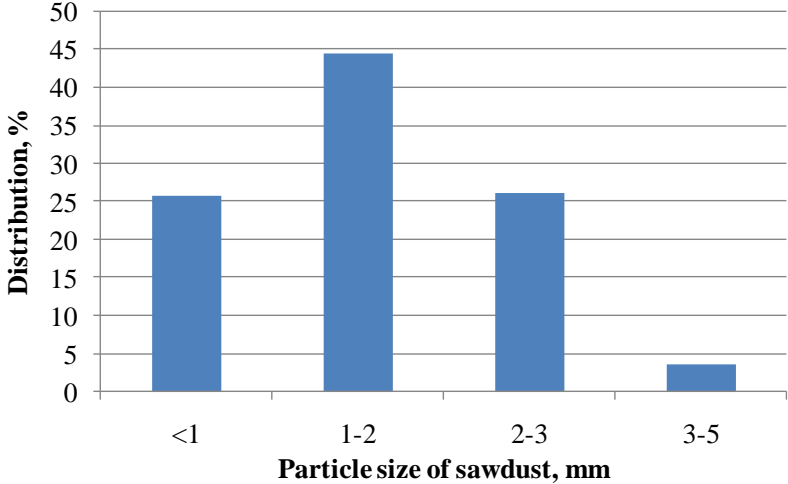
For understanding corona discharge impact on flow direction following experiment was carried out. Three different rotation frequencies (20, 35 and 50 rpm) of conveyer shaft and five different voltages (0, 5, 10, 15, 20 kV) of corona electrodes were used to evaluate impact on flow direction of bulk material. Beneath of a bulk material flow measuring box with 40 mm wide sections was placed (Fig.3). The weight of bulk material from every section was stated. Distance between electrodes 30 mm. Every electrode consists of two parallel wires charged with that same voltage. Distance between wires 27 mm.



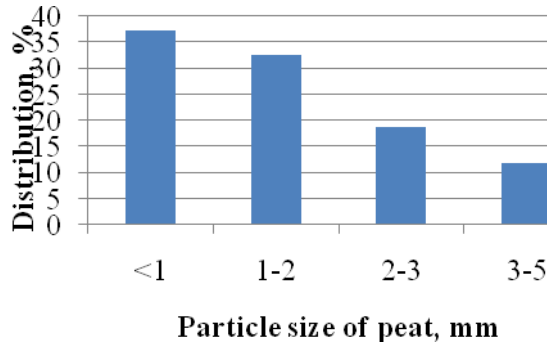
**Fig. 3. Impact of corona discharge on flow directions**

1 – rotor of feeder; 2 – conveyer; 3 – positive electrode; 4 – negative electrode; 6 – measuring box

To obtain parameters of in-flow mixer equipped with electrodes of corona discharge experiments with sawdust and peat were carried out. Particle size of sawdust and peat was less than 5 mm. The distribution of the particle size is shown in Fig.4 and Fig. 5. Moisture content of bulk material was ~12%. Density of sawdust was ~108 kg m<sup>-3</sup> but for peat ~112 kg m<sup>-3</sup>.



**Fig. 4. Distribution of particles size of sawdust**



*Fig. 5. Distribution of particles size of peat*

### Corona inception voltage CIV

**Peek's law** is a description of the conditions necessary for corona discharge between two wires [3; 4]:

$$e_v = m_v g_v \delta r \ln\left(\frac{S}{r}\right), \quad (1)$$

where  $e_v$  – the "visual critical corona voltage" or "corona inception voltage" (CIV), the voltage required to initiate a visible corona discharge between the wires, kV;

$m_v$  – an irregularity factor to account for the condition of the wires. For smooth, polished wires,  $m_v = 1$ . For roughened, dirty or weathered wires, 0.98 to 0.93, and for cables, 0.87 to 0.83;

$r$  – the radius of the wires, cm;

$S$  – the distance between the wires, cm;

$\delta$  – the air density factor.

It is calculated by the equation [4]:

$$\delta = \frac{3.92b}{273+t} \quad (2)$$

where  $b$  – pressure in centimeters of mercury;

$t$  – temperature in degrees Celsius.

At standard conditions for temperature and pressure (25°C and 76 cmHg) [4]:

$$\delta = \frac{3.92 \cdot 76}{273+25} \quad (3)$$

where  $g_v$  – is the "visual critical" potential gradient, and is calculated by the equation [4]:

$$g_v = g_0 \delta \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{\delta r}}\right) \quad (4)$$

where  $g_0$  – is the "disruptive critical" potential gradient, about 30 kV cm<sup>-1</sup> for air.

### Results and discussion

The specific throughput of rotor feeder doesn't depend on frequency and at frequency from 10 to 60 rpm (conveyer shaft frequency) is 0.005 kg rev<sup>-1</sup> for both sawdust and peat.

The throughput of the rotor feeder is increasing linearly at rotation frequency from 10 to 60 rpm. The throughput of the sawdust and peat (< 5 mm) in this frequency range grows from 0.05 to 0.3 kg min<sup>-1</sup>.

The calculated CIV (corona inception voltage) according equation (1) for discussed corona electrodes construction is 15 kV. Obtained result (15 kV) match with experimentally noticed voltage required to initiate a visible corona discharge between the wires.

In Fig.7 it is shown that the angle of mass flow through electrodes depends on voltage. If the voltage is higher ion's flow from the electrodes move the bulk material stream away from positive electrode 3 (Fig.3). As we can see in Fig.8 the corona charge doesn't have impact on bulk material (sawdust) stream direction if voltage doesn't exceed 5 kV. The center of bulk material (sawdust) stream moves about 20% if the voltage increases from 0 to 15 kV. Increasing voltage from 15 to 20 kV doesn't move anymore the center of stream.

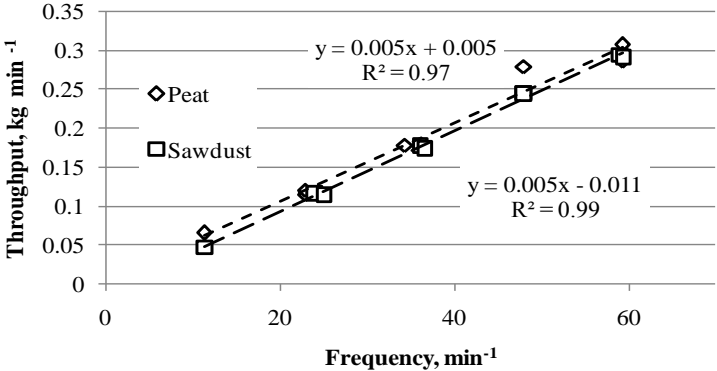


Fig. 6. Throughput of the rotor feeder

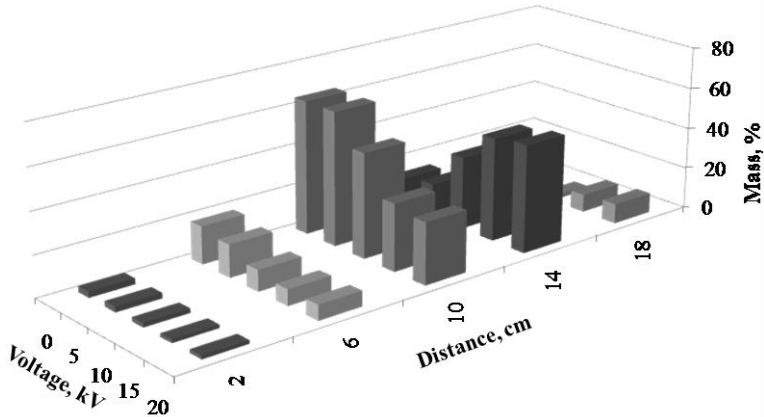


Fig. 7. Distribution of the bulk material

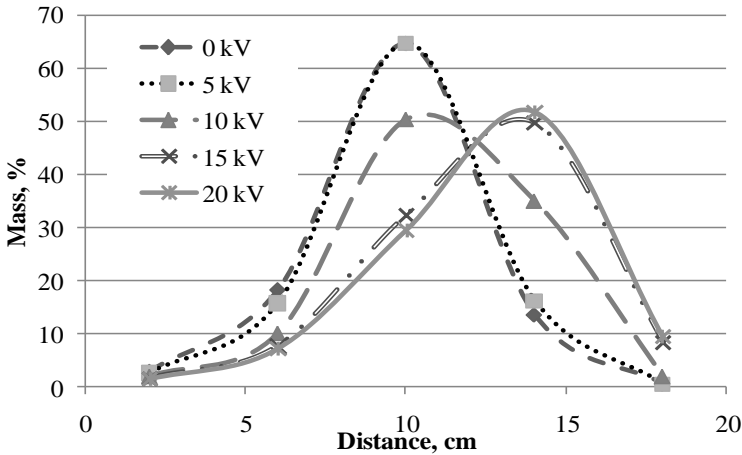


Fig.8. Displacement of flow centre in dependence on voltage

### **Conclusions**

1. The specific throughput of rotor feeder doesn't depend on frequency and at frequency from 10 to 60 rpm is  $0.005 \text{ kg rev}^{-1}$  for both sawdust and peat.
2. The throughput of the rotor feeder is increasing linearly at rotation frequency from 10 to 60 rpm. The throughput of the sawdust and peat ( $< 5 \text{ mm}$ ) in this frequency range grows from  $0.05$  to  $0.3 \text{ kg min}^{-1}$ .
3. The corona charge doesn't have impact on bulk material stream direction if voltage doesn't exceed  $5 \text{ kV}$
4. The center of bulk material (sawdust) stream moves about 20% if the voltage increases from 0 to  $15 \text{ kV}$ .

### **Acknowledgements**

The authors gratefully acknowledge the funding from Latvia Board of Science this work under grand 05.1598.

### **References**

1. Terhi Lensu. Quality guidelines for fuel peat preparation started [Online]: Newsletter 2 on standards for bioenergy in the Baltic Sea Area. March 2005. Nordisk Innovation Centre. [viewed: 2008-02-28] Available at: [http://www.nordicinnovation.net/\\_img/newsletter2\\_final.pdf](http://www.nordicinnovation.net/_img/newsletter2_final.pdf)
2. Corona discharge [Online]: Sci-Tech Encyclopedia [viewed: 2008-02-28] Available at: [http://www.answers.com/topic/corona-discharge#Positive\\_coronas](http://www.answers.com/topic/corona-discharge#Positive_coronas)
3. Blaze Labs EHD Thrusters Research [Online]: Blaze Labs Research [viewed: 2008-02-28] Available at: <http://blazelabs.com/1-intro.asp>
4. Peek's law [Online]: Wikipedia, the free encyclopaedia [viewed: 2008-02-28] Available at: [http://en.wikipedia.org/wiki/Peek%27s\\_law](http://en.wikipedia.org/wiki/Peek%27s_law)

# ENERĢĒTISKO AUGU KONDICIONĒŠANA BIOENERĢIJAS IEGUVEI

## CONDITIONING OF ENERGY CROPS FOR BIOENERGY PRODUCTION

Ēriks Kronbergs, Mareks Šmits

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Tehniskā fakultāte, Mehānikas institūts

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

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

---

**Abstract.** *The main steps of rural policy to the development of renewable energy resources are energy crop production. Latvia can provide for the use of approximately 0.36 million ha of the unused now agricultural land for herbaceous energy crop growing. More than 230 million tones of peat are available for solid biofuel production. Peat is recommended as additive because it improves density and burning properties of herbaceous material solid biofuel. Herbaceous stalk material can be harvested in winter season with humidity less than 15% and used for compacting without drying. The aim of experimental investigation is to determine conditioning methods for solid biofuel production with minimum energy consumption. Common reed stalk material is used for experiments, because it experimentally stated ultimate tensile strength is  $256 \pm 27 \text{ N mm}^{-2}$ . This value testifies that common reeds are twice strongest material than cereal crop stalk materials and conditioning mechanization equipment of common reeds would be useful for other energy crops.*

**Keywords:** *energy crops, conditioning, bioenergy production*

---

### Ievads

Eiropas Savienības plānos biomasas izmantošana ir paredzēta kā galvenais alternatīvās enerģijas ieguves veids. “Biomasas rīcības plāns” (SEC(2005)1573) paredz, ka biomasas izmantošana jādubulto no 4% enerģijas ieguvē (2005), sasniedzot vismaz 185 mtoe 2010.gadā. Šāds pieaugums tiek stimulēts Eiropas Savienībā, paredzot piemaksu 45 EUR par hektāru, kurā audzē t.s. enerģētiskos augus. Biomasas kurināmā ražošanas ķēdē nozīmīga ir ne tikai pašas enerģētisko augu biomasas ieguve, bet arī pārveidošana vajadzīgā formā ar noteiktām īpašībām – kondicionēšana kurināmā granulu un brikešu izgatavošanai. Cietā biomasas kurināmā ražošanai Skandināvijas valstīs ieteic tā saukto „miežabrāli” (*Phalaris arundinacea*). Šī daudzgadīgā kultūra nodrošina ikgadēju ražību 7-8 t ha<sup>-1</sup>. Pļaut iesaka nokaltušos stiebrus pavasarī, kuru mitrums tad ir 10-15% un kuriem barības vielu (N, P un K) un citu minerālvielu saturs tad ir vismazākais. Latvijā par enerģētiskiem augiem iesaka arī citas augu šķirnes, ieskaitot ezeru niedres, kuras izplatītas eitrofo ezeru piekrastēs. Enerģētisko augu novākšanai un ķīpošanai izmanto tradicionālās lauksaimniecības mašīnas. Ja paredzēts izgatavot kurināmo pulvera, šķeldas, granulu vai brikešu veidā, tad ir nepieciešams veikt kondicionēšanas operācijas. Par kurināmo galvenokārt iznāk izmantot auga stiebra daļu. Kondicionēšanas operācijas ir stiebru placināšana, smalcināšana un granulēšana vai briketēšana. Projektējot iekārtas šīm kondicionēšanas operācijām, jāzina stiebru materiālu mehāniskās īpašības. Kviešu stiebru materiāla robežizturība stiepē ir  $118,7 \pm 8,63 \text{ N mm}^{-2}$ , bīdē (cirpē) –  $8,47 \pm 0,56 \text{ N mm}^{-2}$ , bet elastības modulis –  $13,1 \pm 1,34 \text{ GPa}$  un bīdes modulis –  $0,643 \pm 0,043 \text{ GPa}$ . Niedres ir izturīgākais no minētajiem stiebru materiāliem. To robežizturība stiepē ir  $256 \pm 27 \text{ N mm}^{-2}$  un atbilstoši augstākas ir arī pārējo mehānisko parametru vērtības. Tāpēc niedru stiebru materiāla kondicionēšanai noteiktais enerģijas patēriņš var tikt vērtēts kā maksimālais visai enerģētisko augu stiebru materiālu grupai. Smalcināšanā nozīmīga ir griešanas metodes izvēle, paredzot, ka stiebru materiāls sākotnēji kompaktēts dažādas formas un izmēra ķīpās. Agrākos pētījumos jau noskaidrots, ka racionāli ir smalcināšanā veikt griešanu placinātiem stiebriem, jo enerģijas patēriņš atsevišķa neplacināta niedres stiebra pārgriešanai ir par 0,42 J lielāks nekā placinātam stiebram. Savukārt 6 cm gara tā paša niedres stiebra placināšanas enerģija ir 0,2 J, kas ir mazāk nekā

iepriekš minētā starpība enerģijas patēriņā griešanā. Iepriekšēja placināšana tātad ir ieteicama pirms smalcināšanas, ko nav grūti realizēt ar padeves ruļļiem pašā smalcinātājā, ievadot enerģētisko augu masu pietiekami plānā slānī.

Šajā pētījumā salīdzinātas dažādas griešanas metodes, kuras iespējams izmantot enerģētisko augu smalcinātāju projektēšanai. Smalcināšana līdz daļiņu izmēram, mazākam par 3 mm, ir nepieciešama kompaktēšanai. Darbā ir salīdzinātas stiebru materiāla ciršanas un slīdošās griešanas metodes pēc eksperimentālos pētījumos noteiktā īpatnējā enerģijas patēriņa griešanai.

### Materiāli un metodes

Enerģētisko augu plašs pielietojums enerģijas ieguvei Latvijā vēl nav uzsākts, taču nepieciešamība bioenerģijas izmantošanai arvien pieaug. Šajā pētījumā par enerģētisko augu izmantotas niedres (*Phragmites Australis*), kuru mehāniskā robežizturība jūtami pārsniedz lauksaimniecībā audzējamo stiebraugu izturību. Eksperimentāli iegūtās mehānisko īpašību vērtības tāpēc ir drošāk pielietojamas nepieciešamo mehanizācijas līdzekļu projektēšanā cietā kurināmā ražošanai. Galvenā hipotēze smalcinātāju griezējiekārtu projektēšanai ir tāda, ka enerģijas patēriņu smalcināšanā nosaka griešanas paņēmiens un berzes spēki, kuri maksimāli jāsamazina. Taču galīgo izvēli griešanas veida noteikšanā jāveic eksperimentāli pēc īpatnējā enerģijas patēriņa šajā operācijā.

Īpatnējo griešanas enerģijas patēriņu uz laukuma vienību  $E_{scq}$  stiebru materiālam nosaka:

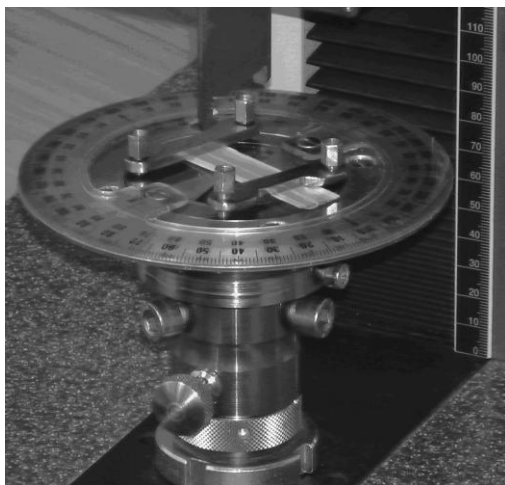
$$E_{scq} = \frac{E_c}{A}, \quad (1)$$

kur  $E_{scq}$  – īpatnējais enerģijas patēriņš uz laukuma vienību,  $J \cdot m^{-2}$ ;

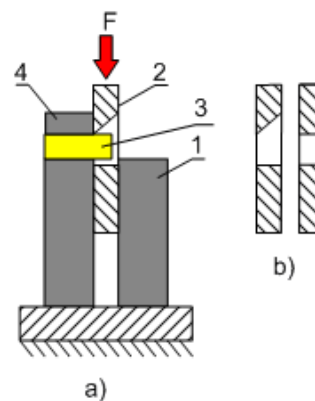
$E_c$  – patērētā griešanas enerģija, J;

$A$  – griešanas laukums,  $m^2$ .

Griešanas pētījumiem izmantota materiālu testēšanas mašīna *Zwick TC-FR2.5TN.D09* ar spēka izšķirtspēju 0,4%, pārvietojuma izšķirtspēju 0,1  $\mu m$  un maksimālā spēka vērtību 2,5 kN (1.att.), kurai konstruēta speciāla iekārta ciršanas griešanas (bīdes deformācijas) pētījumiem. Ciršanas griešanas pētījumos izmantoja divus nažus ar 20° un 90° asinājuma leņķiem (2.att.).



1.att. Iekārta ciršanas griešanas pētījumiem



2.att. Shēma griešanai ar ciršanu  
a) griezējiekārta; b) nažu forma

Griešanu veica placinātiem niedru starpmezglu posmiem, turklāt eksperimentēja, arī saliekot placinātos stiebrus vairākos slāņos un pārgriežot tos ar abu asinājumu nažiem. Ciršanas griešanā patērēto enerģijas aprēķinu nodrošina *Zwick 2.5* programma, integrējot spīļiekārtas (naža) vertikālā pārvietojuma spēka diagrammu.

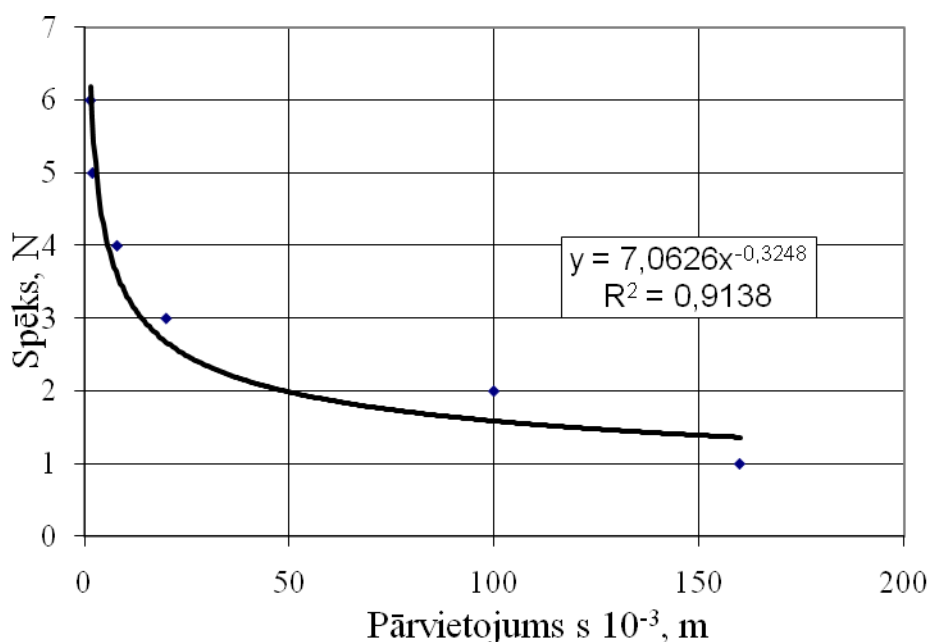
Lopbarības gatavošanai jau izsenis salmu griezējos un stiebru materiālu smalcinātājos rekomendē pielietot slīdošo griešanu, kad piešķir vienlaicīgi kustību paralēli un perpendikulāri naža asmens šķautnei attiecībā pret sagriežamo materiālu. Šo teoriju izstrādājis iepriekšējā gadsimta trīsdesmitajos gados akadēmiķis V. Gorjačkins [1]. Tajā ir aprakstīts arī salma slīdošās griešanas eksperiments. Eksperimentējot ar salma slīdošo griešanu, salmam piespieda asmeni ar spēku  $N$  un pārbīdīja salmu gar asmeni par attālumu  $s$  līdz salms tika pārgriezts. Iegūtie rezultāti doti 1.tabulā (dati un mērvienības pārveidotas atbilstoši SI).

1.tabula

**Salma pārvietojs gar asmeni atkarībā no piespiešanas spēka**

N (N)	6	5	4	3	2	1
$s \cdot 10^{-3}$ (m)	1,5	2	8	20	100	160

Atbilstoši šiem datiem iegūstam grafiku (3.att.), izmantojot *Excel* programmas iespējas.



3.att. Asmens piespiešanas spēka un pārvietojsma vērtības slīdošā griešanā

Gorjačkins pamatoti norāda, ka, palielinot slīdēšanas ceļu, ir iespējams samazināt asmens piespiešanas spēku, kas ir sevišķi nozīmīgi, ja salmu griezējam izmanto rokas piedziņu. Palielinot nenoskaidrots, vai, palielinot slīdēšanas ceļu, lielā mērā nepalielinās enerģijas zudumi berzes pārvarēšanai. Kopējo darba patēriņu  $A$  šādā slīdošā griešanā var noteikt pēc formulas:

$$A = N \cdot d + f' \cdot N \cdot s, \quad (2)$$

kur:  $N$  – asmens piespiešanas spēks, N;

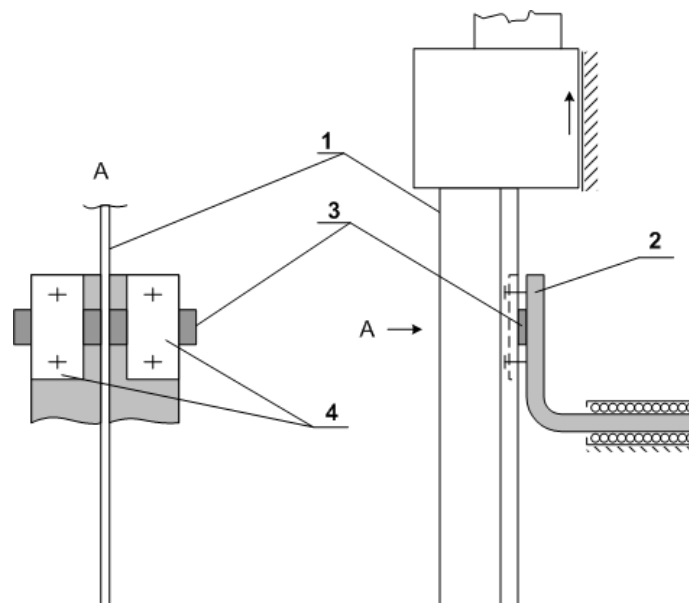
$d$  – neplacināta salma diametrs, m;

$f'$  – reducētais berzes koeficients;

$s$  – pārvietojsma gar asmeni, m.

Reducētā berzes koeficienta  $f'$  un slīdes darba patēriņa noteikšanai šādā slīdošā griešanā tika izstrādāta papildus iekārta (4.att.) materiālu testēšanas mašīnai *Zwick TC-FR2.5TN.D09*. Griešanai, līdzīgi kā iepriekš, izmantoja placinātas niedres paraugus.



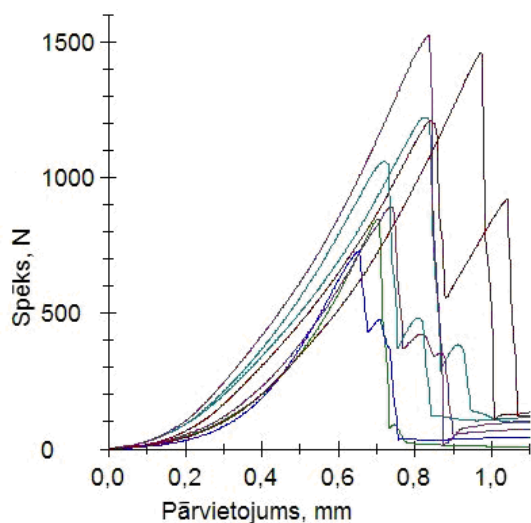


4.att. Iekārta slīdošai griešanai

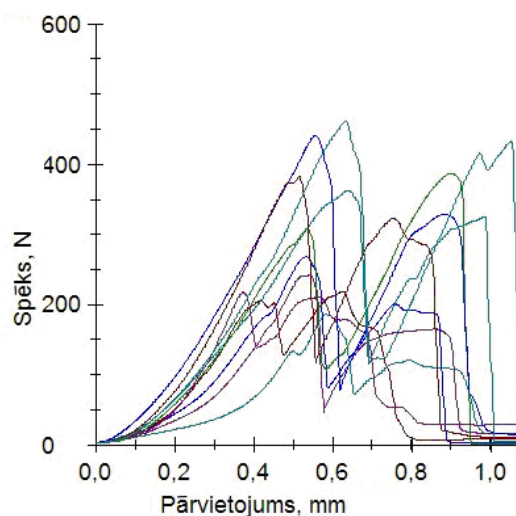
Iekārtā nazis (1) tiek stiprināts Zwick 2.5 kustīgajā spīļiekārtā, bet vertikālais atbalsts (2) parauga (3) stiprināšanai ir ar kustības iespēju perpendikulāri naža asmenim. Paraugu (3) nekustīgi nostiprina ar plāksnēm (4) abās pusēs nazim pie vertikālā atbalsta (2), kurš spiež paraugu pie asmens ar pastāvīgu spēku P. Eksperimentos maina spēka P vērtību ar atsvaru palīdzību. Kustīgās spīļiekārtas vertikālais slīdēšanas pārvietojums iestatīts 0,1 m. Tā kā pie mazām P vērtībām paraugs netiek pārgriezts, bet veidojas iegriezums, tad pēc katra gājiena tiek mērīts iegriezuma dziļums, lai varētu aprēķināt īpatnējo enerģijas patēriņu uz griezuma laukumu. Griešanā patērēto enerģiju berzes pārvarēšanai nodrošina Zwick 2.5 programma, integrējot spīļiekārtas (naža) vertikālā pārvietojuma spēka diagrammu. Šo vertikālā pārvietojuma darba vērtību koriģē, pieskaitot spēka P veikto darbu, ko atrod analītiski pēc iegriezuma dziļuma noteikšanas.

### Rezultāti un to izvērtējums

Placinātas niedres ciršanas griešanas rezultāti, griežot ar 90° un 20° asinājuma nažiem, parādīti atbilstoši 5. un 6.attēlā.

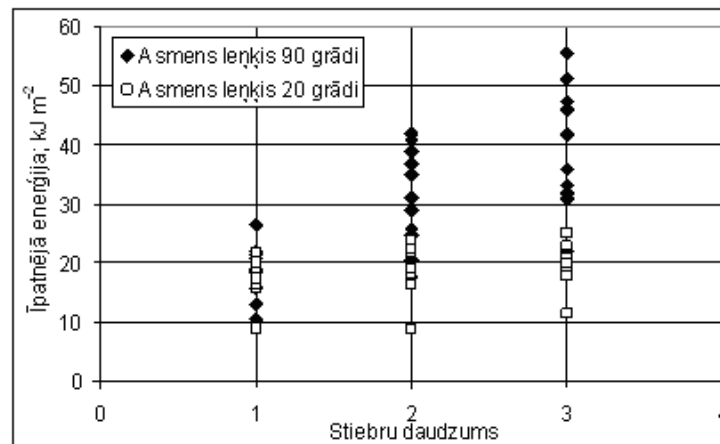


5.att. Griešana ar 90° asinājuma nazi



6.att. Griešana ar 20° asinājuma nazi

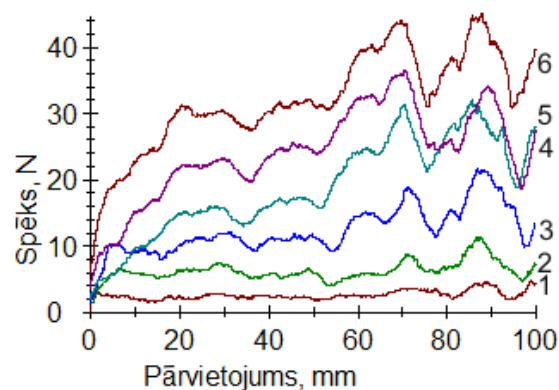
Šeit redzama griešanas spēka izmaiņa atkarībā no naža pārvietojuma. Jāatzīmē, ka, griežot ar 90° asinājuma nazi, griešana notiek divās stiebra plaknēs, tāpēc griešanas spēks vismaz divreiz pārsniedz maksimālā spēka vērtību, griežot ar 20° asinājuma nazi. Attēlotās spēka – pārvietojuma līknes (5. un 6.att.) iegūtas, griežot vienu atsevišķu placinātu niedri. Smalcināšanas praksē stiebru materiāli parasti ir biežākos slāņos, tāpēc eksperimentēja, arī griežot vairākos slāņos saliktus paraugus. Īpatnējais enerģijas patēriņš, griežot ar 90° un 20° asinājuma nažiem (7.att.), mainās atkarībā no niedru skaita slānī.



7.att. Īpatnējais enerģijas patēriņš ciršanas griešanā

Ja griešana notiek vienā placinātu niedru slānī, tad īpatnējais enerģijas patēriņš 90° un 20° asinājuma nažiem būtiski neatšķiras un nepārsniedz 27 kJ m<sup>-2</sup>. Projektējot stiebru materiālu smalcinātājus, tāpēc ir ieteicama plāna slāņa materiāla smalcināšana ar 90° asinājuma nažiem, jo nažu asināšana smalcinātājiem ekspluatācijas gaitā ir darbietilpīga. Nažiem ar 20° asinājuma leņķi nodilums un noapaļojums asmenim iestāsies daudz ātrāk nekā ar 90° asinājuma leņķi.

Slīdošās griešanas eksperimentā, eksperimentējot ar 10° asinājuma nazi, iegūtas vilces spēka un naža pārvietojuma pieraksti parādīti 8.attēlā.



8.att. Naža vilces spēks slīdošā griešanā

Līkņu numerācija veikta atbilstoši parauga piespiešanas spēkam pie naža asmens šādi: 1- 5 N; 2- 10 N; 3- 15 N; 4- 20 N; 5- 25 N; 6- 30 N. Naža vilces spēks ir berzes spēks, kas rodas, asmeni pārvietojot un griežot materiālu. Jāatzīmē, ka jau pie piespiešanas spēka asmenim 15 N berzes spēks pārsniedz piespiešanas spēka vērtību. Parastā plaknes virsmu berzē:

$$F = f \cdot N, \quad (3)$$

kur  $F$  – berzes spēks;

$f$  – berzes koeficients;

$N$  – reakcijas spēks perpendikulāri berzes virsmai.

No eksperimentāli iegūtajām līknēm redzams, ja piespiešanas spēks asmenim pārsniedz 20 N, tad reducētais berzes koeficients atbilstoši 8.attēlam ir  $f' > 1$ . Plakanu virsmu slīdē miežu salmiem pret pulētu tērauda virsmu eksperimentāli noteiktais berzes koeficients [2] mainās  $f = 0,16 \dots 0,3$ , to mitrumam mainoties no 10-46%. Arī tērauda naža plakanās virsmas slīdē pa niedres virsmu vajadzētu būt līdzīgām berzes koeficienta  $f$  vērtībām. Mūsu eksperimentos notiek prizmatiskas (ķīļveidīgas) virsmas slīde, kurā reducētā berzes koeficienta vērtība pieaug nelineāri atkarībā no naža asinājuma leņķa. Jo asinājuma leņķis mazāks, jo tā sauktais reducētais berzes koeficients ir lielāks. Bīdes plaknē darbojas arī adhēzijas spēks, kas mainās atkarībā no naža un griežamā materiāla saskares virsmas. Iespējams tāpēc sākuma posmā vilces spēks pieaug līdz noteiktai vērtībai un pēc tam svārstās ap to. Vilces spēka svārstības izsauc arī naža asinājuma leņķa izmaiņas pa tā garumu un nelielais virsmas rievojums, kas rodas no slīripas graudiem asināšanas procesā. Jāatzīmē arī placinātās niedres neviendabīgā struktūra (9.att.) šķērsgrīzumā. Niedru ārpusē struktūra ir nedaudz cietāka nekā iekšpusē, bet to perifērijā atrodas arī iekšējās ventilācijas kanālu tukšumi, kas ne tikai nodrošina to spēju augt mitrājos, bet jūtami sarežģī šī materiāla struktūru.



9.att. Placinātās niedres šķērsgrīzums

Summējot darbu, kas patērēts naža iespiešanai materiālā un naža slidināšanai pa griezumu, attiecinot to pret iegriezuma šķērsgrīzumu, ir atrasts  $E_{scq}$  – īpatnējais enerģijas patēriņš uz laukuma vienību:

$$E_{scq} = \frac{N \cdot b + F_v \cdot s}{b \cdot l}, \quad (4)$$

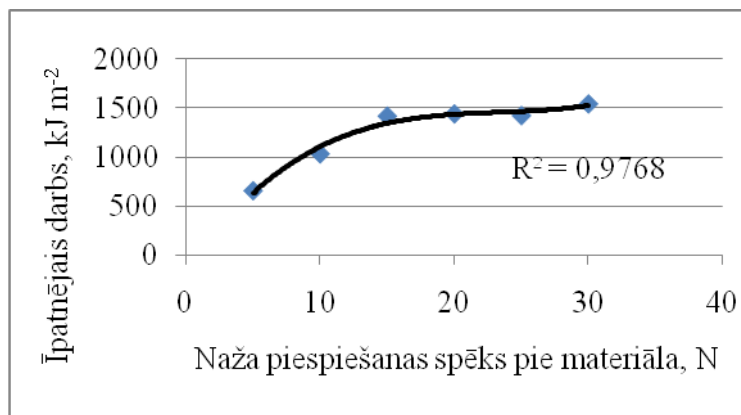
kur  $N$  – asmens piespiešanas spēks, N;

$F_v$  – asmens vilces spēks, N;

$b, l$  – placinātās niedres iegriezuma dziļums un platums, m;

$s$  – naža pārvietojums slīdē, m.

10.attēlā redzams, ka, mainot niedres parauga piespiešanas spēku nazim no 5 uz 30 N, īpatnējais enerģijas patēriņš slīdošajā griešanā izmainās no 653 uz 1500  $\text{kJ m}^{-2}$ .



10.att. Īpatnējais enerģijas patēriņš slīdošajā griešanā

Salīdzinot ar ciršanas griešanu, īpatnējais enerģijas patēriņš slīdošajā griešanā daudzreiz lielāks. Šāda atšķirība saistīta ar lielo darba patēriņu berzes pārvarēšanai. Atšķirība no

akadēmiķa Gorjačkina pētījumiem ir arī parauga stiprinājumam. Viņa eksperimentos visticamāk paraugs tika stiprināts tikai no vienas puses, ļaujot griezumam atvērties – atbilstoši tā laika salmu griezēju konstrukcijai, kur salmus šķipsnām padeva griešanai un nogrieztā daļa atdalījās nokrītot. Mūsu eksperimentā nostiprinātas abas niedru stiebra puses atbilstoši tam, kā smalcina ķīpotu stiebru materiālu, kur stieбри ir savstarpēji saistīti. Jebkurā gadījumā, taupot enerģiju, berzes pārvarēšanu stiebru materiālu kondicionēšanas operācijās ir jācenšas izslēgt, jo tā ir darba procesā zaudētā enerģija. Ciršanas griešanā, kad jāpārvar materiāla robežizturība bīdē un berzes spēki griešanā nav iesaistīti, praktiski ir minimālais enerģijas patēriņš smalcināšanā. Izmantojot slīpo griešanas paņēmienu, ir iespējams samazināt arī maksimālo griešanas spēka vērtību.

### Secinājumi

Niedru robežizturība stiepē ir  $256 \pm 27 \text{ N mm}^{-2}$ , un atbilstoši augstākas ir arī pārējo mehānisko parametru vērtības salīdzinājumā ar Latvijā izplatītajiem stiebru materiāliem, tāpēc niedru stiebru materiāla kondicionēšanai noteiktais enerģijas patēriņš var tikt vērtēts kā maksimālais visai enerģētisko augu stiebru materiālu grupai.

Enerģētisko augu iepriekšēja placināšana ir ieteicama pirms smalcināšanas, ko var realizēt ar padeves ruļļiem pašā smalcinātājā, ievadot augu masu plānā slānī, jo neplacināta stiebru pārgriešanā patērētā enerģija pārsniedz placināta stiebra griešanas enerģiju par 0,42 J. Savukārt 6 cm gara niedru stiebra placināšanas enerģija ir tikai 0,2 J.

Ja griešana ciršanas griešanā notiek vienā placinātu niedru slānī, tad īpatnējais enerģijas patēriņš  $90^\circ$  un  $20^\circ$  asinājuma nažiem būtiski neatšķiras un nepārsniedz  $27 \text{ kJ m}^{-2}$ . Projektējot stiebru materiālu smalcinātājus ir ieteicama plāna slāņa materiāla smalcināšana ar  $90^\circ$  asinājuma nažiem, jo nažu asināšana smalcinātājiem ekspluatācijas gaitā ir darbietilpīga. Nažiem ar  $20^\circ$  asinājuma leņķi nodilums un noapaļojums asmenim iestājas ātrāk nekā nažiem ar  $90^\circ$  asinājuma leņķi.

Placinātu niedru slīdošajā griešanā, ja parauga piespiešanas spēks asmenim pārsniedz 20 N, berzes koeficients  $f > 1$ .

Niedres parauga piespiešanas spēku nazim mainot no 5 uz 30 N, īpatnējais enerģijas patēriņš slīdošajā griešanā izmainās no 653 uz  $1500 \text{ kJ m}^{-2}$ .

Ciršanas griešanā, kad jāpārvar materiāla robežizturība bīdē un berzes spēki griešanā nav iesaistīti, praktiski ir minimālais enerģijas patēriņš smalcināšanā. Izmantojot slīpo griešanas paņēmienu, ir iespējams samazināt arī maksimālo griešanas spēka vērtību.

### Summary

Growing of herbaceous energy crops for solid biofuel production in rural area is more preferable, because delayed harvesting in winter time let obtain biomass with humidity less than 15% and content of nutrients (P, K) 50% less than in autumn season. Such material after shredding can be used for compacting without drying for solid biofuel production.

The article presents investigation of reed biomass conditioning processes: flattening and cutting. Necessity to reduce the size of common reeds (*Phragmites australis*) to particles smaller than 3 mm for solid biofuel production is determined by compaction properties of biomass. It was stated that unflattened reed stem cutting energy consumption is 2 times more us flattened stem cutting energy, therefore flattened reed stems are recommended for shredding.

Two methods of flattened reed cutting were investigated experimentally – slash cutting and sliding cutting. Ultimate cutting stress for knife with cutting edge angle  $20^\circ$  is twice lower than cutting stress for knife with cutting edge angle  $90^\circ$ . There are not sufficient difference ( $2.4 \text{ kJ m}^{-2}$ ) in the slash cutting energy consumption values for single flattened reed stalk layer

cutting with knife edge angles 20° and 90°. Thin herbaceous biomass layer cutting is recommended for shredder design.

For sliding cutting specific energy consumption is more sufficient - 653 – 1500 kJ m<sup>-2</sup>.

Friction energy is the main wasted energy in sliding cutting. For friction coefficient value knife angle and specimen fixation type play the main importance.

For flattened reed material shredder design slash cutting with inclined knife is recommended.

### **Pateicība**

Autori pateicas Latvijas Zinātnes padomei par finansējumu granta tēmai 05. 1598, kas ļāva materiāli nodrošināt šo pētījumu.

### **Literatūra**

1. Горячкин В. Теория соломорезки и силосорезки. В сборнике Теория конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Т4. М. Сельхозгиз, 1936. с.226-263.
2. Afzalinia S., Roberge M. Physical and mechanical properties of selected forage materials. Canadian Biosystems engineering. Volume 49. 2007. pp.223-227.

# RAPE SEED OIL TETRAHYDROFURFURYLESTERS

## RAPŠU EĻĻAS TETRAHIDROFURFURILESTERA IEGŪŠANAS METODEDES

**K.Malins, V.Kampars, R.Kampare, T.Rusakova**

Riga Technical University, Institute of Applied Chemistry

Azenes St 14/24, LV 1048, Riga, Latvia

Ph: +(371)67089258; fax: + (371)67615765, e-mail: kristaps@ktf.rtu.lv

Ph: +(371)67089224; fax: + (371)67615765, e-mail: kampars@ktf.rtu.lv

Ph: +(371)67089224; fax: + (371)67615765, e-mail: ruta.kampare@gmail.com

Ph: +(371)29596654; fax: + (371)67615765, e-mail: tavinja@inbox.lv

---

**Abstract:** *The transesterification of vegetable oil using various kinds of alcohols is a simple and efficient renewable fuel synthesis technique. Products obtained by modifying natural triglycerides in transesterification reaction substitute fossil fuels and mineral oils. Currently the most significant is the biodiesel, a mixture of fatty acid methyl esters, which is obtained in a reaction with methanol, which in turn is obtained from fossil raw materials. In biodiesel production it would be more appropriate to use alcohols which can be obtained from renewable local raw materials. Ethanol rouses interest as a possible reagent, however, its production locally is based on the use of grain and therefore competes with food production so it would implicitly cause increase in food prices. Another raw material option is alcohols that can be obtained from furfurole. Furfurole is obtained in dehydration process from pentose sugars which can be extracted from crop straw, husk and other residues of agricultural production. From furfurole the tetrahydrofurfuryl alcohol (THFA), a raw material for biodiesel, can be produced. By transesterifying rapeseed oil with THFA it would be possible to obtain completely renewable biodiesel with properties very close to diesel [2-4]. With the purpose of developing the synthesis of such fuel, in this work a three-stage synthesis of rapeseed oil tetrahydrofurfurylestes (ROTHFE) in sulphuric acid presence has been performed, achieving product with purity over 98%. The most important qualitative factors of ROTHFE have been determined - cold filter plugging point, cetane number, water content, Iodine value, phosphorus content, density, viscosity and oxidative stability.*

**Keywords:** *biodiesel, rape seed oil, tetrahydrofurfuryl alcohol.*

---

### Introduction

Biodiesel is currently one of the most popular renewable fuels and it has the following advantages in comparison with diesel [1]:

1. Biodiesel is environmentally friendlier than fossil fuel since the CO<sub>2</sub> produced during the operation of an internal combustion engine creates very little greenhouse effect, because significant part of it has been consumed during the vegetation period of the plants;
2. Running diesel engines on biodiesel reduces most of the harmful emissions;
3. If the production and use of biodiesel is increased, the energy independency of the countries lacking or having limited fossil energy sources increases as well;
4. The production of biodiesel provides for more balanced development of national economy.

The transesterification of vegetable oil using various kinds of alcohols is a simple and efficient renewable fuel synthesis technique. Products obtained by modifying natural triglycerides in transesterification reaction substitute fossil fuels and mineral oils. Currently the most significant is the biodiesel, a mixture of fatty acid methyl esters, which is obtained in a reaction with methanol, which in turn is obtained from fossil raw materials. In biodiesel production it would be more appropriate to use alcohols which can be obtained from renewable local raw materials. Ethanol rouses interest as a possible reagent, however, its production locally is based on the use of grain and therefore competes with food production so it would implicitly cause increase in food prices. Another raw material option is alcohols that can be obtained from furfurole. Furfurole is obtained in dehydration process from pentose sugars which can be extracted from crop straw, husk and other residues of agricultural

production. From furfurole the tetrahydrofurfuryl alcohol (THFA), a raw material for biodiesel, can be produced. By transesterifying rapeseed oil with THFA it would be possible to obtain completely renewable biodiesel with properties very close to diesel [2-4]. With the purpose of developing the synthesis of such fuel, in this work a three-stage synthesis of rapeseed oil tetrahydrofurfurylestere (ROTHFE) in sulphuric acid presence has been performed, achieving product with purity over 98%. The most important qualitative factors of ROTHFE have been determined - cold filter plugging point, cetane number, water content, Iodine value, phosphorus content, density, viscosity and oxidative stability.

### Materials and methods

To obtain the biodiesel, a refined rapeseed oil produced by SIA "Iecavnieks" was used. THFA was purchased from *Alfa Aesar GmbH & CO KG*. Paramagnetic resonance (PMR) spectrums were recorded with *Varian 600MHz* spectrometer, using  $\text{CDCl}_3$  as a solvent.

The three-stage technique for obtaining ROTHFE in sulphuric acid medium with content over 98% was developed on the basis of publication [3] and incorporates the following:

In Stage 1, 58g of THFA is gradually mixed with 4g of concentrated  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . 100g of oil is heated in a round flask to  $100^\circ\text{C}$ , and then the THFA and sulphuric acid are added. Reaction pulp is intensively mixed using a magnetic stirrer at  $100^\circ\text{C}$  for 3 hours, then it is poured into a detachable funnel and after 24 hours, the remains of glycerin and sulphuric acid are separated. After this stage, the product concentration reaches 85%, according to PMR analysis.

Stage 2 is carried out by the same technique as Stage 1. The biodiesel and oil solution layer obtained in Stage 1 is transesterified with 15g of THFA, in which 1g of concentrated sulphuric acid has been dissolved. After separation of glycerin, biodiesel layer is washed using 1l 15% sodium carbonate until pH is neutral, then it is washed with 300 ml of distilled water. To accelerate separation, 200g of sodium chloride is added to the emulsion, and then it is heated to  $100^\circ\text{C}$ . After separation of layers, the water is evaporated using rotation evaporator. Biodiesel layer according to PMR contains approx. 95% ROTHFE.

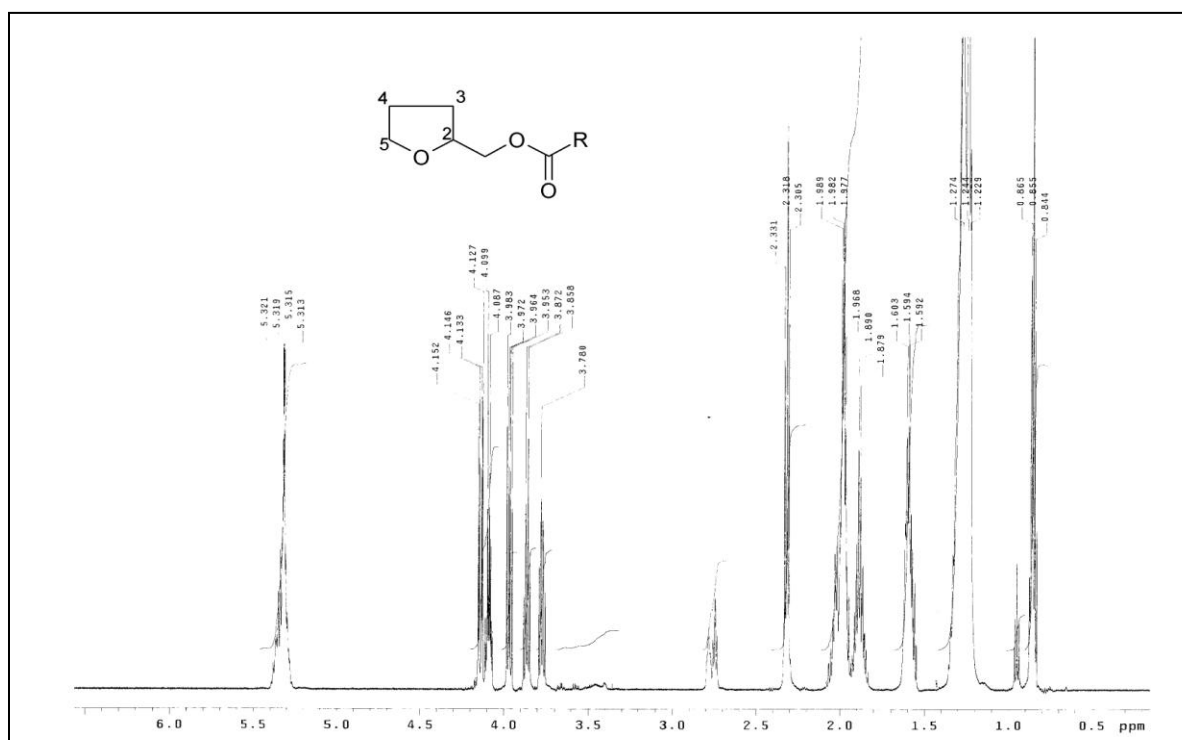


Fig. 1. ROTHFE PMR spectrum

In Stage 3, reagent concentrations, conditions and product separation are the same as in Stage 2, but ROTHFE washing is carried out 3 more times with 500ml of water to maximally separate the remains of acid and salts. After water is evaporated in vacuum, ROTHFE is dissolved in ¼ portion of petroleum ether and filtered through 0.8µm filter, then petroleum ether is evaporated and the outcome is 74g of product with ROTHFE concentration over 98%. PMR spectrum of the product is provided in Figure 1 and qualitative factors in Table 1. PMR ROTHFE signal attribution was performed as follows: THFA part: 1,9 and 1,6 (m and m, 3-CH<sub>2</sub>); 1,9 and 1,8 (m and m, 4-CH<sub>2</sub>); 3,86 and 3,77 (m, 5-CH<sub>2</sub>); 4,09 (m, 2CH); 4,14 and 3,97 (dd and dd, -CH<sub>2</sub>-O-C(O)-); fatty acid part: 1,0 – 0,8 (t, CH<sub>3</sub> group); 5,4 – 5,2 (m, -CH=CH-); 2,8 – 2,7 (m, =C-CH<sub>2</sub>-C=); 2,32 (t, <sup>3</sup>J=7Hz, -C(O)-CH<sub>2</sub>-); 1,98 (m, -CH<sub>2</sub>-C=C-CH<sub>2</sub>-); 1,6 (m, -C(O)-C-CH<sub>2</sub>-); 1,4 – 1,2 (m, the other CH<sub>2</sub> groups).

### Results and discussion

The most important qualitative factors of ROTHFE determined in accordance with requirements of European biodiesel standard EN 14124 are shown in Table 1. According to the data in table, a conclusion can be drawn that ROTHFE cold filter plugging point, cetane number, water content, Iodine value and phosphorus content comply with the standard. Surprising is the fact that the sulphur content in ROTHFE has increased remarkably. It can be attributed to the sulphuric acid (transesterification catalyst) remains in the biodiesel which are very hard to separate efficiently. The process of washing with water or Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution is labor-consuming and causes considerable product losses. ROTHFE also has increased density and viscosity, which can be attributed to its molecular weight, since it is higher than that of the corresponding rapeseed oil methyl and ethyl esters.

Table 1.

ROTHFE characteristics

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Method</i>	<i>Standard</i>	<i>Unit of measurement</i>
Cold filter plugging point	-7°	EN 116	Depending on climatic zone	°C
Cetane number	53,2	EN ISO 5165	min 51	-
Sulphur content	80,5	EN ISO 20846	max. 10	mg/kg
Water content	100	EN ISO 12937	max 500	mg/kg
Density at 15°C	0,937	EN ISO 3675	min 860, max 900	kg/m <sup>3</sup>
Viscosity at 40°C	12,19	EN ISO 3104	min 3,5, max 50	mm <sup>2</sup> /s
Iodine value	91,1	EN 14111	max 130	g iodine/100g
Phosphorus content	3	EN 14107	max 10	mg/kg
Oxidative stability at 110°C	<0,2	EN 14112	min 6,0	h

Oxidative stability of ROTHFE proved to be very low (see Table 1). Figure 2 shows that the curve representing ROTHFE oxidation process according to standard EN 14112 is very close to that of tetrahydrofurfuryl acetate. Tetrahydrofurfuryl acetate and ROTHFE oxidize without interruption, starting from the point of reference, and do not form the convexity typical to rapeseed methyl esters (RME) at the end of induction. This implies that the low oxidation stability of ROTHFE is due to the remains of tetrahydrofurfuryl alcohol and use of such esters will require the use of efficient antioxidants.



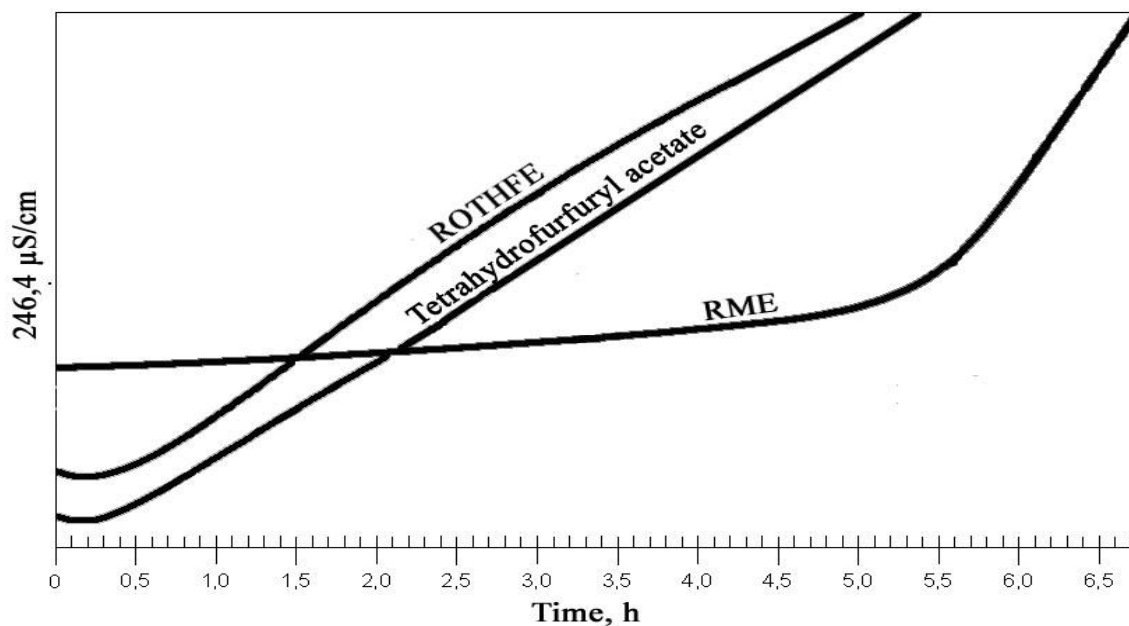


Fig. 2. ROTHFE, Oxidative stability curve of Tetrahydrofurfuryl acetate and RME

### Conclusions

1. A three-stage process for ROTHFE synthesis in sulphuric acid presence including multistage separation and purification of the reaction product with the following PMR control has been developed, permitting to obtain product with purity over >98%.
2. ROTHFE cold filter plugging point, cetane number, water content, Iodine value and phosphorus content comply with biodiesel standard EN 14124.
3. In comparison with RME, ROTHFE has increased viscosity and density.
4. Oxidative stability of ROTHFE is low mostly due to tetrahydrofurfuryl fragment.
5. Using sulphuric acid as a transesterification catalyst, the product has increased sulphur content which can be reduced by washing with water or  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solvent, but achieving very low sulphur content is a labor-consuming process which also reduces the final amount of product.

### References

1. Knothe G., Krahl J., Gerpen J.V. The biodiesel handbook; AOCS Press: Illinois, 2005. pp. 302.
2. Lacomte T., Montagne X., Delfort B., Paille F. Compositions de carburants diesel contenant des composés oxygénés dérivés du tétrahydrofuryle. Pat. EP 1188 812 (20.03.2002.)
3. S. JR R. H Van, Esters of tetrahydrofurfuryl alcohol. Pat. US 1802623 (28.04.1931.)
4. T.R.W Van. Tetrahydrofurfuryl alcohol polymerized fatty acid esters. Pat. US 3470212 (30.09.1969.)

# CĒLOŅU SEKU DIAGRAMMU ANALĪZE PUTU POLISTIROLA IZSTRĀDĀJUMU RAŽOŠANAS PROCESAM ANALYSES OF THE CAUSE AND EFFECT DIAGRAMS OF EXPANDED POLYSTYRENE MANUFACTURING PROCESS

**Olita Medne, Ilo Dreijers, Līga Bērziņa**

Rīgas Tehniskā universitāte

Āzenes 14/24, Rīga, LV 1048, Latvija

Tālr. +371 67089211, e-pasts: omedne@gmail.com

---

**Abstract.** *The manufacturing of expanded polystyrene is a multi-stage process. In each stage the number of technologic parameters is very high, they are intercorrelated and influence the quality of the end product. The improper combination of parameter quantitative values causes defects – deterioration of mechanical and heat insulation properties, product deformation and cracking.*

*The planning of experiments for parameter discrimination and afterwards optimization is not practicable due to the high number of variables. That is why we used the cause and effect diagrams for the identification of the most essential parameters. After analyzing the regulation of the technological process a cause and effect diagram (the so-called "fish-bone") was created for each stage.*

*Further on, after having analyzed the literature data and using the experience gained in the real manufacturing process, the set of eventually most essential parameters was defined. Also the number of these parameters is quite high, however it already gives a possibility to perform purposeful experiments and make an analysis of the experimental results.*

**Keywords:** *cause and effect diagram, manufacturing, expanded polystyrene.*

---

## Ievads

Putu polistirola (PPS) izstrādājumus plaši lieto dažādās jomās. Visbiežāk tos lieto kā iepakojanas, siltumizolācijas materiālu un materiālu dažādās būvniecības jomās [1]. Putu polistirolam kā materiālam ir labas konstruktīvās īpašības, piemēram, pietiekama stiprība, zema ūdens absorbcija, dažāds blīvums, ūdens un siltumpretestības izturība [2].

Putu polistirola izstrādājumu izejvielas ir veidotas kā lodītes (granulas) no pentānu saturoša termoplastiskā polistirola. Pentāns darbojas kā putošanas aģents. Putu polistirola granulas karsējot, parasti ar tvaiku, polistirols mīkstinās, bet pentāns tajā pat laikā veido tvaikus ar lielu tilpumu, kā rezultātā notiek polistirola „putošanās” un veidojas slēgto šūnu putuplasta struktūra [3].

Putu polistirola ražošanā ir vairāki posmi, kuri sākas ar priekšputošanu. Priekšputoto putu polistirolu iegūst, apstrādājot putu polistirola granulas ar tvaiku vienu reizi, ja jāiegūst materiāls ar lielāku blīvumu, un divas reizes, ja nepieciešams mazāk blīvs (vieglāks) materiāls. Atkarībā no materiāla blīvuma un uzputotā materiāla apstrādes ilguma var iegūt priekšputotu materiālu ar tilpummasu no 0,016 g/cm<sup>3</sup> līdz 0,56 g/cm<sup>3</sup> [4]. Kad priekšputošanas procesa beigās tvaika padeve tiek pārtraukta, granulām atdziestot, tvaiks un gaistošais putošanas aģents (pentāns) kondensējas putu šūnveida struktūrā. Uzreiz pēc priekšputošanas granulas nav elastīgas – ja tās deformējas, sfērisku formu vairs nevar atgūt. Granulu tilpuma palielināšanās un blīvuma samazināšanās ir atkarīga no temperatūras un uzturēšanās laika priekšputotājā.

Priekšputoto granulu blīvums ir pakāpe, līdz kurai tās var izplesties [5]. Ja blīvums tiek samazināts pārāk daudz, šūnu sienīgas sabruks līdzsvara trūkuma dēļ starp atmosfēras spiedienu ārpus šūnas un daļēju vakuumu šūnas iekšpusē. Tas izraisa palielinātu blīvumu. To sauc par sabrukšanas zonu, kurā priekšputotā putu polistirola blīvums kļūst nekontrolējams.

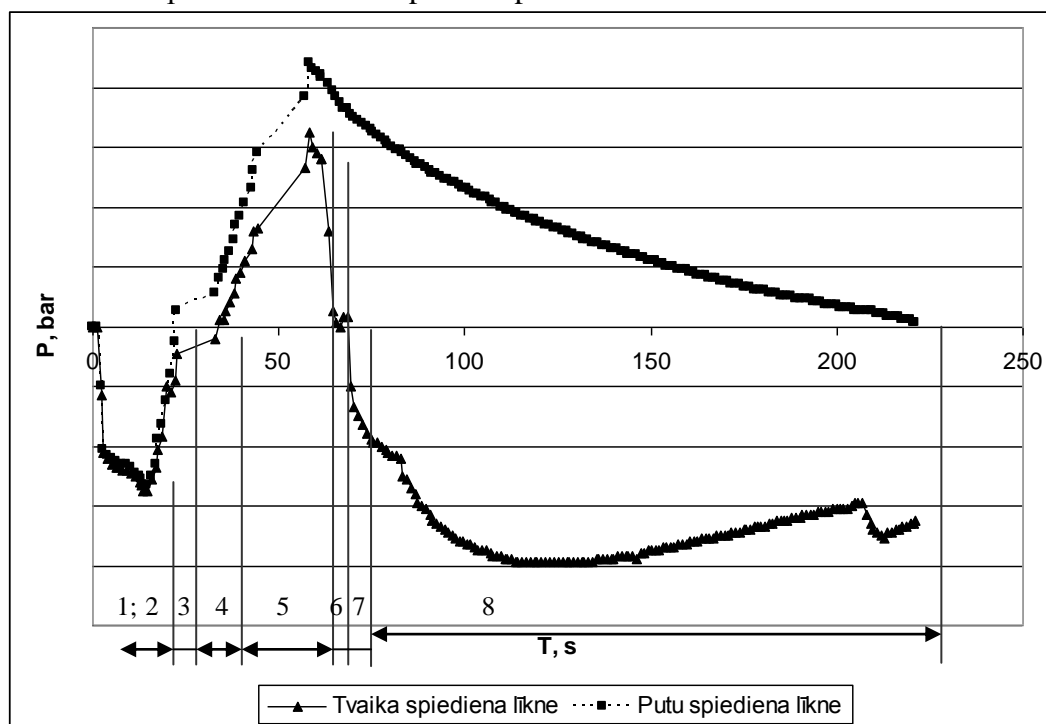
Laiks minimālā blīvuma sasniegšanai un izplešanās ātrums atšķiras atkarībā no materiāla veida un priekšputošanas apstākļiem, piem., izmantotās iekārtas un tvaika kvalitātes.

Priekšputošanas laikā putu polistirola granulās saturošais putošanas aģents tiek aktivizēts un daļēji zaudēts. Putošanas aģenta daudzuma zudums ir atkarīgs no priekšputoto granulu sasniegtā blīvuma un iekārtas tipa. Uzputoto granulu žāvēšana un nobriedināšana arī izraisa nelielu putošanas aģenta zudumu.

Priekšputotā materiāla stabilizēšana ir otrais putu polistirola izstrādājumu ražošanas procesa solis – šajā stadijā tiek atgūta priekšputoto granulu elastība, gaisam difundējot šūnās. Ir jāpaiet zināmam laikam, lai tās iegūtu pietiekamu mehānisko izturību, tādēļ uzputotā putu polistirola granulas vairākas stundas tiek „nobriedinātas” atvērtās tvērtēs. Procesā sākumā šūnu iekšējais spiediens ir vēl stipri mazāks par atmosfēras spiedienu, taču tas pakāpeniski palielinās, gaisam ap granulām difundējot caur šūnu sienām. Gaisa apjoms ir atkarīgs galvenokārt no lodīšu izmēra, blīvuma un temperatūras. Liela blīvuma priekšputotās granulas ir jānobriedina, līdz tās ir zaudējušas pietiekamu daudzumu putošanas aģenta, kamēr zema blīvuma priekšputotās granulas ir jānobriedina īsāku laiku, bet ne tik ilgi, lai notiktu pārāk liels pentāna zudums. Abos gadījumos starpnobriedināšana samazina atlikušā mitruma proporciju pietiekami, lai nodrošinātu netraucētu pārvietošanu apstrādes laikā. Ir labi, ja ūdens masas daļa pirms veidošanas ir 0,5-1,0%, jo tad tas samazina iespēju uzkrāt elektrostātiskos lādiņus. Praksē visiem produktiem ir nepieciešams, lai priekšputotās granulas veidotu pēc iespējas īsākā nobriedināšanas periodā un lai tās daudz nemainītos pat pie garāka nobriedināšanas perioda. Piemēram, materiālam ar blīvumu diapazonā 15-20 kg/m<sup>3</sup> nobriedināšanas laiks parasti ir no 12-24 h [6].

Trešajā posmā – izstrādājumu veidošanas laikā – izmantojot tvaiku, priekšputotās putu polistirola granulas veidnē (blokformā, presformā) tiek uzputotas tālāk, līdz tās sakūst kopā, veidojot veidnes formu.

1.attēls uzskatāmi parāda veidošanas procesa periodus.



1.att. Eksperimentāli iegūtās putu polistirola spiedienu līknes

Aizvērta veidne tiek piepildīta ar priekšputotām granulām. Pēc tam seko straujš spiediena kritums (1. un 2.periods).Veidnē esošais gaiss un ūdens tvaiki tiek aizvadīti, veicinot pievadītā tvaika vienmērīgu sadalījumu visā veidnes tilpumā. Tvaicēšanas posmā veidnē pievada tvaiku līdz tiek sasniegts atmosfēras spiediens (3.periods). Kad atmosfēras spiediens

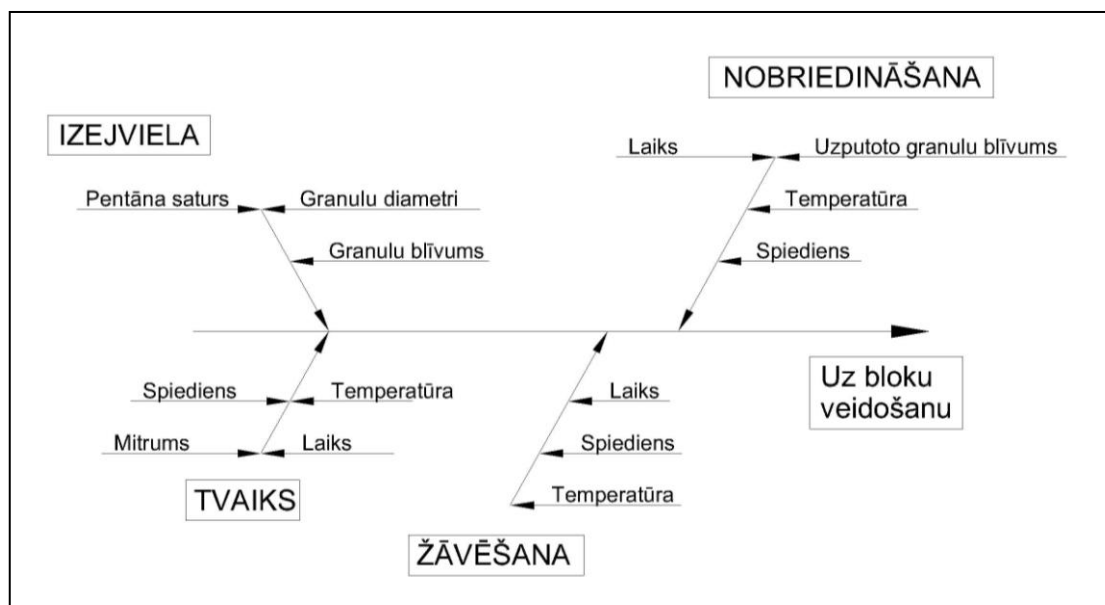
ir sasniegts, tiek atvērti ventiļi, lai no veidnes izvadītu radušos kondensātu (4.periods). Tad tiek palielināts tvaika spiediens (5.periods). Tvaiks, paaugstinot temperatūru veidnes iekšienē, veicina uzputotā materiāla mīkstināšanos un izplešanos. Tā kā veidnes tilpums ir nemainīgs, granulām izplešoties, notiek to sakušana. Stabilizēšanas periodā (6.periods) tvaika spiediens tiek saglabāts uz īsu mirkli (3-10 sek.). Tā rezultātā notiek produkta galīgā sakušana. Atzēsēšanas periodā tiek izvadīts veidnē atlikušais kondensāts (7.periods). Tālāk tiek atkal pielietots vakuums (8.periods). Veidnē atlikušais kondensāts tiek izdalīts. Šajā ciklā bloks atdziest. Kad vakuums veidnē sasniedz vērtību, kas ir tuvu 0,1 bar, process tiek apturēts. Veidnes spiedienam sasniedzot atmosfēras apstākļus, veidni atver un putu polistirola bloks tiek izņemts ar izgrūdēja palīdzību.

Kopējais veidošanas cikls parasti ilgst 3-15 min (atkarībā no bloku veidnes tipa un uzputoto lodīšu blīvuma). No veidnes izņemtā bloka temperatūra ir apmēram 90-95°C un šūnās vēl aizvien ir zināms vakuums. Tādēļ ir jānovērš temperatūras „šoks”, (tā rezultātā bloks var sarauties). Svaigiem blokiem parasti ļauj nostabilizēties vismaz 24 h nešokējošā atmosfērā (telpās ar pēc iespējas vienmērīgu temperatūru un gaisa mitrumu) [7].

### Materiāli un metodes

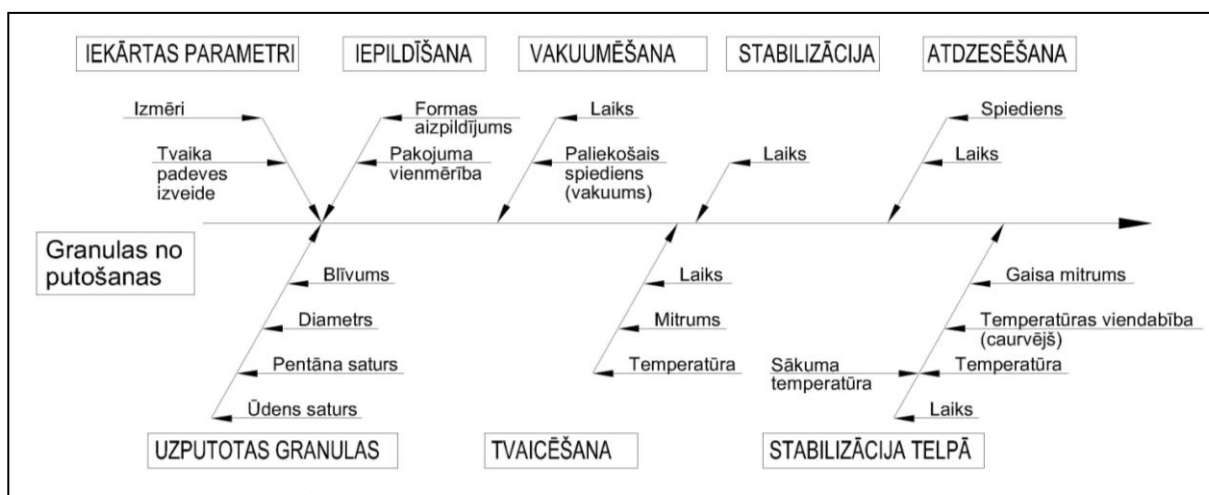
Putu polistirola izejvielu granulas ir ļoti dažāda izmēra no 0,3 līdz 1,5 mm, kā arī ar dažādu pentāna saturu – 4-9%. Katrai granulu grupai un produkta izveidei ir nepieciešams konkrēts parametru kopums, ka radītu kvalitatīvu un pēc nepieciešamības atbilstošu produktu.

No ražošanas procesa apraksta var secināt, ka ir ļoti daudzi putu polistirola izstrādājumu kvalitāti ietekmējošie faktori; līdz ar to ir nepieciešams diskriminēt būtiskos un mazāk būtiskos parametrus. Šim nolūkam tika izveidota putu polistirola ražošanas posmu cēloņu un seku diagramma (2.att. priekšputošanas un starpnobriedināšanas procesam, 3.att.- bloku veidošanas procesam).



2.att. Izejvielu granulu priekšputošana un starpnobriedināšana

Izmantojot diagrammas datus, tika izvēlēta būtiskāko parametru kopa un veikti eksperimenti. Piemēram, tika noteikts nepieciešamo putu polistirola lodīšu uzputošanas laiks un nepieciešamā tvaika temperatūru dažādām granulām.



3.att. Bloku veidošana

### Rezultāti un to izvērtējums

Kā redzams, procesu iespaidojošie parametri ir stipri korelēti, vienas stadijas izejošie parametri būtiski iespaido sekojošos procesus. Piemēram, izejmateriāla (granulu) īpašības ietekmē visus tālākos procesus. Tādēļ pirmajā eksperimentu sērijā tika pētīta izejmateriāla granulometrijas, blīvuma un pentāna satura ietekme uz iegūtā materiāla īpašībām putošanas un starpnobriedināšanas stadijā. Pārējo parametru ietekme šinī stadijā ir pakārtota, to ietekme ir mazāk būtiska un tie ir jāpiemeklē atbilstoši katram izejmateriālam.

Bloku veidošanas procesā būtiskākie parametri, kurus iespējams operatīvi regulēt, ir uzputoto granulu īpašības (no iepriekšējās stadijas), tvaicēšanas laiks un tvaika temperatūra un bloku stabilizācija. Bloku stabilizācijas procesā ir būtisks stabilizācijas laiks un spiediena režīms. Šie parametri tiek pētīti tālākajos eksperimentos.

### Secinājumi

Cēloņu-secu diagramma ir parocīgs instruments sarežģītu vairāku stadiju procesu analīzei, kas dod iespēju *a priori* analizēt procesu ietekmējošo parametru skaitu, to ietekmi uz gala produkta kvalitāti, diskriminēt mazāk būtiskos parametrus no ietekmīgajiem un samazināt sekojošo eksperimentu skaitu.

### Summary

The products of expanded polystyrene are widely used in different spheres. Most often they are used as packing and heat insulation material as well as material in different building spheres [1]. The expanded polystyrene as material has very good constructive properties, for example, sufficient strength, low water absorption, variable density, and water and heat resistance [2].

The raw material of expanded polystyrene products is shaped as beads (granules) from pentanic thermoplastic polystyrene. Pentane is acting as a foaming agent. Heating the EPS beads, usually with vapour, polystyrene softens but at the same time the pentane is making vapour with high volume, as a result of which the “foaming” of polystyrene takes place and the polystyrene structure of closed cells develops [3].

There are several stages in the manufacturing of expanded polystyrene, which begin with pre-expansion. The pre – expanded polystyrene is produced by processing EPS granules with vapour. Depending on material density and the length of processing of the foamed material, it is possible to get pre-expanded material with density from 0,016 g/m<sup>3</sup> to 0,56 g/cm<sup>3</sup> [4]. When at the end of pre – expansion process the vapour feeding is interrupted and the granules are cooled, vapour and evaporable foaming agent (pentane) condense in the foam cell-shaped

structure. The increase of granule volume and decrease of the density depend on the temperature and aging time in the pre - expander.

The stabilizing of the pre-expanded material is the second step of the expanded polystyrene manufacturing process – in this stage the elasticity of the pre-expanded granules is recovered with air diffusing in the cells. A certain time has to pass until they get sufficient mechanical strength, thus the granules of the foamed expanded polystyrene are “aged” in open containers for several hours. The air amount depends on mainly the size, density and temperature of the beads. High density pre-expanded granules have to be aged until they have lost sufficient amount of the foaming agent, while low density beads have to be aged for a shorter time, however not for long, so that the loss of pentane is too high. For example, for material with density in range 15 – 20 kg/m<sup>3</sup> the aging time is usually 12 – 24 hours [6].

In the third stage – during the product manufacturing using vapour the pre-expanded granules are foamed further in a mould (block form, press mould) until they fuse together forming the form of the mould. The total moulding cycle usually lasts from 3 – 15 minutes (depending on block mould type and foamed bead density). The temperature of the block taken out of the mould is approximately 90 – 95 °C and there is still certain vacuum in the cells. Thus, the temperature “shock” has to be prevented (block could shrink in the result of it). Fresh blocks are usually allowed to stabilize for at least 24 h in a non-shocking atmosphere (the room has to have as steady temperature and air humidity as possible) [7].

From the manufacturing process description we could conclude that there are very many factors defining the quality of expanded polystyrene; thus it is necessary to discriminate the essential parameters and those of less importance. For this reason the cause and effect diagram of expanded polystyrene manufacturing stages was developed (Fig. 2 for pre-expansion and intermediate aging processes, Fig. 3 for block moulding process).

Using the diagram data we have chosen the set of the most essential parameters for us and have performed experiments.

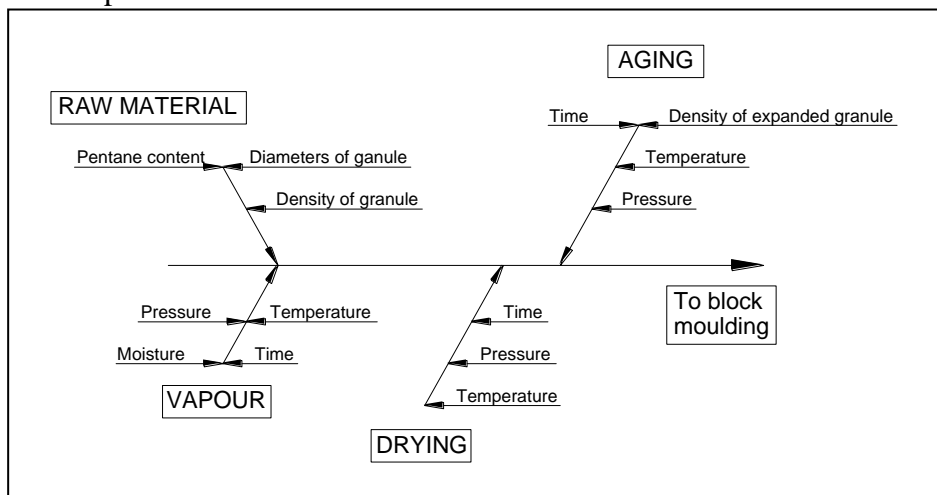


Fig. 2. Pre-expansion and intermediate aging processes

As it can be seen the parameters influencing the process are highly correlated, the outgoing parameters of one stage essentially influence the following stages.

That is why in the first experimental series the influence of granulometry, density and pentane content of the raw material on the properties of the produced material in foaming and intermediate aging stages was studied. The influence of the rest parameters in this stage is subordinate, their influence is less essential and they have to be defined suitable for each raw material.

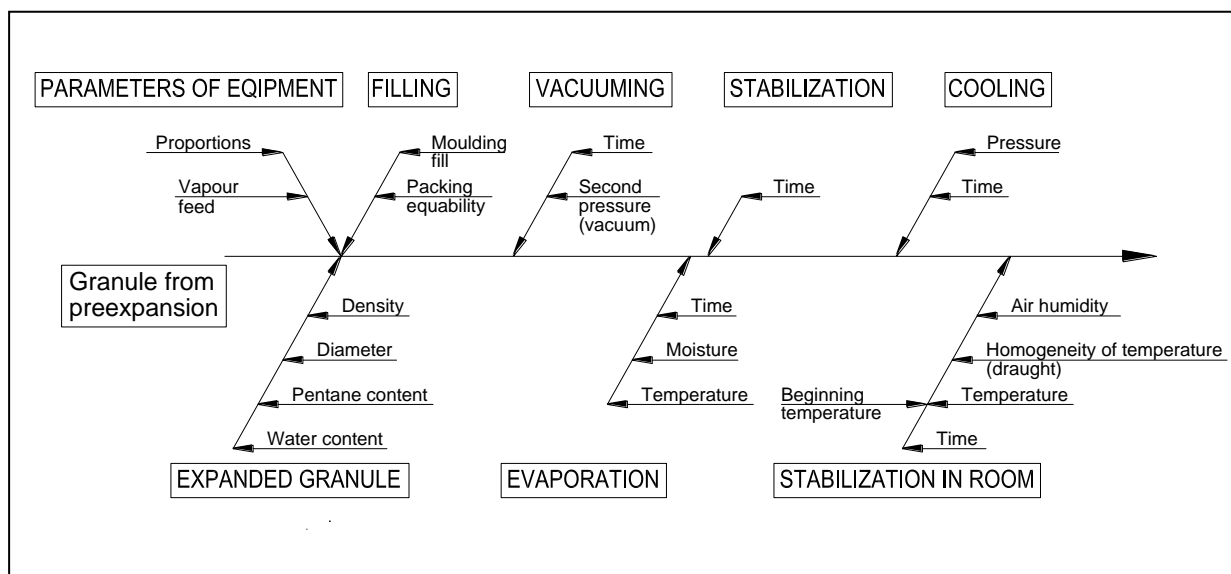


Fig. 3 Block moulding process

In the block moulding process the most essential parameters, which can be operatively regulated, are the properties of the foamed granules (from the previous stage), vapourising time and vapour temperature and block stabilizing. In the block stabilizing process the stabilizing time and pressure regime are important. These parameters are being researched in the further experiments.

Cause and effect diagram is a useful tool in an analysis of complicated multi-stage process giving possibility to analyze apriori the number of process influencing parameters, their influence on the quality of the end product, to discriminate the less essential parameters from the important ones and decrease the number of further experiments.

#### Literatūra

1. Mills N. Polymer Foams Handbook: Engineering and Biomechanics Application and Design Guide. Elsevier, 2007. p. 535.
2. Vaitkus S., Laukaitis A., Gnipas I., Keršulis V., Vėjelis S. Experimental Analysis of Structure and Deformation Mechanisms of Expanded Polystyrene Slabs, Material Science, 2006. 12, No. 4, p. 323-327.
3. Coquard R., Baillis D., Modeling of Heat Transfer in Low- Density EPS Foams, Journal of Heat Transfer, 2006. p. 536-549.
4. Chanda M., Roy S.K. Plastics Technology Handbook, CRC Press Taylor&Francis Group, New York, 2007.
5. Basf Technical Information, Preexpansion of Styropor, 2001. 540, p. 1-5.
6. Basf Technical Information, Intermediate aging of Preexpanded Styropor, 2001. 570, p. 1-3.
7. Huntsman Technical Bulletin, Introduction of Expandable Polystyrene, 2001. 1-1.0, p. 1-10.

# ECOLOGICALLY SAFETY STORAGE OF HIGH-SULFUR COAL WASTES AND TECHNOLOGIES OF THEIR PROCESSING

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ХРАНЕНИЕ ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ УГЛЕОТХОДОВ И ПРОЦЕССЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Alexei P. Dmitriev<sup>1</sup>, Mikhail G. Zilberschmidt<sup>1</sup>, Mikhail Ja. Shpirt<sup>2</sup>

1- Moscow State Mining University, 6, Leninsky pr., Moscow, 119991, Russia

ph: +(495)2373278, e-mail: zilberchmidt@msmu.eu.org

2- Fossil Fuel Institute, 29. Leninsky pr., Moscow, 117910, Russia

Ph: +(495)955-45-96, e-mail: shpirt@mail.ru

---

**Abstract.** *There are shown the data on composition and technological properties of solid wastes with high sulphur contents after coal mining and preparation (SCWHS) in Russia.*

*The natural processes causing the pollution of the environment due to contents of sulphur and some potentially toxic elements in these wastes are considered. However these wastes may be promising as raw materials for producing some saleable products. According to Russian regulation a payment for wastes storing depends on so called their class of danger (CD). Methods for the CD determination for coal wastes are described.*

*Results of simulating of thermal treatment in different conditions of SCWHS are shown. Using these results some processes of SCWHS utilization are proposed to produce some valuable products.*

*Some new criteria based on Russian regulations are worked out to determine an ecological danger of mine waters of Russian enterprises and promising methods of mine waters cleaning and utilization.*

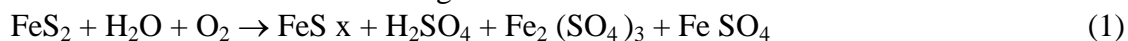
*There were conducted experimental investigations on the localization of ecologically dangerous products forming due to interaction of SCWHS with waters flowing through SCWHS dams. Some carbonate rocks and fly ashes were tried for this purpose. There were found that the localization is occurred due to forming of new minerals along with a delaying of the oxidation of sulphides containing in SCWHS. Using these results grounds of some methods are proposed to decrease concentrations of ecologically toxic elements ( Fe, Al, Ni, Cu, Cr, Zn, As, Pd und oth.) till values considerably less than permitted ones in waters flowing through SCWHS dams. New promising results of experiments on laboratory and industrial installations were got for using these technologies with carbonate rocks for enterprises in central Russia.*

**Keywords:** *solid wastes with high sulfur, technological properties, utilization, thermal treatment, localization of ecologically dangerous products.*

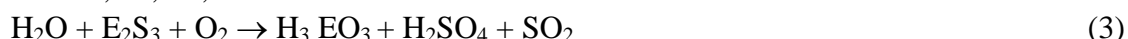
---

### Introduction

Coal wastes designated as SCWHS with relatively high contents of sulfur ( $S_t^d > 1.5\%$ , mass.), in some cases organic substances ( $C_o^d > 12\%$ ) and toxic trace elements are piled in huge dumps at some enterprises after mining or preparing of sulfurous coals ( $S_t^d > 1.5 - 2\%$ ), for example in Russia (Moscow and oth. basins). One of the most serious environmental problems associated with the surface disposal of sulfur-bearing wastes is the oxidation of the inherent pyrite and the generation of acidity with solubilization of compounds of some elements contained in wastes and toxic to the environment, e.g. the generation of hazardous coal mine drainage and subsequent contamination of surface streams and underground waters. Main reactions are the following:



M - Co, Ni, Pb, Zn



E - As, Sb



Me - Mn, Sr, Pb, Zn, Cr

There were conducted investigations on the localization of ecologically dangerous products forming due to interaction of SCWHS with waters flowing through SCWHS dams. Some



carbonate rocks and fly ashes were tried for this purpose. There were found that the localization is occurred due to forming of new minerals along with a delaying of the oxidation of sulphides containing in SCWHS. Using these results grounds of some methods are proposed to decrease concentrations of ecologically toxic elements (Fe, Al, Ni, Cu, Cr, Zn, As, Pd and oth.) till values considerably less than permitted ones in waters flowing through SCWHS dumps [1-5]. New promising results of experiments on laboratory and industrial installations were got for using these technologies with carbonate rocks for enterprises in central Russia.

### **Materials and methods**

There were used samples picked at some dumps of the Moscow lignite basin where solid wastes with  $S^d t = 1.5 - 9\%$  are stored drainage waters from them have  $pH = 3.1 - 3.8$ . Besides and concentrations of some hazardous trace elements (Zn, As, Se, Cr and some others) are sometimes more than permitted ones [1]. These wastes contain coal organic substances ( $C^d_o=12-28\%$ ), which may cause dangerous ecological consequences but is favourable for their utilization.

According to experimental investigations conducted dangerous actions of SCWHS on the environment may occur in a noticeable degree if their sulphur content is  $> 1.5 - 2\%$ .

It have been found that these dangerous actions on the environment may be decreased till acceptable levels while mixing SCWHS with substances, for example limestone or dolomite neutralizing  $H_2SO_4$  [2,3]. This method have been tried on dumps of SCWHS situated in Moscow lignite basin where have been accumulated nearly 100 mln.t of SCWHS in dumps and slurry ponds.

The experimental plot (64 square meters) was constructed at a distance of 20 meters from the dump of Vasilevskaya mine situated in the most populated district. It was divided into four equal parts which were separated from each other with waterproof partitions.

Each part contains SCWHS taken from the dump. Their average sulfur content was 3.5% and  $A^d = 72.4\%$ . The limestone using for mixing was from the local enterprise. It was crushed till  $< 3$  mm and contained near 95 % of  $CaCO_3$ . The external side of the plot is enclosed with a wooden wall. The wastes are put on waterproof film that is sloping towards the centre. So all waters from the each section are filtered and go to a special collector where they were measured and taken for the analyses. Each part of the experimental plot contains different amount of limestone added to the wastes: 0, 10 and 20% of limestone.

Analysis of chemical composition of water, filtrating through high-sulfur coal wastes with different additions of limestone which contains in different parts of experimental plot, allowed defining the main tendency of its alteration depending on time [4]. Approximately 36 charts were build which describe the considerable influence of limestone additions on composition of filtrating water.

Methods of thermodynamics simulation, experiments on thermal treatments of initial samples or their mixtures with  $CaCO_3$  along with chemical and X-ray analyses of got residues were applied to find technologies of SCWHS utilization.

### **Results and their discussion**

Some results of experimental investigations on chemical compositions of waters filtering through initial SCWHS and their mixtures with  $CaCO_3$  stored in above mentioned plot are shown on the Table 1 and Fig.1–3.

The results of the experiment, confirmed the main suppositions and results of laboratory tests. The important reduction of «acidity» of water along with concentrations of toxic elements in them is observed. So the ecological safety of the dump storing SCWHS may be achieved with this method.

Table 1.

**The comparison of some trace elements concentrations in waters filtered through coal wastes without limestone additions**

<i>N<sub>o</sub></i>	<i>Element</i>	<i>Concentration, 10<sup>-6</sup> g/l</i>	<i>Permitted concentration, 10<sup>-6</sup> g/l</i>
1	Al	60 000	500
2	V	275	200
3	Mn	1 600	200
4	Co	2 500	1000
5	Ni	2 500	200
6	Cu	1 200	200
7	Zn	14 000	2 000
8	Cd	62	1
9	Hg	2,75	0,5

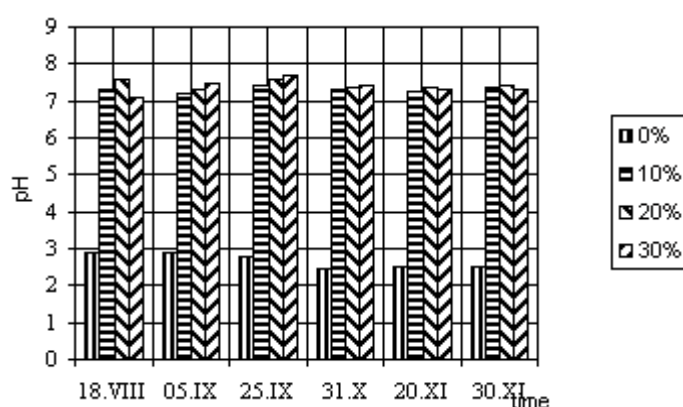


Fig. 1. pH values in waters from different parts of the plot

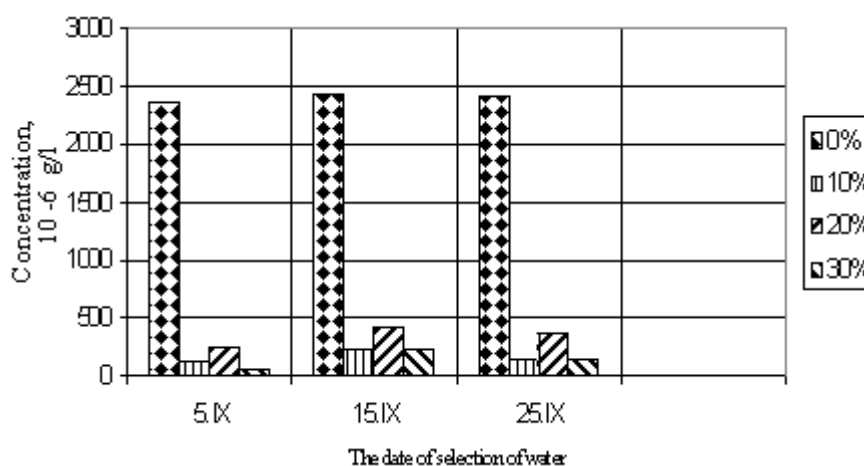
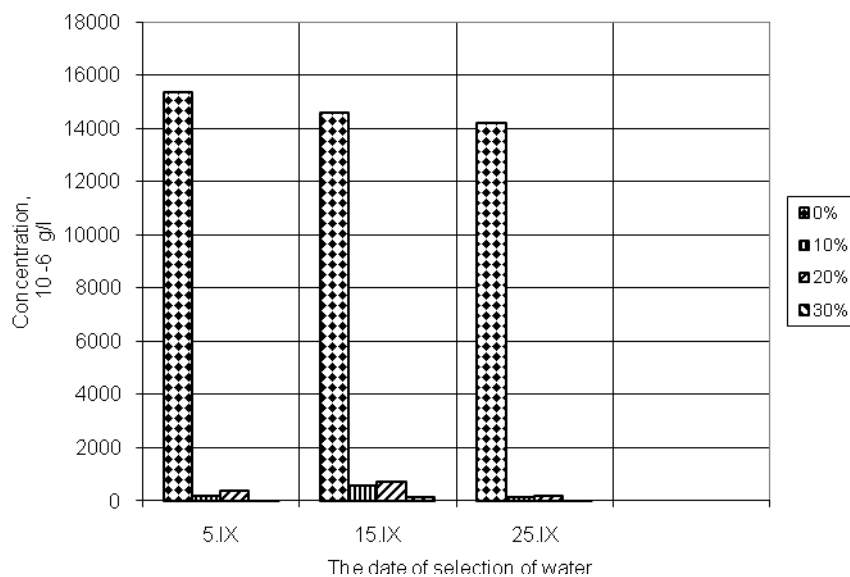


Fig. 2. The change of quantity of Ni in filtrated trough the parts of experimental plot at «Vasilyevskaya» coal-mine

The utilization of such wastes with traditional methods isn't possible practically due to high S contents. Two different thermal methods were investigated to solve this problem:

- the thermal processing of initial wastes with passing of S in gas phase, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> producing from sulphur oxides and obtaining some valuable products from solid residues after thermal processing;
- mixing SCWHS with limestone, thermal processing of got mixtures with quantitative passing of S in solid residues which may be used as binding materials.



**Fig. 3. The change of quantity of Zn in wastes filtrated through the parts of experimental plot at «Vasilyevskaya» coal-mine**

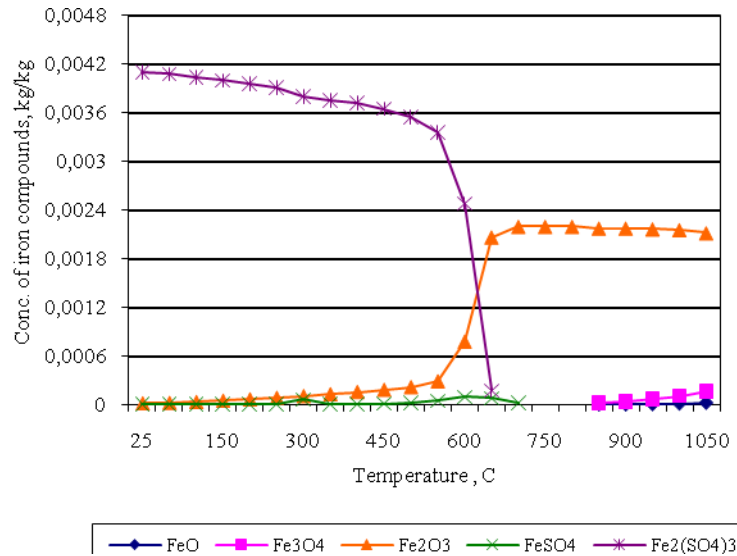
Authors have investigated both thermal methods with the method of thermodynamic simulation [5] and experiments at bench and pilot installations.

The thermodynamic simulation was conducted for reduced and oxidizing atmosphere and allowed to evaluate qualitatively contents of all products which formed in considered heterogeneous systems in the equilibrium states. During this simulation all probable transformations of the initial wastes and additives were taken into consideration.

According to the thermodynamic simulation the main components of the gaseous phase (at the coefficient of air excess ( $\alpha$ ) = 1.2) over a temperature range 25-1400°C are (% by volume): N<sub>2</sub> (72-74%), CO<sub>2</sub> (14.3-14.75%) and H<sub>2</sub>O (8.6-8.9%). Thermal processing at elevated temperatures, between 500 to 1400°C, increases slightly the oxygen content (from 2.4 to 3.39%). The concentration of sulfur dioxide is about  $2.5 \times 10^{-3}$  % up to 450°C and increases with temperature to  $0.8 \times 10^{-2}$  at 500°C and to 1.7% at 700°C. However, as temperature increases from 700 to 1400°C, SO<sub>2</sub> concentration increases very slowly up to its maximum value of about 2%.

As temperature rises from 100 to 1100°C, there are in solid phases following compounds with a concentration  $>10^{-4}$  % kg/kg : SiO<sub>2</sub>, 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and within a narrow temperature range Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (up to 600°C), CaSiO<sub>3</sub> (>950°C), MgO (>850°C), FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (>850°C), FeSO<sub>4</sub> (up to 700°C) and Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (up to 650°C). The concentration of iron-bearing compounds during thermal treatment over the entire temperature range when  $\alpha=1.2$  is shown on the Figure 4.

As seen from these data, when a reaction reaches equilibrium in a closed system, iron-bearing compounds are a mixture of Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> admixed with FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and FeSO<sub>4</sub>. At the same time the content of iron sulfates decreases sharply at temperatures higher than 450 and the content of iron oxides increases at temperatures higher than 600°C. It has to be mentioned though that if thermal treatment is conducted in an "open" system, gaseous products are removed continuously and substantial changes in composition of the end products may be occurred. In this case the concentration of FeO or Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> produced by reactions 5.6 and 9 may be higher than that predicted for the equilibrium state.



**Fig. 4. Thermodynamic simulation of the composition of iron compounds during thermal treatment of SCWHS at  $\alpha=1.2$**

All amounts of sulfur are in gaseous phase as  $\text{SO}_2$  nearly at temperatures  $> 900$  C.

During thermal processing with  $\alpha=0.6$  it is expected a larger number of compounds presenting in gaseous and condensed phases at concentration above  $10^{-4}\%$ . Over a temperature range  $550\text{--}850^\circ\text{C}$  the components of the gaseous phase are (by volume %):  $\text{N}_2$  (61.9-61.3%),  $\text{H}_2\text{O}$  (8.8 to 9.2%);  $\text{CO}_2$  (19.6 to 16.3%),  $\text{CO}$  (2.9 to 7.6%),  $\text{H}_2\text{S}$  (1.43 to 1.6%),  $\text{H}_2$  (3.7 to 4.2%),  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  ( $\sim 0.0048\%$ ) and  $\text{CH}_4$  ( $< 0.0026\%$ ). In the condensed phases some carbon may be presented with its content sharply decreasing from 0.36 to 0.003 kg/kg, as temperature increases from 550 to  $850^\circ\text{C}$ . The main components (with a concentration higher than 0.01 kg/kg) are:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaSiO}_3$  and at temperatures higher than  $650\text{--}700^\circ\text{C}$   $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CaS}$  and  $\text{Fe}$  are formed. So S is distributed between gaseous and solid phases.

The main iron bearing end products after thermal treatment at temperatures between  $550\text{--}850^\circ\text{C}$  with  $\alpha = 0.6$  are  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{FeO}$  and  $\text{Fe}$ . When temperature increases  $\text{FeS}_2$  decreases,  $\text{FeS}$  increases, reaches its maximum at  $750^\circ\text{C}$  and then decreases and  $\text{FeO}$  and  $\text{Fe}$  increase steadily. It is also seen that thermal processing in a reducing medium leads to the production of solid iron-bearing components (e.g. pyrotine, magnetite and  $\alpha\text{-Fe}$ ) with ferromagnetic properties.

So according to the thermodynamic simulation it is possible to realise SCWHS thermal treatment (without any additives) producing ecologically safe and probably saleable solid products and gaseous sulfur compounds ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ) which can be extracted as  $\text{H}_2\text{SO}_4$  quantitatively with method of the firm “Halder Topse” as it will be shown below [6].

Known assumptions used for the thermodynamic simulation of high-temperature processes do not provide high accuracy for predicting phase changes. In order to confirm theoretical conclusions, laboratory investigations regarding thermal processing of high-sulfur coal wastes were carried out.

In order to determine the composition of reaction products the effect of the following parameters was studied: temperature ( $600\text{--}800^\circ\text{C}$ ), air excess coefficient,  $\alpha$ : 0.1-1.4 and duration (0.5–2 hours) while thermal processing of SCWHS. Experimental results for the duration of 1h are seen in the Table 2. The data of experiments 7, 8 show the satisfactory

reproducibility of results. The experiments 4 and 16 were conducted to estimate a time factor on the process.

The experimental results show that 90 % transition of sulfur compounds into the gaseous phase can be achieved at temperature range 600-800°C with  $\alpha$  between 0.5 and 1.4.

Table 2.

**Effect of thermal processing conditions on sulfur removal**

<i>N<sub>o</sub></i> <i>of experiment</i>	<i>Temperature,</i> <i>°C</i>	<i>Air excess coefficient</i> <i><math>\alpha</math></i>	<i>Sulfur in solid residue</i> <i>%</i>	<i>Sulfur removal into</i> <i>gas phase</i> <i><math>U_s</math>, %</i>
9	600	1.39	0.73	95.1
11	600	0.58	1.39	90.5
14	600	0.84	1.14	92.6
20	600	0.35	5.65	63.0
4	700*	0.62	0.75	95.5
5	700	0.14	4.54	62.8
6	700	1.46	0.82	94.7
7	700	0.58	1.15	92.5
8	700	0.58	1.18	92.2
16	700**	0.5	0.92	93.8
17	700	1.2	0.61	95.5
12	800	1.2	0.56	96.7
13	800	0.51	3.2	91.6
15	800	0.8	1.26	91.6

\*Duration - 2h, \*\*Duration - 0,5 h .

The extreme values of  $U_s$ , (94-96%), were observed at 600°C ( $\alpha = 1.39$ ), 700°C ( $\alpha = 0.62$  and 1.2), and 800°C ( $\alpha = 1.2$ ).

The formation of sulfur gaseous compounds is ended after 0.5 h of thermal processing (exp. 4, 7, 8, 16) practically. The residual contents of sulfur in the final products do not exceed 1.0-1.1%. The water paste of the treated waste have pH values close to neutral (pH = 6.5-6.9). Mixing the obtained residues with weak-acid solutions (pH 2-3) does not cause any formation of hydrogen sulfide or sulfur dioxide. Therefore the final product is considered as ecologically safe and can be stored in dumps without causing any environmental impacts.

Thermal processing with a smaller air excess coefficient ( $\alpha < 1$ ) tends to diminish the amount of gaseous sulfur compounds. For example, the value of  $U_s$  drops to 62.8 % (700°C,  $\alpha = 0.14$ ) or 63% (600°C,  $\alpha = 0.35$ ). Hence, in order to achieve high conversion degrees of sulfur compounds into the gaseous phase (higher than 90 %), thermal processing should be carried out within a temperature range of 600-800°C with  $\alpha$  greater than 0.6. The final selection of temperature and air excess coefficient depends on the intended use of the final solid residue. When thermal processing is conducted with a ranging between 0.5 and 1.0, the gaseous phase contains hydrogen sulfide and CO, the amount of which increases with decreasing the air excess coefficient. For the removal of sulfur compounds from the gaseous phase, as stated previously, hydrogen sulfide must be converted into a mixture of SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub> by burning with  $\alpha$  greater 1.0.

Volumes of SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub> in gaseous products (Table 2) depend on sulfur and carbon contents in initial wastes: they are increased with increasing of the former and diminishing of the latter. The principal flow diagram of process of thermal processing of coal waste presented in Fig. 7. The amount of limestone mixed with SCWHS provided following molar rates: CaCO<sub>3</sub> : S = 1,1-1,2 ; CaCO<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> = 1,2-2. Temperatures of sintering 800-1000 C, and 0,5-1,5 hours. Parameters of a real process to transform all amounts of sulfur to CaSO<sub>4</sub> may depend on

kinetic factors. So experiments were conducted to obtain optimal parameters of this process (Table 3).

Main results are shown on Figures 5, 6. All sulfur contained in SCWHS passes in solid residues practically after thermal processing at optimal conditions. However there were obtained in some experiments CaS, e.g. the compounds which forms H<sub>2</sub>S while those residues storing and it is undesirable for their utilization. Amounts of CaS are decreased with increasing of temperatures, durations of thermal processing, limestone amounts in initial mixtures.

For example, CaS amounts is decreased considerably after thermal treatment at 800°C of mixtures if limestone contents in them is increased from 20% till 40% or time of the thermal processing is grown from 0.5 till 2 hours.

Table 3.

**Conditions for thermal processing of mixtures of SMSW with different CaCO<sub>3</sub> contents**

Conditions of thermoprocessing		Marking of samples after thermoprocessing		
Temperature, °C	Time, min	30% CaCO <sub>3</sub>	40% CaCO <sub>3</sub>	50% CaCO <sub>3</sub>
800	30	Z4	Z5	Z6
	60	Z7	Z8	Z9
	120	Z10	Z11	Z12
900	30	Z13	Z14	Z15
	60	Z16	Z17	Z18
	120	Z19	Z20	Z21
1000	30	Z22	Z23	Z24
	60	Z25	Z26	Z27
	120	Z28	Z29	Z30

Solid residues obtained after the thermal processing at 900-1000°C (Figure 5.) contain negligible CaS amounts. Calcium silicates (CaSiO<sub>4</sub>) are contained in solid residues after thermal processing at 1000°C of SCWHS mixtures with 30-40% of limestone.

The quantitative oxidation of initial SCWHS to Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is observed after thermal processing at 1000°C during 1-2 hours and intermediary products are Fe<sub>x</sub>S<sub>1-x</sub>.

So compositions of solid residues estimated with the thermodynamic simulation and obtained experimentally are nearly the same if the thermal processing is conducted during > 1hour at temperatures > 800°C.

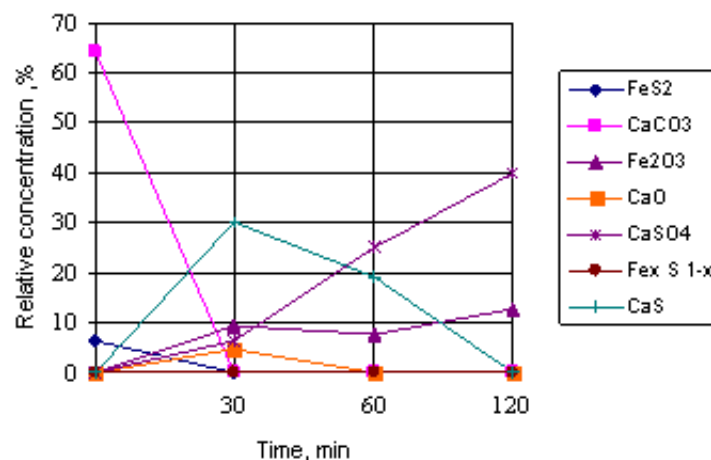
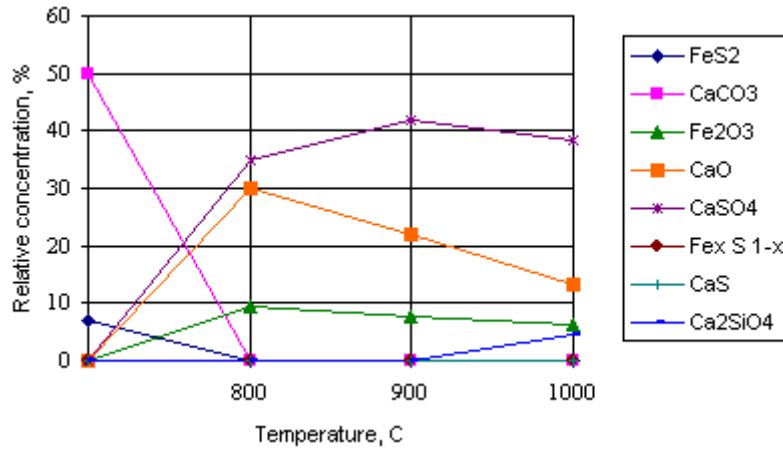
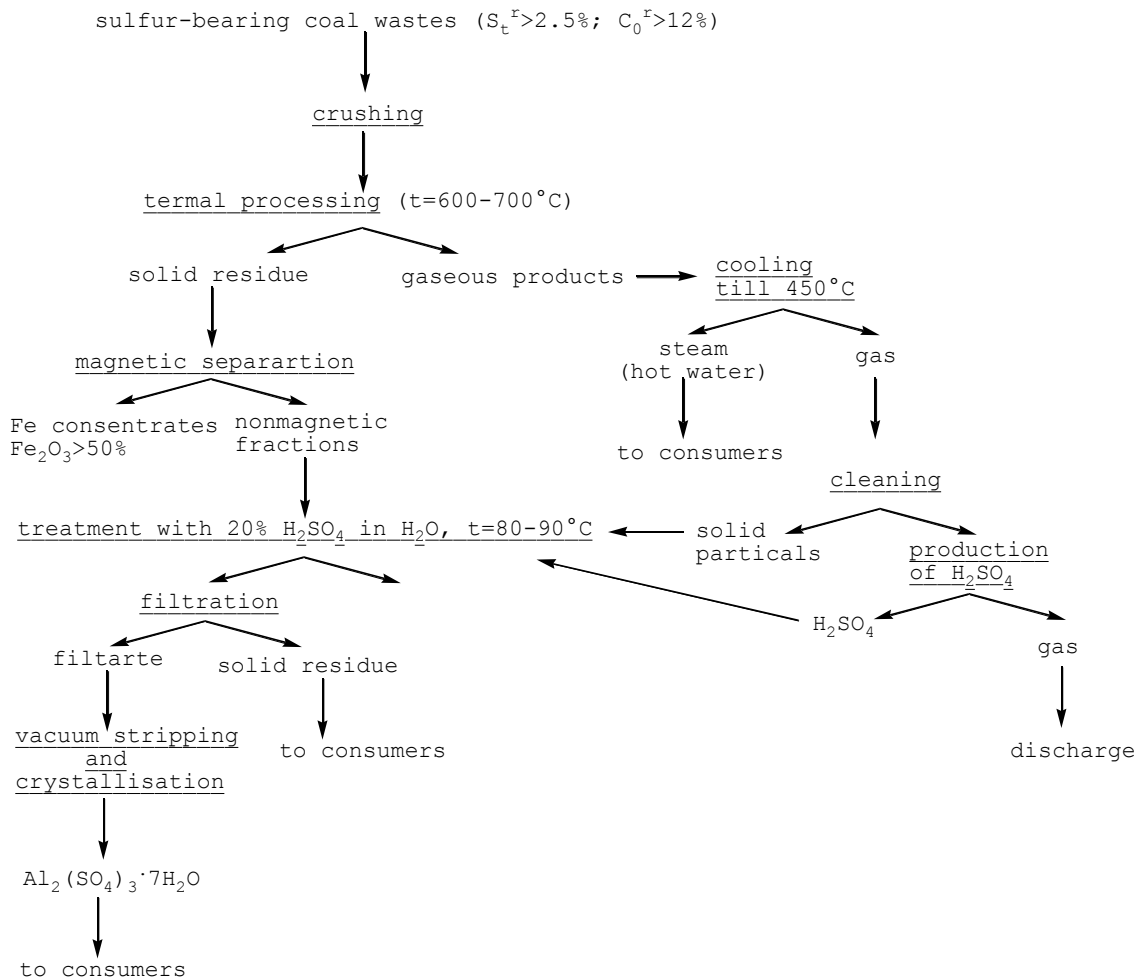


Fig. 5. The influence of (mixture Z1, T = 1000 C) time on relative concentrations of Ca compounds



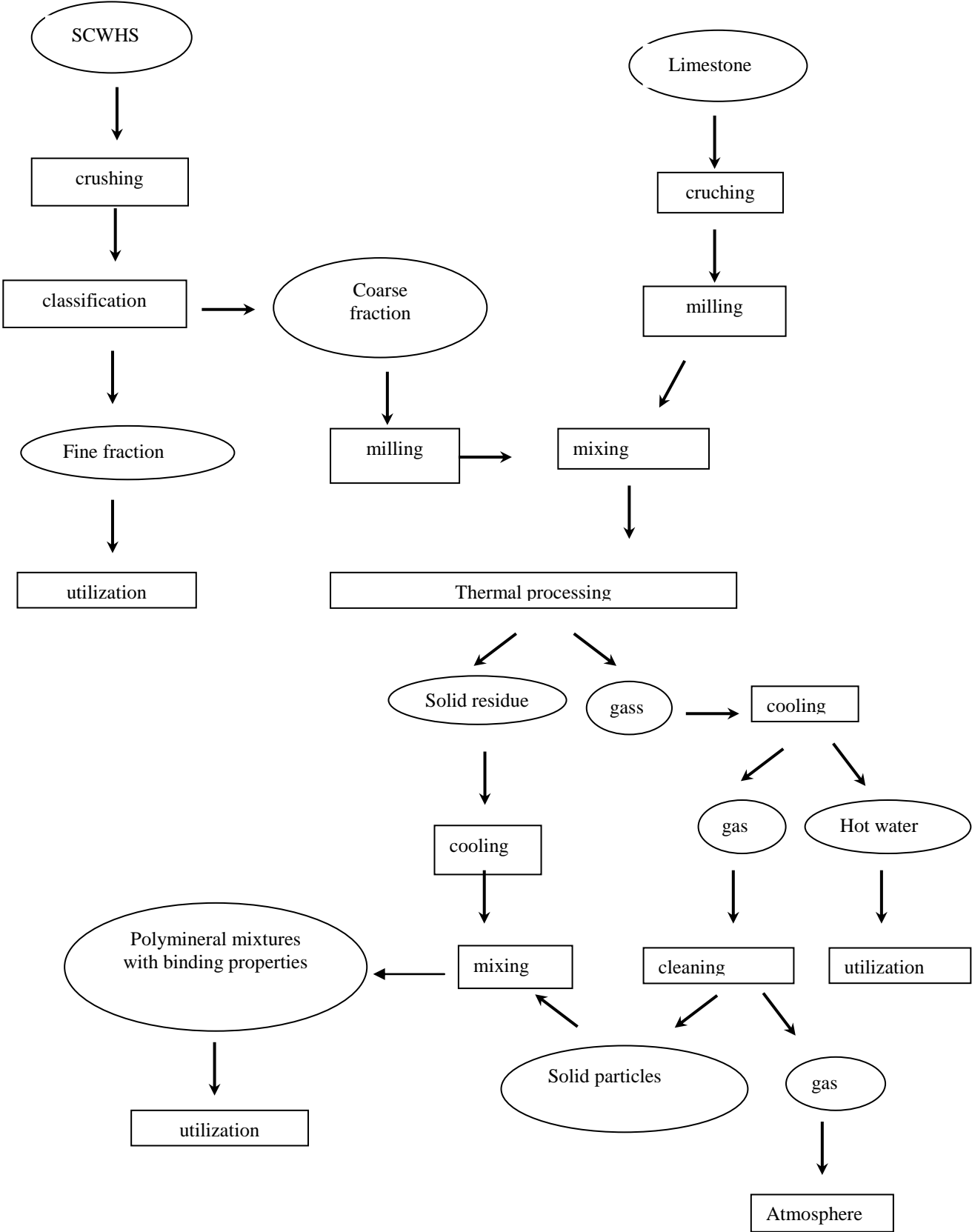
**Fig. 6. The influence of temperature on relative concentrations of Ca and Fe compounds after thermal processing of Z3 mixture during 120 min**

The increasing of carbon contents in initial SCWHS favor the thermal processing of limestone mixtures. However the growth of sulfur contents in initial SSCW impairs economical results of this process as CaSO<sub>4</sub> formed at temperatures 900-1000<sup>0</sup>C has not binding properties and it is needed more quantities of limestone to obtain Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> having binding properties. So SCWHS with S<sub>t</sub><sup>d</sup> > 2% and C<sub>t</sub><sup>d</sup> > 12% are promising as a raw for this process probably.



**Fig. 7. The principal stages of the processing of coal wastes with high kaolin contents**

The principal flow diagram of process of thermal processing of SSCW mixed with limestone presented in Figure 8.



**Fig. 8. The principal technological process for the thermal processing of SCWHS mixed with limestone**



## Conclusions

The following conclusions are based on the data of this report:

1. Storing of solid sulfur-organic bearing wastes ( $S^r_t > 2.5\%$ ) in dumps is accompanied with dangerous actions on the environment due to the sulfides and organic substances oxidation. Two methods of thermal treatment of such wastes (SCWHS) are worked out to utilize them.
2. Sulfur bearing coal wastes (SCWHS) may be used to produce sulfuric acid along with some valuable products while sintering in an oxidizing media at  $650-750^{\circ}\text{C}$  or sulfur may be bound into the chemically stable substance ( $\text{CaSO}_4$ ) while sintering in an oxidizing media at  $900-1000^{\circ}\text{C}$  mixtures of SCWHS and limestone in appropriate proportions. Solid residuals obtained by latter thermal processing are ecologically safe polymineral mixtures and can be used as a raw for producing local building material.
3. Sulfuric acid (91-93%) obtained using the commercial technique applied in situ with the thermal processing of SCWHS without additives may be applied to produce from solid residues aluminum sulfate and raw for building materials (bricks, porous aggregates for light concretes and other). The preliminary magnetic separation of above mentioned solid residues may produce a magnetic fraction which is an iron concentrate ( $> 50\%$  of Fe) and a non-magnetic fraction which is a raw material for producing aluminum sulfate or an additive (up to 10%) to cement clinker or (after being ground) to cement, raw for obtaining above mentioned building materials.

## Bibliography

1. Shpirt M.Ya., Rainbow A.K.M. Ecological problems caused by Coal Mining & Processing with Suggestions for Remediation, Rotterdam: Millpress, 2006. 162p
2. Komnitsas K., Paspaliaris I., Zilberchmidt M., Groudev S., Environmental Impacts at coal waste disposal sites. Efficiency of desulphurization technologies, Global Nest: the International Journal, 2001, vol. 3, No. 2, p.p. 135-142.
3. Zilberchmidt M., Shpirt M., Komnitsas K., Paspaliaris I. Environmental and economic potential of thermal treatment of high-sulfur coal wastes. Proceedings SWEMP. R. Ciccu (ed.). Cagliari, Italy, 2002, pp. 507-514.
4. Zilberchmidt M., Dmitriev A., Agafonov Yu, Shpirt M. Schutz der Hydrosphäre von der negativen Einwirkung von hochschwefelhaltigen Deponien der Kohlegewinnungs- und Aufbereitungsabgänge, Wissenschaftliche Mitteilungen, 31, Freiberg, 2006, s. 189-195.
5. Gerasimov G., Samuilov E. Program of the chemical thermodynamic, Matematicheskoe modelirovanie, 1998, vol. 10, N 8 p.p. 3-16.
6. Schoub P., Envodsen S., Haldor Topsoe A.S Denmark The process SNOKS for power station combusted high sulfur coal, Report on the conference SULFUR, Marocco, 09.09.2001.
7. Zilberchmidt M., Shpirt M., Komnitsas K., Paspaliaris I. Thermal processing of sulfur bearing coal wastes, Minerals Engineering, 17, 2004, pp.175.-152.

# LUBĀNA EZERA NIEDRU RESURSU IZVĒRTĒŠANA UN TO IZMANTOŠANAS ENERĢIJAS IEGUVEI PAMATOJUMS *EVALUATION OF REED RECOURSES IN THE LUBANS LAKE AND SUBSTANTIATION OF THEIR USE IN ENERGY PRODUCTION*

**Edgars Čubars, Gotfrīds Noviks**

Rēzeknes augstskolas Inženieru fakultāte

Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, Latvija

Tālr. +371 28342580, +371 64625264;

e-pasts: gitaedgars@inbox.lv; Gotfrids.Noviks@ru.lv

---

**Abstract.** *The paper presents the results of evaluation of reed resources in Latvia largest lake Lubans and for comparison in the small lake Kovshu. The investigation proved that resources of reeds are sufficient to replace from 2 to 7 thousand tons of different fossil fuel. Measured reed physical properties-carbon quality, ash content and structure, moisture content proved that reeds are profitable fuel for heat energy production.*

**Keywords:** *fuel, renewable energy resources, reed, reed bed.*

---

## Ievads

Pieaugošais pieprasījums pēc enerģijas, ierobežotie fosilā kurināmā krājumi, kā arī vides piesārņojums un globālās klimata pārmaiņas pēdējos gados pasaulē radījuši pastiprinātu interesi par atjaunojamiem resursiem. Atbalsts atjaunojamo resursu izmantošanai ir kļuvis par svarīgu Eiropas Savienības politikas sastāvdaļu.

Latvijā atjaunojamie energoresursi aizņem vienu trešo daļu primāro energoresursu bilancē, un divi visvairāk izmantotie atjaunojamo energoresursu veidi ir koksne un hidroresursi. Vēja enerģija un biogāze tiek izmantoti ievērojami mazākā apmērā. Saules enerģiju šobrīd izmanto tikai ļoti nelielos apjomos pilotprojektu veidā [1].

Attiecībā uz atjaunojamo resursu īpatsvaru kopējā primāro resursu bilancē Latvijas atjaunojamās enerģijas resursu izmantošanas pamatnostādņēs izvirzīts mērķis palielināt šo īpatsvaru līdz 35% 2010.gadā, un sasniegt 37% līdz 2016.gadam [2].

Pēdējā laikā Latvijā straujāk attīstās bezatkritumu tehnoloģijas, zāģu skaidas tiek pārstrādātas granulās, koksnē atlikumi šķeldā utt., ir veikti zinātniskie pētījumi šīnī jomā. Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava” veic pētījumus ātraudzīgo koku audzēšanas un izmantošanas bioenerģijas ražošanai jomā [3]. Ir aprēķināti potenciāli izmantojamo enerģētiskā mežistrādes atlieku un kūdras resursu daudzumi [4].

Taču biomasas izmantošana nenorobežojas ar kūdras un koksni, enerģiju var iegūt arī no citiem biomasas veidiem – salmiem, zāles, un citiem augiem. Latvijā ir daži pilotprojekti, kas saistās ar salmu dedzināšanu – Saulainē un Grobiņu pagastā, kur kā papildus kurināmais katlos tiek dedzinātas niedres [8].

Šajā darbā tiek pētītas iespējas siltuma enerģijas iegūšanai no Lubāna ezerā augošajām niedrēm.

Niedres Eiropā kā izejmateriāls tiek izmantotas jau sen. Laika posmā no 1896.gada līdz 1944.gadam rumāņu biologs Antipa publicējis daudzas atziņas un pētījumus par niedru izmantošanu celulozes iegūšanai. Tika uzbūvēta un sekmīgi darbojās celulozes rūpnīca Brailā (Rumānija).

Līdztekus tika veikti niedru kultivācijas, izmantošanas, iegūšanas un pārstrādes pētījumi un noteiktas optimālās niedru audzēšanas tehnoloģijas. Attīstīta arī dabiski augošo niedru izmantošana. Apkopojot pētījumus par niedru ieguves ietekmi uz dzīvo dabu Eiropā, var secināt, ka to izmantošana atstāj zināmas izmaiņas niedru audzēs – niedres kultivētajās

teritorijās ir īsākas un tievākas nekā vietās, kur tās nav pļautas. Lai niedru izmantošana neizraisītu izmaiņas niedru audzēs un apkārtējā dabā, nepieciešams noteikt optimālos laika intervālus starp niedru pļaušanas reizēm. Pētījumi liecina, ka niedru pļaušana īstermiņā (1-2 gadi) neizraisa izmaiņas biotopos [11].

Taču niedru augšanas apstākļi un biotopi katrā ūdenstilpnē ir atšķirīgi. Tāpēc ir nepieciešami katras konkrētās ūdenstilpnes niedru masīvu īpašību pētījumi. Niedru ieguves procesā arī ir svarīgs to pļaušanas laiks – pļaujot niedres ziemā no ledus, netiek nodarīts kaitējums biotopam [6]. Vienlaikus niedru racionāla, pārdomāta pļaušana var veicināt ezeru bioloģiskā līdzsvara saglabāšanu.

Tā, analizējot bioloģisko stāvokli Lubāna ezerā, ir noskaidrots, ka biogēnu koncentrācija ūdeņos, kas ieplūst Lubānā, ir lielākas par tām, kuras ir izplūstošajos ūdeņos [9]. Ezerā notiek biogēno vielu akumulācija, kas ilgstošā laika periodā izraisa ezera eutrofikāciju. Niedru pļaušana var sekmēt biogēnu aizvākšanu no ezera.

Niedru pļaušanai jāveido speciāla tehnika, kas būtu izturīga un tai pat laikā viegla un neslīkstoša. Svaigi pļautas niedres aizņem lielu tilpumu, tāpēc tās vēlams kompaktēt jau vienlaikus ar pļaušanu, lai vēlāk veidotu granulas. Tādējādi iezīmējas vesels kompleks savstarpēji saistīto problēmu, kuru risināšanu lietderīgi veikt vienotas sistēmas ietvaros, izmantojot sistēminžnierijas metodoloģiju.

Dotajā pētījumā šo problēmu risinājums ir iesākts ar Lubāna ezera niedru kā kurināmā izmantošanas iespēju un resursu izvērtēšanu.

### **Pētījuma objekts**

Pētījuma objekts ir dabiskās ezera niedres *Phragmites australis*. Pētījumam tika izvēlēti divi ezeri – vislielākais un niedru resursiem bagātākais Lubāna ezers ar kopējo platību 8210 ha [13] un salīdzinājumam mazais 22 ha platībā ezers, kas atrodas specifiskajos Rēzeknes pilsētvides apstākļos – Kovšu ezers. Līdz ar to mērījumu rezultāti var būt interpretēti kā robežlielumi.

Niedres ir daudzgadīgs 120-250 cm augstuma graudzāļu dzimtas lakstaugs. Sakneņi – ložņājošs. Latvijā niedres sastopamas ļoti bieži – visā valstī, parasti lielu monodominantu audžu veidā ūdenstilpņu un jūras krastā, pārmitros mežos, purvos, mitrās pļavās. Ar ložņājošajiem sakneņiem (veģetatīvo dzinumumu garums sasniedz 10-15 m) spēj strauji ieņemt jaunas platības. Raksturīga (bieži monodominējoša) suga augu sabiedrībās niedrājos un aizaugošos seklūdeņos: *Cl. Phragmitetea*, *All. Phragmition*, kā arī citās šīs klases savienībās [5].

### **Materiāli un metodes**

Niedru resursi tika noteikti, izmantojot tiešās mērīšanas un attālinātās uzmērīšanas metodes. Ar tiešo mērīšanas metodi dabā tika noteikts niedru resursu daudzums, ko var iegūt Lubāna un Kovšu ezerā no 1 ha niedru audzes. Uzmērīšana un paraugu svēršana tika veikta 16 parauglaukumos Lubāna ezerā un 5 parauglaukumos Kovšu ezerā, parauglaukumu platība – 25 m<sup>2</sup>. Laukumi tiek izvēlēti vietās, kas atbilst vidējam aizauguma biežumam, kurš tika noteikts, apsekojot niedrāju. Niedru kopējie resursi Lubāna ezerā noteikti, izmantojot attālinātās uzmērīšanas metodi programmā *ARC GIS* [10]. Eksperimentu dati apstrādāti matemātiski atbilstoši normālajam sadalījumam [12].

Niedru īpašību un krājas noteikšanai tika izmantoti 16 Lubāna ezerā izveidoto parauglaukumu vidējotie paraugi un vidējotais paraugs no Kovšu ezera. Paraugi savākti un uzglabāti arī zem nojumes dabas apstākļos 2 nedēļas, papildus žāvēšana nav veikta.

Niedru mitrums noteikts ar standarta metodi, paraugus nosverot pirms un pēc žāvēšanas. Žāvēšana veikta žāvēšanas skapī 5 minūtes pie temperatūras 160±5°C, pēc tam paraugs tika atdzesēts 2 min un novietots eksikatorā uz 10 minūtēm [14].

Niedru pelnainība noteikta laboratorijas apstākļos ar ātrās pārpelnošanas standarta metodi, sasmalcināti paraugi ar masu 0,5 g tika ievietoti mufelkrāsnī pie temperatūras  $850\pm 15^{\circ}\text{C}$ , izturēti tur 40 min. [15].

Oglekļa saturs analizējamajos niedru paraugos, koksne un kūdrā tika noteikts ar oglekļa/ sēra analizatoru *ELTRA CS-2000*, kas darbojas uz hromotogrāfiskās analīzes principiem [16].

Oglekļa satura analīzes tika veiktas vidējotajiem niedru paraugiem no Lubāna ezera un vienam vidējotajam paraugam no Kovšu ezera, kā arī salīdzināšanai dažādiem koksnes un kūdras paraugiem.

Smago metālu saturs pelnu izvilkumā noteikts ar induktīvi saistītās plazmas optiskās emisijas spektrometru *Perkin Elmer Optima 2100 DV* [17]. Izvilkums pagatavots pēc attiecīgās metodikas: 400ml destilētā ūdenī iebērti 8 g pelnu. Glāze ar šo maisījumu ievietota maisītājā uz 40 min., pēc tam ūdens šķīdums atfiltrēts, veikti filtrāta īpašību mērījumi – pH, elektrovadītspēja un smago metālu koncentrācija.

### Rezultāti un to izvērtējums

Eksperimentālie dati liecina, ka Lubāna ezerā var iegūt  $7,8\pm 2$  t niedru no hektāra aizauguma platības. Kovšu ezerā resursi salīdzinājumā ar Lubānu ir daudz mazāki – vidēji  $1,6\pm 0,4$  t biomasas no hektāra aizauguma platības.

Kopējā aizauguma platība Lubāna ezerā tika noteikta, izmantojot *ARC GIS* programmatūru. Kopējie Lubāna ezerā pieejamie niedru resursi sastāda  $6921\pm 1887$  tonnas ( $\alpha=0,05$ ). Kopējā niedru bloku platība Lubāna ezerā ir 882 ha, tie izvietoti 429 niedru blokos (1.attēls).

Niedru resursi pa administratīvajām teritorijām izvietoti nevienmērīgi, vislielākās niedru platības un resursi atrodas Ošupes pagasta administratīvajā teritorijā, bet vismazākie tie ir Barkavas pagasta teritorijā (1.tabula).

1.tabula

#### Lubāna ezera niedru biomasas sadalījums pa administratīvajām teritorijām

<i>Pagasts</i>	<i>Niedru bloku kopējā platība, ha</i>	<i>Niedru masa, t (<math>\alpha=0,05</math>)</i>
Gaigalavas	31,5	$247\pm 67$
Nagļu	197,1	$1547\pm 422$
Barkavas	8,89	$70\pm 19$
Ošupes	644,2	$5057\pm 1378$

Pie kopējiem resursiem netika pieskaitītas niedru platības, kas atrodas Nagļu pagastā, dabas liegumu un *Natūra 2000* teritorijās.

Izmantojot niedru resursus enerģijas ražošanā, no Lubāna ezera niedrēm var iegūt vidēji 35300 MWh siltuma enerģijas, ar ko attiecīgi var aizvietot fosilo kurināmo.

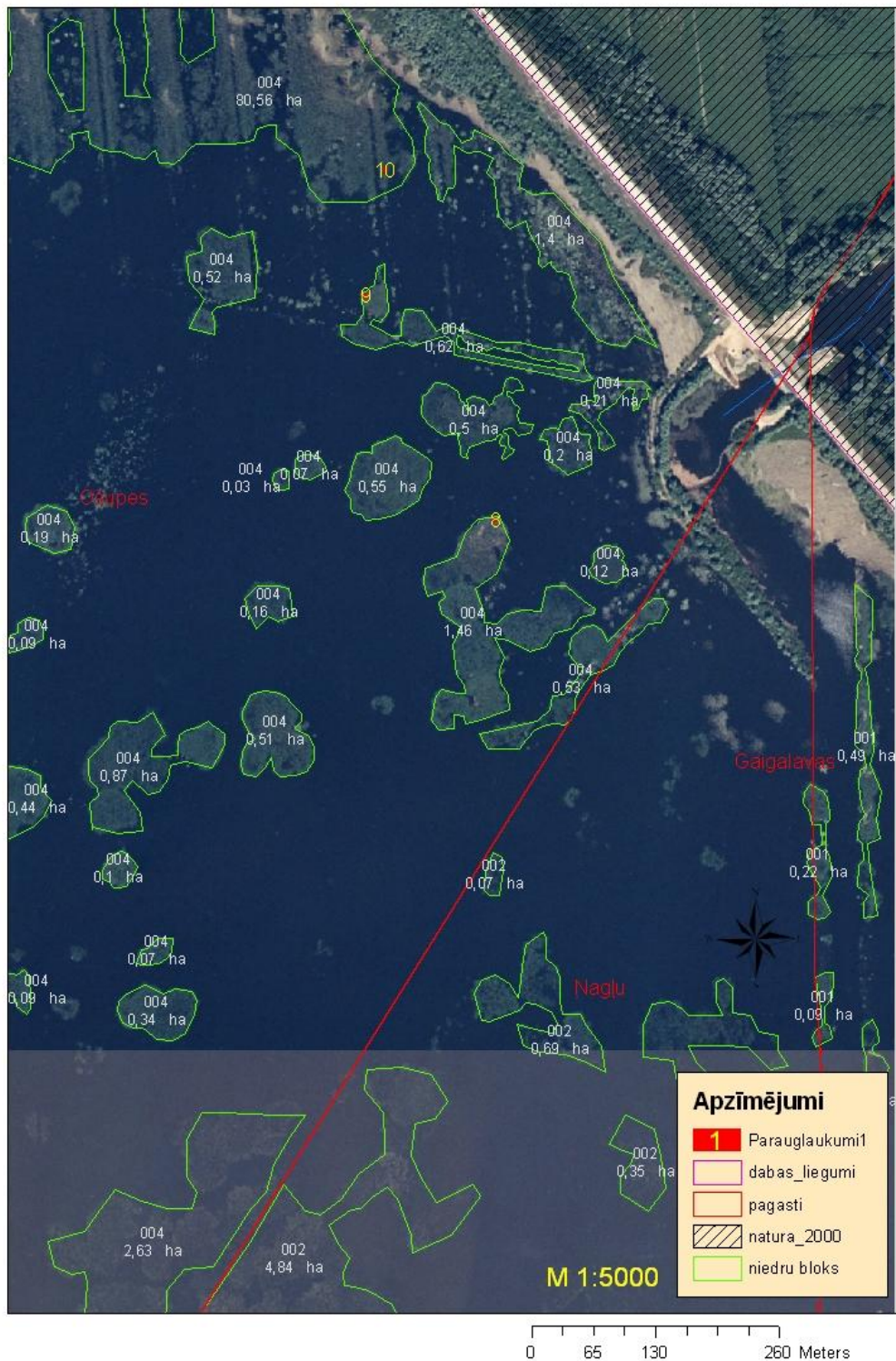
Dažāda veida fosilo resursu ietaupījums, izmantojot niedres kā energoresursu dots 2.tabulā.

2.tabula

#### Fosilo kurināmo ietaupījums gadā

<i>Fosilais kurināmais, ko var aizstāt ar niedrēm</i>	<i>Fosilā kurināmā ietaupījums, t</i>
Dabas gāze	3673,6
Mazuts	3067,2
Ogles	$4375,3 - 7438,8 *$
Dīzeļdegviela	2674,3
Slānekļa eļļa	$3036 - 4250,7$

\*- Daudzums svārstās atkarībā no akmeņogļu veida un siltumspējas.



*1.att. Niedru bloki Lubāna ezerā*

Niedru dabiskais mitrums sastāda 8-12%. Izmantojot niedres kā kurināmo, nav nepieciešama izejvielas žāvēšana, mitrums atbilst granulu ražošanas prasībām.

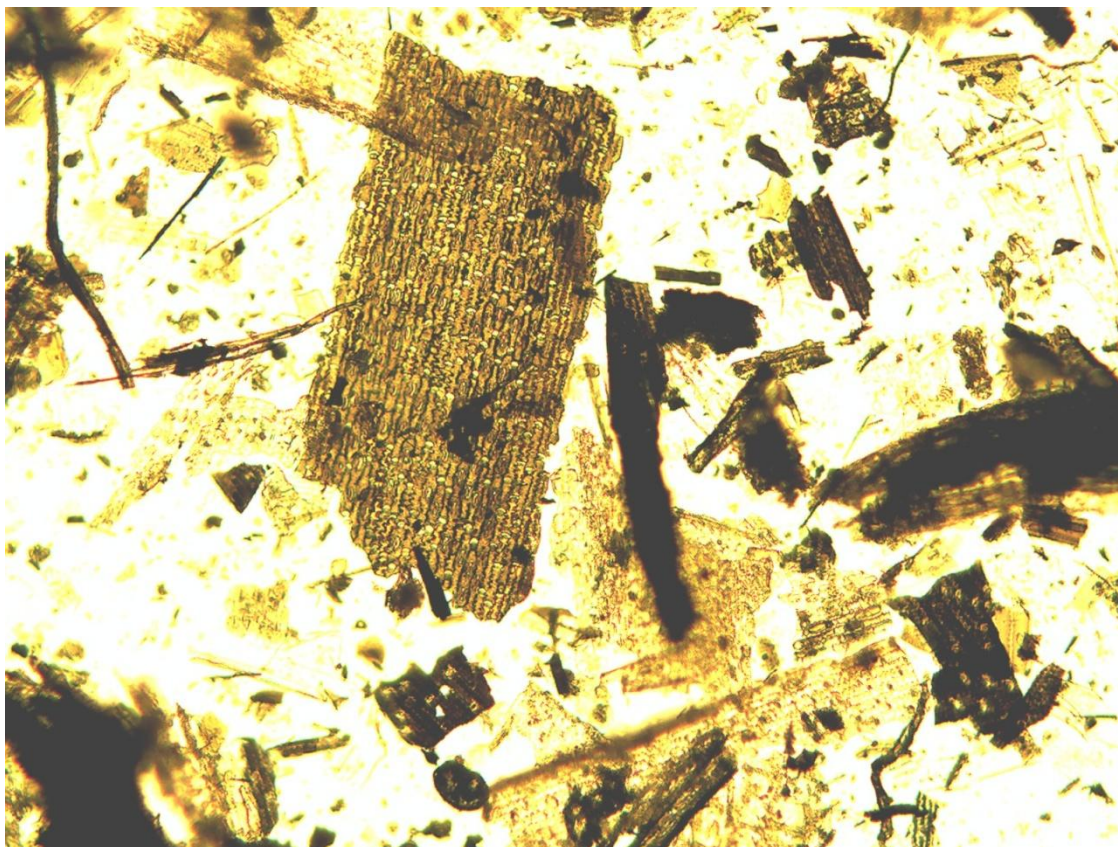
Oglekļa saturs niedrēs ir 41,9-43,8%. Nav atšķirības oglekļa saturā niedrēs no dažādiem ezeriem. Oglekļa saturs nemainās atkarībā no parauga ņemšanas vietas. Pēc oglekļa satura niedres ir līdzvērtīgs kurināmais koksnei un kūdrai (3.tabula).

## Oglekļa saturs kurināmajā

<i>Kurināmais</i>	<i>Oglekļa saturs, %</i>
<b>Niedres</b>	<b>41,9-43,8</b>
Apse (koksne)	42,4-42,7
Apse (miza)	42,3-43,0
Priede (koksne)	44,4-44,8
Priede (miza)	43,1-43,4
Kūdra	37,3-46,9
Ābele(koksne)	40,8-41,2
Ābele (miza)	37,9-38,9
Bērzs(koksne)	41,7-42,6
Bērzs (miza)	49,0-50,6
Bērzs (tāss)	57,2-58,2
Egle (koksne)	41,0-42,0
Egle (miza)	42,5-44,6

Pelnainība analizējamajos paraugos ir atšķirīga. Niedrēs, kas pēc saviem izmēriem ir lielākas (Lubāna ezers) un dod lielāku ražu, pelnainība sastāda 5%. Tajās ir lielāks neorganisko vielu saturs. Niedrēm no Kovšu ezera pelnainība ir 1-2 %.

Niedru dedzināšana parastajā krāsnī bez papildaprīkojuma un niedru iepriekšējās sagatavošanas nenodrošina to pilnīgu sadegšanu. Pelnu izpēte mikroskopā parāda organiskas paliekas (2.attēls), kuras pazūd pēc pelnu karsēšanas 2 stundu laikā muflkrāsnī pie temperatūras 950<sup>0</sup>C.



2.att. Niedru pelni pēc dedzināšanas parastajā krāsnī

Dedzinot koksni šajos apstākļos, organiskās sastāvdaļas sadeg daudz pilnīgāk. Tas nozīmē, ka siltuma enerģijas zudumu novēršanai dedzināšanas procesā nepieciešams optimizēt gan niedru biomasas sagatavošanu dedzināšanai, gan arī kurtuvi.

Vienlaikus ar niedru pelnu izvilkuma sastāva analīzi tika veikti arī koksnes un papīra pelnu pētījumi. Niedru pelnu izvilkumam raksturīga pelēka nokrāsa, bet papīra un koksnes pelnu izvilkumi pēc filtrēšanas bija dzidri, bezkrāsaini. Niedru pelnu izvilkumā, salīdzinot ar papīra un koksnes pelnu izvilkumiem, ir paaugstināts Sr, As, Ca, Fe, Mg, Mn, Sb, Zn saturs. Vislielākās atšķirības vērojamas Mg saturā – niedru pelnu izvilkumā tas sastāda 23,3 mg/l, kamēr papīra pelnu izvilkumā – 1,13mg/l un 0,015 mg/l koksnes pelnu izvilkumā. Ca saturs niedru un koksnes pelnu izvilkumā ir līdzīgs – attiecīgi 87,57 un 83,84 mg/l, bet papīra izvilkumā – tikai 4,24 mg/l. Augstais Ca un Mg saturs nosaka niedru un koksnes pelnu bāzisko vidi, koksnes pelnu izvilkuma pH ir 12, niedru izvilkumam – 10, bet papīra izvilkumam – tikai 8,4. Salīdzinot ar koksni, niedrēm ir samazināts Li saturs – ja koksnei tas sastāda 10,89 mg/l, tad niedru pelnu izvilkumā – 0,081 mg/l. Mn saturs niedru pelnu izvilkumā ir 3,55mg/l, kamēr papīra un koksnes izvilkumos – ap 0,03 mg/l. Pb saturs visaugstākais ir koksnei – 0,76 mg/l, niedru izvilkumā – tikai 0,015 mg/l. Pārējo elementu saturs papīra, niedru un koksnes pelnu izvilkumos ir visai līdzīgs (4.tabula). Pelnu sastāvs un pH niedru izvilkumiem liecina par to, ka niedru pelni var tikt izmantoti lauksaimniecībā augsnes skābuma novēršanai.

4.tabula

#### Pelnu izvilkuma analīzes rezultāti

<i>Rādītājs</i>	<i>Papīra pelni</i>	<i>Koksnes pelni</i>	<i>Niedru pelni</i>
Sr,mg/l	0,034	0,122	0,255
As,mg/l	2,171	0,869	2,429
Be,mg/l	0	0	0
Ca,mg/l	4,244	83,84	87,57
Cd,mg/l	0,012	0,002	0
Co,mg/l	0	0	0
Cr,mg/l	0,131	0	0,044
Cu,mg/l	0	0	0
Fe,mg/l	0,062	0,083	0,555
Li,mg/l	0,086	10,89	0,081
Mg,mg/l	1,133	0,015	23,31
Mn,mg/l	0,032	0,028	3,548
Mo,mg/l	0,084	0,417	0,068
Ni,mg/l	0	0,141	0
Pb,mg/l	0,102	0,761	0,015
Sb,mg/l	0,515	0,783	1,255
Se,mg/l	1,358	0,122	0,956
Ti,mg/l	0,001	0	0
Tl,mg/l	0	4,649	0
Zn,mg/l	0	0,006	0,135
pH	8,4	12	10
Elektrovadītspēja, $\mu$ S	600	7500	1220

#### Secinājumi

Darba gaitā tika izdarīti šādi secinājumi:

1. Niedru krāja katrā ezerā ir atšķirīga, pētāmajos ezeros iespējams iegūt no  $1,6 \pm 0,4$  (Kovšu ez.) līdz pat  $7,8 \pm 2$  (Lubāns) t niedru no hektāra aizauguma platības.

2. Niedru resursi Lubāna ezerā ir izvietoti nevienmērīgi, lielākās niedru plantācijas atrodas ezera Z galā, kā arī ir izkaisītas gar R piekrasti – Ošupes pagasta administratīvajā teritorijā un veido 73% no kopējiem resursiem.
3. Kopējie Lubāna ezerā pieejamie niedru resursi sastāda  $6921 \pm 1886$  t.
4. Kopējā niedru bloku platība Lubāna ezerā ir 881 ha, tie izvietoti 429 niedru blokos.
5. Siltuma daudzums, ko var iegūt tikai no Lubāna ezera niedrēm, ir ekvivalents 3673,6 t dabasgāzes vai 3067,2 t mazuta, vai 4375,3-7438,8 t akmeņogļu atkarībā no to veida un kvalitātes, vai arī 2674,3 t dīzeļdegvielas.
6. Oglekļa saturs abos ezeros augošajām niedrēm vidēji ir 41,9-43,8 %.
7. Oglekļa saturs niedrēs visos paraugos ir līdzīgs un nav atkarīgs no augšanas vietas, bet kūdrai ir vērojamas krasas izmaiņas pat viena purva teritorijā – 37,3-46,9% Aknīstes purvā.
8. Niedru dabiskais mitrums ir 8-12%, kas ir labs rādītājs, jo tas apmierina granulā ražošanas izejvielu prasības un tās nav jāžāvē.
9. Niedru degšana parastajā krāsnī nenodrošina pilnīgu biomasas sadegšanu, iekārtas un kurināmā sagatavošanas tehnoloģijas ir jāizstrādā šai konkrētajai biomasai.
10. Lubāna ezera niedres dod lielāku biomasu, bet to pelnainība arī ir lielāka nekā mazajā Kovšu ezerā augošajām niedrēm – attiecīgi vidēji 5% Lubānā un 1-2 % Kovšu ezerā.
11. Niedru pelnu izvilkumā, salīdzinot ar papīra un koksnes pelnu izvilkumiem, ir paaugstināts Sr, As, Ca, Fe, Mg, Mn, Sb, Zn saturs, izteiktas atšķirības vērojamas Mg, Ca, Mn, Se, Zn saturā.
12. Niedru pelnu izvilkuma pH ir 10, papīra pelnu izvilkumam pH=8,4, koksnes pelnu izvilkumam pH=12.

### **Summary**

Energetic in Latvia is based on EU energetic strategy, and this strategy determines that Latvia must scale up alternative energy resources used in energy balance. It will increase independence of energy import and less the political, environmental and economical risks, which goes with fossil fuel using in energy supply.

One of the perspective local renewable energy resources in Latvia are reeds.

The paper presents the results of investigation of reed resources.

Research objects are reed resources in lakes Lubans and Kovshu and properties of reed carbon quantity, ashes quantity, natural moisture of reed and contents of heavy metals in water extract from ashes. Resources were measured by ARC GIS program, which uses aerial photography. The reed resources of Lubans Lake is  $6921 \pm 1887$  tons and it take up 882 hectares of lake.

The energetic parameters of reed were compared with other fuel resources. Were calculated amount of fossil resources which may be substituted with reed from Lubans Lake. The investigation shows Reed of Lubans lake can replace 3673,6 tons natural gas, or 3067,2 tons black fuel oil, 4375,3 – 7438,8 tons coal or 2674,3 tons diesel. That it is possible to use reed resources to get heat power, and also it is profitable. The samples of reeds from lakes Lubans and Kovshu were compared. The quantity of reeds is different in each lake, investigation shows, that it is possible to get from  $1,6 \pm 0,4$  ton of reed (Kovshu Lake) to  $7,8 \pm 2$  ton of reed (Lubans lake) from hectare. Carbon quantity of reeds is the same in all places of lake and it is no differences between lakes, it is between 41,9 and 43,8%. Natural moisture of reeds is 8-12% that is optimal for burning. Ash content in the reeds is different- 5% in Lubans and about 1-2% in Kovshu lakes. Ashes extract of reeds has larger Sr, As, Ca, Fe, Mg, Mn, Sb, and Zn concentration than paper or wood ashes extract. The highest differences between reeds and paper, wood ashes extracts are in Mg, Ca, Mn, Se, Zn quantity. There is a



differences between pH in ashes extracts, pH in reed ashes extract is 10, pH in wood ashes extract is 12, and pH in paper ashes extract is just 8,4.

#### Literatūras saraksts

1. <http://www.em.gov.lv/em/2nd/?cat=14267> (13.03.2007.)
2. Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādnes 2006.-2013.gadam, Rīga, 2006. 18.-42.lpp.
3. [http://www.bt1.lv/bt1/ee/things/prezentacijas/06\\_Lazdins\\_Silava\\_LV.pdf](http://www.bt1.lv/bt1/ee/things/prezentacijas/06_Lazdins_Silava_LV.pdf) (20.01.2009.)
4. Cars A. Energoresursi. Rīga, 2008. 12.-14.lpp.
5. <http://www.latvijasdaba.lv/info.asp?2> ( 23.03.2007.)
6. MK noteikumi Nr. 421 „Noteikumi par īpaši aizsargājamo biotopu veidu sarakstu”, Rīga, 05.12.2000.
7. [http://www.vidm.gov.lv/lat/likumdosana/normativie\\_akti/files/text/421\\_2000.doc](http://www.vidm.gov.lv/lat/likumdosana/normativie_akti/files/text/421_2000.doc) (23.03.2007.)
8. <http://www.diena.lv/lat/politics/regions/niedres-un-salmi-katlumajai-lauj-ietauptit> (08.03.2009.)
9. [http://www.lvgma.gov.lv/produkti/sowq\\_lv/2001/Daugavas\\_baseins\\_2001.doc](http://www.lvgma.gov.lv/produkti/sowq_lv/2001/Daugavas_baseins_2001.doc) (20.01.2009.)
10. Envirotech, MDK programmatūras lietotāja rokasgrāmata. Rīga, 2007. 6.-30.lpp.
11. [http://www.ruoko.fi/uploads/pdf/Valkama%202008\\_BC.pdf](http://www.ruoko.fi/uploads/pdf/Valkama%202008_BC.pdf)
12. Valkama E., Lyytinen S., Koricheva J. The impact of reed management on wildlife: a meta-analytical review of European studies. Turku, Finland, 2007. 365.-373.p.
13. Montgomery D.C., Runger G.C. Applied Statistics and Probability for Engineers. Arizona State University, 2003. 140.-153.p.
14. [http://www.ezeri.lv/database/reports/Largest\(08.03.2009.\)](http://www.ezeri.lv/database/reports/Largest(08.03.2009.))
15. Лабораторный практикум по химии для студентов горных специальностей. Москва: НГИ, 1991.
16. Авгушевич И.В. и др. Аналитическая химия и технический анализ угля. Москва: Херзо, 1987.
17. <http://www.eltragmbh.com/cs2000/information.shtml> ( 24.03.2009.)
18. [http://las.perkinelmer.com/content/RelatedMaterials/Brochures/BRO\\_Optima2100DV.pdf](http://las.perkinelmer.com/content/RelatedMaterials/Brochures/BRO_Optima2100DV.pdf) ( 24.03.2009.)

# OGĻŪDENRAŽU ATKRITUMU IZMANTOŠANAS EFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS ASPEKTI

## EFFICIENCY ASPECTS OF HYDROCARBONS WASTE UTILIZATION

**Andris Linužs**

AS „Latvijas Kuģniecība”,  
Elizabetes iela 1, Rīga, LV 1807, Latvija  
E-pasts: andris.linuzs@yahoo.com

---

**Abstract.** *One of the fundamental difficulties of Latvia's economical development is related to state's dependency from the import of fuel energy resources and weak use of the local resources: the main fuel of the local boiler houses using fuel oil imported from CIS countries; local wood and peat used in heat production constitutes no more than 25%. In the same time it is needed to take in account the new regulations of EU against fuel oil having concentration more than 1% sulphur. These issues make country to search for new fuel materials and approaches to raise effectiveness of local energy resources.*

**Keywords:** *hydrocarbons waste, utilization, composite fuel.*

---

### Ievads

Pēc Latvijas Republikas neatkarības atgūšanas par vienu no svarīgākajiem ekonomikas attīstības aspektiem ir kļuvusi valsts enerģētiskā drošība. Pašreizējās enerģētiskās jaudas un infrastruktūra pamatā nodrošina valsts vajadzības. Tomēr attīstības stabilitātei nākotnē nepieciešams uzmanīgi analizēt iespējamus izaicinājumus.

Latvija šodien ir atkarīga no kurināmā enerģētisko resursu importa. Tajā pašā laikā vietējā kurināmā bāze tiek izmantota vāji: koksne un kūdra, ko izmanto siltuma ražošanai, kopējā enerģijas bilancē aizņem ne vairāk kā 25% [2].

Situāciju saasina arī tas, ka saskaņā ar ES direktīvu Nr.1999/32/ ES valstīs (tātad arī Latvijā) no 2004.gada 1.maija aizliegts kā kurināmo izmantot mazutu ar sēra saturu virs 1mas.%. Līdz šim Latvijā tika izmantots NVS valstīs iepirktais mazuts ar sēra saturu (atkarībā no šķiras) 1,5-3,5%. Mazuts ar mazāku sēra saturu ir par 25-30% dārgāks. Sakarā ar naftas pārstrādes dziļuma paaugstināšanos importa apjoms no NVS valstīm samazinās [2]. Tāpēc aizvien aktuālāks kļūst uzdevums rast jaunajām ekoloģiskajām prasībām atbilstošu kurināmo, izmantojot vietējos energoresursus.

### Materiāli un metodes

Ogļūdeņražu atkritumu utilizācijas aspektu izpēte notika, pamatojoties uz aktuālo nepieciešamību Latvijas Republikas enerģētikas tirgus sakārtošanai, ko nosaka t.sk. Eiropas Savienības direktīva Nr.1999/32 par kurināmā sēra satura ierobežošanu. Jautājuma izpētei tika izmantoti Latvijas Republikas Ekonomikas ministrijas un Centrālās statistikas pārvaldes apkopotie materiāli. Atsevišķu kompozīto kurināmo veidu sastāvu apraksts un analīze tika veikta Novosibirskas Valsts tehniskās universitātes Enerģētikas fakultātes Siltumelektrostaciju katedras Siltumenerģētikas laboratorijā.

Dažādu kurināmo sastāvi tika atlasīti pēc kļūdu loģiskās analīzes (KLA) metodes, kurināmo materiālu ekonomiskās efektivitātes salīdzinošai analīzei tika pielietoti GAAP (*Generally Accepted Accounting Principles*).

### Rezultāti un to izvērtējums

#### Rezerves

Latvijā pēdējos gados samērā intensīvi attīstās kurināmā ražošana no koksnes atkritumiem, izveidota un strādā koģenerācijas stacija Getliņos, par kurināmo izmantojot biogāzi. Diemžēl

viens no perspektīvākajiem vietējā kurināmā izmantošanas virzieniem – kūdras izmantošana – pašreiz ir atstāta novārtā.

Kā rāda 1998.gadā *PHARE* projekta ietvaros kopīgi ar Īrijas, Somijas un Zviedrijas speciālistiem veiktais pētījums, rūpnieciski izmantojamās kurināmā kūdras rezerves Latvijā sastāda 230,4 milj. t, to skaitā 39,3 milj. t – izstrādei gatavās iegulas. Aplēsts, ka, izmantojot gadā ap 0,4 milj. t, šo krājumu pietiktu vairāk nekā 500 gadiem, bet, palielinot kūdras izmantošanas apjomu 2020.gadā līdz 0,73 milj. t – 300 gadiem. Pagaidām šis potenciāls tiek izmantots nepietiekami. Daudzu kūdras ieguves uzņēmumu iekārtas ir pārdotas Igaunijas uzņēmumiem, kūdras ieguve ir pārtraukta, tā vēl vairāk palielinot bezdarba problēmas lauku rajonos.

Acīmredzams, ka šo vietējo energoresursu veidu var un vajag izmantot. Vēl jo vairāk tāpēc, ka salīdzinājumā ar mazutu un oglēm, dedzinot kūdru pat šim mērķim daļēji piemērotos katlu agregātos, atmosfērā nonāk 5-10 reizes mazāk sēra dioksīda un nesalīdzināmi mazāk kancerogēnā benzapirēna izmešu [1].

### **Kūdras efektīva izmantošana**

Minēto jautājumu izvērtējums norāda, ka perspektīvākais vietējo kurināmā resursu izmantošanas attīstības ceļš ir kompozītā kurināmā (KK) ražošana, kas ir racionāli piemērlētu organisko un neorganisko ingredientu (sākotnējā stāvoklī šķidrās, viskozplastiskas un cietas vielas) konglomerāts.

Minētie ingredientu iedalāmi trīs grupās:

- 1) šķidrie, viskozplastiskie un cietplastiskie ogleņūdeņraža atkritumi: mazuta nogulas, naftas duļķes, izmantotās eļļas, skābie gudroni utt. – šīs grupas ingredientiem piemīt augsta siltumspēja;
- 2) šķiedrainas un beramas vielas (kūdra, koksnes atkritumi, malti salmi), kas izpilda organiskas degošas pildvielas lomu – tās nodrošina pirmās grupas ingredientu absorbciju, tā veicinot KK cietā ķermeņa struktūras veidošanu un nodrošinot noteiktu šī kurināmā siltumspējas daļu;
- 3) ingredientu, kas nodrošina sadegšanas procesu aktivējošo vielu ģenerāciju (piemēram, brīvos elektroniski ierosinātos ūdeņraža un skābekļa atomus) – aktīvo atomu un molekulu un smago piesātināto ogleņūdeņražu mijiedarbības rezultātā notiek ogleņūdeņraža izejvielas disociācija ar enerģijas izdalīšanos un augsti molekulāru savienojumu radikāļu veidošanos, kas aktīvi piedalās degšanas procesā.

Kurināmajam sadegot, šie savienojumi reaģē ar sēra, slāpekļa, fosfora, oglekļa u.c. oksīdiem, kā rezultāta veidojas salikti kompleksi savienojumi. Tā kā oksīdi ir sasaistīti, to pārtapšana gāzveidīgos sadegšanas produktos būtiski pazeminās, kas savukārt paaugstina kurināmā atbilstību vides prasībām un nodrošina sanitāro normu ievērošanu. Līdzīgas tehnoloģijas tiek aktīvi izstrādātas un plaši izmantotas daudzās valstīs [1].

Šī varianta realizācijas piemērs ir KK, kura ražošanā izmanto kūdru (~30%), jēlnaftu (~10%) un ūdeni (~30%). Iespējama KK šķidrā varianta sagatavošana ar noteku, ledus vai naftas piesārņotu ūdeņu utilizāciju, kas papildus ļauj iegūt ekonomiju gan uz ekspluatācijas izdevumu, gan uz kurināmā kaloritātes paaugstināšanas rēķina.

Pēc dotās tehnoloģijas iegūtais kurināmais no enerģētiskās izmantošanas viedokļa izceļas ar ievērojami labākām īpašībām nekā katrs no sākotnējiem komponentiem. Turklāt tehnoloģija ļauj iegūt kompozītu materiālu ar iepriekš definētām īpašībām pēc termovērtības, reakcijas spējas un minerālās daļas sastāva [4].

Kompozītais kurināmais var tikt ražots gan cietu kūdrogļu briķešu, granulu, sfēru (iespējams veidot jebkura izmēra un formas cietā kompozītā kurināmā granulas), gan šķidrā veidā.

### Šķidrās kompozītais kurināmais (ŠKK)

ŠKK ir ogļu vai ogļu atsiju ūdenī un kūdras hidroģēla suspensija ar dažu papildus komponentu piedevu. Tā sadegšanas siltums atkarībā no sākotnējiem komponentiem svārstās 3-6 Gcal/t robežās. Pateicoties kūdroģļu sastāvā esošajām koloīdajām kūdras daļiņām, iespējams vienkāršot suspensijas ražošanu – vairs nav nepieciešams daļu ogļu sasmalcināt ļoti mazās daļiņās (mazāk nekā 0,01 mm<sup>3</sup>) un uzlabot uzliesmošanas procesu, jo koloīdās kūdras daļiņas uz izsmidzināto pilieni virsmām ātrāk un vieglāk veido cieto kārtu, bet iekšpusē pilieni spēcīgāk notur ūdeni, kas ir nepieciešams efektīvai degšanai.

1.tabula

#### ŠKK raksturlielumi

<i>ŠKK komponenti un raksturlielumi</i>	<i>Iekura ŠKK</i>	<i>Darba ŠKK</i>	<i>ŠKK-1</i>
Akmeņogles, masas attiecība	0,50	0,65	0,30
Nafta, naftas atkritumi, masas attiecība	0,35	0,10	0,15
Kūdras žeļeja, masas attiecība	0,15	0,15	0,55
Ūdens, masas īpatsvars kūdras sastāvā	30% žeļejas sastāvā	0,10	30% žeļejas sastāvā
Kaloritāte, kcal/kg	6,20	5,00	4,00

2.tabulā sniegta 1 Gcal siltuma izstrādes izmaksas Latvijā dažādiem kurināmā veidiem, ņemot vērā katlus lietderīgās darbības koeficientu vidējos rādītājus (atbilstoši ražotāju datiem). Atsevišķu enerģijas resursu (nafta, dabasgāze, ogles u.c.) izmaksām par pamatu ir pieņemti 2009.gada I ceturkšņa vidējais tirgus cenu līmenis, jaudas izdevumi – 7 kWh/t ŠKK un cieto kurināmo putekļu sagatavošanas sistēmai – ir ietverti attiecīgo ŠKK cenā.

2.tabula

#### 1 Gcal siltuma (kurināmā sastāvdaļa) izstrādes vērtība Latvijā

<i>Kurināmā veids</i>	<i>Gcal/t</i>	<i>Katla efektivitāte</i>	<i>Kurināmā cena, USD/t</i>	<i>1 Gcal cena, USD</i>
ŠKK-1	4,00	0,96	48	<b>12,50</b>
Iekura ŠKK	6,20	0,96	109	18,31
Darba ŠKK	5,00	0,96	80	16,67
Dabasgāze	11,55	0,93	300	27,93
Mazuts	9,70	0,90	370	42,38
Ogles	4,60	0,75	80	23,19
Koksnes granulas	4,30	0,82	82	23,26
Gabalkūdra (mitrums 33%)	2,50	0,82	20	9,76
Nafta	9,70	0,82	440	<b>55,32</b>

ŠKK, tāpat kā ūdens un ogļu emulsijas, pēc reoloģijas īpašībām ir nestandarta šķidrums, bet pēc ekspluatācijas īpašībām kurināmais, kas ieņem starpstāvokli starp mazutu un ūdens un ogļu kurināmo (ŪOK) un ir paredzēts mazuta katlumājām un TES apkures saimniecībām. Tas ir lētāks un ar zemāku sēra saturu nekā mazuts. Zemās temperatūrās ŠKK ir zemāka viskozitāte nekā mazutam, pirms pārsūkšanās to nevajag uzsildīt. ŠKK var būt pilnvērtīgs mazuta aizvietotājs katlumājām. Jānomaina tikai mazuta degļi. No ūdens un ogļu kurināmiem (piemēram, *Ekovut*) ŠKK atšķiras ar augstāku kaloritāti, lielāku noturību un augstāku reakcijas spēju. Tas vairāk satur gaistošo vielu, labāk uzliesmo un ātrāk izdeg, turklāt praktiski nav abrazīvs, jo svērtās daļiņas ir segtas ar strukturētu koloīdo plēvi, kas kalpo par sava veida smērvielu.

### **Cietais kompozītais kurināmais (CKK)**

CKK ir konkurētspējīga alternatīva oglēm un paredzēts izmantošanai verdošas kārtas kurtuvēs, kurtuvēs ar kārtu dedzināšanu un dzīvojamo māju krāsnīs. Šis kurināmā ieguves tehnoloģijas pamatā ir zemšķiras un zemas reakcijas cietā kurināmā briketēšana, kā piedevu izmantojot kūdras želeju. Var izmantot jebkuras sadalīšanās pakāpes kūdru un dažādu marku un šķiru pelnus, antracītu, akmeņogles, brūnogles, ieskaitot bezvērtīgus sabirzumus, ogļrūpniecības atsijas, ogļu bagātināšanas atkritumus un duļķes, ogles saturošus iežus un pēc speciālas apstrādes tehniskās gumijas atkritumus.

CKK piemīt augsti enerģētiskie raksturlielumi – atkarībā no izvirzītajām prasībām iegūto brikešu sadegšanas siltums ir 17-25 GJ/t (analoģisks ogļu efektivitātes ekvivalents ir aptuveni 29 GJ/t). Tās ir kompakti transportējamas jebkuros attālumos.

Šim kurināmajam raksturīga augsta sadegšanas pakāpe, kas ievērojami paaugstina tā izmantošanas efektivitāti un kurtuves lietderības koeficientu. CKK briketes var efektīvi izmantot arī sadzīves vajadzībām (krāsns kurināšanai). Šī tehnoloģija ir pilnībā bezatkritumu un ekoloģiski tīra. Pēdējos gados ir izstrādātas drošu un nedārgu disperģatoru un dezinterģatoru konstrukcijas, kas ļauj iegūt smalkus pulverus no cietiem substrātiem, slīpējumus un ražot dziļi dispersas, homogēnas suspensijas, tāpēc ir visi priekšnosacījumi KK rūpnieciskai ieviešanai. CKK izgatavošana nav energoietilpīga, nav vajadzīgas metālietilpīgas konstrukcijas. Iespējams izgatavot jebkura ražīguma CKK ražošanas līniju, kas spēj nodrošināt ar kurināmo kā vienu, tā arī veselu virkni katlumāju [3].

### **Secinājumi**

Analizējot jauno tehnoloģiju potenciālu, nākas atzīt, ka Latvijā pastāv laba iespēja izmantot vietējos energoresursus un nodrošināt katlumājas ar ekoloģijas prasībām atbilstošu un kalorijām bagātāku kurināmo nekā mazuts un ogles. Īpaši izdevīgi būtu organizēt KK ražošanu ostās, kur ne tikai pārkrauj ogles, kūdru un naftu, bet arī nodarbojas ar ogļu apstrādi. Līdz ar to varētu iegūt lētas ogļu atsijas, izmantot naftas atkritumus, notekūdeņus, naftas sārņus, solāreļļu, izmantotās eļļas, kā arī atrisināt ogļu un naftas atkritumu utilizācijas problēmu. Turklāt kompozīto kurināmo ekonomiskā efektivitāte būs vēl augstāka nekā mūsu aprēķinos, jo ogļu un naftas atkritumu izmantošana samazinās ražotā kurināmā gala vērtību.

Jaunās tehnoloģijas un vietējo energoresursu izmantošana kompozīto materiālu ražošanā ļauj:

- paaugstināt enerģētisko drošību;
- palielināt enerģētisko resursu izmantošanas efektivitāti;
- uzlabot ekoloģiskos rādītājus (likvidēt putekļu rašanos transportējot un pārstrādājot, pazemināt slāpekļa oksīdu, sēra, kā arī cieto putekļu daļiņu izmetes) kurināmā sadedzināšanā;
- iegūt enerģētisku kurināmo uz vietējās izejvielas bāzes rajonos, kur ir apgrūtināta tradicionālā kurināmā ieviešana;
- paaugstināt mazās enerģētikas ierīču ekspluatācijas vispārējo kultūru;
- izmantot ogļu ražošanas atkritumus, naftas sārņus, izmantotās eļļas;
- iegūt enerģētisku kurināmo ar iepriekš uzdotiem kvalitatīviem raksturlielumiem;
- iegūt divas reizes lētāku enerģētisku kurināmo salīdzinājumā ar tradicionālajiem;
- iegūt enerģētisku kurināmo ar ievērojami labākiem raksturlielumiem nekā tā ražošanā izmantotajām izejvielām;
- izveidot autonomas pārvietojamas mini rūpnīcas ar mazu darba ražīgumu moduļu izpildījumā ar iespēju palielināt to darba ražīgumu patērētājam nepieciešamajos apmēros;
- ar nelielu tehnoloģijas korekciju iegūt ekoloģiski tīru kurināmo no netīriem ūdeņiem vai apūdeņota mazuta;
- pazemināt enerģijas ieguves vērtību uz lētāka energoresursa izmantošanas rēķina.

### **Summary**

The potential of new technologies in Latvia allows to utilize the local energy resources by developing the production of composite fuel and provide the boiler houses with fuel that with greater conformity to ecologic requirements and more calories than black fuel oil and coal. The most convenient place to organise the production of composite fuel would be the reloading and storage terminals of the coal, peat and oil. That way it would be possible to obtain cheap coal siftings, use oil refuse, sewage, oil slag, solar oil, waste oils, as well as solve the utilisation problem of coal and oil waste.

### **Literatūra**

1. U.S.-EPA. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide. 1993.
2. Centrālā statistikas pārvalde. Statistikas datu bāzes. Naftas produktu imports, eksports un patēriņš. Cieto kurināmo ražošana, imports, eksports un patēriņš. Rīga, 2006.
3. Хрусталеv Е. Композитное топливо – новое слово в энергосбережении. Энергетика и промышленность России. Москва, 2005.
4. Линужс А. Использование новых технологий утилизации нефтеотходов для производства композитного топлива/ Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Экономика природопользования и природоохраны». Пенза, 2005. с.84-86.



**ILGTSPĒJĪGĀ  
LAUKSAIMNIECĪBA**

***SUSTAINABLE  
AGRICULTURE***





# RESURSU TAUPOŠAS UN VIDĪ SAUDZĒJOŠAS TEHNOLOĢIJAS MEKLĒJUMI RAPŠA AUDZĒŠANĀ *SEEKING OF THE RESOURCE-SAVING AND ENVIRONMENT-SPARING TECHNOLOGIES WITHIN RAPE GROWING*

**Lilija Borovko**

LLU aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts  
Zemkopības inst. 7, Skrīveri, Aizkraukles raj., Latvija  
E-pasts: borovko@inbox.lv

---

**Abstract.** *In order to obtain high, qualitative and economically profitable rape yield one needs wholesome and integrated manure, with the aim to ensure the plants' needs for nutritive components and to renovate the soil fertility as well. During 2005 - 2007 there was carried research on the increasing rates of potassic mineral fertilizers  $K_0 - K_{160}$  against the background of nitrogen fertilizers  $N_{80}$  and  $N_{80+40}$ . Using nitrogen fertilizer 80-120 kg ha<sup>-1</sup> the obtained yield increase was remarkable indeed: 0.49-1.09 t ha<sup>-1</sup>. Increased potassium rate  $K_{80} - K_{160}$  ensured the yield growth up to 0.17-0.42 t ha<sup>-1</sup>. The highest oil content 48.22-48.89% was ensured by potassium rate  $K_{160}$ . Optimal and economically grounded manure rate is  $N_{120}P_{60}K_{80}$  kg ha<sup>-1</sup> with the yield level 2.50 t ha<sup>-1</sup> and the oil outcome 1086 kg ha<sup>-1</sup>. In 2007 and 2008 there was carried research on the rates of stick matter AVENTROL (0.7 and 1.0 l ha<sup>-1</sup>), and its impact on rapeseed yield and quality. In spring rape sowings the yield increase was 0.49-0.78 t ha<sup>-1</sup>, but in winter rape sowings – 0.72-1.03 t ha<sup>-1</sup>. The seed humidity, at harvest time, was diminished by 2-6 %. The content of oil in seeds increased by 0.52-1.49 %. The use of the preparation AVENTROL ensured the net income: 57,7 - 161,7 EUR ha<sup>-1</sup>.*

**Keywords:** *mineral fertilizers, oil yield, rape, seed yield, stick matter.*

---

## Ievads

Rapša audzēšana pēc intensīvām tehnoloģijām ir saistīta ar minerālmēsļu un augu aizsardzības ķīmisko līdzekļu plašu izmantošanu, kuru nepārdomāta un nesabalansēta lietošana var kaitēt cilvēku veselībai un izraisīt apkārtējās vides piesārņošanu. Eiropas Savienības Nitrātu direktīvās (EEC/91/676) un Labas lauksaimniecības prakses (LLP) nosacījumos tiek norādīts, ka turpmāk ir jāsamazina saimnieciskās darbības negatīvā ietekme uz vidi un jānovērš dabas pamatresursu neracionāla izmantošana. Tas savukārt norāda uz to, ka ir nepieciešams izstrādāt vidi saudzējošu rapša audzēšanas tehnoloģiju, īpašu uzmanību pievēršot mēslošanas un augu aizsardzības līdzekļu pielietošanas samazināšanai. Rietumeiropā ir veikti pētījumi par slāpekļa minerālmēsļu devu ietekmi uz rapša ražu un kvalitāti [1,2,3]. Iegūtie dati par kālija un slāpekļa mijiedarbības ietekmi uz vasaras rapša ražu un tās kvalitāti ir pretrunīgi [4,5,6,7]. Pēdējos gados arī Latvijā ir veikti pētījumi par minerālmēsļu normu ietekmi uz vasaras rapša ražu un kvalitāti [8]. Lauksaimniekiem trūkst informācijas par Latvijai piemērotām resursus taupošām rapša audzēšanas tehnoloģijām, lai samazinātu negatīvu ietekmi uz vidi un vienlaikus nodrošinātu ekonomiski un ekoloģiski pamatotu kvalitatīvu produkcijas iznākumu. Svarīga rezerve rapša kopražas ieguvei ir ne tikai ražas palielināšana, bet arī ražas zudumu samazināšana novākšanas laikā. Svarīgs uzdevums ir panākt, lai sēklas pirms laika neizbirtu no pāksteņiem zemē. Ražas zaudējumi var sastādīt 20-30% un vairāk atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem [9]. Mūsu mērķis bija izpētīt dabiskas līpvielas *Aventrol* pielietošanas iespējas pāksteņu aizsardzībai pret sēklu izbiršanu rapša sējumos.

## Materiāli un metodes

Rapša audzēšanas tehnoloģijas pilnveidošanai Zemkopības zinātniskajā institūtā Skrīveros 2005.-2007.gadā veikti lauka izmēģinājumi, lai noskaidrotu slāpekļa un kālija mēslojuma devu ietekmi uz vasaras rapša hibrīda 'Terra' ražību un produkcijas kvalitāti. Izmēģinājums

iekārtots velēnu vāji podzolētā un vidēji iekultivētā mālsmilts augsnē. Augsnes reakcija  $\text{pH}_{\text{KCl}} - 6,0-6,2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 262-318 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $\text{K}_2\text{O} - 157-163 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $\text{Ca} - 980-1320 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $\text{Mg} - 144-168 \text{ mg kg}^{-1}$ , organiskās vielas – 2,7-3,5% un kopslāpekļa saturs – 0,12-0,17%. Tika pētītas kālija minerālmēsļu pieaugošās normas  $\text{K}_0$ ,  $\text{K}_{80}$ ,  $\text{K}_{120}$ ,  $\text{K}_{160}$  uz diviem slāpekļa mēslojuma foniem  $\text{N}_{80}$  un  $\text{N}_{80+40}$ , kā arī paaugstināta kālija norma ( $\text{K}_{200}$ )  $\text{N}_{120}$  fonā. Fosfora mēslojuma norma visos variantos –  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ . Mēslojums iestrādāts augsnē pirms sējas. Slāpekļlis  $\text{N}_{40}$  papildmēslojumā dots rapša 2-3 lapu fāzē. Izmēģinājumā pielietoti minerālmēsli: amonija nitrāts, vienkāršais superfosfāts un kālija hlorīds. Izmēģinājums iekārtots rendomizēti 4 atkārtojumos. Viena lauciņa uzskaites platība –  $22,5 \text{ m}^2$ .

2007.-2008.gadā veikti lauka izmēģinājumi, lai noskaidrotu preparāta ‘Aventrol’ ietekmi uz ziemas rapša hibrīda ‘Banjo’ un vasaras rapša hibrīda ‘Terra’ sēklu ražu un kvalitāti. Tika pārbaudītas divas devas – 0,7 un  $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ , salīdzinot ar kontroli (bez apstrādes). Preparātu lietoja, kad lielākajai daļai augu pāksteņu krāsa sāka mainīties no tumši zaļas uz gaiši zaļu (3 nedēļas pirms ražas novākšanas).

Sēklu ražas noteikšanai izmanto formulu:

$$x = \frac{a(100-B_1)}{100-B_2} \quad (1)$$

kur

$x$  – sēklu raža pie standarta (8 %) mitruma,  $\text{t ha}^{-1}$ ;

$a$  – sēklu raža pie novākšanas,  $\text{t ha}^{-1}$ ;

$B_1$  – faktiskais mitrums, %;

$B_2$  – standarta mitrums, %.

Sēklu ķīmiskās analīzes nosaka pēc šādām metodēm:

- koptauki – ekstrahējot ar šķīdinātāju BR-2;
- kopproteīni – fotometriski.

Elļas iznākumu no hektāra nosaka pēc formulas:

$$A = Y \times K \times \check{Z}, \quad (2)$$

kur

$A$  – elļas iznākums,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

$Y$  – sēklu raža,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

$K$  – sausnas koeficients;

$\check{Z}$  – tauku saturs, %.

Sēklu ražas datu matemātiskā apstrādē izmantota vienfaktora dispersijas analīzes metode ar *MS Excel ANOVA* programmu [10].

### Rezultāti un diskusija

Kultūraugu ražas palielināšanai tradicionāli visā pasaulē īpašu vērību pievērš barības vielu režīma regulēšanas jautājumiem pie minimāla piesārņojuma riska līmeņa, kas nepieciešams ilgtspējīgas lauksaimniecības normatīvu un tehnoloģiju izstrādei.

Viens no svarīgākajiem vasaras rapša audzēšanas tehnoloģijas agrotehniskajiem parametriem ir slāpekļa mēslojuma devu noteikšana.

Izmēģinājumā veiktie pētījumi rāda, ka slāpekļa mēslojuma devas ietekmē rapša attīstību. Palielinot slāpekļa devu, palielinājās auga garums, pieauga veģetatīvā masa, veidojās jauni sānu zari, kuru ziedēšana un nevienmērīgā nogatavošanās ietekmēja veģetācijas periodu. Slāpekļa mēslojuma normas  $\text{N}_{80}$  un  $\text{N}_{120}$  ( $\text{P}_{60}$  fonā) nodrošināja būtisku rapša sēklu ražas pieaugumu – 0,49 un  $1,09 \text{ t ha}^{-1}$  ( $\text{RS}_{0,05} = 0,12 \text{ t ha}^{-1}$ ) salīdzinājumā ar kontroli ( $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ ). Palielinot kālija normu no  $\text{K}_{80}$  līdz  $\text{K}_{160}$  ( $\text{N}_{80}\text{P}_{60}$  fonā), iegūts ražas pieaugums  $0,66-0,91 \text{ t ha}^{-1}$ , bet  $\text{N}_{120}\text{P}_{60}$  fonā –  $1,23-1,33 \text{ t ha}^{-1}$ , salīdzinot ar kontroli (1.tabula).

1.tabula

## NPK mēslojuma ietekme uz vasaras rapša ražu un tās kvalitāti (2005-2007)

Varianti	Sēklu raža, t ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums, t ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums, kg no 1 kg NPK	Eļļas iznākums, kg ha <sup>-1</sup>	Kop-proteīns, %	Koptauki, %
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1,27	-	-	551	21,20	47,18
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	1,76	0,49	3,5	777	21,58	47,98
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,93	0,66	3,0	855	21,12	48,13
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,02	0,75	2,9	900	21,21	48,45
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>160</sub>	2,18	0,91	3,0	981	21,28	48,89
6. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	2,36	1,09	6,1	1017	23,12	46,82
7. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,50	1,23	4,7	1086	22,58	47,23
8. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,59	1,32	4,4	1139	22,79	47,80
9. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>160</sub>	2,60	1,33	3,9	1153	22,89	48,22
10. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>200</sub>	2,58	1,31	3,4	1127	22,75	47,46
RS <sub>0,05</sub>	0,12			134,02		

Izmēģinājuma rezultāti rāda, ka kālija mēslojums būtiski palielināja vasaras rapša sēklu ražu un nodrošināja ražas pieaugumu 0,17-0,42 t ha<sup>-1</sup>. Vislielākā sēklu raža – 2,60 t ha<sup>-1</sup> – un eļļas iznākums – 1153 kg ha<sup>-1</sup> – iegūts variantā N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>160</sub>. Optimāla un ekonomiski pamatota ir mēslojuma norma N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> kg ha<sup>-1</sup> pie ražas līmeņa 2,50 t ha<sup>-1</sup> un eļļas iznākuma – 1086 kg ha<sup>-1</sup>.

Pielietojot NPK mēslojumu, vasaras rapša sējumos koptauku saturs sēklās atkarībā no pielietotās mēslojuma devas bija 47,98-48,89%, salīdzinot ar kontroli – 47,18%. Uz slāpekļa un fosfora fona N<sub>80</sub>P<sub>60</sub> un N<sub>120</sub>P<sub>60</sub> augstāku koptauku saturu – 48,89% un 48,22% – nodrošināja K<sub>160</sub> norma.

Slāpekļa un fosfora mēslojuma N<sub>80</sub>P<sub>60</sub> ietekmē eļļas iznākums palielinājās par 226 kg ha<sup>-1</sup>, bet N<sub>120</sub>P<sub>60</sub> – par 466 kg ha<sup>-1</sup>, salīdzinot ar kontroli. Kālija mēslojums 80-160 kg ha<sup>-1</sup> N<sub>80</sub>P<sub>60</sub> fonā nodrošināja 78-204 kg ha<sup>-1</sup> eļļas iznākuma pieaugumu, bet N<sub>120</sub>P<sub>60</sub> fonā – 63-136 kg ha<sup>-1</sup>. Izmēģinājuma rezultāti rāda, ka lielāka efektivitāte kālija mēslojumam bija zemākā slāpekļa fonā.

2.tabula

## Preparāta Aventrol pielietošanas ietekme uz vasaras rapša ražu un tās kvalitāti (2007-2008)

Varianti	Preparāta deva, l ha <sup>-1</sup>	Sēklu raža, t ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums, t ha <sup>-1</sup>	Eļļas iznākums, kg ha <sup>-1</sup>	Kop-proteīns, %	Koptauki, %
Vasaras rapsis						
Kontrole	Bez apstrādes	2,43	-	992	22,64	44,38
Aventrol	0,7	2,92	0,49	1206	22,04	44,90
Aventrol	1,0	3,21	0,78	1384	21,21	45,87
RS <sub>095</sub>		0,24				
Ziemas rapsis						
Kontrole	Bez apstrādes	3,60	-	1740	14,96	52,53
Aventrol	0,7	4,32	0,72	2112	14,83	53,15
Aventrol	1,0	4,63	1,03	2277	14,46	53,46
RS <sub>095</sub>			0,21			

Izmēģinājumā iegūtie rezultāti rāda, ka līpvielas *Aventrol* pielietošana ar mērķi aizsargāt pāksteņus pret sēklu izbiršanu bija ļoti efektīva. Visaugstākā sēklu raža vasaras rapša hibrīda 'Terra' sējumos – 3,21 t ha<sup>-1</sup> – iegūta, pielietojot 1,0 l ha<sup>-1</sup> *Aventrol* devu. Sēklu ražas pieaugums sastādīja 0,78 t ha<sup>-1</sup> jeb 32,1%, kas ir būtiski, salīdzinot ar kontroli (2.tabula).

Rapša sējumu apstrāde, pielietojot 0,7 l ha<sup>-1</sup> *Aventrol*, arī nodrošināja būtisku ražas pieaugumu – 0,49 t ha<sup>-1</sup> jeb 20,2%, salīdzinot ar kontroli. Sēklu mitrums ražas novākšanas laikā samazinājās par 4-6%. Pie apstrādes devas 0,7 l ha<sup>-1</sup> sēklu mitrums bija 16%, pie devas 1,0 l ha<sup>-1</sup> – 14,0%, kontroles variantā (bez apstrādes) – 20 %.

Ziemas rapša sējumos sēklu ražas pieaugums sastādīja 0,72-1,03 t ha<sup>-1</sup> atkarībā no preparāta devas. Sēklu mitrums ražas novākšanas laikā samazinājās par 2-4%. Preparāta *Aventrol* pielietošana nodrošināja vasaras rapša 1000 sēklu masas pieaugumu par 10% un ziemas rapša par 5-7%.

Līpvielas *Aventrol* pielietošana ietekmēja rapša sēklu ķīmisko sastāvu. Koppoteīna saturs vasaras rapša sēklās samazinājās par 0,6-1,43%, bet koptauku saturs palielinājās par 0,52-1,49%. Ziemas rapša sēklās koptoteīna saturs samazinājās par 0,13-0,5%, bet koptauku saturs palielinājās par 0,62-0,93%. Vislielākais eļļas iznākums – 1384 un 2277 kg ha<sup>-1</sup> – vasaras un ziemas rapša sējumos iegūts tur, kur apstrādes deva bija 1,0 l ha<sup>-1</sup>.

Lauka izmēģinājumi rāda, ka preparāta *Aventrol* pielietošana, lai samazinātu ražas zaudējumus, ir ekonomiski efektīva (3.tabula).

3.tabula

Preparāta *Aventrol* lietošanas ekonomiskā efektivitāte rapša sējumos

<i>Prerapāta deva, l ha<sup>-1</sup></i>	<i>Ražas pieaugums, t ha<sup>-1</sup></i>	<i>Bruto peļņa, EUR</i>	<i>Izdevumi uz 1 ha, EUR</i>	<i>Neto ieņēmumi, EUR</i>	<i>Rentabilitāte, %</i>
Vasaras rapsis					
0,7	0,49	122,5	64,8	57,7	47,10
1,0	0,78	195,0	80,6	114,4	58,67
Ziemas rapsis					
0,7	0,72	180,0	83,0	97,0	53,89
1,0	1,03	257,5	95,8	161,7	62,80

Izmaksas:

- *Aventrol* - 23,0 EUR l<sup>-1</sup>;
- preparāta izsmidzināšana – 10,0 EUR ha<sup>-1</sup>;
- sēklu kaltēšana - 9,0 EUR / t<sup>-1</sup> %;
- sēklu tīrīšana – 7,0 EUR t ha<sup>-1</sup>;
- sēklu iepirkuma cena – 250,0 EUR t<sup>-1</sup>.

Ekonomiskie aprēķini rāda, ka preparāta *Aventrol* pielietošana vasaras rapša sējumos deva ieņēmumus 57,7-114,4 EUR ha<sup>-1</sup>, un ziemas rapša sējumos – 97,0-161,7 EUR ha<sup>-1</sup>. Visaugstākā rentabilitāte – 58,67-62,80% – iegūta, pielietojot līpvielas *Aventrol* devu – 1,0 l ha<sup>-1</sup>.

### Secinājumi

Slāpekļa mēslojums 80-120 kg ha<sup>-1</sup> būtiski ietekmēja vasaras rapša sēklu ražu un nodrošināja sēklu ražas pieaugumu 0,49-1,09 t ha<sup>-1</sup>. Kālija normas paaugstināšana K<sub>80</sub> - K<sub>160</sub> nodrošināja ražas pieaugumu 0,24–0,42 t ha<sup>-1</sup>. Augstāko koptauku saturu – 48,22-48,89% – nodrošināja K<sub>160</sub> norma. Optimāla un ekonomiski pamatota mēslojuma norma ir N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> kg ha<sup>-1</sup> pie ražas līmeņa 2,50 t ha<sup>-1</sup> un eļļas iznākuma 1086 kg ha<sup>-1</sup>.

Līpvielas *Aventrol* lietošana sējumos rapša nogatavošanas laikā nodrošināja ražas pieaugumu 0,49-1,03 t ha<sup>-1</sup> un deva tīro ienākumu 57,7-161,7 EUR ha<sup>-1</sup>. *Aventrol* pielietošana pozitīvi ietekmēja koptauku uzkrāšanos sēklās. Vislielāko eļļas iznākumu – 1384-2277 kg ha<sup>-1</sup> – vasaras un ziemas rapša sējumos nodrošināja deva 1 l ha<sup>-1</sup>.

### Summary

The field trials were aimed at both determining the role played by nitrogen and potassium fertilizers in the increase of the spring oilseed rape seed yields and seed quality, and finding optimal nitrogen and potassium nutrition for the purpose of use of oilseed rape biological potential. Field trials was carried out on soddy - podzolic sandy clay pH- 6.0, organic matter content 27 g kg<sup>-1</sup> (method of Turin), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content (high) 262 mg kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O content (medium) 157 mg kg<sup>-1</sup> (DL method). Prior to sowing the spring oilseed rape `Terra`. The effect of growing rates of potassium fertilizer (K<sub>0</sub>; K<sub>80</sub>; K<sub>120</sub>; K<sub>160</sub>) upon the yield and quality of spring rape was tested at two nitrogen levels (N<sub>80</sub> and N<sub>80+40</sub>).

The results of 2005-2007 show that nitrogen and potassium fertilizers on background P<sub>60</sub> provided the seed yield 1,93 - 2,60 t ha<sup>-1</sup>. Introduction of nitrogen 80-120 kg ha<sup>-1</sup> resulted the yield increase 0,49-1,09 t ha<sup>-1</sup>. The increase of seed yields is significant in comparison with the control (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>). On nitrogen and phosphorus background N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>, when increasing the norms of potassium from K<sub>80</sub> to K<sub>160</sub> there was obtained essential yield increase – 0,66-0,91 t ha<sup>-1</sup> in comparison with control, but in comparison with the treatment N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>0</sub> the highest yield increase – 0,42 t ha<sup>-1</sup> was ensured by the K<sub>160</sub> norm. On the background of N<sub>120</sub>P<sub>60</sub> the changes within the variants were not essential, but in comparison with control there was obtained the yield increase - 1,23-1,33 t ha<sup>-1</sup>.

Applying NK fertilizer within spring rape sowings the oil content within seed depending on the applied fertilizer norm was 46,82-48,89 % and protein content – 21,12-23,12 %. On the backgrounds of nitrogen and phosphorus N<sub>80</sub>P<sub>60</sub> and N<sub>120</sub>P<sub>60</sub> higher oil content 48,89% and 48,22% was ensured by K<sub>160</sub> norm.

The results of three-year field trials show that the introduction of nitrogen and potassium fertilizers at the rate from N<sub>80</sub>K<sub>80-160</sub> to N<sub>120</sub>K<sub>80-160</sub> kg ha<sup>-1</sup> considerably increases the harvest of spring oilseed rape. The better treatment was N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>160</sub>, what ensured average yield - 2,60 t ha<sup>-1</sup> and yields of oil – 1153 kg ha<sup>-1</sup>.

### Literatūra

1. Feger G., Orlovius K. Wichtige Nahrstoffe fur den Raps. Ratgeber fur die Landwirtschaft 10, 1995. 19 p.
2. Fruchtenicht K., Heyn J., at al. Pflanzenernahrung und Dungung. In: Faustzahlen fur Landwirtschaft und Gartenbau. Hydro Agri Duhnen GmbH. Landwirtschaftsverlag Munster-Hiltrup. 12 Aufl., 1993. 254-275.p.
3. Sturm H., Bucher A., at al. Gezielter dungen. Integriert wirtschaftlich, umweltgerecht 3. uberarb. Aufl. Frankfurt: DLG-Verlag, Verlags-Union Agrar, 1994. 471 p.
4. Schroder G. Raps hat hohe Anspruche. Neue Landwirtschaft., 7, 1992. 43-45.p.
5. Шпаар Д., и др. Рапс. Минск, 1999. 204 с.
6. Шпаар Д., и др. Яровые масличные культуры. Минск, 1999. 283 с.
7. Савенков В.П. Роль минеральных удобрений в повышении урожайности и качества семян ярового рапса. В кн. Артемова И.В. Научное обеспечение отрасли рапсосоения и пути реализации биологического потенциала рапса. Липецк, 2000. 110-113.с.
8. Borovko L. Minerālmēslu, augšanas regulatoru un fungicīdu maisījumu ietekme uz vasaras rapša `Olga` ražu un tās kvalitāti. Zemkopības zinātnei – 60. Skrīveri, 2006. 191.-201.lpp.
9. Пилюк Я. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания). Минск, 2007. 239 с.
10. Arhipova I., Bāliņa S. Statistika ekonomikā. Datorzinību Centrs, 2003. 349 lpp.

# REGIONĀLO APSTĀKĻU UN RAŽOŠANAS RESURSU KONCENTRĀCIJAS IETEKME UZ RAPŠA SĒJUMU RAŽĪBU THE IMPACT OF CONCENTRATION OF REGIONAL CONDITIONS AND PRODUCTION RESOURCES ON THE SOWING PRODUCTIVITY

Lilija Borovko, Līga Ruža

LLU aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts  
Zemkopības inst.7, Skrīveri, Aizkraukles raj., Latvija  
E-pasts: borovko@inbox.lv, liga@latraps.lv

---

**Abstract.** *The implementation of long-termed Latvia's development envisages the bio-fuel producing. It has been stated: the bio-fuel producing must use, in the first place, the agricultural resources grown within Latvia's territory. Among the main bio-fuel producing resources ranks rapeseed, and in Latvia developed industrial rapeseed producing connected with the concentration of agricultural resources, and the regional specialization. Especially actual is the research of the regional conditions and the impact of the concentration of production resources on the productivity of rape sowings. Our research showed that the most important rapeseed producers are the big enterprises concentrating the three fourths of the total rape sowings. One fifth of the total rapeseed sowings take medium-make farms, nevertheless the specific weight of the total rapeseed yield within this group is for one third lower than within the big enterprise group. Very few smaller farms grow rape, and small-scale farms don't grow it at all. Rapeseed productivity remarkably differs from one region to the other, and is determined not by natural factors (soil, climate etc.) alone, but, to a great extent, by the resources (manure, plant protection means) used per one territory unit as well.*

**Keywords:** *oilseed rape, sowing area, productivity, production.*

---

## Ievads

Līdz ar augu eļļas patēriņa pieaugumu pārtikā un fosilo izejvielu resursu samazināšanos, pasaulē tiek meklētas iespējas kardināli palielināt saules enerģijas uzkrāšanos augos un to sēklās, lai jaunajos bioenerģijas resursus pārstrādātu degvielā, siltuma enerģijā un citos veidos. Par vienu no tādām kultūrām tiek atzīts rapsis, kas kā augu eļļas ieguves avots ir pieskaitāms pie atjaunojamo energoresursu izejvielām. Līdz ar to rapsis ir kļuvis par otro lielāko augu eļļas ieguves avotu pasaulē un visplašāk audzēto eļļas augu Eiropā. Par rapša audzēšanas paplašināšanās veicināšanu eļļas ieguvei un lopbarībai ir īpašs akcents jau 1990. gada jūlijā pieņemtajā Latvijas Republikas valdības tautsaimniecības attīstības programmā. Tas ir ļoti svarīgs pierādījums tam, ka Latvijas Republikas neatkarības atjaunošanas laikā rapša audzēšana bija ļoti nopietna un tam bija stabila atzīta vieta Latvijas ekonomikā [1].

Latvijā attīstās rapša sēklu rūpnieciskā ražošana, kas saistīta ar lauksaimniecības resursu koncentrāciju un reģionālo vai intrareģionālo specializāciju. Mūsu darba mērķis bija izpētīt reģionālo apstākļu un ražošanas resursu koncentrācijas ietekmi uz rapša sējumu ražību.

## Materiāli un metodes

Pētījuma uzdevumu risināšanai izmantoti Lauku saimniecību uzskaites datu tīkla (SUDAT) un Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) dati un speciālās publikācijas [2,3,4,5]. Izmantota dinamisko laikrindu analīzes metode, indikatoru izkļiedes aprēķini, analīzes un loģisko interpretāciju metodes.

## Rezultāti un diskusija

Statistisko datu (SUDAT un CSP) izpēte un analīze rāda, ka Latvijā rapša audzēšanas vērienīgumam ir tieša un cieša sakarība ar saimniecību ekonomisko lielumu: rapša sējumu platības un to īpatsvars sējumu kopplatībā konsekventi un strauji palielinās katrā nākamajā saimniecību ekonomiskā lieluma grupā, un lielajos uzņēmumos rapša sējumu īpatsvars jau

tuvojas agrotehniskajam maksimumam. Nozīmīgākie rapšu sēklu ražotāji ir lielle uzņēmumi, tajos koncentrējas trīs ceturtdaļas no rapša sējumu kopplatības Latvijā ar sēklu kopražu 82% no visu saimniecību rapša sējumu kopražas. Lielākās rapša sējplatības vidēji vienā saimniecībā ir Zemgales 1 reģionā (Bauskas, Jelgavas un Dobeles rajoni), kurā ir arī procentuāli lielākais lielsaimniecību īpatsvars. Šajā reģionā gandrīz visu lielumu saimniecībās rapša sējplatību īpatsvars kopējā sējumu struktūrā ir salīdzinoši augsts – 16,1-19,4%. Latgales reģionā, pieaugot saimniecību lielumam, palielinās arī rapšu sējplatības vidēji vienā saimniecībā, un līdz ar to pieaug arī rapšu īpatsvars sējumu struktūrā. Kurzemē rapša audzēšanai pievērsušās tikai dažas saimniecības, jo reģiona vidējais rapša sējumu īpatsvars ir mazs, bet tas būtiski palielinās lielajos, spēcīgajos lauksaimniecības uzņēmumos [6].

Ražības analīze dažādos Latvijas reģionos un apakšreģionos liecina, ka augstākās ražas tiek iegūtas Zemgales 1 apakšreģionā un ar viszemākajām svārstībām starp dažāda ekonomiskā lieluma saimniecībām (1.tab.).

*1.tabula*

**Rapša sējumu ražība dažāda ekonomiskā lieluma (ELV) saimniecībās Latvijas reģionos un SUDAT apakšreģionos 2005.-2006.gadā**

Reģioni un apakš- reģioni	Rapša sēklu ražība saimniecību ELV grupās, t ha <sup>-1</sup>								Ražības izkliede (augstākās attiecība pret zemāko), %	
	16<40		40<100		100<250		>250		2005	2006
<i>Gadi</i>	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Pierīga 1</i>	0,9	1,0	3,7	2,1	-	-	-	-	411,1	210,0
<i>Pierīga 2</i>	1,7	0,5	2,3	1,8	2,2	1,9	-	-	135,3	360,0
<i>Vidzeme</i>	1,7	1,1	2,1	1,0	1,8	2,1	-	-	123,5	210,0
<i>Latgale</i>	1,2	1,5	1,0	1,0	1,3	1,1	-	-	130,0	150,0
<i>Kurzeme</i>	1,9	1,2	2,6	1,0	1,7	1,6	-	-	152,9	160,0
<i>Zemgale 1</i>	2,2	1,8	2,6	1,5	2,5	2,0	2,8	2,1	112,0	140,0
<i>Zemgale 2</i>	0,6	0,8	2,3	0,7	-	-	-	-	383,3	114,3

*Avots: SUDAT LVAES dati un autores aprēķini*

Visos reģionos 2005.gadā saimniecībās ar 16<40 ELV rapša sēklu ražība ir zemāka nekā nākamajā 40<100 ELV ekonomiskā lieluma saimniecību grupā. Šajā saimniecību grupā ražības rādītājs starp dažādiem reģioniem daudz maz izlīdzinās, izņemot Latgales reģionu, kurā ir viszemākais ražības rādītājs – tikai 1 t ha<sup>-1</sup>. Nākamajā saimniecību grupā, t.i., 100<250 ELV, ražības izkliede starp atsevišķiem reģioniem ievērojami pastiprinās. Īpatnējākais tas, ka šajā saimniecību grupā visos reģionos ražība ir nedaudz zemāka, salīdzinot ar iepriekšējo grupu, izņemot Latgales reģionu, kurā ir vērojama neliela ražas pieauguma tendence. Jāatzīmē, ka Pierīgas un Zemgales 2 apakšreģionu saimniecībās ar vairāk kā 100 ELV rapsis praktiski netiek audzēts, bet saimniecībās ar vairāk kā 250 ELV rapsi praktiski neaudzē nevienā reģionā, izņemot Zemgali 1, kur iegūst arī visaugstākās ražas – 2,8 t ha<sup>-1</sup>. Šajās grupās acīmredzot saimniecību lielākie ienākumi tiek iegūti no citiem ražošanas veidiem.

2006.gads visos reģionos kopumā bija ievērojami mazražīgs, taču dažādos reģionos un saimniecību EVL grupās nav izteikti noteiktas sakarības. Mazo saimniecību grupā reģionos, kuros 2005.gadā bija lielākas ražas – virs 1,5 t ha<sup>-1</sup>, vērojams būtisks ražas samazinājums, taču reģionos ar ļoti zemu ražības līmeni (Pierīgā 1, Latgalē, Zemgalē 2) arī 2006.gadā iegūta līdzvērtīga vai pat nedaudz augstāka raža. 40<100 ELV grupā esošās saimniecības 2006.gadā izjuta vislielāko ražības samazinājumu, salīdzinot ar iepriekšējo gadu. Var teikt, ka saimniecības ar augstākiem ražības rādītājiem relatīvi ir jūtīgākas pret nelabvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem. Kā redzams no aprēķiniem (1.tab.), milzīga atšķirība ir starp reģioniem, tomēr svarīga pazīme ir tā, ka šī izkliede lielo saimniecību grupā krasi samazinās. Var secināt, ka rapša audzēšana Zemgales 2 reģionā (Jēkabpils un Aizkraukles rajons) un

Pierīgā, kā arī Latgales reģionā ekonomiski nav attaisnojušies. Taču no divu gadu datiem nevar pieņemt stratēģiskus lēmumus, tāpēc tālāk analizējam ražības dinamiku katrā ekonomiskā lieluma grupā (2.tab.).

2.tabula

### Rapša sēklu ražības dinamika Latvijas reģionos 2002.-2006.gadu periodā

Reģioni	2004. t ha <sup>-1</sup>	2005. t ha <sup>-1</sup>	2006. t ha <sup>-1</sup>	Vidēji 3 gados, t ha <sup>-1</sup>	Ražības izkliede, %
(40≤100 ELV) lauksaimniecības uzņēmumu grupā					
Vidzeme	1,7	2,1	1,0	1,6	210,0
Latgale	1,3	1,0	1,0	1,1	130,0
Kurzeme	1,7	2,6	1,0	1,7	260,0
Zemgale 1	2,3	2,6	1,5	2,1	173,3
Zemgale 2	2,1	2,3	0,7	1,7	328,6
Ražības izkliede starp reģioniem, %	176,9	260,0	214,3	190,9	-
(100≤250 ELV) lauksaimniecību uzņēmumu grupā					
Vidzeme	1,7	1,8	2,1	1,9	123,5
Latgale	-	1,3	1,1	1,2	118,1
Kurzeme	0,9	1,7	1,6	1,4	188,9
Zemgale 1	2,3	2,5	2,0	2,3	125,0
Ražības izkliede starp reģioniem, %	255,5	192,3	190,9	191,7	-

Avots: autoru aprēķini pēc SUDAT datiem

Analizējot trīs gadu datus, ir redzams, ka rapša sēklu ražības līmenis ir ļoti atšķirīgs analizētajos reģionos un šīs atšķirības nemazinās. Lielākajos (40≤100 ELV) lauksaimniecības uzņēmumos Zemgales 1 reģionā vidējā raža gandrīz divreiz augstāka nekā Latgalē. Ļoti atšķirīgs ir ražu stabilitātes līmenis katrā reģionā. Vismazākās svārstības ir Latgales reģionā, kur rapša sēklu raža vienādi zema visā analizējamajā periodā, bet stabili visaugstākās ražas ir Zemgales 1 reģionos. Ārkārtīgi nedrošas, nestabilas rapša sēklu ražas ir Zemgales 2 reģionā. Zemo un nestabilo ražu cēloņi var būt vairāki vai kāds no šiem:

- zināšanu trūkums saimniekam rapša audzēšanas tehnoloģijā un agrotehnikā, kā arī bioloģijā;
  - neprecīza rapša audzēšanas tehnoloģijas ievērošana;
  - rapša sējumu izvietošana tiem mazpiemērotās vai nepietiekami iekultivētās augsnes.
- Salīdzinot sēklu ražības dinamiku (40≤100 ELV) un (100≤250 ELV) lauksaimniecības uzņēmumos, var formulēt vairākas atšķirības starp lielākajām un lielajām saimniecībām:
- lielo saimniecību grupā rapša sējumu ražības līmeņa reģionālās atšķirības ir mazākas;
  - Vidzemes lielajos lauksaimniecības uzņēmumos rapša ražas ir gan augstākas, gan stabilākas, salīdzinot ar šī reģiona iepriekš analizēto grupu;
  - nedaudz augstākas un stabilākas ražas ir arī Latgales lielajos lauksaimniecības uzņēmumos;
  - Kurzemes lielajos lauksaimniecības uzņēmumos, iespējams, rapša audzēšana nav prioritāra un ekonomiski ļoti nozīmīga, jo tajos rapša ražas ir zemākas;
  - Zemgales 1 reģiona lielsaimniecības demonstrē rapša audzēšanas ekonomiskās perspektīvas, jo tā ražība te ir stabilāka un caurmērā augstāka.

Rapša sēklu ražības ievērojamās atšķirības starp atsevišķiem reģioniem bez dabas (augšnes, klimatiskajiem u.c.) faktoriem lielā mērā ir atkarīga no resursu (mēslojuma, augu aizsardzības līdzekļu) izmantošanas uz platības vienību. Tāpēc ir interesanti salīdzināt izmaksas starp polarizētajiem reģioniem, ko izlieto augu mēslošanai un augu aizsardzības līdzekļiem dažāda



ekonomiskā grupējuma saimniecībās. Tā Zemgales 1 reģionā uz vienu saimniecību grupā 100<250 ELV mēslošanas līdzekļiem tiek iztērēts vairāk nekā 8 reizes līdzekļu, salīdzinot ar saimniecību grupējumu 16<40 ELV (3.tab.).

3.tabula

**Rapša atšķirīgo ražību iespējami ietekmējošās specifiskās izmaksas polarizētajos reģionos Latvijā 2005.-2006.gadā**

Rādītāji	Gadi	Zemgale 1				Latgale		
		Saimniecību ELV grupas				Saimniecību ELV grupas		
		16<40	40<100	100<250	>250	16<40	40<100	100<250
Mēslojuma izmaksas, Ls	2005	6441	17050	53774	207261	5471	17357	52364
	2006	7292	19868	44906	187263	4666	8968	57116
Mēslojuma izmaksas uz 1 ha, Ls	2005	61,93	65,08	80,26	91,26	26,95	36,54	43,64
	2006	60,56	82,96	79,52	89,23	29,83	22,54	48,13
Augu aizsardzības līdzekļu izmaksas, Ls	2005	3206	9346	30919	109334	1406	4255	7982
	2006	3430	11135	27329	93760	1535	3017	5434
Augu aizsardzības līdzekļu izmaksas uz 1 ha, Ls	2005	30,83	35,67	46,15	48,14	6,93	8,96	6,65
	2006	28,49	46,49	48,40	44,67	9,81	7,58	4,58

Avots: SUDAT LVAES dati un autores aprēķini

Līdzīgs stāvoklis ir arī Latgales reģionā, kur kopējais izlietoto līdzekļu daudzums ir tikai nedaudz zemāks, taču tendence ir atbilstoša Zemgales 1 reģionam, un starpība starp mazāko un lielāko ekonomiskā grupējuma saimniecību ir 9,6 reizes. Zināmā mērā tas arī ir saprotams, jo iespējami atšķirīgi saimniecību lielumi. Vairāk izteicošs rādītājs ir mēslojuma izmaksas uz 1 ha izmantotās zemes. Starpība starp dažādu ekonomisko grupu saimniecībām vērojama arī augu mēslošanai iztērēto līdzekļu pieaugumā, palielinoties saimniecības EVL grupai. Tā Zemgales 1 reģionā saimniecību grupā ar 16<40 ELV tie sastāda 61,93 Ls ha<sup>-1</sup>, bet ar katru nākamo grupu mēslošanas līdzekļu izmaksas uz 1 ha palielinās attiecīgi par 5,23 un 13%. Zināmā mērā tas ietekmē arī ražības pieaugumu. Latgales reģionā ir līdzīga tendence – pieaugums starp saimniecību grupām ir 35 un 19%.

Laukaugu un it īpaši rapšu audzēšanā mēslojums bez nepieciešamajiem augu aizsardzības pasākumiem nevar nodrošināt normālas ražas ieguvī. Zemgales 1 reģionā, pieaugot saimniecību lielumam, strauji palielinās augu aizsardzības līdzekļu pieaugums un tas ievērojami apsteidz mēslošanai izlietoto līdzekļu palielinājumu. Tā pieaugums starp mazāko (16<40 ELV) ekonomiskā lieluma saimniecību grupu un katru nākamo grupu ir attiecīgi 2,9, 9,3, un 3,5 reizes, bet starp zemāko un augstāko saimniecību ekonomiskā lieluma grupējumu šī starpība sastāda 34 reizes. Latgales reģionā arī, palielinoties ekonomiskā grupējuma lielumam, pieaug augu aizsardzībai izlietoto līdzekļu apjoms – attiecīgi 3 un 5,7 reizes. Taču šie pieauguma tempi ir zemāki, salīdzinot ar Zemgales 1 reģionu, un svarīgākais ir tas, ka bāzes grupā (16<40 ELV) Latgales reģionā ir 2,3 reizes mazāks līdzekļu izlietojums salīdzinot ar Zemgales 1 reģionu, bet saimniecību grupējumā 100<250 ELV šī starpība palielinās līdz 3,8 reizēm. Arī pēc augu aizsardzības līdzekļu izmaksām uz 1 ha izmantotās zemes Zemgales 1 reģionā, palielinoties saimniecības EVL grupai, pieaug arī augu aizsardzības līdzekļu patēriņš – starpība starp zemāko un augstāko ELV grupu sastāda 1,5 reizes. Latgales reģionā praktiski nav starpības starp ELV grupām pēc augu aizsardzības

līdzekļu izmaksām uz 1 ha, un tās ir no 6,65 līdz 8,96 Ls ha<sup>-1</sup>. Latgales reģionā augu aizsardzības līdzekļu izmaksas uz 1 ha dažādās ekonomiskā lieluma grupās ir 16<40 ELV – 4,5 reizes, 40<100 – 4 reizes un 100<250 – 7 reizes zemākas, salīdzinot ar attiecīgo Zemgales 1 ekonomisko grupu.

Mēslošanas un it īpaši augu aizsardzības līdzekļu izmaksa uz platības vienību jau ir nopietns rādītājs salīdzinoši zemajām rapša sēklu ražām Latgales reģionā.

### **Secinājumi**

Galvenie rapša audzētāji un sēklu ražotāji ir lielie lauksaimniecības uzņēmumi, kuru sējumi sastāda trīs ceturtdaļas no rapša sējumu kopplatības Latvijā. Rapša sēklu ražības līmenis starp reģioniem un saimniecību grupām ļoti atšķirīgs. Lielajās saimniecībās (uzņēmumos) ražība ir divreiz augstāka nekā mazajās un par trešdaļu augstāka nekā vidējo saimniecību grupā.

Augstākās ražas iegūtas Zemgales 1 apakšreģionā ar viszemākajām svārstībām starp dažāda ekonomiskā lieluma saimniecībām. Vidēja Zemgales 1 reģiona raža bija gandrīz divreiz augstāka nekā Latgalē.

Rapšu sēklu ražas lieluma atšķirības starp dažādiem reģioniem ietekmē ne tikai atšķirīgie augšņi un citi dabas faktori, bet arī lielā mērā patērēto mēslošanas un augu aizsardzības līdzekļu daudzums uz platības vienību.

### **Summary**

Latvia has been developing industrial rapeseed production, and this is connected with concentration of agricultural resources and regional or intra-regional specialization. The goal of our work was to research the impact of regional conditions and concentration of production resources upon the productiveness of rape sowings.

The analysis of productiveness, within various Latvian regions and sub-regions, proved that rapeseed productivity level was different within the analysed regions and within various farm groups. Large farm (enterprise) productivity was two times higher than small farm group productivity, and one third higher than medium farm group productivity. The best yield was obtained within Zemgale sub-region 1, and there were also observed the lowest fluctuations between farms of different economic size. Rape cultivation within Zemgale 2 region (Jēkabpils and Aizkraukle districts) did not justify itself economically. The average yield within largest (40 ≤ 100 ELV) Zemgale 1 agriculture enterprises was nearly two times higher than in Latgale. Every region had a very different level of yield stability. The lowest fluctuations were observed within Latgale region where rapeseed yields were equally low during all the analysed period while Zemgale 1 region had convincingly highest yields. Extremely unreliable and unstable rapeseed yields were observed within Zemgale 2 region.

Different volumes of rapeseed yield within various regions were affected not only by different soil and other natural factors, but, to a great extent, by amounts of the applied fertilizers and the plant protection means per one acreage unit as well. Comparing the polarized regions, one can see that costs spent on fertilization and protection of plants within various economical group farms were characteristic to Zemgale 1 region as well; for instance, one farm, 100 < 250 ELV, spent on fertilization above 8 times more if compared to the farm group of 16 < 40 ELV. A similar situation was also within Latgale district while within Zemgale 1 region, the difference between the lowest and the highest economic farm groups was above 9.6 times. More eloquent factor was the fertilization costs per 1 ha of the used soil. The difference between various economic group farms was observed also within the cost increase for fertilization within large farm EVL group. Thus, within Zemgale 1 region farm group, 16 < 40 ELV, these costs made 61.93 Ls ha<sup>-1</sup>, but within the next group fertilization costs per 1 ha increased accordingly by 5, 23 and 13%. To a certain amount, this factor influenced also the

yield increase. A similar tendency was characteristic to Latgale region – the increase between farm groups was 35 and 19%.

While growing rape, fertilization without necessary plant protection activities cannot secure normal obtaining of yield. Within Zemgale 1 region, smaller economic farm group, it increased 3 to 4 times whereas between lower and higher farm economic groups the difference made 34 times. The same within Latgale region: the larger was the economic group, the higher were the costs spent on the plant protection means – accordingly 3 to 5.7 times. Nevertheless, the increase rates were lower if compared to Zemgale 1 region, but within the farm group 100 < 250 ELV, this difference made even 3.8 times.

#### **Literatūra**

1. Latvijas Republikas valdības tautsaimniecības attīstības programma. LR Ministru Padome, Rīga, 1990. g. jūlijs, 63 lpp.
2. Lauku saimniecības. Darba ekonomiskās analīzes rezultāti 2005. SUDAT, LVAEI, 2006. 82.-111.lpp.
3. Lauku saimniecības. Darba ekonomiskās analīzes rezultāti 2006. SUADT, LVAEI, 2007. 90.-119.lpp.
4. Lauku saimniecības. Darba ekonomiskās analīzes rezultāti 2004. SUDAT, LVAEI, 2005. 80.-115.lpp.
5. Statistikas gadagrāmata 2005. CSP, 2006.
6. Ruža L., Špoģis K., Švēdere D. Rapša sēklu rūpnieciskās ražošanas attīstība lauksaimniecības uzņēmumos Latvijas reģionos./ Proceedings of the international Scientific conference „Economic science for rural development”, 2008. 189-196. p.

**NEREGULĒJAMO FAKTORU IETEKME UZ ZIEMAS KVIEŠU  
AUGŠANU UN ATTĪSTĪBU**  
*THE IMPACT OF UNREGULATED FACTOR INFLUENCE ON WINTER  
WHEAT GROWTH AND DEVELOPMENT*

**Gundega Dinaburga, Dainis Lapīņš, Andris Bērziņš**  
Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Augsnes un augu zinātņu institūts  
Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV 3001  
Tel.: +371 63005632, e-pasts: Gundega.Dinaburga@llu.lv

---

**Abstract.** *The modern meaning of accurate crop cultivation is closely associated with the new information technologies - geographic information and global positioning systems. Latvia has not published the results of research on soil conditions and the impact of unregulated factors of production conditions on winter wheat growth and yield. Analysis of results of studies aimed to clarify the difference of soil treatment facilities, as the criteria for the treatment of soil using soil characterizing Non-plant growth and development factors. Investigations were carried out in 2005 – 2007 on the production plantations of the Kurpnieki field, the Vecauce Study and Research Farm of the Latvia University of Agriculture. The results, while on a previous year, research on soil management measures to optimize the opportunities associated with global positioning systems, precision field management implementation practice shows that in order to obtain objective indicators and to gain the desired results, it was not enough for one season observation, since a large role in shaping the harvest is the meteorological conditions during the growing period. Unregulated factors: organic matter content, Ap horizon thickness, as well as the relative height above sea-level properties of materials research is the prerequisite for geographic information system-based resource-saving cultivation technology field-crop cultivation.*

**Key words:** *cereals, factor analysis, precise crop cultivation, soil properties.*

---

### **Ievads**

Precīzā laukkopība (PL) ir saimniekošanas veids, kas, pateicoties jaunāko tehnoloģiju, mašīnu un iekārtu iespējām, izmantojot GPS (globālās pozicionēšanas sistēma), ļauj konstatēt, analizēt un attiecīgi reaģēt uz augšņu kvalitatīvajām īpašībām. Mūsdienu izpratnē PL pamatojas uz plašu, vispusīgu, precīzu un savlaicīgu informāciju pielietošanu laukos, sākot ar stratēģijas noteikšanu, ražošanas tehnoloģiju un tehniskā nodrošinājuma plānošanu, produkcijas ražošanu, pēcapstrādi, uzglabāšanu un beidzot ar tās realizāciju. Tā cieši saistīta ar jauno informācijas tehnoloģiju – GIS (globālās informācijas sistēmas) un GPS – attīstību un izmantošanu, plānošanas, ražošanas procesu un pārvaldes optimālāko modelēšanu, saimniekošanas ekonomiskam un ekoloģiskam novērtējumam, vienlaicīgi nodrošinot šo procesu datorizāciju [1; 2; 3; 4].

Laukkopībā raža veidojas daudzu faktoru mijiedarbībā, turklāt atsevišķu faktoru ietekmes vienkārša summēšana ir visai rets gadījums. Vispirms mijiedarbības efekta lielums mainās atkarībā no kultūraugu attīstības fāzes, bet tāpat to nosaka arī faktoru gradācijas. Palielinoties atsevišķu faktoru raksturojošiem lielumiem, pieaug arī mijiedarbības efekta absolūtā vērtība [5].

Latvijā līdz šim nebija pētījumu rezultātu par regulējamo un neregulējamo faktoru komplekso, kā arī divu un vairāk atsevišķu faktoru mijiedarbības ietekmi uz labību attīstību un ražu ražošanas apstākļos. Latvijas Lauksaimniecības universitātē pētījumi PL jomā tika uzsākti 2004.gadā, un iegūtie rezultāti ir jau daļēji atspoguļoti gan Latvijas, gan ārzemju izdevumos. Pētījumu mērķis bija novērtēt neregulējamo faktoru ietekmi uz ziemas kviešu attīstību un ražu, vienlaicīgi izmantojot iegūtos rezultātus diferencētā augsnes apstrādē atbilstoši nogabalu īpašībām.

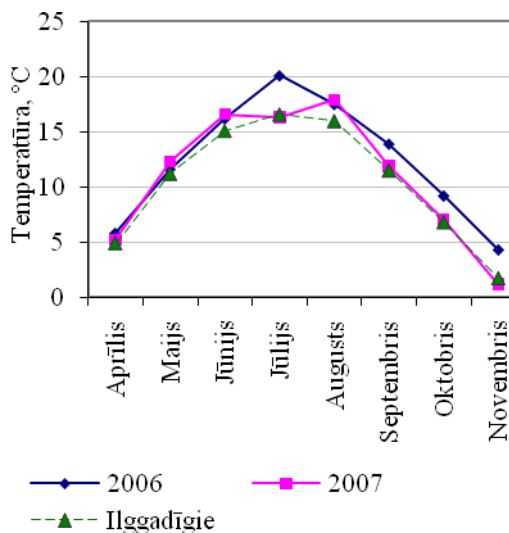
## Materiāli un metodes

Izmēģinājums iekārtots SIA LLU MPS „Vecauce”, Kurpnieku laukā no 2005.gada līdz 2007.gadam. Punktu koordinātu noteikšanā izmantots pozicionētājs *Garmin iQ 3600* (plaukstdators) ar *AGROCOM* datoru programmatūras *AgroMAP Professional* nodrošinājumu, kas ļauj noteikt punktus lauka apstākļos ar precizitāti  $\pm 3$  m, kā arī noteikt lauka robežas. No plaukstdatora esošā informācija tālāk tiek ievadīta datorā, kurā ieinstalēta programma *AgroMAP Professional*, atlikti 47 punkti ziemas kviešu (*Triticum aestivum* L.) sējumā (50\*50 m), kas piesaistīti ģeogrāfiskām koordinātēm. Priekšaugi ir ziemas rapsis (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), 2006. un 2007.gadā audzēta ziemas kviešu šķirne ‘Tarso’. Kviešu laukā lietota vienāda agrotehnika, GPS punktus ievērojot vienīgās atšķirības principu. Relatīvais punktu augstums, m virs jūras līmeņa (apzīmēts ar h), noteikts ar *Magellan eXplorist 600* un Ap – trūda akumulācijas (minerālais) horizonts ar augsnes zondēšanu un vienlaicīgi izmērot Ap horizonta dziļumu, m. Karoglapas laukums noteikts, izmantojot specializēto datorprogrammu *WinFOLIA*. Izmēģinājuma laikā iepriekš raksturotie parametri mērīti un noņemti rudenī pēc ziemas kviešu sējas – labību vienu līdz divu lapu fāzē, pavasarī cerošanas fāzes beigās.

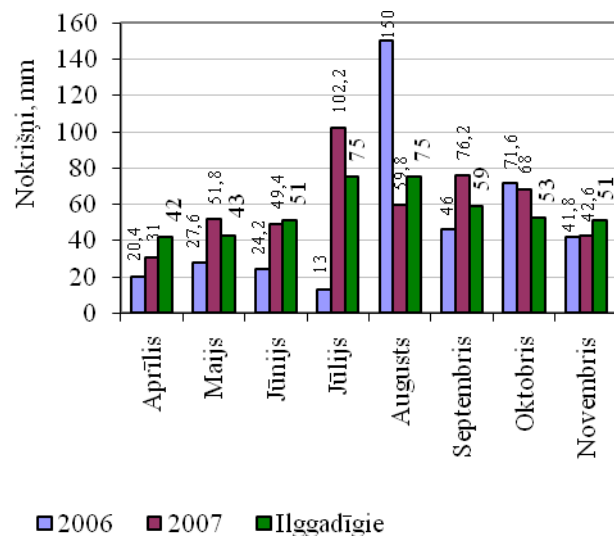
Ar zondi noņemti augsnes paraugi organiskās vielas saturā analīzēm, 0,20 m dziļumā. 14.08.2006. gadā paraugi ņemti pēc ražas novākšanas katrā GPS piesaistes punktā 3 vietās vidējā parauga veidošanai. Analīzes veiktas VSIA „Agroķīmisko pētījumu centrs”, saturu nosakot pēc LR ZM standartiem - LV ST ZM 80 - 97. Raža noteikta ar graudaugu kombainu *CLASS LEXION 420 GPS*. Kartogrammas veidotas, izmantojot specializēto datorprogrammu *AgroMAP*. Datu matemātiskā apstrāde veikta ar aprakstošās statistikas, korelācijas un parciālās korelācijas analīzes palīdzību.

## Rezultāti un to izvērtējums

Meteoroloģiskie apstākļi 2006.gadā raksturojās ar paaugstinātām vidējām gaisa temperatūrām, it īpaši gada otrajā pusē, bet 2007.gadā – ar izteikti augstu nokrišņu daudzumu. 9.aprīlī reģistrēts sniegs (1. un 2.att.).



1.att. Vidējā diennakts gaisa temperatūra 2006. un 2007.gadā, °C (pēc MPS „Vecauces” HMS datiem)

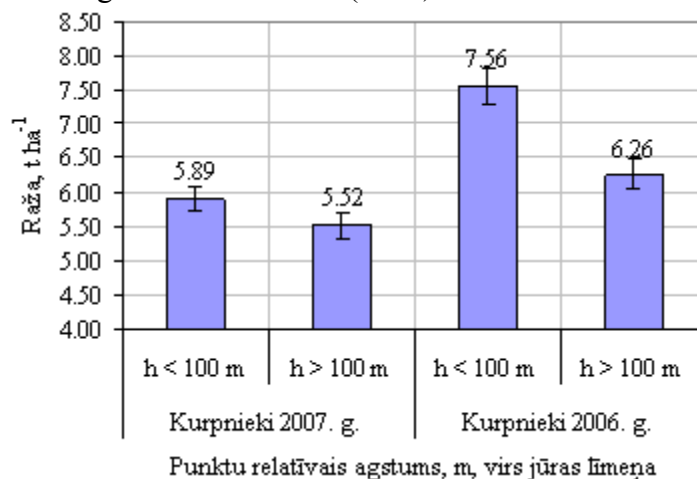


2.att. Vidējais nokrišņu daudzums 2006. un 2007.gadā, mm (pēc MPS „Vecauces” HMS datiem)

Meteoroloģisko datu vērtējums liecināja, ka 2007.gadā no aprīļa līdz augustam bija raksturīgs mazāks nokrišņu daudzums nekā 2006.gadā tajos pat mēnešos (2.att.). Abos eksperimenta gados nokrišņu daudzums bija zem normas, t.i., ilggadīgajiem vidējiem rādītājiem. Vidējā

diennakts gaisa temperatūra no aprīļa līdz augustam bija augstāka nekā ilggadīgā vidējā. Vislielākās atšķirības gaisa diennakts vidējā temperatūrā salīdzinājumā ar ilggadīgajiem vidējiem tika konstatētas 2007.gada jūlijā (starpība ar normu + 0,3°C) un šajā pat mēnesī 2006.gadā fiksēts arī zemākais nokrišņu daudzums ziemas kviešu ražas veidošanās noslēguma fāzēs - tikai 13 mm.

Datu apstrādē veikta ranžēšana un grupēšana pēc punktu relatīvā augstuma metros virs jūras līmeņa. Ziemas kviešu graudu raža Kurpnieku laukā abos izmēģinājuma gados būtiski lielāka bija pie relatīvā punktu augstuma zem 100 m (3.att.).



3.att. Ziemas kviešu raža Kurpnieku laukā pa gadiem saistībā ar punktu relatīvo augstumu, m virs jūras līmeņa

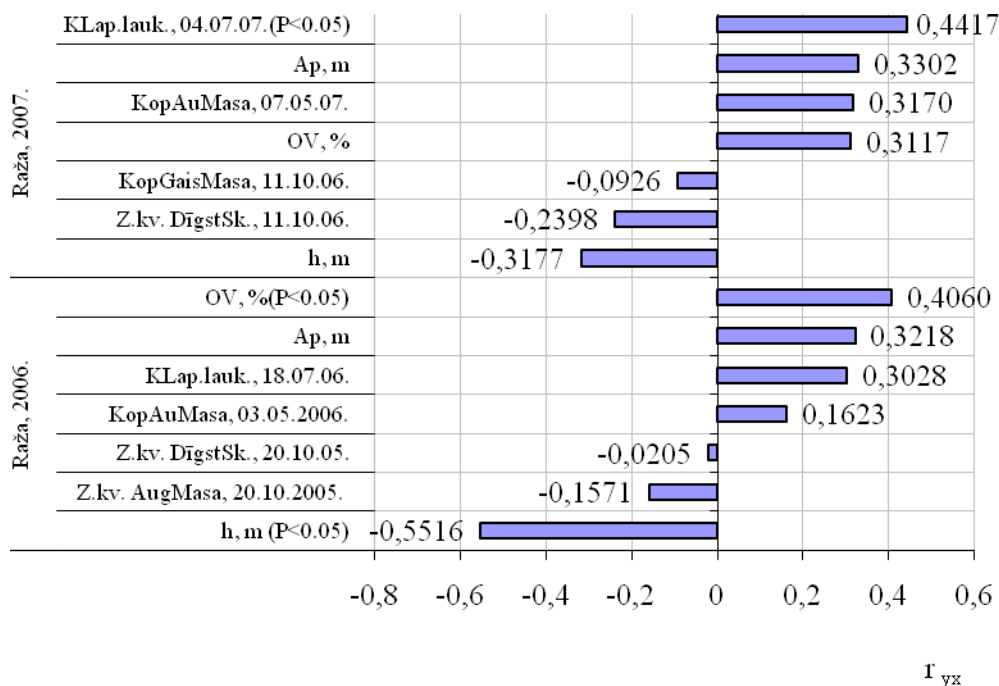
Lineārie korelāciju koeficienti liecināja, ka būtiski ( $P < 0,05$ ) pozitīvi ziemas kviešu ražu 2007.g. ietekmēja karoglapas laukuma, kā arī augsnes organiskās vielas satura atšķirības, bet 2006.g. būtiski ( $P < 0,05$ ) negatīvi punktu relatīvais augstums, m virs jūras līmeņa (4.att.). Paaugstināts lineārais sakarību ciešums ( $P < 0,1$ ) ar ziemas kviešu ražu 2006.gadā tika konstatēts arī Ap slāņa biezumam un karoglapas laukumam, bet 2007.gadā – ar Ap slāņa biezuma, ziemas kviešu augu masas pavasarī, kā arī organiskās vielas satura atšķirībām. No neregulējamo faktoru kopas visizteiktākā negatīvā ietekme uz ziemas kviešu ražu 2006. un 2007.g. izmēģinājuma apstākļos bija punktu relatīvajam augstumam m virs jūras līmeņa. Pie kam 2007.gadā  $r_{yx} = -0,5516$  ar  $P < 0,05$  (4.att.).

Attiecībā uz citām faktoriālajām pazīmēm izmēģinājuma gados nebija būtiskas ietekmes.

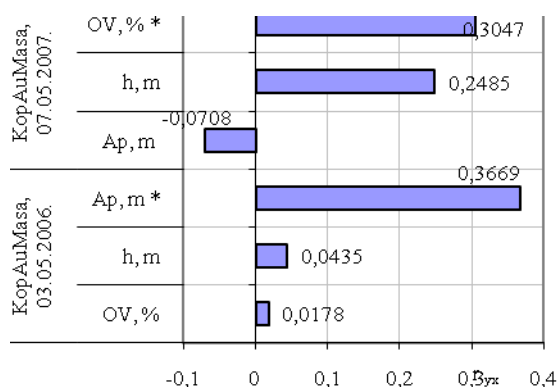
Par pamatu ņemot punktu dalījumu pēc relatīvā augstuma m virs jūras līmeņa, t.i., zem 100 m, vidējais organiskās vielas saturs bija 3,0 %, bet vietās virs 100 m – 2,4%. Savukārt vidējais Ap horizonta biezums bija 0,38 m pie relatīvā augstuma gan zem, gan virs 100 m.

Ziemas kviešu kopējās augu masas un neregulējamo faktoru korelatīvās sakarības eksperimenta gados bija atšķirīgas. Kopējo augu masu 2007.g. ietekmēja organiskās vielas saturs ( $P < 0,05$ ) un punktu relatīvais augstums, bet negatīva nebūtiska ietekme bija Ap horizonta biezumam (5.att.). Savukārt 2006.g. Ap horizonta biezuma atšķirības pozitīvi ietekmēja kopējo augu masu, korelatīvā sakarība būtiska ( $P < 0,05$ ) un punktu relatīvais augstums, bet negatīva ietekme bija organiskās vielas saturam.

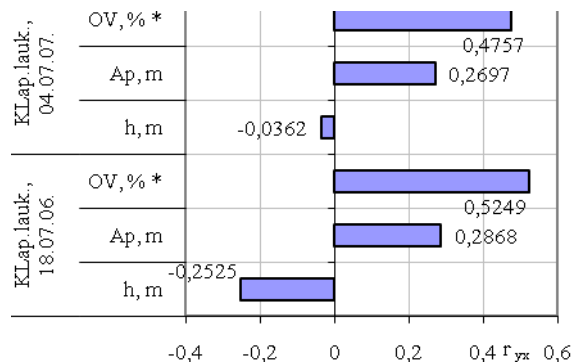
Izmantojot specializēto datorprogrammu WinFOLIA, veica ziemas kviešu karoglapas analīzi un noskaidroja faktoriālās pazīmes, kuras ietekmēja ziemas kviešu karoglapas attīstību – vispirms tās pamatrādītāju: laukumu,  $\text{cm}^2$ . Iegūtie rezultāti (6.att.) liecināja, ka abos izmēģinājuma gados karoglapas laukumu pozitīvi ietekmēja neregulējamo faktoru: organiskās vielas satura ( $P < 0,05$ ) un Ap horizonta biezuma, bet negatīvi – punktu relatīvā augstuma atšķirības.



4.att. Lineārie korelāciju koeficienti  $r_{yx}$  starp ziemas kviešu ražu (y) un faktoriālajām pazīmēm (x) 2006. un 2007.g.



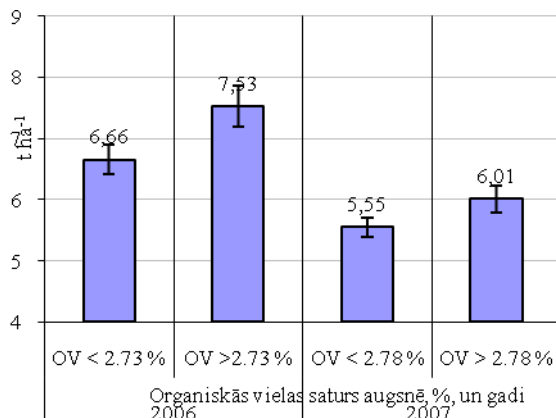
Apzīmējumi: \* - korelatīvā sakarība būtiska (P<0,05)  
5.att. Ziemas kviešu kopējās auga masas (y) un neregulējamo faktoru (x) sakarības



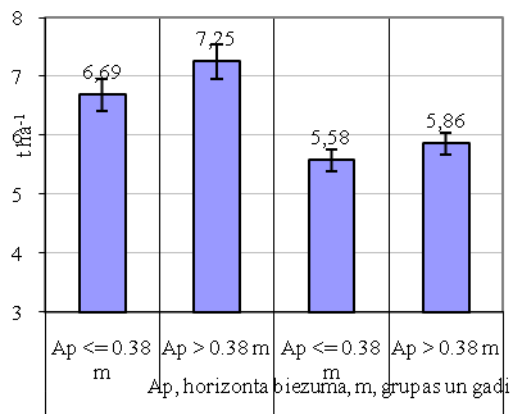
Apzīmējumi: \* - korelatīvā sakarība būtiska (P<0,05)  
6.att. Ziemas kviešu karoglapas laukuma (y) un neregulējamo faktoru (x) sakarības

Datu ranžēšana un grupēšana pēc organisko vielu satura un Ap horizonta biezuma ļāva konstatēt, ka ziemas kviešu raža abos izmēģinājuma gados bija būtiski augstāka pie palielināta virs vidējā visā platībā organiskās vielas satura (7.att.). Analoga situācija bija vērojama saistībā ar Ap horizonta biezumu (8.att.), turklāt 2006.g. ziemas kviešu raža gan pie augstāka organiskās vielas satura, gan Ap horizonta biezuma bija būtiski augstāka nekā 2007.g.

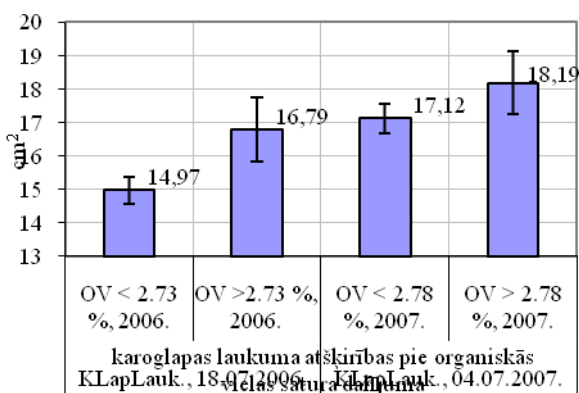
Karoglapas laukuma atšķirību vērtējums pie analoga organiskās vielas satura un Ap horizonta biezuma daļējuma (9.att.) liecināja, ka lielāks ziemas kviešu karoglapas laukums bija pie augstāka organiskās vielas satura un biežākā Ap horizonta slānī (10.att.). Atšķirības pēc organiskās vielas satura un Ap daļējuma pa gadiem ir būtiskas.



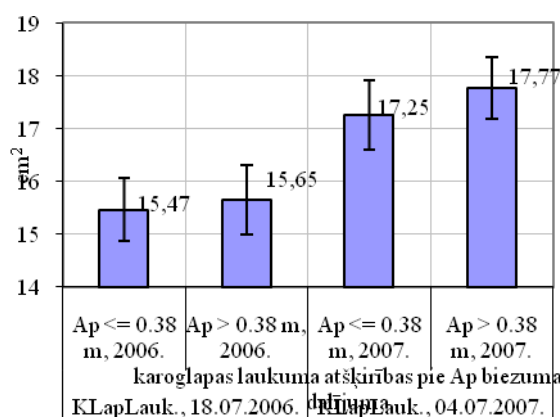
7.att. Organiskās vielas saturs ietekme uz ziemas kviešu ražu



8.att. Ap horizonta biezuma ietekme uz ziemas kviešu ražu

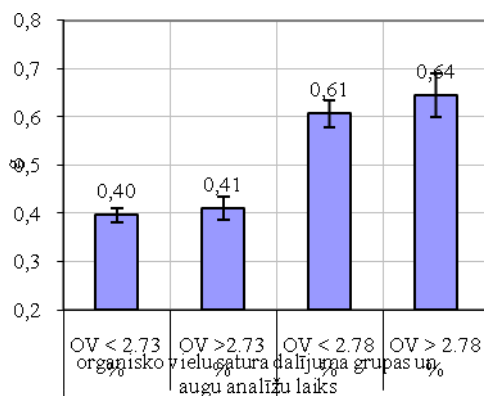


9.att. Karoglapas laukuma atšķirības organiskās vielas saturs ietekme uz ziemas kviešu ražu

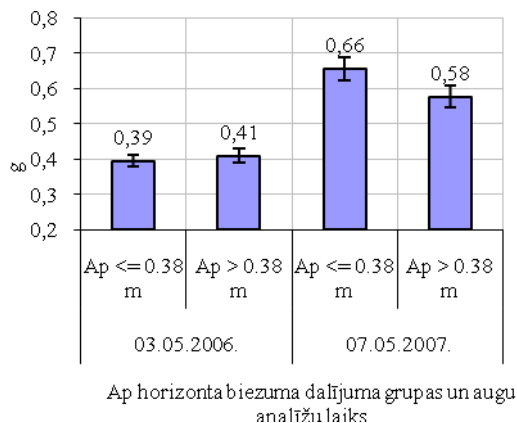


10.att. Karoglapas laukuma atšķirības Ap horizonta biezuma ietekme uz ziemas kviešu ražu

Ziemas kviešu viena auga kopējās masas atšķirības cerošanas fāzes beigās un stiebrošanās sākumā organiskās vielas saturs ietekme bija nebūtiska (11.att.), bet būtiska bija gadu meteoroloģisko apstākļu ietekmei. Būtiska Ap horizonta biezuma dalījuma grupu ietekme tika konstatēta tikai 2007.gadā. (12.att.).



11.att. Ziemas kviešu kopējā auga masa organiskās vielas saturs ietekme uz ziemas kviešu ražu

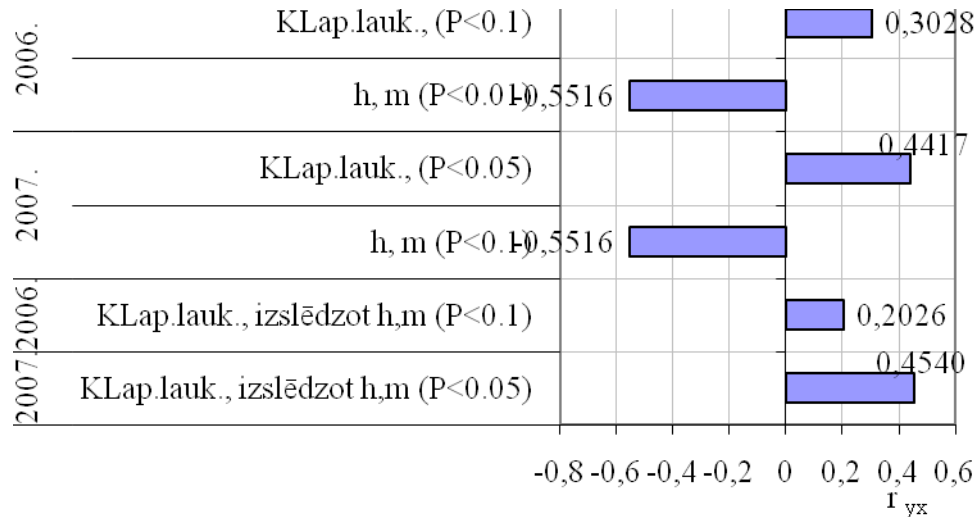


12.att. Ziemas kviešu kopējā auga masa Ap horizonta biezuma dalījuma grupās

Konstatēts, ka starp ziemas kviešu ražu, kā arī ziemas kviešu attīstības rādītājiem un neregulējamiem faktoriem (punktu relatīvo augstumu m virs jūras līmeņa; organiskās vielas



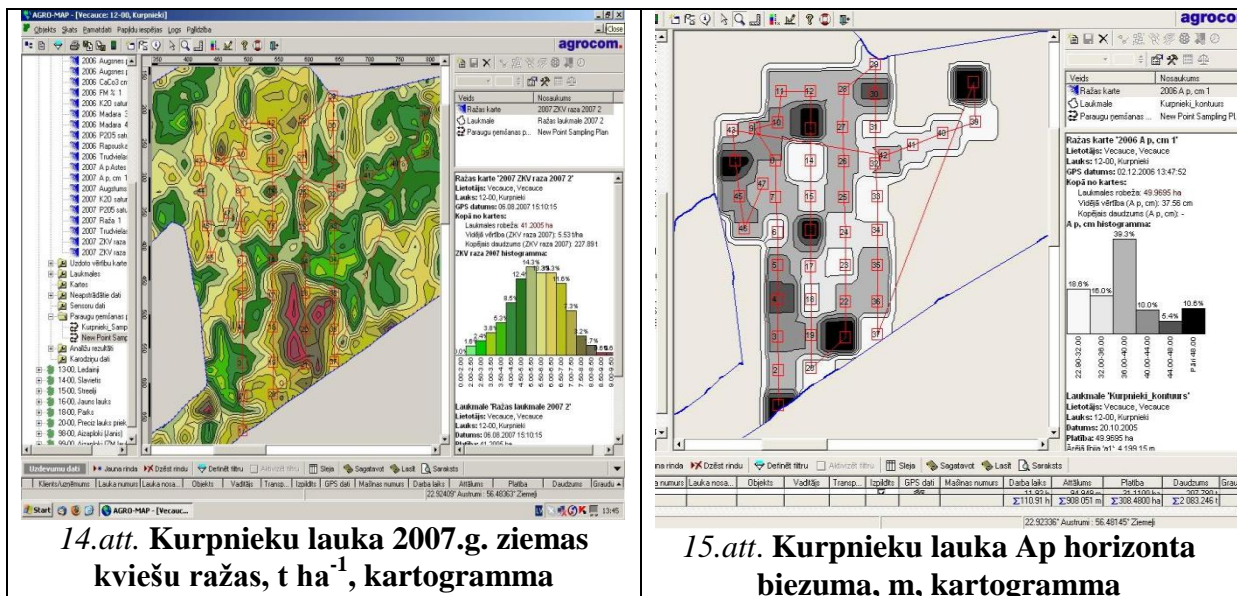
saturam augsnē, %, un Ap horizonta biezumam) pastāv multikolineāras sakarības. Lai izslēgtu vienas faktoriālās pazīmes ietekmi uz otru, izmantota parciālo lineāro korelāciju koeficientu aprēķins un analīze. No praktiskā viedokļa raugoties, bija nepieciešams noskaidrot pasākumus, kas mīkstinātu neizlīdzinātā relatīvā augstuma negatīvo ietekmi uz ražu, kas bija būtiska 2006.g. ar pazeminātu nokrišņu daudzumu (13.att.).



13.att. Punktu relatīvā augstuma, m, un ziemas kviešu karoglapas laukuma, cm<sup>2</sup>, korelatīvo sakarību raksturojums ar ziemas kviešu ražu, t ha<sup>-1</sup>

Lineārās un parciālās korelāciju analīzes rezultāti liecināja, ka abos izmēģinājuma gados virsmas neizlīdzinātā relatīvā augstuma ietekme mazinās ar karoglapas laukuma palielināšanu un nokrišņiem bagātajā 2007.g. ziemas kviešu ražas parciālo lineāro sakarību ciešumi bija pat būtiski.

Pēc ražas novākšanas izveidoja ražas kartogrammu, un histogrammā attēlots ražas sadalījums. Kurpnieku laukā 2007.g. ziemas kviešu raža bija no 2,0-9,5 t ha<sup>-1</sup>, vidējā raža – 5,53 t ha<sup>-1</sup> (14.att.).



14.att. Kurpnieku lauka 2007.g. ziemas kviešu ražas, t ha<sup>-1</sup>, kartogramma

15.att. Kurpnieku lauka Ap horizonta biezuma, m, kartogramma

Savukārt 2006.gadā ziemas kviešu graudu raža bija no 4,5-9,2 t ha<sup>-1</sup>, vidēji 6,75 t ha<sup>-1</sup>.

Izmēģinājumā no neregulējamiem faktoriem Ap horizonta biezums bija tas faktors, kuram par augsnes apstrādes diferenci bija būtiska nozīme, raugoties no ziemas kviešu ražu lieluma, jo, veicot aprēķinus, tika konstatēts, ka biežākā Ap horizonta slānī bija augstāka ziemas kviešu raža. Raugoties no saimniecību īpašnieku iespējām, piemērotākās augsnes pirmssējas un arī pamatapstrādes dziļuma diferencei ir Ap horizonta biezuma kartogrammas (15.att.). To var pamatot ar izmaksām analīžu izpildei un kartogrammu sastādīšanai. Augšņu organiskās vielas satura un granulometriskā sastāva digitālajām kartogrammām ir nepieciešamas speciālas analīzes, kuras ir arī salīdzinoši dārgas, bet Ap horizonta biezumu var noteikt pats zemes īpašnieks. Izveidotā kartogramma ļauj vietspecifiski samazināt pamatapstrādes dziļumu, ja Ap horizonta biezums ir lielāks par 0,36 m. Kurpnieku laukā tas sastāda 60,1% no kopplatības (15.att.). Izmēģinājumā konstatēts, ka GPS punktus ar palielinātu Ap horizonta biezumu bija arī paaugstināts organiskās vielas saturs.

### **Secinājumi**

1. Ziemas kviešu graudu raža abos izmēģinājuma gados būtiski lielāka bija pie relatīvā punktu augstuma zem 100 m un pie palielināta organiskās vielas satura augsnē.
2. Būtiski ( $P < 0,05$ ) pozitīvi ziemas kviešu ražu 2007.g. ietekmēja karoglapas laukums un augsnes organiskās vielas saturs.
3. Paaugstināts lineārais sakarību ciešums ( $P < 0,1$ ) ar ziemas kviešu ražu 2006.gadā tika konstatēts Ap slāņa biezumam un karoglapas laukumam, bet 2007.gadā Ap slāņa biezuma, ziemas kviešu augu masas pavasarī, kā arī organiskās vielas saturam. No neregulējamo faktoru kopas visizteiktākā negatīvā ietekme uz ziemas kviešu ražu abos izmēģinājuma gados bija punktu relatīvajam augstumam m virs jūras līmeņa.
4. Par pamatu ņemot punktu dalījumu pēc relatīvā augstuma m virs jūras līmeņa, t.i., em 100 m, vidējais organiskās vielas saturs bija 3,0%, bet vietās virs 100 m – 2,4%. Savukārt vidējais Ap horizonta biezums bija 0,38 m pie relatīvā augstuma gan zem, gan virs 100 m.
5. Izmēģinājuma gados karoglapas laukumu pozitīvi ietekmēja neregulējamo faktoru: organiskās vielas satura un Ap horizonta biezuma, bet negatīvi – punktu relatīvā augstuma atšķirības.
6. Lielāks ziemas kviešu karoglapas laukums bija pie augstāka organiskās vielas satura un biežākā Ap horizonta slānī.
7. Konstatēts, ka starp ziemas kviešu ražu, attīstības rādītājiem un neregulējamiem faktoriem (punktu relatīvo augstumu m virs jūras līmeņa; organiskās vielas saturu augsnē, %, un Ap horizonta biezumu) pastāv multikolineāras sakarības.
8. Izmēģinājumā no neregulējamiem faktoriem Ap horizonta biezums bija faktors, kuram lēmumu pieņemšanas sistēmā par augsnes apstrādes diferenci bija būtiska nozīme ziemas kviešu ražas veidošanā. Konstatēts, ka biežākā Ap horizonta slānī bija augstāka ziemas kviešu raža.

### **Pateicība**

Pētījums veikts, pateicoties LLU projekta Nr. 05.1604.1 finansējumam.

### **Summary**

Latvia has not published the results of research on soil unregulated conditions and the impact of factors of production conditions on winter wheat growth and yield. Analysis of results of studies aimed to clarify the difference of soil treatment facilities, as the criteria for the treatment of soil using soil characterizing growth and development factors. Unregulated factors: organic matter content, Ap horizon thickness, as well as the relative height above sea-level properties of materials research is the prerequisite for a geographic information system-based resource-saving cultivation technology field-crop cultivation. Increased density linear

relationship ( $P < 0.1$ ) with the winter wheat harvest in 2006 were found around the layer thickness and flag leaf area in 2007 the Ap layer thickness, the winter wheat plant mass in spring, as well as organic matter content. From unregulated factor sets the most negative impact on the winter wheat harvest in both years was the pilot of the relative height in m above sea level. On the basis of the point's breakdown, in relative height in m above sea level, if below 100 m, the average organic matter content was 3.0 %, but the sites above 100 m 2.4 %. In turn, the mean Ap horizon thickness was 0.38 m at the relative height of both below and above 100 m. It is noted that the winter wheat harvest, development indicators, and unregulated factor (of the relative height, m above sea level, organic matter content in soil, % and Ap horizon thickness) there multicolinear relationships. In experiment of the unregulated factors Ap horizon thickness was a factor to which the decision-making systems in the soil difference processing were essential in the winter wheat crop development. Established that the thicker Ap layer around the horizon were higher winter wheat harvest.

#### Literatūras saraksts

1. Vilde A., Rucins A., Skrastins M., Cesnieks S., Lapins D., Berzins A., Aizsilnieks A., Kopmanis J., Plume A. Investigations in Precision Agriculture in Latvia // Proceedings of the International Conference: New Technological Processes and Investigation Methods of Agricultural Engineering No 10, Raudondvaris, Lithuania Academia Scientiarum, September 8-9, 2005. P. 32-38.
2. Lapins D., Vilde A., Berzins A., Plume A., Dinaburga G. Criteria For the Site Specific Soil Tillage // Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Jelgava, Latvia University of Agriculture, 24-25 May. -Jelgava: LLU, 2007. P. 268-275.
3. Lapins D., Vilde A., Berzins A., Dinaburga G., Plume A., Rucins A. Investigations of Technologies for the Precision Agriculture and Estimation their Efficiency // Proceedings of the International Conference Biosystems Engineering and Processes in Agriculture No.13. 25-26 September, Raudondvaris 2008. P. 157.-161.
4. Vilde A., Lapins D., Dinaburga G., Rucins A., Cesnieks S., Berzins A., Plume A., Repsons J. Investigation of Technologies for Precision Agriculture and Estimation of Their Efficiency // Proceedings of 10<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture 14-17 October, Antalya - TÜRKİYE, 2008. P. 585.-591.
5. Lapiņš D., Bērziņš A., Gaile Z., Oboļeviča D., Grenovska K., Koroļova J., Sprincina A., Kopmanis J. Augsnis apstrādes un sējas tehnoloģiju ietekme uz ziemas kviešu graudu ražu un tās kvalitāti // Agronomijas Vēstis / LLMZA, LLU LF. 2003. Nr. 5. 109.-116. lpp.

# ZIEMĀJU GRAUDU KVALITĀTES RADĪTĀJU PAAUGSTINĀŠANAS IESPĒJAS BIOETANOLA IEGUVEI

## POSSIBILITIES OF WINTER CROP GRAIN'S QUALITATIVE INDICES RISE FOR BIOETHANOL PRODUCTION

**Liena Poiša<sup>1</sup>, Veneranda Stramkale<sup>1,2</sup>, Aleksandrs Adamovičs<sup>3</sup>**

1- Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs

Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes rajons, LV 4650, Latvija

e-pasts: lienapoisa@inbox.lv, strzin@apollo.lv

2- Rēzeknes Augstskola, Latgales ilggājīgās attīstības pētnieciskais institūts

Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4601, e-pasts: dabkat@ru.lv

3- Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Agrobiotehnoloģijas institūts

Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001, Latvija; e-pasts: Aleksandrs.Adamovics@llu.lv

---

**Abstract.** *Bioethanol production is one of cereal's using ways. COM 2003/30/EC: Directive on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport orders that proportion of biofuels in 2010 must be -5.75% but in 2020 – 10%. The object of research is to study the influence of winter crops cultivation's technology on quality of grain and suitability for bioethanol production. Field research was organized in the Agricultural Science Centre of Latgale from 2005 to 2008. There were researched 5 fertilizer rates and the influence of varieties on the grain yield and starch in the experiment for 3 years. Starch content, yield and the result of bioethanol have changed depended on species of cereals, varieties, growing year and fertilizer rate. It is recommended to use good quality grains with high starch content and low protein content for bioethanol production.*

**Keywords:** *bioethanol, cereals, yield, starch.*

---

### Ievads

Mūsdienu cilvēces eksistence nav iedomājama bez enerģijas izmantošanas visās tautsaimniecības nozarēs, un tās patēriņš ar katru gadu palielinās. Pasaulē strādā pie energoefektivitātes paaugstināšanas visos enerģētiskā cikla posmos. Palielinās atjaunojamo energoresursu, tajā skaitā bioenerģijas, izmantošana, lai novērstu vai samazinātu neracionālu dabas resursu patēriņu [1].

Eiropas Savienības direktīva 2003/30/EC „Par biodegvielu un citu atjaunojamo degvielu izmantošanas veicināšanu transportā” nosaka, ka biodegvielu ieviešanas apjomi ir tiešā veidā saistīti ar naftas degvielas patēriņu valstī. Palielinoties kopējam naftas degvielu patēriņam, palielinās arī tirgū realizējamās biodegvielas apjoms. Biodegvielu likumā izvirzīts mērķis: veicināt biodegvielu apriti un nodrošināt, lai līdz 2010.gada 31.decembrim biodegviela veidotu ne mazāk kā 5,75%, bet 2020.gadā – 10% no kopējā degvielas daudzuma [2].

Enerģijas iegūšanai ražo etanolu no cieti vai cukuru saturošiem augiem, kuru Eiropā sauc par bioetanolu, ko lieto sajaukšanai ar benzīnu [3]. Ar biobenzīnu automašīnas darbināja Latvijā jau pirms kara. Degvielu no benzīna un bioetanolā dēvēja par latolu [4]. Latola izmantošana tīra benzīna vietā pirmskara Latvijā ļāva ne tikai taupīt dārgo benzīnu, bet arī veicināt lauksaimniecisko ražošanu un kopējo ekonomisko efektivitāti [5].

Biodegviela ir biodīzelis, un bioetanol ir degviela, kas uzskatāma par alternatīvo degvielu fosilajai no naftas ražotajai degvielai.

Latvijā ir jāattīsta jauns graudaugu izmantošanas virziens – bioetanolā ražošana. Degvielai izmantojamais bioetanol sastāv no EtOH (etanols) + koģenerācijas vielas; ( $\geq 99,6\%$ ;  $H_2O \leq 0,4\%$ ) [3; 6]. Bioetanolā ražošanai piemērotas ir tās graudaugu sugas, kurām graudu endospermas jeb kodola lielāko daļu aizņem cietes daļiņas. Etanolā ražošanai ir nelietderīgi izmantot augstas kvalitātes pārtikas graudus, jo augstais lipekļa saturs kviešu graudos

bioetanola ieguves procesā veido blīvu vidi un traucē rūgšanas baktēriju darbību. Lai biodegvielas stratēģija būtu veiksmīga, ir svarīgs nodrošinājums ar augstvērtīgām izejvielām. Pētījuma mērķis ir izvērtēt ziemāju audzēšanas tehnoloģiju un kvalitātes piemērotību bioetanola ražošanai.

### Materiāli un metodes

Pētījums veikts SIA „Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs” Rēzeknes rajona Viļānos 2005.-2008.gadā.

Pētījuma objekti: ziemas kviešu (*Triticum L.*), ziemas rudzu (*Secale cereale L.*), ziemas tritikāles (*Triticosecale Wittmack.*) šķirnes (1.tabula).

1.tabula

Pētāmās graudaugu šķirnes

<i>Graudaugu suga</i>	<i>Šķirne</i>	<i>Izveidotājvalsts</i>
Ziemas kvieši	Stava	Zviedrija
	Harnesk	Zviedrija
	Bjorke	Zviedrija
	SW Maxi	Vācija
Ziemas rudzi	Kaupo	Latvija
	Amilo	Polija
	Valdai	Krievija
	Walet	Polija
Ziemas tritikāles	Lamberto	Polija
	Falmero	Zviedrija

Lauka izmēģinājums ierīkots pēc randomizēto bloku metodes 4 atkārtojumos. Laučiņa kopējā platība 2 m x 10 m = 20 m<sup>2</sup>, uzskaites platība 1,6 m x 10 m = 16 m<sup>2</sup>. Izolācija starp variantiem 0,4 m, starp atkārtojumiem – 0,5 m, starp šķirnēm – 2,5 m.

Lauks ir drenēts, reljefs izlīdzināts, augsnes novērtējums 29-32 balles. Lauka izmēģinājums ierīkots velēnu vāji podzolētā smilšmāla augsnē. Augsnes agroķīmiskais raksturojums: organiskās vielas saturs augsnē 2,7 %, pH – 6,7, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 155 mg kg<sup>-1</sup> augsnes, K<sub>2</sub>O – 92 mg kg<sup>-1</sup> augsnes. Pamatmēslojumā pielietoti kompleksie minerālmēsli NPK 5-10-25 300 kg ha<sup>-1</sup> un papildmēslojumā – amonija salpetris saskaņā ar metodiku katrai sugai (2.tabula).

2. tabula

Pielietotie slāpekļa mēslojuma varianti (N tūrvielā, kg ha<sup>-1</sup>)

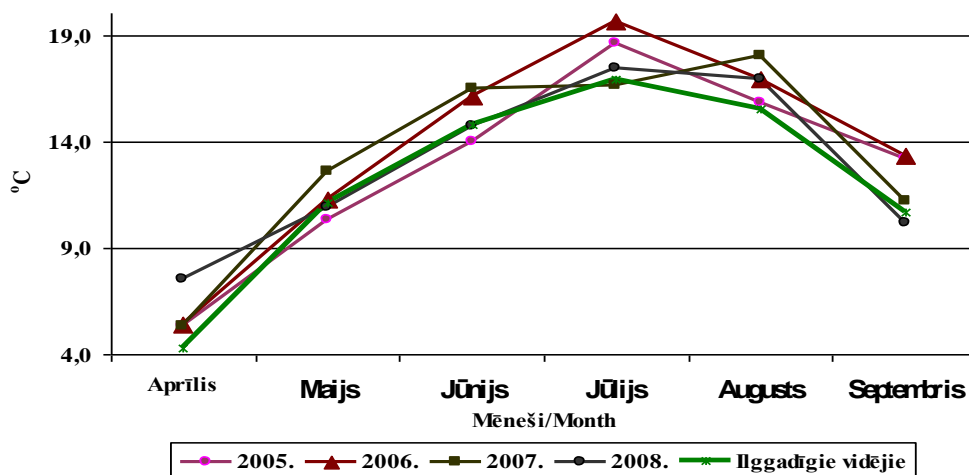
<i>Variants</i>	<i>Ziemas kvieši</i>	<i>Ziemas rudzi</i>	<i>Ziemas tritikāles</i>
1.	N 60	N 30	N 60
2.	N 60+ N 30	N 60	N 90
3.	N 90+ N 30	N 90	N 120
4.	N 90+ N 60	N 60 + N 30	N 90 + N 30
5.	N 90+N 60+ N 30	N 90 + N 30	N 90 + N 60
<b>Pētījuma gads</b>	2005., 2007., 2008.	2005., 2006., 2007.	2005., 2007., 2008.

AS „Rēzeknes dzirnavnieks” laboratorijā ar iekārtu *Infratec 1241* noteikta graudu kvalitāte (proteīns, ciete). Datu matemātiskai apstrādei izmantota trīsfaktoru dispersijas analīze ANOVA [7; 8], kur faktors A – izmēģinājuma gadi, B – šķirnes, C – slāpekļa mēslojuma varianti [7]. Kopējo starpību analīzē lietota mazākā būtiskā robežstarpība (RS 0,05), faktoru īpatsvars ( $\eta^2$ ) un Fišera kritērijs (F) [7; 9]. Tika veikta arī korelācijas (korelācijas koeficients r) un regresijas (determinācijas koeficients R<sup>2</sup>, regresijas koeficients b<sub>xy</sub>) analīze starp

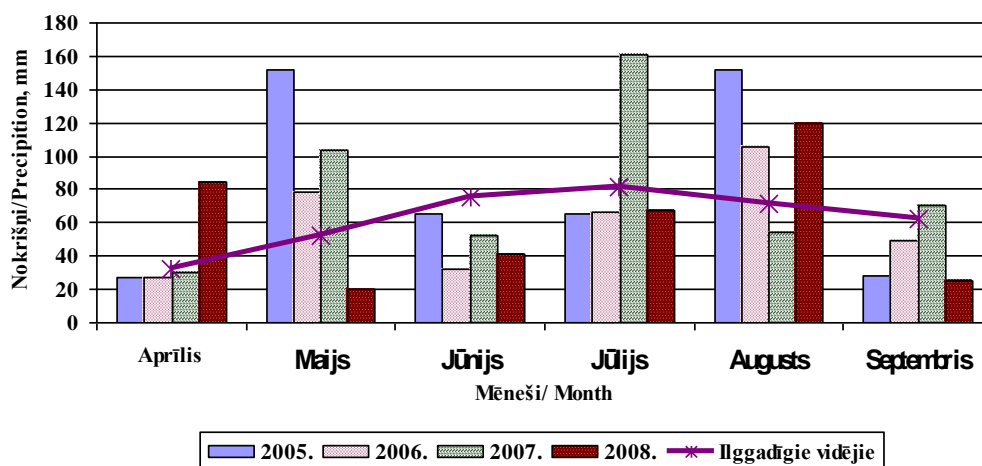
proteīna un cietes saturu (%) [7; 10]. Graudu raža noteikta, pārrēķinot uz standartmitrumu 14% [7; 10].

Lai novērtētu ziemāju izmantošanas iespējas etanola ražošanai, tika aprēķināta iespējamā etanola ieguve pēc formulām:  $S \times K : 100 = CI$ ;  $CI \times 180$  (koef.) :  $162 = CU$ ;  $CU \times 41,15 : 100 = E$ , kur  $S$  – graudu raža (pārrēķināta uz 12% mitrumu,  $t\ ha^{-1}$ ),  $K$  – ciete, %,  $CI$  cietes raža,  $t\ ha^{-1}$ ,  $CU$  – cukuri,  $t\ ha^{-1}$ ,  $E$  – etanols,  $t\ ha^{-1}$  [7].

Latgales lauksaimniecības zinātnes centrā ir uzstādīta *Adcon* meteostacija, kas savienota ar datorprogrammu „Dacom Plant Plus”. Iekārtas sniedz informāciju par agrometeoroloģiskajiem apstākļiem tiešā izmēģinājuma tuvumā. Agrometeoroloģisko apstākļu raksturojums parādīts 1. un 2.attēlā.



1.att. Gaisa temperatūra ziemāju veģetācijas periodā 2005.-2008.g.



2.att. Nokrišņu daudzums ziemāju veģetācijas periodā 2005.-2008.g.

**2005.gads.** Sausais un vēsais laiks aprīļa 3.dekādē aizkavēja augu veģetāciju. Jūnijā meteoroloģiskie apstākļi bija labvēlīgi ziemāju augšanai un attīstībai. Arī jūlijā laika apstākļi sekmēja normālu ziemāju nogatavošanos. Ziemas rudzi inficējās ar melno graudu sporām, kā rezultātā vārpās attīstījās melnie graudi. Pārmērīgais mitruma daudzums graudu nogatavošanās beigu periodā negatīvi ietekmēja graudu kvalitāti.

**2005./2006.gada** ziemošanas periodā ziemāji pārziemoja 0-90%. Maijā palielinātais nokrišņu daudzums labvēlīgi ietekmēja augu augšanu un attīstību. Jūnijā augsnē vērojams mitruma deficīts. Jūlijā bija izteikts mitruma deficīts, un augi nespēja uzņemt barības vielas un

papildus vēl izjuta karstuma radīto stresu. Mitruma deficīta rezultātā augu apakšējas lapas (trešdaļa no apakšas) pilnīgi nodzeltēja.

**2007.gads.** Maijā palielinātais nokrišņu daudzums labvēlīgi ietekmēja augu attīstību un augšanu. Jūnijā nokrišņu daudzums bija 69% no normas. Augsnē vērojams mitruma deficīts. Jūlijā nokrišņu daudzums divas reizes pārsniedza normu. Ziemāju izmēģinājumos bija vērojama veldre. Pirms ražas novākšanas graudi sāka dīgt vārpās, tāpēc iegūti graudi ar zemu krišanas skaitli un zemu proteīna saturu.

**2008.gads.** Aprīlī laika apstākļi labvēlīgi ietekmēja ziemāju veģētāciju. Jūnijā vidējā gaisa temperatūra bija tuvu normai. Nokrišņu daudzums puse no normas. Augsnē vērojams mitruma deficīts, ko palielināja arī visu periodu pavadošie spēcīgie vēji. Ziemājiem stiebra apakšējās lapas sāka dzeltēt. Jūlijā vidējā diennakts temperatūra atbilda vidējiem ilggadīgajiem rādītājiem. Nokrišņu daudzums 1. un 3.dekādē bija 40% no normas, bet otrajā – 173%. Nokrišņi augusta sākumā būtiski neietekmēja ražas lielumu un kvalitāti.

### Rezultāti un to izvērtējums

Lai nodrošinātu augstu etanola ieguvu no ziemāju graudaugiem, viens no galvenajiem nosacījumiem ir pietiekami augstas ražas iegūšana un cietes satura paaugstināšana ar optimālu mēslojuma devu. Dažādie laika apstākļi – gadi (faktors A), šķirnes (faktors B), slāpekļa mēslojuma devas (faktors C) un šo faktoru mijiedarbība AxB, AxC, BxC, AxBxC ar 95% varbūtību  $t_{krit} > t_{0,05}$  – būtiski ietekmējuši graudaugu ražu un cietes saturu. Ziemas kviešiem [11] graudu raža bija robežās 8,48-10,78 t ha<sup>-1</sup> (RS<sub>0,05A</sub>=0,03), ziemas rudziem – 5,35-7,73 t ha<sup>-1</sup> (RS<sub>0,05A</sub>=0,02), ziemas tritikālei – 7,41-9,46 t ha<sup>-1</sup> (RS<sub>0,05A</sub>=0,03).

Cietes saturs ziemas kviešiem svārstījās 11,8% (RS<sub>0,05A</sub>=0,07), ziemas rudziem – 1,16% (RS<sub>0,05A</sub>=0,11), ziemas tritikālei – 3,62% (RS<sub>0,05A</sub>=0,11) robežās.

Salīdzinot ietekmes faktoru sadalījumu visām trim sugām, konstatēts, ka ražai visaugstākā ir gada (faktors A), tad šķirnes (B) un mēslošanas normu (C) ietekme: ziemas kviešiem –  $\eta^2_A=59,4\%$ ,  $\eta^2_B=7,0\%$ ,  $\eta^2_{AB}=5,7\%$ ; ziemas rudziem [7] –  $\eta^2_A=65,0\%$ ,  $\eta^2_C=14,7\%$ ,  $\eta^2_{AB}=15,0\%$ ; ziemas tritikālei –  $\eta^2_A=38,6\%$ ,  $\eta^2_B=36,7\%$ ,  $\eta^2_{AB}=18,6\%$ . Ietekmes faktoru sadalījums cietei: ziemas kviešiem –  $\eta^2_A=96,9\%$ , ziemas rudziem –  $\eta^2_A=42,0\%$ ,  $\eta^2_B=4,2\%$ ,  $\eta^2_{AB}=16,4\%$ ,  $\eta^2_{AC}=2,5\%$ ,  $\eta^2_{BC}=4,3\%$ ,  $\eta^2_{ABC}=8,7\%$ ,  $\eta^2_{nepētītie\ fakt.}=15,7\%$ , ziemas tritikālei –  $\eta^2_A=88,0\%$ ,  $\eta^2_{BC}=2,1\%$ ,  $\eta^2_{ABC}=3,6\%$ . Kopumā jāsecina, ka gada ietekmes faktors ir visaugstākais, jo lauka apstākļos nav iespējami divi vienādi gadi [12]. Faktora C ietekme ir parādīta 3., 4., 5.tabulā.

Vislielākais cietes saturs 64,83% kviešiem bija mēslojumā variantā N60 kg ha<sup>-1</sup> (3.tabula) un etanola iznākums uz vienu tonnu graudu kviešiem mēslojuma variantā – N60 un N 60+30 kg ha<sup>-1</sup> (289,16 kg un 288,32 kg).

3.tabula

Mēslošanas normu efektivitāte ziemas kviešiem

Mēslojuma normas, kg ha <sup>-1</sup>	Ciete, %	Raža, t ha <sup>-1</sup>	Etanola ieguve, t ha <sup>-1</sup>	Etanola ieguve no 1 t graudu, kg
N60	64,83	8,54	2,47	289,16
N60+N30	64,62	9,12	2,63	288,32
N90+N30	64,48	9,51	2,73	287,04
N90+N60	64,18	10,00	2,86	285,98
N90+N60+N30	63,70	10,32	2,93	283,80
	RS <sub>0,05C</sub> =0,09 LSD <sub>0,05C</sub> =0,09 $\eta^2_C=0,6\%$	RS <sub>0,05C</sub> =0,03 LSD <sub>0,05C</sub> =0,03 $\eta^2_C=25,7\%$		

Latvijā audzētos rudzu graudus izmanto galvenokārt etanola ieguvei un maizes cepšanai. Viens no svarīgākajiem rādītājiem, izvērtējot rudzu šķirņu piemērotību etanola ražošanai, ir cietes saturs graudos [7].

Lielākais cietes saturs rudziem 61,43% ir mēslošanas variantā N60 kg ha<sup>-1</sup> (4.tabula), kas nesakrīt ar citu rezultātiem [7], kur kā labākais cietes un etanola ieguves variants tiek norādīts N90+Fungicīdi.

Analizējot etanola ieguvi atkarībā no mēslošanas varianta rudziem (4.tabula), konstatējām, ka vislielākais iznākums 1,95 t ha<sup>-1</sup> ir variantā N90+30 kg ha<sup>-1</sup>, bet, pārrēķinot etanola iznākumu uz vienu tonnu graudu, labākais mēslošanas variants ir N60 kg ha<sup>-1</sup>.

4.tabula

**Mēslošanas normu efektivitāte ziemas rudziem**

<i>Mēslojuma normas, kg ha<sup>-1</sup></i>	<i>Ciete, %</i>	<i>Raža, t ha<sup>-1</sup></i>	<i>Etanola ieguve, t ha<sup>-1</sup></i>	<i>Etanola ieguve no 1 t graudu, kg</i>
N30	61,29	5,86	1,60	273,86
N60	61,43	6,13	1,68	274,49
N90	61,10	6,48	1,77	273,01
N60+30	61,16	6,77	1,85	273,28
N90+30	61,02	7,17	1,95	272,66
	RS <sub>0,05C</sub> =0,14 LSD <sub>0,05C</sub> =0,14 η <sup>2</sup> <sub>C</sub> =3,9%	RS <sub>0,05C</sub> =0,03 LSD <sub>0,05C</sub> =0,03 η <sup>2</sup> <sub>C</sub> =14,7%		

Vislielākais cietes daudzums 68,58% tritikālei (5.tabula) ir mēslošanas variantā N60 kg ha<sup>-1</sup>, bet etanola iznākums uz vienu tonnu graudu – N90 kg ha<sup>-1</sup> (306,13 kg).

5. tabula

**Mēslošanas normu efektivitāte ziemas tritikālei**

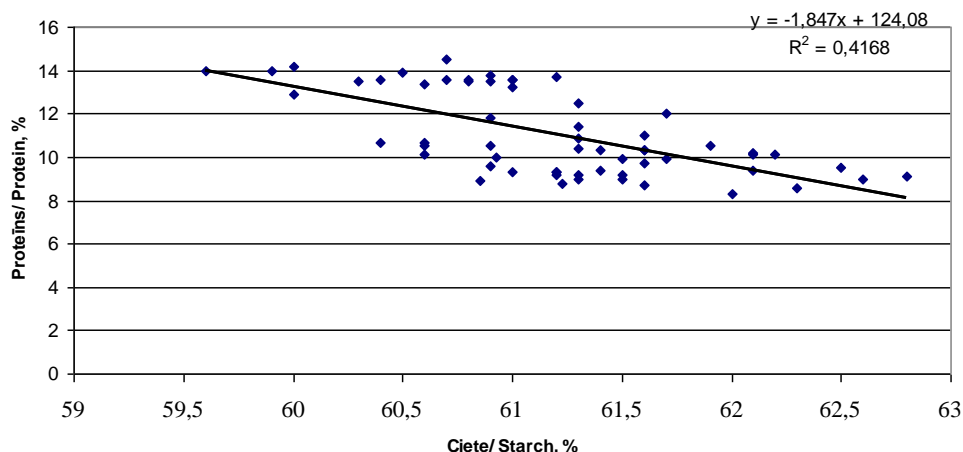
<i>Mēslojuma normas, kg ha<sup>-1</sup></i>	<i>Ciete, %</i>	<i>Raža, t ha<sup>-1</sup></i>	<i>Etanola ieguve, t ha<sup>-1</sup></i>	<i>Etanola ieguve no 1 t graudu, kg</i>
N60	68,58	8,11	2,48	305,67
N90	68,55	8,40	2,57	306,13
N120	68,03	8,65	2,63	303,96
N90+N30	68,13	8,72	2,65	304,07
N90+N60	68,10	9,11	2,77	304,12
	RS <sub>0,05C</sub> =0,14 LSD <sub>0,05C</sub> =0,14 η <sup>2</sup> <sub>C</sub> =1,8%	RS <sub>0,05C</sub> =0,03 LSD <sub>0,05C</sub> =0,03 η <sup>2</sup> <sub>C</sub> =5,5%		

Salīdzinot ziemas tritikāli, kviešus un rudzus, redzams, ka vislielākais spirta iznākums no vienas tonnas graudu ir tritikālei, ko arī varētu ieteikt audzēt etanola ieguvei, jo tā ir arī mazāk prasīga augsnes ziņā, aug gandrīz visās augsnēs. Tai ir paaugstināta sala izturība (lielāka nekā kviešiem). Tritikāle ir izturīga pret daudzām slimībām [3].

Pētījuma rezultātā ziemājiem konstatēta negatīva sakarība starp proteīnu un cieti:

- ziemas kviešiem  $r = -0,47$ , ko attēlo sakarību vienādojums  $y = -0,09x + 18,29$ ;  $R^2=0,22$ ;
- ziemas rudziem  $r = -0,64$ , ko attēlo sakarību vienādojums  $y = -1,85x + 124,08$ ;  $R^2=0,42$  (3.attēls);
- ziemas tritikālei  $r = -0,45$ , ko attēlo sakarību vienādojums  $y = -0,27x + 30,18$ ;  $R^2=0,20$ .





3.att. Korelācija ziemas rudziem starp proteīnu un cieti

Cietes daudzumam palielinoties par 1%, proteīns samazināsies kviešiem par 0,09%, rudziem – par 1,85%, tritikālei – par 0,27%. Lineārā korelācija starp proteīnu un cieti ziemas kviešiem [10] un tritikālei ir vāja  $|r| < 0,5$ , bet rudziem – vidēji cieša  $0,5 \leq |r| \leq 0,8$ . Bioetanolā ražošanai ieteicams izmantot labas kvalitātes graudus ar augstu cietes saturu un zemu proteīna saturu.

### Secinājumi

Dažādu gadu meteoroloģiskie apstākļi, šķirnes, mēslojuma normas un šo faktoru mijiedarbība ar 95% varbūtību būtiski ietekmējuši ziemāju graudaugu ražu un cietes saturu graudos.

Rudziem vislielākais etanola iznākums  $1,96 \text{ t ha}^{-1}$  bija mēslojuma variantā  $\text{N90} + 30 \text{ kg ha}^{-1}$ , bet, pārrēķinot etanola iznākumu uz vienu tonnu graudu, labāka bija mēslojuma norma  $\text{N60 kg ha}^{-1}$ .

Vislielākais cietes saturs  $68,58\%$  tritikālei un  $64,83\%$  kviešiem bija mēslojuma variantā  $\text{N60 kg ha}^{-1}$ , bet etanola iznākums uz vienu tonnu graudu tritikālei mēslojuma variantā  $\text{N90 kg ha}^{-1}$  ( $306,13 \text{ kg}$ ), kviešiem –  $\text{N60}$  un  $\text{N60} + 30 \text{ kg ha}^{-1}$  (attiecīgi  $289,16 \text{ kg}$  un  $288,32 \text{ kg}$ ).

### Pateicības

Nodibinājumam *Vītola fonds* un LAB- AN par piešķirto stipendiju.

### Summary

All industries of national economy use energy currently. Use of energy extends yearly. COM 2003/30/EC: *Directive on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport* tells that proportion of biofuels in 2010 must be 5.75% but in 2020 – 10%. For getting bioethanol it must grow crops what contain starch or sugar. Bioethanol is used for mixing up with petrol and is named latol in Latvia. Biofuels (biodiesel and bioethanol) is regarded as alternative fuel of petroleum product fuels. It must develop bioethanol production - a new using form of cereals in Latvia.

Tests of winter wheat (*Triticum* L.), rye (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticosecale* Wittmack.) were organized on the fields of the Agritural Science Centre of Latgale. Field tests were performed in years 2005-2008. The field tests design was random blocks repeated for 4 times. The total area for a block was  $20 \text{ m}^2$ . The soil type was sod-podzolic sandy loam. The content of organic substances in the soil was 2.7%, pH 6.7, phosphorus –  $155 \text{ mg kg}^{-1}$  soil,  $\text{K}_2\text{O}$  –  $92 \text{ mg kg}^{-1}$  soil. The pre-plant was bare fallow. The assessment of ground is 29-32 points. The variants of research, varieties and years are showed in Table1 and Table 2. The data processing methods are ANOVA (factor A – year, factor B – variety, factor C – fertilizer

rates), correlation (protein, starch) and regression (protein, starch). The yield of grain is determined by 14% humidity and there is calculated proportion of factor ( $\eta^2$ ) and determination coefficient ( $R^2$ ) and correlation ratio ( $r$ ). Starch and protein in grain are determined by *Infratec 1241* in stock company "Rēzeknes Dzirnavnīeks". The result of bioethanol was calculated by formula [7]. Meteorological conditions were different from 2005 to 2008. 0-90% of cereals wintered in 2006. (Figure 1 and Figure 2).

The results are in Table 3, Table 4, Table 5. The year (A), the varieties (B), the fertilizer rates (C) and the interaction of factors AxB, AxC, BxC, AxBxC vitally influenced the yield of grain and starch with 95% possibility. The highest amount of starch 64.83% (for wheat) is at nitrogen's fertilizer rate N60 (Table 3). The outcome of ethanol from 1t of rye grains – N60 and N60+30 (289.16 kg and 288.32 kg). The highest outcome of starch and ethanol for rye also is at the fertilizer rate N60 (Table 4). The highest amount of starch for triticale 68.58% is in the technological variant N60 but the outcome of ethanol from 1t grains is N90 (Table 5). Triticale has got the highest outcome of ethanol from 1t of grains. Triticale is the most suitable for bioethanol production. Triticale has low needs for soil. It is strong against many diseases. Triticale is stronger against frost than wheat [3]. Negative connection between protein and starches (Figure 3) is stated for rye, wheat and triticale. The highest influence on yield is the year's (Factor A) then the varieties' (B) and fertilizer's variants (C). It is recommended to use good quality grains with high starch and low protein content for bioethanol production.

#### Literatūra

1. Šķēle A., Dubrovskis V., Upītis A., Kārklīšs A., Kristapsons M., Ziedonis I. Biofuel for nature protection. Proc. of the 3<sup>rd</sup> International Conference „Environment. Technology. Resources”. Rēzekne, Latvia, June 19-21, 2001. Rēzeknes Augstskolas izdevniecība, 2001. p. 186-190.
2. Gulbis V., Šmigins R. Production of biological fuels: a new prospective economic branch in Latvia Opportunities and problems of economic development, International conference March 24, 2006. Rēzekne, 2006. p. 397-404.
3. Adamovičs A., Agapovs J. u.c. Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana. Valsts SIA „Vides projekti”, 2007. 190 lpp.
4. Biodegvielas izmantošanas iespējas Latvijā. Project „Bio Nett-Developing local supply chain networks, linking bio-fuel producers with public sector users”. Nr. EIE/05/190/SI2.420028. Rīga, 2007. 96 lpp.
5. Kivliņš A. Potencial development of bioethanol in Latvia based on world experience. Latvijas Universitātes raksti. Ekonomika un vadības zinātne, Rīga, 2004. 184.-193.lpp.
6. Bhattacharyya B.C., Banerjee R. Environmental Biotechnology. Oxford University Press, 2007. p. 338.
7. Maļeckā S., Strazdiņa V. Productivity and grain yield quality of rye varieties. Proceedings in Agronomy, Jelgava, 2004. p. 40-46.
8. Belicka I., Bleidere M. Comparative evaluation of the yield and qualitative traits of hullless and hulled barley. Latvian Journal of Agronomy, Jelgava, 2005. p. 91-93.
9. Ruzgas V., Plycevaitiene V. Activity of  $\alpha$ -amylase in rye grain and its relationship with other traits. Latvian Journal of Agronomy, Jelgava, 2005. p. 162-165.
10. Linina A., Ruza. Variety - by - environment interactions for winter wheat quality traits. Latvian Journal of Agronomy, Jelgava, 2005. p. 122-126.
11. Gaile Z., Kopmanis J. Investigations on performance and quality of winter wheat grain yield using different kinds and rates of nitrogen top-dressing (1999-2001). Proceedings in Agronomy, Jelgava, 2002. p. 74-78.
12. Kroģere R., Pelēce I. Productivity of crop rotation in long-term field trial related to meteorological conditions. Proceedings in Agronomy, Jelgava, 2004. p. 87-93.

**PĀKŠAUGU UN LABĪBU MISTRU AGROFITOCENOZES  
IZVEIDOŠANA BIOĻĪSKĀS LAUKSAIMNIECĪBAS APSTĀKĻOS**  
*EFFICIENCY OF CULTIVATION OF CEREAL - PAPILIONACEOUS  
MIXTURES IN ORGANIC FARMING CONDITIONS*

**Ludmila Agafonova, Aldis Jansons, Sarmīte Rancāne**

LLU Zemkopības zinātniskais institūts

Zemkopības institūts 7, Skrīveru pag., Latvija, LV 5125

Tālrunis: +371 5197529, e-pasts: ljucerna@inbox.lv

---

**Abstract.** *Cultivation of cereal-papilionaceous grass crop mixtures allows for more substantial use of soil fertility and higher harvests than in case of homogeneous sowings. In mixed sowings, legume crops do not lodge; photosynthesis and nitrogenous fixation conditions are better; losses of harvest are lower. Our research is directed to examination of interrelations between peas, spring wheat and spring barley, as well as to high harvests, balanced in proteins and amino acids. Experiments were conducted in 2007-2008 in Skrīveri, Latvia at the Research Institute of Agriculture. In the issue of studies established that not only has legume component increased cereals capacity, it has also improved its quality. Thus, conducted field experiments showed high efficiency of use of mixed cereal- legume mixtures, which becomes apparent in higher levels of farming productivity. The best indices in organic field conditions had mixtures of peas (20%), spring barley (40%) and spring wheat (40%), where noted high harvest and high content of protein, balanced in amino acids. Therefore, in planning cereal- legume agrophytocenosis, one should use three components: peas, spring barley and spring wheat.*

**Keywords:** *amino acid, cereal- legume mixtures, organic farming.*

---

### **Ievads**

Latvijā bioloģiskajās saimniecībās izaudzētā graudaugu produkcija pārsvarā tiek izmantota kā spēkbarība tīrā veidā. Šāda barība nav sabalansēta gan proteīna, gan aminoskābju satura ziņā. Rezultātā rodas nepieciešamība dzīvnieku barībai pievienot pirktais proteīnu piedevas, kas veicina lopbarības sadārdzināšanos. Lopbarības kvalitāti var uzlabot, audzējot labību mīstus ar pākšaugu komponentiem.

Pākšaugu un labību mīstus ļauj pilnīgāk izmantot zemes auglību (dažādu augu sakņu sistēmas attīstās dažādos augsnes līmeņos), saules enerģiju (virszemes zaļā masa ir izvietota dažādos līmeņos), kā arī uzlabo augu apgādi ar slāpekli, jo mīstrā esošie pākšaugi ar gumiņbaktēriju palīdzību saista augsnē atmosfēras slāpekli.

Mīstus komponentiem jābūt ar vienādu augšanas laiku, un tie jābūt maisījumā tādās attiecībās, lai sējums stipri nesaveldrētos. Lai noskaidrotu zirņu un graudaugu maisījumu optimālās attiecības un zirņu ietekmi uz proteīna līmeni ražā, tika ierīkoti lauka izmēģinājumi ar jaunākajām šķirnēm [1].

Lopbarības ražošanai var izmantot kā divkomponentu maisījumus - zirņus ar miežiem vai zirņus ar kviešiem, tā trīskomponentu maisījumus, kuros tiek iekļauti gan mieži, gan kvieši, gan arī zirņi. Zirņu iekļaušana barībā nodrošina labāku dzīvnieku apgādi ar olbaltumvielām un uzlabo aminoskābju sastāvu lopbarībā [2; 3].

Kā zināms, mūsu klimatiskajos apstākļos zirņi stipri veldrējas. Šī iemesla dēļ nokrišņiem bagātos rudenos tīrsējā sētu zirņu novākšana ir apgrūtināta, rodas lieli ražas zudumi un pasliktinās to kvalitāte. Zirņiem labības noder kā balstaugi, tās uzlabo novākšanas apstākļus, samazina slimību un kaitēkļu radītos bojājumus [3]. Piemērotos augšanas apstākļos zirņu-graudaugu mīstus dod lielāku kopražu, nekā audzējot labību tīrsējā.

Pētījuma mērķis ir noskaidrot dažādu kultūraugu - zirņu, vasaras miežu un vasaras kviešu - attīstības īpatnības, audzējot tos maisījumos, noteikt to ražību un kvalitāti ar nolūku iegūt pēc iespējas sabalansētāku, proteīniem un aminoskābēm bagātu lopbarību.

### Materiāli un metodes

Lai veiktu pētījumus un noskaidrotu minētos uzdevumus, LLU aģentūrā ZZI Skrīveros 2007.-2008.gadā sertificētā bioloģiskā laukā tika iekārtoti lauka izmēģinājumi.

Augsne. Izmēģinājumi tika iekārtoti māslmiltis augsnē ar vāji skābu reakciju  $\text{pH}_{\text{KCL}} 5,7$ . Augsnē bija vidējs kustīgā fosfora un kālija nodrošinājums:  $\text{P}_2\text{O}_5 90 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $\text{K}_2\text{O} 125 \text{ mg kg}^{-1}$ , kas ir atbilstoši rādītāji zirņu, vasaras miežu un vasaras kviešu audzēšanas prasībām. Priekšaugi - viengadīgā aīrene.

Pētījumos izmantoja vasaras kviešu šķirni 'Vinjett', miežus 'Rasa' un zirņus 'Vitra' dažādos maisījumos: 1) zirņi 100% (Z); 2) vasaras mieži 50% + vasaras kvieši 50% (MK); 3) zirņi 20% + vasaras mieži 80 % (ZM); 4) zirņi 20% + vasaras kvieši 80 % (ZK); 5) zirņi 20% + vasaras mieži 40% + vasaras kvieši 40% (ZMK). Maisījumu attiecības sastādītas šādā optimālās izsējas normā tīrsējā (dīgstošu sēklu skaits uz  $1\text{m}^2$ ): zirņi - 120, mieži - 400, vasaras kvieši - 500.

Ražas novākšana tika veikta ar tiešo kombainēšanu, izmantojot kombainu „Sampo” ar sekojošu ķīmiskā sastāva noteikšanu. Aminoskābju sastāvs (izņemot triptofānu) paraugos tika noteikts, izmantojot hidrolīzes metodi (AOAS Official Method 985.28.) [5]. Triptofāns noteikts, izmantojot spektrofotometrisko metodi pēc parauga apstrādes oksidējošā maisījumā ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  un  $\text{HNO}_3$ ) [4].

### Rezultāti un to izvērtējums

Pēc meteoroloģiskiem apstākļiem 2007.-2008.gada veģetācijas periods atšķīrās no vidējiem ilggadīgiem rādītājiem. Abu gadu vasaras mēnešos bija palielināts nokrišņu daudzums. Lietainais laiks gan sējumu attīstību maz ietekmēja, bet aizkavēja graudu un zirņu nogatavošanos, tā bija diezgan nevienmērīga. Pākšaugu - labības mistros zirņi nogatavojās par 4-7 dienām ātrāk nekā zirņi tīrsējā.

Apkopojot divu gadu rezultātus, visaugstākā graudu raža tika ievākta variantā ZMK un variantā ZM, sastādot atbilstoši 3,60 un 3,25  $\text{t ha}^{-1}$  (attiecīgi 129% un 117%). Viszemākā raža bija pirmajā (Z) variantā, kur zirņus izsēja tīrsējā un izpaudās veldres negatīvā ietekme, šeit raža sastādīja 2,78  $\text{t ha}^{-1}$  (1.tabula). Ražas novākšanas laikā sējums tika vērtēts kā stipri saveldrējies - 3 balles (pēc 9 ballu skalas).

1.tabula

### Kultūraugu mistru ražas raksturojums

(vidējie 2007.- 2008.g.rādītāji)

Rādītāji	Varianti					
	Z (kontrolē)	MK	ZM	ZK	ZMK	RS <sub>0,05</sub>
Graudi						
Raža, $\text{tha}^{-1}$	2,53	2,95	3,25	3,13	3,60	0,31
t.sk. zirņi	2,53	-	1,46	1,42	1,31	
%, no kontrole	100	106	117	114	129	
Saturs sausnā,%:						
Kopproteīns	25,19	11,96	12,56	12,41	16,23	
Fosfors	0,51	0,56	0,58	0,53	0,57	
Kālijs	0,95	0,31	0,46	0,48	0,54	
Kalcijs	0,11	0,06	0,06	0,05	0,06	
Magnijs	0,12	0,14	0,16	0,15	0,16	
Salmi						
Raža, $\text{tha}^{-1}$	3,11	3,73	3,94	4,10	4,17	0,36
Saturs sausnā,%:						
Kopproteīns	8,13	2,63	5,62	5,37	6,12	
Fosfors	0,16	0,24	0,28	0,14	0,32	
Kālijs	0,78	1,1	1,19	0,8	0,98	

Graudu ražas ķīmiskais sastāvs ir dots 1.tabulā, kur visaugstākais kopproteīna (25,19%) un kālija (0,95%) līmenis ir konstatēts Z variantā (zirņi tīrsējā). Minētie rādītāji zemāki bija MK variantā, kur graudaugi sēti bez zirņu komponenta, šajos mistros kopproteīna saturs bija 11,56%, kālija - 0,31%. Mūsu izmēģinājumos konstatēts, ka zirņi uzlabo lopbarības kvalitāti, paaugstinot proteīna saturu ražā par 8-12%.

Kālijam un magnijam ir svarīga loma organisma sirds un asinsvadu sistēmas darbībā. Ja zaļbarība un skābbarība ir pārbagāti ar šiem elementiem (3% un vairāk), tad pākšaugu - labības mistros K un Mg daudzums ir sabalansēts. Lopbarībā ļoti svarīga ir kālija attiecība pret kalciju un magniju (Ca+Mg), kas nedrīkst pārsniegt 2,4 [3]. Mūsu izmēģinājumos šī attiecība pākšaugu - graudaugu mistros nepārsniedza pieļaujamo robežu, piemēram, variantā ZMK tā bija 1,86.

Kalcijs un fosfors lopbarībā kalpo ne tikai par minerālapmaiņas pamatelementiem, bet no tiem ir atkarīga arī proteīna, oglekļa un tauku apmaiņa. Fosfora saturs visos maisījumos bija līdzīgs, nedaudz augstāks tika novērots ZM variantā - 0,58%. Kalcija daudzums kultūraugu graudos bija robežās no 0,06 līdz 0,11%, augstākais rādītājs tika konstatēts zirņiem tīrsējā.

Kopumā varam secināt, ka, izmantojot pākšaugu labību mistrus, ir iespējams dzīvniekus nodrošināt ar sabalansētāku lopbarību - ņemot vērā ražību vasaras mieži kalpo kā lopbarības bagātinātājs ar fosforu, bet zirņi - ar proteīnu, kāliju un kalciju.

Pēdējos gados dažādos pētījumos noskaidrots, ka mājdzīvniekiem un mājputniem nepieciešams ne tikai sabalansēts kopējais proteīns, bet tā sastāvā jābūt arī atbilstošam aminoskābju daudzumam. Aminokābes kalpo kā saites proteīnu veidošanai, un to kārtību nosaka ģenētiskais kods [5].

Aminokābes, kas nesintezējas dzīvnieku organismā (neaizvietojamās), dzīvniekiem obligāti jāsaņem gatavā veidā ar barību. Noskaidrots, ka cūkām paredzētajā lopbarībā viena no limitējošām aminoskābēm ir lizīns, bet putnu barībā - metionīns. Lizīna trūkums barībā izraisa asinsrites traucējumus, hemoglobīna samazināšanos, kā arī muskuļu noplakšanu un kaulu noārdīšanos. Metionīns ir svarīgs organisma augšanas procesā un slāpekļa balansā. Triptofāns nepieciešams nervu šūnu darbības uzturēšanai un hemoglobīna veidošanai asinīs [6].

Kopumā ņemot, aminoskābju iedarbība uz organisma augšanu un attīstību ir ļoti sarežģīta. Kad barībā nav vai ir nepietiekamā daudzumā tās vai citas neaizvietojamās aminoskābes, organisms nespēj veiksmīgi attīstīties. Tāpēc ir ļoti svarīgi pētīt to daudzumu lopbarībai audzētajos mistros.

Izmēģinājumā augstākais neaizvietojamā aminoskābju saturs tika konstatēts zirņu tīrsējas (Z) variantā, kur tas bija  $7,77 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Zirņi satur nozīmīgu daļu aizvietojamā un neaizvietojamā aminoskābju un ar aminoskābes struktūru ievērojami atšķiras no graudaugiem. Zirņus izmanto kā lopbarībā, tā arī pārtikā. Izmēģinājumā vidējais kopproteīna saturs zirņiem bija 25,19%, kā sastāvā ietilpst arī neaizvietojamās aminoskābes: t.sk. lizīns ( $1,36 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), metionīns ( $0,20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), leicīns ( $1,34 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), triptofāns ( $0,21 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), valīns ( $0,52 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) un daļēji aizvietojamā aminoskābe tirozīns ( $0,48 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Zirņos ir pietiekams daudzums arginīna ( $1,74 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) un histidīna ( $0,40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) - šīs aminoskābes organisms var izmantot metionīna un fenilalanīna vietā. Tāpēc, pateicoties savam sabalansētajam sastāvam, zirņu proteīns var aizvietot cilvēka ēdienkartē dzīvnieku izcelsmes proteīnu. Un arī lopbarībai ar zirņiem ir daudz lielāka vērtība nekā bez tiem. Jau 20% zirņu piejaukums lopbarībai salīdzinājumā ar variantu bez zirņiem paaugstināja neaizvietojamā aminoskābju saturu maisījumā ar miežiem no 3,23 līdz  $6,00 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (2.tabula).

Ņemot vērā to, ka miežos ir lielāks aminoskābju saturs nekā citās graudaugu kultūrās, zirņi un mieži ir lielisks papildinājums viens otram. Tā lopbarība variantā ar 80% miežu un 20% zirņu saturēja savstarpēji sabalansētu, augstu aminoskābju saturu. Variantos ZM un ZMK kopējais

aminoskābju saturs bija attiecīgi 13,71 un 11,73 g 100g<sup>-1</sup>, t.sk. lizīns sastādīja atbilstoši 0,96 un 0,66 g 100g<sup>-1</sup>.

2.tabula

**Aizvietoājamo un neaizvietoājamo aminoskābju daudzums kultūraugu mistros, g 100g<sup>-1</sup>**  
(vidējie 2007.-2008.g. dati)

Aminoskābes	Varianti				
	Z (kontrolē)	MK	ZM	ZK	ZMK
Lizīns	1,36	0,36	0,96	0,54	0,66
Metionīns	0,20	0,18	0,17	0,16	0,20
Triptofāns	0,21	0,17	0,15	0,18	0,19
Fenilalanīns	0,90	0,46	0,74	0,60	0,64
Leicīns	1,34	0,64	1,08	0,80	0,84
Izoleicīns	0,46	0,22	0,46	0,28	0,30
Treonīns	0,64	0,31	0,58	0,40	0,40
Valīns	0,52	0,28	0,52	0,32	0,38
Histidīns	0,40	0,17	0,28	0,22	0,22
Arginīns	1,74	0,46	1,04	0,64	0,70
Asparginiskābe	1,98	0,66	1,69	1,24	1,74
Glutamīnskābe	3,17	2,99	2,97	3,14	3,00
Prolīns	0,76	0,88	0,91	0,84	0,80
Glicīns	0,40	0,25	0,33	0,26	0,28
Alanīns	0,72	0,30	0,56	0,40	0,44
Tirozīns	0,48	0,32	0,45	0,38	0,38
Serīns	0,90	0,44	0,80	0,56	0,56
Kopā	16,18	9,07	13,71	10,97	11,73
t.sk. neaizvietojamās	7,77	3,23	6,00	4,15	4,53

Variantos ar kviešiem aminoskābju kopējais saturs bija mazāks, tomēr triptofāna saturs bija augstāks nekā variantos ar miežiem. Triptofāna saturs ZM variantā bija 0,15 g 100g<sup>-1</sup>, bet ZK variantā - 0,19 g 100g<sup>-1</sup>. Vismazākais aminoskābju saturs tika novērots variantos bez zirņu komponenta, kur tas bija 9,07 g 100g<sup>-1</sup>, t.sk. neaizvietojamās aminoskābes - 3,23 g 100g<sup>-1</sup>. Aizvietojamās aminoskābes sintezējas dzīvnieku organismā, bet to saturs lopbarībā uzlabo tās barības vērtību. Mūsu izmēģinājumā kopsummā visaugstākais neaizvietoājamo un aizvietoājamo aminoskābju daudzums bija zirņu tīrsējas (Z) variantā - 16,18 g 100g<sup>-1</sup>. Ievērojami zemāks aminoskābju saturs bija graudaugu maisījumā bez zirņu klātbūtnes: MK - tikai 9,07 g 100g<sup>-1</sup>. Atkarībā no atšķirīgo komponentu sastāva mistros pārējos variantos aminoskābju saturs bija robežās 10,97-13,71 g 100g<sup>-1</sup>. Zirņu klātbūtne mistru ražā ievērojami paaugstina neaizvietoājamo aminoskābju saturu par 47-80%.

Lauksaimniecībā salmus bieži izmanto kā lopbarību, tāpēc arī salmu ķīmiskais sastāvs ir ļoti svarīgs. Mūsu pētījumos kopproteīna saturs salmos tīras labības sējumos bija 2,63 %, maisījumos ar zirņu komponentu - 5,37-6,12 %, bet tīros zirņu sējumos 8,13 %. Kālija un fosfora saturs ZMK variantā bija augsts un sastādīja atbilstoši 0,98% un 0,32%. Tāpēc, plānojot graudaugu - pākšaugu maisījumu agrofītocezozi, lietderīgāk izmantot trīs komponentus: vasaras kviešus, vasaras miežus un zirņus. Kā piemēru varētu izmantot mūsu izmēģinājuma variantu ZMK: zirņi - 20%, vasaras mieži - 40%, vasaras kvieši - 40%.

### Secinājumi

Piemērotos augšanas apstākļos zirņu - labību mistri dod lielāku graudu kopražu, nekā audzējot kultūraugus tīrsējā. Izmēģinājumā visaugstākā graudu kopražā - 3,67 t ha<sup>-1</sup> - iegūta no trīskomponentu mistra ZMK (zirņi + vasaras mieži + vasaras kvieši).

Mistros zirņi uzlabo lopbarības kvalitāti, paaugstinot proteīna saturu ražā par 8-12%.

Zirņu klātbūtne mistru ražā ievērojami (par 47-80%) paaugstina neaizvietoājamo aminoskābju saturu.

Projektējot agrofitocenozi, svarīgi ņemt vērā, ka labību komponents pākšaugu - graudaugu mistros uzlabo sējumu noturību pret veldrēšanos, savukārt tauriņziežu klātbūtne paaugstina kultūraugu apgādi ar slāpekli.

Izmēģinājumi apliecina, ka optimālākais augstu ražu un kvalitatīvas lopbarības ieguvei ir trīskomponentu pākšaugu - graudaugu mistrs ar šādām komponentu attiecībām: zirņi - 20%, vasaras mieži - 40% un vasaras kvieši - 40%.

### Summary

After combining results of two years, the highest crop yield was harvested in PBW and PB versions- 3.60 and 3.25 t ha<sup>-1</sup> respectively. The lowest yield (2.78 t ha<sup>-1</sup>) was in the first (P) version, where peas were sown by pure sowing (Table 1).

Chemical composition of grain crop is shown in Table 1, where the highest level of total proteins (25.19%) and potassium (0.95%) is detected in version P. The mentioned factors were lower in BW version (total proteins- 11.56%, potassium – 0.31%). We detected in our tests that peas improve quality of feed by increasing amount of proteins in crop yield by 8-12%.

K and Mg have important role in operation of body's heart and vascular system. K proportion to calcium and magnesium (Ca+Mg) is very important in feed, and cannot exceed 2.4. [6]. In our tests this proportion in cereal-papilionaceous mixtures did not exceed permissible level, e.g., in PBW version it was 1.86.

Calcium and phosphorus in feed not only serve as main elements of mineral exchange, but protein, carbon and fat exchange is also dependent on them. Amount of phosphorus in all mixtures was similar, slightly higher was observed in PB version – 0.58%. Amount of calcium in cultivated plant grains was within the limits of 0.06 to 0.11%, the highest factor was detected for peas in pure sowing.

The highest composition of non-replaceable amino acids in test was detected in version of pure sowing of peas (P), where it was 7.77g per 100g. Peas contain significant part of replaceable and non-replaceable amino acids, and are significantly different from cereals by structure of amino acid. Thus, thanks to its balanced composition, pea protein can replace protein of animal origin in people menu. Even 20% admixture of peas in feed, compared to version without peas, increased amount of non-replaceable amino acids in mixture with barley from 3.23 to 6.00g per 100g (Table 2).

Barley has more amino acids than other cereal cultures. Thus, version with 80% barley and 20% peas contained mutually balanced high amount of amino acids. Versions with wheat had lower total amount of amino acids, but amount of tryptophane was higher than in versions with barley. The highest amount of non-replaceable and replaceable amino acids in our test generally was in version P – 16.18g per 100g. Significantly lower amount of amino acids was in mixture of cereals without presence of peas. Presence of peas in mixtures crop yield significantly increases amount of non-replaceable amino acids by 47-80%.

Amount of total proteins in straw in BW sowing was 2.63%, in mixtures with pea component – 5.37-6.12%, and in peas in pure sowing – 8.13%.

In projecting agrophytocenosis, it is important to take into account the fact that crop component in cereal-papilionaceous mixtures improve resistance of sowing against lodging, in turn, presence of papilionaceous plants improves nitrogen supply to cultivated plants.

Tests confirm that optimal for high crop yields and quality feed is three-component cereal-papilionaceous mixture with the following component proportions: 20% peas, 40% spring barley and 40% spring wheat.

### Literatūra

1. Bonāts I., Sīviņš O. Agrotehnika un graudu kvalitāte. Rīga, 1980. 69 lpp.
2. Bonāts I., Sīviņš O. Graudu kvalitātes uzlabošanas problēmas. Rīga, 1978. 105 lpp.
3. Prokhorov V., Rasolenko S. Farming of mixed cereal-legume agrophytocenoses on the basis of the optimization of spatial distribution of the components in an agrophytocenosis. Manufacturing of the crop production: reserves of the reduction of cost and rise of quality. Minsk, 2008. 61- 64.p.
4. Roth H., Shuster P. The estimation of triptofan in foods. Angew. Chemie, N<sup>o</sup> 7, 193. 143 p.
5. Sparkman D.N., Stain W.N. Anal.Chem., 30, 1958. 181 p.
6. Аминокислотное питание сельскохозяйственных животных на современном уровне. Руб трейд., 2007. <http://www.rubtrade.ru>



# DAŽĀDU BARĪBAS LĪDZEKĻU PĒCIETEKME UZ KAZU PIENA PRODUKTIVITĀTI BIOĻĪSKAJĀ LAUKSAIMNIECĪBĀ *POSTIMPACT OF DIFFERENT FEEDSTUFFS ON GOAT MILK PRODUCTIVITY IN ORGANIC FARMING*

Jāzeps Sprūžs, Elita Šeļegovska

LLU LF Agrobiotehnoloģijas institūts

Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001; e-pasts: elita.selegovska@llu.lv

---

**Abstract.** *Goats fed on high-quality and valuable forage provides the production of high quality milk and dairy products. In organic farming improper and poor feeding during lactation period reduce milk yield and quality of products. The goal of our research was to ascertain the post impact of different feedstuffs (oat meal, wheat bran, sunflower cake, rapeseed cake) on goat milk productivity and quality indices. The trial was carried out in farm "Bērzi", Talsi district in autumn period for 60 days totally; it is, after including of these feedstuffs in feed ration. Sunflower meal fed in summer period increased in autumn period the content of goat milk fat by 6.7%, as well as by 7.5% increased protein content and decreased sugar content in milk by 0.5% compare to control. Rapeseed meal fed in summer resulted in increased milk fat by 5.1 % and decreased protein and sugar content in goat milk by 2.1 % and 1.6 % respectively in autumn period compare to control. The essential post impact ( $p < 0.05$ ) on milk protein shown wheat bran which increased protein content in goat milk by 19.5% compare to control.*

**Keywords:** *Feedstuffs, goat milk, milk quality.*

---

## Ievads

Bioloģiskajā lauksaimniecībā sakarā ar dažādu barības līdzekļu izēdināšanas ierobežojumiem nākas saskarties ar tādām problēmām kā samazināta dzīvnieku produktivitāte un piena kvalitāte. Ir zināms, ka vislielākā ietekme uz kazu piena ražošanas kvantitāti un kvalitāti ir barības vielu nodrošinājumam [1]. Bioloģiskās lopkopības, tai skaitā kazkopības, produkcijas ieguvei tiek izmantoti tikai bioloģiski audzēti un ar bioloģiski audzētu barību ēdināti lauksaimniecības dzīvnieki, ēdināšanā izmantojot tikai atļautās lopbarības piedevas un barības konservantus [2]. Pēc LR MK noteikumiem un Eiropas Savienības direktīvas Nr. 2092/91 noteikts, ka zālēdājdzīvniekiem, tai skaitā kazām, līdz 2008.gadam bija atļauts iepirkt no konvencionāliem uzņēmumiem līdz 5% lopbarību un barības piedevas, rēķinot no gada barības devas saunas. Ēdināšana ir nozīmīgākais faktors, jo tai ir tieša ietekme gan uz kazas produktivitāti, gan veselību. Viena no galvenajām barības vielām kazu ēdināšanā ir kopproteīns un sagremojamais proteīns. Pieņem, ka vidēji kazai uz katru barības vienību būtu jābūt 85 līdz 100 g sagremojamā proteīna [4; 6], bet pēc ASV zinātnieku pētījumiem paredz apmēram 130 līdz 150 g sagremojamā proteīna, kur barības vielu vajadzību rēķina pēc nepieciešamības gan uzturēšanai, gan dzīvmasas pieaugumam, gan grūsnībai, gan piena ražošanai [3]. Ja proteīnbarību nav iespējams iegūt saimniecībā, ir atļauts iepirkt lopbarību no citiem bioloģiskās ražošanas uzņēmumiem vai noteiktā daudzumā konvencionālo barību [2]. Mūsu pētījuma mērķis bija noskaidrot, kā dažādas pilnvērtīgās barības intensīvajā laktācijas fāzē ietekmēja kazu produktivitāti un piena kvalitāti laktācijas noslēguma fāzē.

## Materiāli un metodes

Pētījumu veicām Talsu rajona zemnieku saimniecībā "Bērzi" rudens periodā no 1.oktobra līdz 30.novembrim, t.i., 60 dienas. Vasaras periodā intensīvās laktācijas laikā no 1.jūnija līdz 30.oktobrim 4 grupu kazas saņēma dažādas pilnvērtīgās barības: auzu miltus, kviešu klijas, saulgriežu raušus un rapša raušus (1.tabula), bet, sākot ar 1.oktobri, visu grupu kazas saņēma vienādu barību, kur kā pilnvērtīgā barība tika izmantoti griķu milti (2.tabula).

## Ēdināšanas shēma pirms izmēģinājuma uzsākšanas

Grupas	Dzīvnieku skaits grupā	Barības deva
1. kontroles	6	Ganību zāle – 6 kg, siens – 1 kg, auzu milti – 1 kg (PB)
2. izmēģinājuma	6	PB (ganību zāle + siens) + 0,7 kg auzu milti + 0,3 kg kviešu kliju granulas
3. izmēģinājuma	6	PB (ganību zāle + siens) + 0,8 kg auzu milti + 0,2 kg saulgriežu rauši
4. izmēģinājuma	6	PB (ganību zāle + siens) + 0,8 kg auzu milti + 0,2 kg rapša rauši

Sākot ar 1.oktobri, visu grupu kazas dienā saņēma 3 kg skābsiena, 0,5 kg siena, 1,0 kg lopbarības biešu un 0,1 kg griķu miltus (2.tab.).

## Kazu dienas barības deva izmēģinājuma periodā

Barības līdzekļi	Daudzums, kg	Barības vien.	Sagremojamais proteīns, g	Ca, g	P, g	Karotīns, mg
Skābsiens	3,0	1,05	108	9,5	5,3	60
Siens	0,5	0,25	24	3,3	2,2	20
Lopbarības bietes	1,0	0,12	8	0,2	0,3	-
Griķi	0,1	0,14	20	0,5	1,2	-
Kopā	x	1,56	160	13,5	9,0	80
Pēc normas	x	1,60	160	13,1	9,3	45
+ vai -	x	- 0,04	± 0,04	+ 0,4	- 0,3	+ 35

Visu grupu katra kaza izmēģinājuma laikā saņēma 15 g vārāmās sāls.

Izmēģinājuma laikā katras kazas izslaukums nosvērts (izmērīts) ar precizitāti līdz  $\pm 0,1$  kg. Piena tauku, olbaltumvielu, laktozes saturu un somatisko šūnu daudzumu noteica pēc dienas vidējā parauga vienu reizi mēnesī ar aparāta *Milko Scan 133* palīdzību.

## Rezultāti un to izvērtējums

Vislielākie izslaukumi vasaras periodā tika sasniegti no ceturtās izmēģinājuma kazu grupas, kur barības sastāvā tika izmantoti rapša rauši. Izslaukums uz 1 kazu vidēji bija 3,12 kg dienā, t.i., par 12,64% vairāk salīdzinājumā ar kontroles grupu ( $p < 0,05$ ) [5]. Tādu pašu tendenci novērojām arī ēdināšanas pēcietekmes pētījumā rudens periodā, kad arī labākie izslaukumi bija ceturtās grupas kazām, pārspējot kontroles grupas kazas par 12,7% (3.tab.).

## Izslaukumi izmēģinājuma laikā, kg

Rādītāji	Izmēģinājuma grupas			
	1.kontr.	2.izmēģin.	3.izmēģin.	4.izmēģin.
Izslaukums no visas kazu grupas (60 dienas)	423	376	451,8	477
No 1 kazas izmēģinājuma laikā	70,5	63,0	75,3	79,5
Izslaukums dienā	1,18 $\pm$ 0,11	1,05 $\pm$ 0,11	1,26 $\pm$ 0,12	1,33 $\pm$ 0,11*
% salīdzinājumā ar kontroles grupu	100,0	88,9	106,8	112,7

\*  $p < 0,05$

Salīdzinoši augsti izslaukumi saglabājās arī trešās izmēģinājuma grupas kazām, kuras iepriekš barības devā bija saņēmušas saulespuķu raušus, pārspējot kontroles grupas kazas piena izslaukuma daudzumā par 6,8%.

Savukārt no otrā izmēģinājuma kazu grupas, kura četrus mēnešus barības devā saņēma kviešu kliju granulas, vasaras periodā izslaukumi bija par 4,33% lielāki nekā kontroles grupā. Tomēr šīs grupas dzīvnieki uzrādīja vissliktāko pēcdarbību (ietekmi) tālākos divos mēnešos, samazinot piena izslaukumu par 11,1% salīdzinājumā ar kontroles grupu.

Kazu piena ķīmiskais sastāvs parādīts 4.tabulā.

4.tabula

**Kazu piena ķīmiskais sastāvs, %**

<i>Grupa</i>	<i>Tauki</i>	<i>% pret kontroli</i>	<i>Olbaltumvielas</i>	<i>% pret kontroli</i>	<i>Laktoze</i>	<i>% pret kontroli</i>
1.kontroles	4,48±0,26	100,0	3,89±0,14	100,0	4,37±0,08	100,0
2.izmēģinājuma	4,67±0,24	104,2	4,65±0,48	119,5*	4,28±0,18	97,9
3.izmēģinājuma	4,78±0,30	106,7	4,18±0,28	107,5	4,35±0,07	99,5
4.izmēģinājuma	4,71±0,21	105,1	3,81±0,14	97,9	4,30±0,05	98,4

\* p < 0,05

Pētījuma pirmajā posmā vasarā otrās izmēģinājuma grupas kazu pienā, kuras kā piedevu saņēma kviešu kliju granulas, salīdzinājumā ar kontroli tauku saturs palielinājās par 0,71%, olbaltumvielu – par 0,38% un laktozes – par 0,05%, kas norāda, ka kviešu kliju granulas kombinācijā ar auzu miltiem ir pilnvērtīga barības piedeva, kura ievērojami uzlabo kazu piena ķīmisko sastāvu, kā arī barotājvērtību. Arī turpmākajos divos mēnešos šīs grupas kazām vērojams lielāks piena tauku daudzums (par 4,2% vairāk nekā kontroles grupai), kā arī būtiski augstāks (p<0,05) piena olbaltumvielu saturs (par 19,5% salīdzinājumā ar kontroles grupu).

Intensīvās laktācijas laikā trešās izmēģinājuma grupas (saulgriežu rauši) kazu pienā salīdzinājumā ar kontroles grupu samazinājās tauku saturs par 1,6%, bet palielinājās olbaltumvielu saturs par 3,9%, kas norāda, ka arī saulgriežu rauši ir pilnvērtīga barības piedeva bioloģiskajā lauksaimniecībā. Turpmākajos divos mēnešos kazu pienā paaugstinājās tauku daudzums par 6,7%, olbaltumvielu daudzums par 7,5% un samazinājās laktozes daudzumu par 0,5%.

Ceturtās izmēģinājuma grupas kazu pienā, kuras četrus mēnešus barības devā saņēma rapša raušus, salīdzinājumā ar kontroli palielinājās tauku saturs par 3,2%, bet samazinājās olbaltumvielu saturs par 1,1% un laktozes saturs par 1,7%. Savukārt divos rudens mēnešos pienā paaugstinājās tauku saturu par 5,1%, bet samazinājās olbaltumvielu un laktozes daudzums – attiecīgi par 2,1 un 1,6% salīdzinājumā ar kontroli.

Somatisko šūnu daudzums atbilst Latvijas vietējo kazu pienā pieņemtajām normām (5.tab.).

5.tabula

**Somatisko šūnu daudzums izmēģinājuma kazu pienā**

<i>Grupa</i>	<i>Somatisko šūnu skaits, tūkst.</i>	<i>% pret kontroli</i>
1.kontroles	584±138	100,0
2.izmēģinājuma	639±118	109,4
3.izmēģinājuma	392±81	67,1*
4.izmēģinājuma	465±98	79,6

\*p<0,05

Vismazāk somatisko šūnu bija trešās un ceturtās izmēģinājumu grupas kazu pienā, kuras četrus mēnešus barības devā saņēma attiecīgi saulgriežu un rapša raušus. Tālākā šo barības devu pēcdarbība samazināja somatisko šūnu daudzumu pienā attiecīgi par 32,9 (p<0,05) un 20,4 procentiem.

Vismazāk barības vienību un sagremojamā proteīna 1 kg piena ražošanai patērēja ceturtais izmēģinājuma grupas kazas attiecīgi par 11,4 un 9,1 procentu mazāk salīdzinājumā ar kontroli.

Labi rezultāti tika sasniegti arī trešajā izmēģinājuma grupā, kur barības devā četrus mēnešus bija iekļauti saulgriežu rauši, arī nākamajos divos mēnešos 1 kg piena ražošanai barības vienību patēriņš samazinājās par 6,1% un sagremojamā proteīna – par 6,6% attiecībā pret kontroli.

6.tabula

**Barības vienību un sagremojamā proteīna patēriņš 1 kg piena ražošanai**

Izmēģinājuma grupa	Diennakts izslaukums, kg	Barības vienības		Sagremojamais proteīns	
		kg	%	g	%
1. kontroles	1,18	1,32	100,0	136	100,0
2. izmēģinājuma	1,05	1,49	112,9	152	111,8
3. izmēģinājuma	1,26	1,24	93,9	127	93,4
4. izmēģinājuma	1,33	1,17	88,6	120	90,9

### Secinājumi

Pētot kazu barības devu pēcdarbību, kā labākās izrādījās divas kazu barības devas:

- 1) ganību zāle – 6 kg, siens – 1,0 kg, auzu milti – 0,8 kg un 0,2 kg rapša raušu. Šī barības deva palielināja piena izslaukumu par 12,7% un tauku saturu par 5,1% un samazināja 1 kg piena ražošanu par 11,4% barības vienību un 9,1% sagremojamā proteīna daudzumu salīdzinājumā ar kontroles grupu;
- 2) ganību zāle – 6 kg, siens – 1,0 kg, auzu milti – 0,8 kg un saulgriežu rauši – 0,2 kg. Šī barības deva palielināja piena izslaukumu par 6,8%, tauku saturu – par 6,7%, olbaltumvielu saturu – par 7,5% un 1 kg piena ražošanai samazināja barības vienību patēriņu par 6,1% un sagremojamā proteīna daudzumu – par 6,6% salīdzinājumā ar kontroles grupu;
- 3) ja nav iespējams iegādāties bioloģiski sertificētu rapša vai saulgriežu raušu lopbarību, bioloģiskajā kazkopības saimniecībā vēlams papildus izēdināt kviešu klijas, kas ievērojami palielina piena proteīna saturu gan kliju izēdināšanas laikā, gan laktācijas noslēguma fāzē, kad klijas vairs netiek izēdinātas.

### Summary

Production of organic animal products requires breeding of animals under organic regime feeding forage obtained with organic methods and using only permitted additives and preservatives. According to regulations laid down by the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia as regards turnover and certification order on organic farming products in conformity with EU regulation No 2092/91 as prescribed in this arrangements, in case organic feed is not available, up to 5 % conventional feed (till 2008) should be included in goat diets including mineral feed, vitamins of natural origin, ferments, microorganisms and other additives provided that they are no genetically modified organisms as permitted by Food and Veterinary Medicinal service. Goats fed on high-quality and valuable forage provides the production of high quality milk and dairy products. In organic farming improper and poor feeding during lactation period reduces milk yield and quality of products. The goal of our research was to ascertain the post impact of different feedstuffs (oat meal, wheat bran, sunflower cake, rapeseed cake) on goat milk productivity and quality indices. The trial was carried out in farm “Bērzi”, Talsi district in autumn period for 60 days totally; it is, after including of these feedstuffs in feed ration. In autumn period all goats were fed by hay, haulage, fodder beats and buckwheat. Sunflower meal fed in summer period increased in

autumn period the content of goat milk fat by 6.7%, as well as by 7.5% increased protein content and decreased sugar content in milk by 0.5% compare to control. Rapeseed meal fed in summer resulted in increased milk fat by 5.1 % and decreased protein and sugar content in goat milk by 2.1 % and 1.6 % respectively in autumn period compare to control. The essential post impact ( $p < 0.05$ ) on milk protein shown wheat bran which increased protein content in goat milk by 19.5% compare to control. We suggest include in goat feed ration organically produced sunflower or raps cake, and also whet bran for improving goat milk productivity and quality of milk.

#### **Literatūra**

1. Greppi G.F., Ciceri A., Pasquini M., Falasch U., Enne G. Milk yield in dairy goats and blood metabolites. Proceedings of IDF-seminar on production and utilization of ewe's and goat's milk, Greece, October 19-21, 1995. 47 p.
2. Lampkin N. Organic farming. Farming Press, 1992. 703 p.
3. Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Research Council, National Academy Press, 1981. 91 p.
4. Piliens K., Sprūžs J. Kazkopība. Talsi, 2007. 99 lpp.
5. Sprūžs J., Šeļegovska E., Remeza I., Vasiljeva S. Importance of feed additives and assessment of goat welfare in organic Farming. Proceeding of the 12<sup>th</sup> Baltic animal breeding conference. Jurmala, Latvia, 27<sup>th</sup>-28<sup>th</sup> April, 2006. 169-176.pp.
6. Sprūžs J. Latvijā audzēto kazu ēdināšanas normas. Jelgava, 2005. 16 lpp.

# LIGNOSILĪCIJA IESTRĀDE REIZĒ AR SĒJU UN TĀ IETEKME UZ GRIĶU PRODUKTIVITĀTI BIOĻĢISKĀJĀ LAUKSAIMNIECĪBĀ

## INTRODUCTION OF LIGNOSILICON IN SOIL SIMULTANEOUSLY WITH SEEDS AND ITS INFLUENCE ON PRODUCTIVITY OF BUCKWHEAT IN ORGANIC FARMING

G.Ļebedeva<sup>1</sup>, G.Teliševa<sup>1</sup>, L.Tiltiņa<sup>2</sup>, S.Rancāne<sup>2</sup>

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

Tālr.: +(371)67555916, fax: +(371)67550635, e-pasts: ligno@edi.lv

2- LLU aģentūra Zemkopības zinātniskais institūts

Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV 5125, Latvija

Tālr.: +(371)65197524, fax: +(371)65197954, e-pasts: tilivija@inbox.lv

---

**Abstract.** *Lignosilicon (LSi) is biologically active product synthesized in the Latvian State Institute of Wood Chemistry on the basis of wood fuel bioethanol production waste – hydrolysis lignin.*

*On the background of rather low dosages of LSi (40-120 kg/ha) introduced in soil simultaneously with seeds of cereals by mixing them in the box of sowing machine, plant root system developed faster and it's volume increased significantly, plant development accelerated and the terms of corresponding stages shortened, the crop increased and it's targeted quality went up, soil agrochemical characteristics improved as well. Due to productivity of cereals was directly connected with root system volume and it's physiological activity, investigation of LSi effect on the agricultural plants with poorly root system as buckwheat was undertaken.*

*The data obtained of proetin yield, content of aminoacids and dynamics of plant development have shown that lignosilicon has a good prospects for buckwheat cultivation in conditions of organic farming due to it's ability to provide increase in crop and enhance it's nutrition value.*

**Keywords:** *buckwheat, lignosilicon, organic farming, root system.*

---

### Ievads

Lignosilīcijs (LSi) ir Koksnes ķīmijas institūtā iegūts bioloģiski aktīvs preparāts, kas sintezēts no koksnes hidrolīzes lignīna, un tā izmēģinājumu rezultāti pierādījuši šī savienojuma perspektīvu izmantošanai bioloģiskajā lauksaimniecībā graudaugu (auzu, miežu, rudzu) un sarkanā āboliņa audzēšanā. Iestrādājot reizē ar sēju nelielas LSi devas (40-120 kg ha<sup>-1</sup>), bija novērojama sakņu sistēmas straujāka attīstība agrās auga attīstības stadijās (30-50 dienas pēc sējas), tas bija veicinājis produktivitāti un pozitīvi ietekmējis gan iegūtās ražas kvalitāti, gan augsnes agroķīmiskos rādītājus.

Auzu, kviešu un citu graudaugu produktivitāte ir cieši saistīta ar sakņu sistēmas apjoma un tās fizioloģiskās aktivitātes pieaugumu. Tāpēc radās interese pārbaudīt LSi ietekmi, audzējot kultūraugus ar vāji attīstītu sakņu sistēmu, kā, piemēram, griķus.

Griķu riekstiņi ir vērtīgs, diētisks produkts, kas satur minerālsāļus (dzelzs, fosfora, kalcija un vara), organiskās skābes (citronskābi, skābeņskābi, ābolskābi) un vitamīnus (rutīnu, folijskābi, tiamīnu, riboflavīnu un niacīnu). Riekstiņos ir 2-4% tauku, 10-17% kokšķiedras, 70-85% cietes un 10-18% aminoskābes. Griķu olbaltumvielas ir bioloģiski augstvērtīgākas nekā graudos sastopamās, tās līdzvērtīgas sausā pienā un olās esošajām. Griķu diētisko vērtību izskaidro ar trīs neaizvietojamu aminoskābju – triptofāna, lizīna un metionīna – labvēlīgo savstarpējo attiecību.

Griķu rugaines atliekās salīdzinājumā ar graudaugu atliekām ir vairāk slāpekļa, fosfora, kas sekmē augsnes auglību. Griķu sēnālas un salmi satur 32-40% kālija oksīda, tāpēc agrāk tos izmantoja kā kālija mēslojumu.

Griķu 'Aiva' sējplatības Latvijā salīdzinājumā ar citu vasarāju graudaugu platībām ir pavisam nelielas – apmēram 1% no vasarāju kopplatības.

## Materiāli un metodes

Silīciju saturošais preparāts ir sintezēts no koksnes lignocelulozes kompleksa. Izmēģinājumos pielietotais preparāts ir lignosilīcijs ar 5% silīcija saturu (turpmāk tekstā saukts LSi). Kontroles variantā lignosilīcija preparāts netika izmantots.

Izmēģinājumu norises vietu raksturojums:

1. Bioloģiskā zemnieku saimniecība 'Ķelmēni' atrodas Gulbenes rajona Rankas pagastā. Izmēģinājumi veikti 2006. un 2007.gadā 10 ha platībā griķu sēklaudzēšanas sējumos, pārbaudot četru LSi devu ( $8 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $17 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  un  $1\text{kg}+200 \text{ g azotobakterīna ha}^{-1}$ ) ietekmi uz griķu 'Anita Belorusskaja' riekstiņu ražas veidošanos un tās ķīmisko sastāvu.  
Proteīna noteikšanas metode: ISO 5983. Aminoskābju daudzums griķu paraugos noteikts, izmantojot automātisko aminoskābju analizatoru AAA 339 (*Microtechna Praha*) – AOAC *Official Method 985 28*.
2. LLU aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts atrodas Aizkraukles rajona Skrīveru pagastā. Izmēģinājumi ar griķu šķirni 'Aiva' veikti 2008.gada veģetācijas sezonā. Augsnes raksturojums: velēnu podzolētā augsne, granulom. sastāvs –  $sM_2$ ,  $pH_{KCl}$  5,63, org. viela – 3,45, nodrošinājums ar kāliju un fosforu – labs / ļ. labs. Variantu skaits 3 – kontrole, LSi  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ , LSi  $20 \text{ kg ha}^{-1}$ . Atkārtojumu skaits – 3, uzskaites platība –  $45 \text{ m}^2$ . Veikti augu parametru mērījumi 35 (viens mēnesis) un 70 (divi mēneši) dienas pēc sējas, izrokot no katra varianta 20 augus un nosakot katram augam – auga garumu, 1.posma garumu, 1.posma resnumu, mezglu, zaru un ziedkopu skaitu, kā arī analizēti pirms griķu kulšanas ievāktie 40 augi no katra varianta, nosakot katram augam – auga garumu, mezglu skaitu, zaru skaitu, riekstiņu kopējo masu, 1000 riekstiņu masu un salmu masu. 1.posma garums un resnums mērīts, izmantojot *Electronic Digital Caliper* ar precizitāti  $10^{-2}$ . Izmēģinājumi ierīkoti, izmantojot izmēģinājumu sējmašīnu *Hege*, griķi nokulti ar izmēģinājumu kombainu *Wintersteiger*. Griķu izsējas norma –  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ , griķu sēklas materiāls pirms sējas sajaukts ar LSi atbilstoši devai. Augu sakņu sistēma tika testēta ar kalibrētu skeneri *STD-1600+*, izmantojot programmu *Win Rhizo 2002C*.

## Meteoroloģisko apstākļu raksturojums 2008.gadā

2008.gada veģetācijas sezona kopumā bija griķiem un citām lauksaimniecības kultūrām labvēlīga. Jūnija sākumā Skrīveros bija bezlietus periods, kura laikā augsnē veidojās mitruma deficīts. Tāpēc griķus 'Aiva' izmēģinājumā iesējām 26.jūnijā labos augsnes mitruma apstākļos, kaut sējas termiņš griķiem ir jūnija sākums. Griķi sadīga ļoti strauji un vienmērīgi. Salīdzinājumam var minēt, ka lielos sēklaudzēšanas sējumos iesējām 2.jūnijā mitruma deficīta apstākļos. Tie izdzīvoja, pateicoties pieveļšanai uzreiz pēc sējas, ieguvām labas ražas, un tās bija līdzvērtīgas izmēģinājumos nokultajām.

Jūlijā un augustā lietus mijās ar saulainām un siltām dienām. Jūlija I un II dekāde, kā arī augusta III dekāde bija nokrišņiem bagāta, tā, piemēram, 21.augustā Skrīveros nolija 42 mm. Griķu augšanai un ziedu apputeksnēšanai meteoroloģiskie apstākļi bija ļoti labvēlīgi.

Griķus nokūlām oktobra sākumā un ieguvām labu un kvalitatīvu ražu. Ar LSi mēslojuma varianti bija saveldrējušies.

## Rezultāti un to izvērtējums

2006. un 2007.gadā LSi izmēģinājumi griķu 'Anita Belorusskaja' sēklaudzēšanas sējumos norisinājās bioloģiskajā zemnieku saimniecībā 'Ķelmēni' un tika iegūti ražas, kā arī riekstiņu ķīmisko analīžu dati.

Sējumu kopējā platība, kurā tika pētītas dažādas LSi devas, bija 10 ha. Izmēģinājumos konstatējām, ka LSi fonā bija vērojama straujāka augu augšana un attīstība, sevišķi izteikta atšķirība salīdzinājumā ar kontroli bija vērojama pumpurošanās un ziedēšanas sākuma fāzē.

Pie LSi devas 20 kg ha<sup>-1</sup> griķu riekstiņu raža salīdzinājumā ar kontroli pieauga no 0,53 t ha<sup>-1</sup> līdz 1,3 t ha<sup>-1</sup>. LSi variantos lielāka bija arī novāktā kopproteīna raža, un kopējais aminoskābju saturs palielinājās vidēji par 22%, un par 50% salīdzinājumā ar kontroli, pieauga tādu aminoskābju saturs kā metionīns, izoleicīns un histidīns.

1.tabula

**Aminoskābju daudzums griķu paraugos, g/ 100 g**

<i>Aminoskābe</i>	<i>Kontrole</i>	<i>LSi</i>	<i>Pieaugums salīdzinājumā ar kontroli, %</i>
Asparagīnskābe	1,27	1,5	18
Treonīns	0,31	0,34	0
Serīns	0,36	0,39	0
Glutamīnskābe	1,76	1,96	11
Prolīns	0,28	0,32	14
Glicīns	0,30	0,39	30
Alanīns	0,36	0,44	22
Valīns	0,26	0,33	27
<b>Metionīns</b>	0,12	<b>0,20</b>	<b>67</b>
<b>Izoleicīns</b>	0,22	<b>0,33</b>	<b>50</b>
Leicīns	0,44	0,52	18
<b>Tirozīns</b>	0,24	<b>0,35</b>	<b>46</b>
Fenilalanīns	0,30	0,41	37
<b>Histidīns</b>	0,20	<b>0,30</b>	<b>50</b>
Lizīns	0,40	0,52	30
Arginīns	0,69	0,90	30
<b>Aminoskābju kopējā summa</b>	7,51	<b>9,19</b>	<b>22,4</b>

2006.gadā proteīna saturs LSi mēslojuma ietekmē griķu riekstiņu sausnā pieauga no 12,6% līdz 14,5% (pieaugums par 15%), bet 2007.gadā – no 11,0% līdz 12,5% (pieaugums 14%). Salīdzinot makro- un mikroelementu sastāvu griķu riekstiņu sausnā, netika konstatētas būtiskas atšķirības starp variantiem, var minēt vienīgi, ka LSi ietekmē pieauga silīcija un dzelzs saturs.

Ražošanas izmēģinājumā iegūtie pozitīvie rezultāti 2006. un 2007.gadā deva stimulu turpināt lignosilīcija ietekmes uz griķiem izpēti darbu.

2008.gadā veicām detalizētākus pētījumus ar griķiem ‘Aiva’ Zemkopības zinātniskajā institūtā Skrīveros, un iegūtie dati liecina, ka LSi (10-20 kg ha<sup>-1</sup>) pozitīvi iedarbojas uz augu attīstību jau 30-35 dienas pēc sējas. Salīdzinājumā ar kontroli mēnesi pēc sējas būtiski lielāks LSi variantos bija augu garums, 1.posma resnums, mezglu skaits, zaru un ziedkopu skaits.

2.tabulā redzams, ka mēnesi pēc sējas griķi realizējuši lielāko daļu no savas augšanas un ražības rādītāju veidošanas programmas – 1.posma resnums un zaru skaits ir sasniegts gandrīz optimāls, tas turpmākā mēneša laikā pieauga vien par 5-6%, auga garums un mezglu skaits mēneša laikā bija 68% no divu mēnešu veģetācijas periodā sasniegtā. Strauji otrā mēneša laikā turpināja pieaugt vienīgi ziedkopu skaits.

Visos rādītājos pie LSi devas 10 un 20 kg ha<sup>-1</sup> augu mērījumu rezultāti būtiski pārsniedza kontroles varianta augu parametrus, kas parāda lignosilīcija stimulējošo iedarbību uz griķu augšanu. Ja mēnesi pēc sējas nebija izteikti redzama kāda no LSi variantu priekšrocībām, tad divu mēnešu periodā nozīmīgāku ietekmi uz augu augšanu nodrošināja deva 20 kg ha<sup>-1</sup>.

Griķu sakņu sistēma, līdzīgi kā auga virszemes daļa, sasniedza savu gandrīz maksimālo attīstību, sākoties ziedēšanai jeb mēnesi pēc sējas, ko parāda sakņu sistēmas skenēšanas rezultāti (3.tabula). LSi variantos iegūtie sakņu sistēmu raksturojošie parametri 1,5-2 reizes pārsniedza kontroli, kas ir būtiska starpība.



Griķu 'Aiva' 1 auga parametri dažādu LSi devu ietekmē 2008.gadā

Varianti	Auga garums, cm	1. posma resnums, mm	Mezglu skaits	Zaru skaits	Ziedkopu skaits
<b>30.07.2008.</b>					
K	72,43	5,09	7,00	2,15	4,45
LgSi 10 kg ha <sup>-1</sup>	73,35	5,89	7,90	3,10	5,95
LgSi 20 kg ha <sup>-1</sup>	71,13	5,64	7,15	3,00	5,20
<b>RS<sub>0,05</sub></b>	<b>2,98</b>	<b>0,37</b>	<b>0,45</b>	<b>0,64</b>	<b>0,91</b>
<b>03.09.2008.</b>					
K	93,80	5,31	9,10	2,65	11,45
LgSi 10 kg ha <sup>-1</sup>	96,30	5,92	9,75	2,70	15,20
LgSi 20 kg ha <sup>-1</sup>	104,00	5,95	10,05	2,80	16,30
<b>RS<sub>0,05</sub></b>	<b>5,68</b>	<b>0,38</b>	<b>0,88</b>	<b>0,57</b>	<b>2,89</b>

Dažādu LSi devu ietekme uz griķu 'Aiva' sakņu sistēmas augšanu vienu un divus mēnešus pēc sējas 2008.gadā

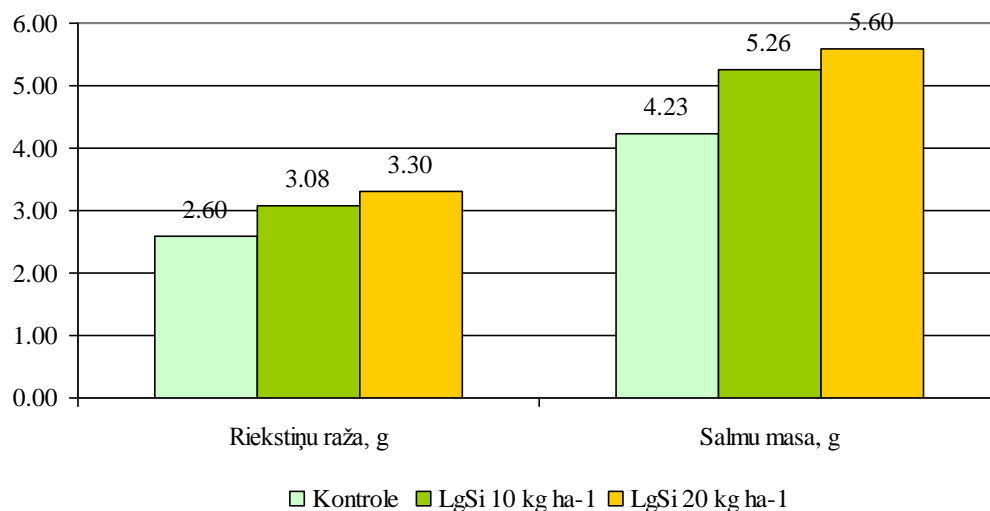
Variants	LSi deva, kg ha <sup>-1</sup>	Sakņu kopējais garums, cm		Sakņu sistēmas tilpums, cm <sup>3</sup>		Sānsaknīšu skaits, gab.	
		pēc mēneša	pēc 2 mēnešiem	pēc mēneša	pēc 2 mēnešiem	pēc mēneša	pēc 2 mēnešiem
Kontrolē	0	<b>450,75</b>	592,94	<b>0,33</b>	0,45	<b>4933</b>	7107
<b>LSi</b>	10	756,54	760,69	0,64	0,75	8990	9200
<b>LSi</b>	20	<b>765,00</b>	786,77	<b>0,73</b>	0,76	<b>9090</b>	9250

LSi pozitīvā ietekme uz sakņu sistēmas veidošanos bija novērojama jau lauka apstākļos – izrokot augus no variantiem ar LSi izmantošanu, bija redzams, ka sakņu kamols ir liels un kupls, kamēr kontrolē variantā sakņu sistēma bija neliela ar atsevišķiem garākiem sakņu atzariem.



1.att. LSi devas 20 kg ha<sup>-1</sup> ietekmes uz sakņu sistēmas augšanu salīdzinājums ar kontrolē variantu mēnesi pēc sējas augu ziedēšanas sākuma fāzē, 2008.gadā

Augu pirmo divu mēnešu augšanas dati lika domāt, ka variantos ar LSi izmantošanu arī riekstiņu pilngatavības laikā būtu jāredz atšķirība salīdzinājumā ar nemēsloto variantu. Griķu vēlais sējas termiņš neradīja papildus risku pilnvērtīgas ražas iegūšanai, jo meteoroloģiskie apstākļi un augu straujā attīstība pirmo divu mēnešu laikā bija labs priekšnosacījums griķu riekstiņu ražas nobriešanai. To apstiprināja arī pirms griķu kulšanas ievākto augu analīžu dati (2.att.).



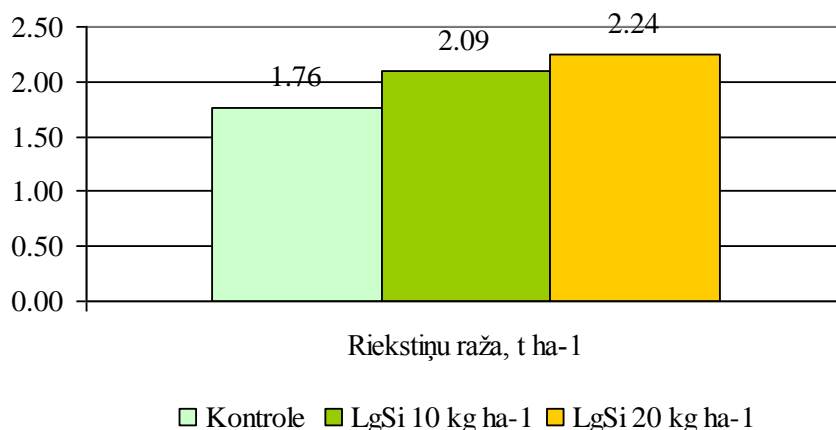
$RS_{0,05} = 0,47$

$RS_{0,05} = 0,86$

**2.att. Viena auga riekstiņu un salmu ražas pieaugums LSi ietekmē griķu ‘Aiva’ sējumā 2008.gadā, g**

Lignosilīcija iestrāde reizē ar sēju būtiski ietekmēja no viena auga iegūto riekstiņu un salmu ražu – gan LSi deva 10 kg ha<sup>-1</sup>, gan deva 20 kg ha<sup>-1</sup> veicināja ievērojamu un matemātiski pierādītu griķu ražas pieaugumu. Salīdzinājumā ar kontroli par 27% lielāku riekstiņu ražu varēja iegūt, izmantojot LSi devu 20 kg ha<sup>-1</sup>.

To pierādīja arī ar izmēģinājumu kombainu iegūtās reālās ražas uzskaitē (3.att.), kad varēja novērot iepriekš 1 auga ražas analīzēs konstatēto būtisko ražas pieaugumu, ko nodrošināja abu pētāmo lignosilīcija devu iestrāde reizē ar sēju.



$RS_{0,05} = 0,32$

**3.att. Griķu ‘Aiva’ LSi izmēģinājumā ar kombainu iegūtā raža 2008.gadā, t ha<sup>-1</sup>**

## Secinājumi

Lignosilīcija iestrādes rezultātā griķu riekstiņu sausnā par 22% pieaug aminoskābju kopējais daudzums, it sevišķi metionīna, izoleicīna un histidīna, kā arī palielinās tādu mikroelementu saturs kā dzelzs un silīcijs.

Lignosilīcija izmantošana griķu augšanas stimulēšanai dod labus rezultātus jau 35 dienas pēc sējas, kad salīdzinājumā ar kontroli būtiski pieaug augu garums, 1.posma resnums, mezglu, zaru un ziedkopu skaits.

LSi deva 20 kg ha<sup>-1</sup> visā veģetācijas periodā atstāj būtiskāku ietekmi uz augu augšanu un riekstiņu ražas veidošanos griķiem 'Aiva' nekā LSi deva 10 kg ha<sup>-1</sup>, tāpēc to var rekomendēt kā optimālu izmantošanai griķu sējumos. Kopējais riekstiņu ražas pieaugums, izmantojot devu 20 kg ha<sup>-1</sup>, ir 27% salīdzinājumā ar variantu bez LSi izmantošanas.

Izmēģinājumus nepieciešams turpināt, lai padziļināti pētītu lignosilīcija un griķu ietekmi uz augsnes agroķīmisko rādītāju izmaiņām, sevišķi uz kālija bilanci augsnē, kā arī griķu 'Aiva' ražas elementu ķīmiskā sastāva izmaiņas LSi ietekmē.

## Summary

Lignosilicon (LSi) is biologically active product synthesized in the Latvian State Institute of Wood Chemistry on the basis of wood fuel bioethanol production waste – hydrolysis lignin.

On the background of rather low dosages of LSi (40-120 kg/ha) introduced in soil simultaneously with seeds of cereals by mixing them in the box of sowing machine, plant root system developed faster and it's volume increased significantly, plant development accelerated and the terms of corresponding stages shortened, the crop increased and it's targeted quality went up, soil agrochemical characteristics improved as well. Due to productivity of cereals was directly connected with root system volume and it's physiological activity, investigation of LSi effect on the agricultural plants with poorly root system as buckwheat was undertaken.

In 2006-2007 years the field (10ha) trials were realized in conditions of organic farm Kelmeni, Gulbene district with buckwheat *Anita Belorusskaja*. On the background of LSi (20kg/ha) buckwheat nuts crop increased almost twice (from 0,53 t\*ha<sup>-1</sup> till 1,3 t\*ha<sup>-1</sup>) in comparison with control. Total protein yield and content of aminoacids increased by 22% in average in comparison with control, whereas content of such aminoacids as methionine, isoleucine and histidine increased by 50%.

In 2008 trials with *Aiva* buckwheat carried out on microfields of Research Institute of Agriculture in Skriveri confirmed the positive effect of low dosage of LSi (10-20 kg\*ha<sup>-1</sup>) on the plants development already 30-35 days after sowing: in comparison with control the height of stem was significantly higher, the diameter of the first stem segment was bigger, there were more flowers and root system volume increased. Already at early stages of vegetation the increase in nuts yield (up to 20%) was observed.

The data obtained have shown that lignosilicon has a good prospects for buckwheat cultivation in conditions of organic farming due to it's ability to provide increase in crop and enhance it's nutrition value.

## 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, Rēzekne, June 26-28, 2003. 238-243 pp.
2. Spārniņa M., Rancāne S., Lebedeva G., Teliševa G. Lignosilīcija pielietošana bioloģiskā lauksaimniecībā ziemas rudzu sējumos. 5. Starptautiskās zinātniski praktiskā konference "Vide. Tehnoloģija. Resursi", Latvija, Rēzekne, 16.-18. jūnijs, 2005. 123.-128.lpp.
3. Lebedeva G., Teliševa G., Rancāne S., Tiltiņa L.. Lignosilīcija izmantošana sarkanā āboliņa (*Trifolium pratense* L.) audzēšanā. 6. Starptautiskās zinātniski praktiskā konference „Vide. Tehnoloģija. Resursi“, Latvija, Rēzekne, 2007.

4. Lebedeva G., Telysheva G., Tiltina L., Volperts A. Efficacy of Siliceous Lignin Products Application for Biological Agriculture Exemplified by Experiments with Red Clovers. Proceedings of the 14<sup>th</sup> International meeting of the Humic Substances Society „From Molecular Understanding to Innovative Applications of Humic Substances”. Russia, Moscow – St. Petersburg, 14-19 September, 2008. 673-676 pp.
5. Алексеева Е.С., Паушева З.П. Генетика, селекция и семеноводство гречихи. Киев: Выща школа, 1988. 208 с.

# SLĀPEKĻA MĒSLOJUMA IZMANTOŠANAS EFEKTIVITĀTE GALVIŅKĀPOSTIEM

## EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZER APPLICATION ON WHITE CABBAGE

Marija Maļceva<sup>1</sup>, Māra Vikmane<sup>1</sup>, Veneranda Stramkale<sup>2,3</sup>, Aldis Stramkalis<sup>2,3</sup>

1- Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte

Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1586;

Tālr.: +371 67034864, +371 29364133, e-pasts: mara.vikmane@lu.lv

2- Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs

Viļāni, Rēzeknes raj.; tālr.: +371 4628140, +371 29465004, e-pasts: strzin@apollo.lv

3- RA Latgales ilgspējīgas attīstības pētnieciskais institūts

Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4600; tālr.: 64625145, e-pasts dabkat@ru.lv

---

**Abstract.** Nitrogen is considered to be harvest-limiting element. Almost all investigations showed that under optimal nitrogen fertilizer harvest increases despite different and contrastive environmental conditions. There is a lack of research about changes of plant photosynthetic action under nitrogen fertilizer influence. During field and laboratory experiments changes of head cabbage ('Ancoma F<sub>1</sub>' variety) photosynthesis - related parameters under different nitrogen supply (50, 120, 190, 190 + 40 and 190 + 50 + 40 N kg ha<sup>-1</sup>) were observed. Results of field and laboratory experiments showed that optimal nitrogen fertilizer doses are 190 and 190 + 40 N kg ha<sup>-1</sup>. The conclusion is that chlorophyll content (in SPAD readings and mg dm<sup>-2</sup>) and fluorescence parameters ( $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ , RC/ABS and PI) can be used as early indicator for foreseeing nitrogen fertilizer efficiency for head cabbage. Fluorescence parameters give precise view of nitrogen fertilizer role in plant physiological processes and nitrogen effect on plant growth and development.

**Keywords:** cabbage, chlorophyll, fluorescence parameters, harvest, nitrogen fertilizer.

---

### Ievads

Hlorofila daudzums augu lapās un fluorescences rādītāji dod nozīmīgu informāciju ne tikai par fotosintēzes norisi, bet arī par auga fizioloģisko stāvokli, kas savukārt atkarīgs no auga ģenētiskajām, augšanas un attīstības īpatnībām. Pēc fotosintēzi raksturojošiem rādītājiem var spriest par auga apgādi ar slāpekli un citiem minerālelementiem, kā arī auga reakciju uz vides apstākļiem [1]. Nelabvēlīgo faktoru iedarbība augiem izsauc vairākas specifiskas atbildes reakcijas un noved augu stresa stāvoklī. Stresori var ietekmēt visus metabolisma procesus, to skaitā arī fotosintēzi, kas augiem ir galvenais enerģijas avots [2; 3]. Fotosintēzes aparāts un īpaši fotosistēma II ir ļoti jutīgi pret dažādu stresoru iedarbību [4; 5; 6]. Pētījumu rezultāti liecina, ka hlorofila *a* fluorescences izmaiņas, palielinoties minerālelementu daudzumam augsnē un augos [7]. Sakarā ar to fotosintēzes procesa norises monitorings ir nozīmīgs auga fizioloģiskā stāvokļa noteikšanā [2; 3].

Slāpekļa saturs lapās pozitīvi korelē ar fotosintēzes kvalitāti, jo fotosintēzē piedalās N-saturšie proteīni [7]. Augu ražu ievērojami ietekmē slāpekļa mēslojums. Literatūrā norādīts par optimālo slāpekļa mēslojuma devu noteikšanu galviņkāpostiem. Eksperimentāli konstatēts, ka optimāls slāpekļa mēslojums būtiski palielina ražu, neskatoties uz atšķirīgiem un kontrastējošiem vides apstākļiem [8; 9]. Literatūrā trūkst pētījumu par augu fotosintētiskās darbības izmaiņām slāpekļa mēslojuma ietekmē.

Pētījuma mērķis bija analizēt dažādu slāpekļa mēslojuma devu ietekmi uz fotosintēzi raksturojošiem rādītājiem galviņkāpostos.

### Materiāli un metodes

Pētījums veikts LU Bioloģijas fakultātes Augu fizioloģijas katedrā un Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrā 2007. un 2008.gadā. Laboratorijas un lauka izmēģinājumos

dažādu slāpekļa mēslojuma devu ietekmes uz fotosintēzi raksturojošiem rādītājiem noteikšanai izmantoja galviņkāpostu šķirni 'Ancoma F<sub>1</sub>'.

Galviņkāpostus laboratorijas un lauka izmēģinājumos audzēja atšķirīgos slāpekļa mēslojuma apstākļos. Augus mēsloja ar komplekso minerālmēslojumu pamatmēslojumā N50, 120, 190 kg ha<sup>-1</sup>, papildmēslojumā lietoja amonija nitrātu N50 un 40 kg ha<sup>-1</sup> atkarībā no izmēģinājuma varianta.

Lauka izmēģinājumus iekārtoja pēc randomizēto bloku metodes četros atkārtojumos. Laučiņa kopējā platība 2,1 m × 10 m = 21 m<sup>2</sup>. Uzskaites platība – 15 m<sup>2</sup>. Izolācija starp variantiem 0,7 m, starp atkārtojumiem – 0,5 m. Izmēģinājuma kopējā platība – 480 m<sup>2</sup>. Izmēģinājuma laukā trūdaina podzolēta glejaugsne. Augsnes agroķīmiskais raksturojums abos izmēģinājuma gados būtiski neatšķīrās: organisko vielu saturs augsnē – 3,0-3,5%; pH 6,4-7,0; fosfora, kalcija, magnija un dzelzs nodrošinājums – augsts; vara, molibdēna – augsts; slāpekļa, sēra, kālija, mangāna, cinka bora – optimāls. Priekšaugi – vasaras kvieši. Izmēģinājuma lauks drenēts, reljefs izlīdzināts, augsnes novērtējums – 48 balles. Pamatmēslojumu iestrādāja dienu pirms kāpostu izstādīšanas uz lauka (17.maijā abos izmēģinājuma gados). Papildmēslojumu iestrādāja maija beigās un jūlija sākumā saskaņā ar metodiku.

Laboratorijas izmēģinājumos augus audzēja 1 l tilpuma veģetācijas traukos četros atkārtojumos. Substrāts – kūdras maisījums *Kano*, kurā slāpeklis – 180 mg l<sup>-1</sup>, fosfors – 245 mg l<sup>-1</sup>, kālijs – 400 mg l<sup>-1</sup>, pH – 5,5-7,0. Augus audzēja + 20 °C temperatūrā 16 h fotoperiodā, fotonu plūsmas intensitāte – 150 μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>.

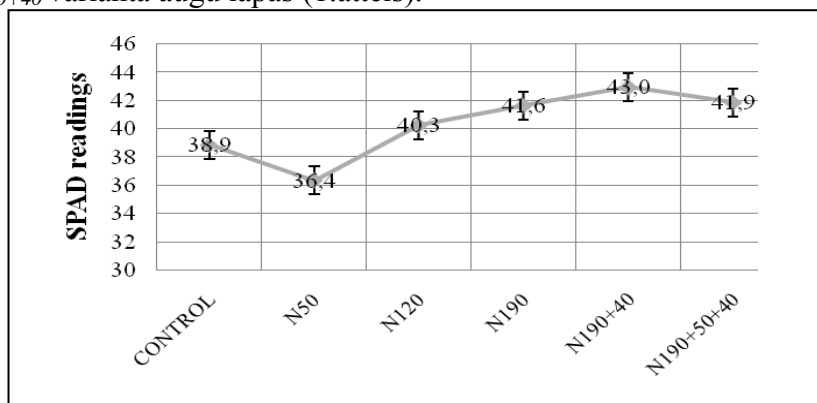
Abos izmēģinājuma gados pēc kāpostu izstādīšanas uz lauka meteoroloģiskos apstākļos būtiskas atšķirības nenovēroja. Gaisa temperatūra visos veģetācijas mēnešos bija normas robežās un krasas novirzes no iepriekšējo gadu vidējiem temperatūras rādītājiem nekonstatēja. Nokrišņu daudzuma ziņā 2007.gada veģetācijas mēneši bija bagātāki nekā vidēji iepriekšējie gadi, bet 2008.gadā novēroja mitruma deficītu, ko palielināja arī spēcīgie vēji.

Hlorofila daudzuma noteikšanai izmantoja hlorofilmetru *Minolta SPAD 502* un spektrofotometru *Ultraspec 3100 pro*.

Fluorescences mērīšanu veica ar *Handy PEA* iekārtu. Pamatojoties uz atsaucēm literatūrā, var apgalvot, ka *Handy PEA* metode tiek plaši pielietota hlorofila *a* fluorescences mērīšanai gan laboratorijas, gan lauka apstākļos [10; 5]. Ar augu efektivitātes analizētājiem var izmērīt dažādus parametrus, kas raksturo fluorescences intensitāti, fotosintēzes norisi un fotosistēmas II stāvokli [11].

### Rezultāti un diskusija

Laboratorijas izmēģinājumos konstatēja, ka galviņkāpostu lapās hlorofila daudzums pieaug ontoģenēzē, neskatoties uz pamata un papildmēslojuma piegādi. Lielāks hlorofila saturs konstatēts N<sub>190+40</sub> varianta augu lapās (1.attēls).

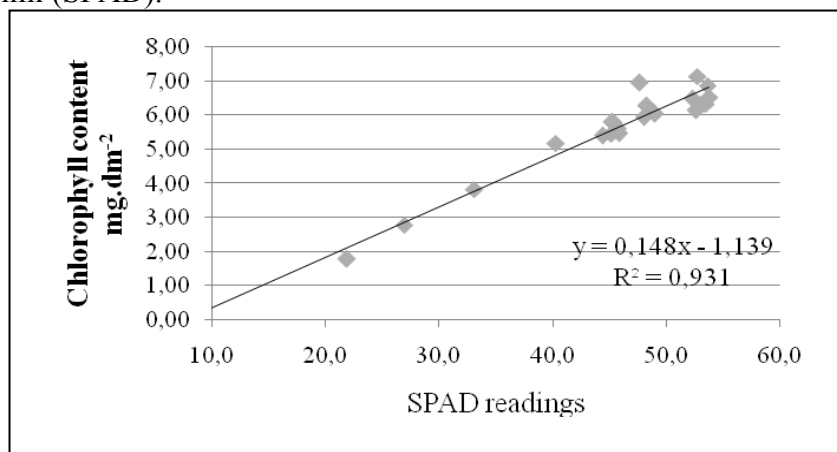


1.att. Vidējais hlorofila daudzums galviņkāpostu lapās atkarībā no slāpekļa mēslojuma, nosakot ar *Minolta SPAD-502* hlorofilmetru

Jāsecina, ka slāpekļa papildmēslojuma piegāde augiem sekmē hlorofila daudzuma palielināšanos, tomēr, paaugstinot papildmēslojuma devu, var panākt pretējo efektu.

Pēdējo gadu pētījumos konstatēta korelācija starp hlorofila daudzumu SPAD vienībās un absolūto hlorofila saturu lapās [12; 13].

Ekspērimētā starp noteiktām SPAD vienībām un absolūto hlorofila daudzumu pastāv lineārā korelācija (2.attēls). Respektīvi, lineāri pieaugot SPAD vienībām, proporcionāli lapās pieaug arī hlorofila daudzums  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}$ . Punktu izklieide ap korelācijas līkni raksturo korelācijas ciešumu. Mazākai punktu izklieidei atbilst ciešāka korelācija starp rezultatīvo ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}$ ) un faktoriālo pazīmi (SPAD).

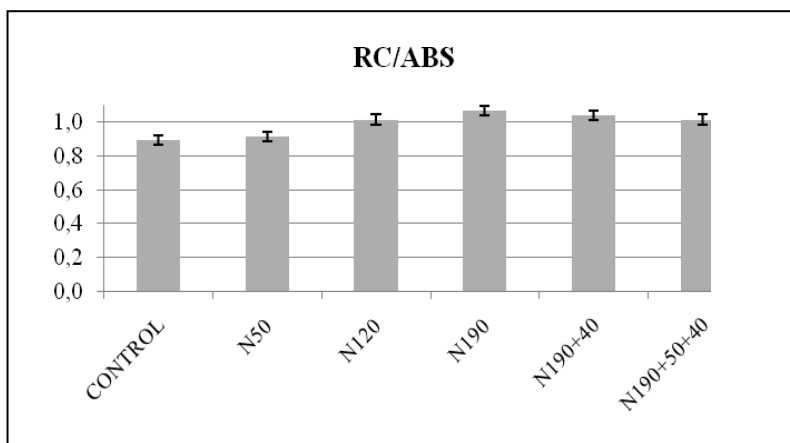


2.att. Korelācija starp absolūto hlorofila saturu un SPAD vienībām kāpostu lapās acetona ekstraktā

Korelācijas līknes galos ir lielāka punktu izklieide, kas liecina, ka korelācija nav cieša. Iespējams, ka pētījumā izmantots pārāk mazs paraugu un arī atkārtojumu skaits, lai varētu sekmīgi novērtēt punktu izklieidi ap asi un tādējādi noteikšanas precizitāti. Lai spriestu par precizitātes atkarību no hlorofila daudzuma, jāveic papildus mērījumi ar lielāku paraugu skaitu. Tomēr korelācijas rādītāju  $R = 0,931$  var uzskatīt par apmierinošu.

Fluorescences mērījumu analīzes rezultātā novēroja četrus parametru izmaiņas. Pēc literatūras datiem, RC/ABS parāda fotosistēmu reakciju centru hlorofila un antenu hlorofila attiecību, un šī parametra izmaiņas liecina par izmaiņām fotosintētiskajā aparātā. Labvēlīgos augšanas apstākļos fotosistēmās ir liela reakciju centru aktivitāte. Reakcijas centrus veido fotoķīmiski aktīvas molekulas, bet antenu pigmentu molekulas saista gaismas kvantus [14]. Antenu pigmentu skaita palielināšanās norāda uz fotosistēmu darbības traucējumiem, t.i., fotoķīmiski neaktīvo hlorofila molekulu daudzuma pieaugumu.

Salīdzinot RC/ABS eksperimenta variantu augiem (3.attēls), vislielākā parametra vērtība ir  $N_{190}$  varianta augiem, bet  $N_{50}$  un kontroles varianta augiem – vismazākā. Var spriest par to, ka  $N_{50}$  un kontroles varianta augiem ir straujākas izmaiņas fotosintētiskajā aparātā salīdzinājumā ar  $N_{190}$  un pārējo variantu augiem. Arī  $N_{120}$  varianta augiem RC/ABS ir lielāks nekā kontroles varianta augiem. Kontroles un  $N_{50}$  varianta augu parametra nelielās atšķirības (0,94 un 0,96 attiecīgi) liecina par kontroles varianta augu pielāgotību stresa apstākļiem jau attīstības sākumā. Ņemot vērā slāpekļa devu pievades efektivitāti, var secināt, ka lielāku pamatmēslojuma devu ietekmē augiem palielinās fotosistēmu reakciju centru (fotoķīmiski aktīvo hlorofila molekulu) skaits. Dodot slāpekli papildmēslojumā, novēro fotoķīmiski aktīvo hlorofila molekulu skaita samazināšanos kāpostu lapu mezofila šūnu hloroplastu fotosistēmās, par ko liecina RC/ABS parametra samazināšanās tendence  $N_{190+40}$  un  $N_{190+50+40}$  variantu augiem, salīdzinot ar  $N_{190}$  variantu.

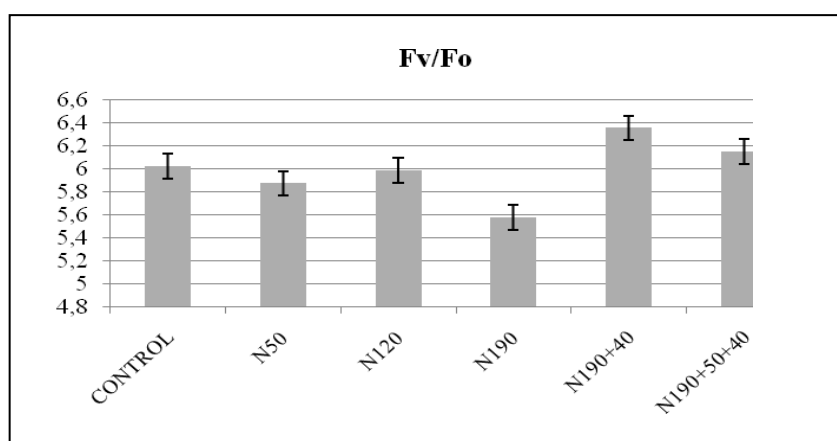


3.att. RC/ABS izmaiņas galviņkāpostu lapās atkarībā no slāpekļa mēslojuma, nosakot ar *Handy PEA*

Eksperimentā, palielinot antenu pigmentu skaitu, augs mēģina panākt fotosintēzes efektivitātes saglabāšanos stresa apstākļos, kurus izsauc minerālās barošanās režīma izmaiņas, pievadot slāpekli papildmēslojumā.

$F_v/F_o$  ir lielums, pēc kura var secināt par fotosistēmas II aktivitāti, respektīvi, jo lielāks ir  $F_v/F_o$  rādītājs, jo aktīvāka ir fotosistēma II. Parametra samazināšanās norāda uz izmaiņām fotosistēmas II elektronu donoru pusē [15].

Vislielākā  $F_v/F_o$  vērtība ir augiem, kas saņēmuši slāpekli virsmēslojumā:  $N_{190+40}$  – 6,34,  $N_{190+50+40}$  varianta augiem šis parametrs ir nedaudz mazāks – 6,14, bet kontroles varianta augiem ir salīdzinoši augsts  $F_v/F_o$  – 6,31 (4.attēls). Jāatzīmē, ka  $N_{190}$  varianta augiem  $F_v/F_o$  rādītāja vērtība ir vismazākā. Salīdzinājumā ar RC/ABS parametra vērtībām, kur tieši  $N_{190}$  varianta augiem ir visaugstākais rādītājs,  $F_v/F_o$  šī varianta augiem ir manāmi mazāks. Iespējams, neskatoties uz lielu reakciju centru skaitu, tie nedarbojas efektīvi un fotosistēmās II pastāv traucējumi. Vērojama tendence, ka, palielinot pamatmēslojumu, kāpostu lapu mezofila šūnu hloroplastos samazinās fotosistēmas II aktivitāte, par ko liecina  $F_v/F_o$  vērtību samazināšanās, bet papildmēslojums sekmē fotosistēmas II aktivitāti ( $N_{190+40}$  un  $N_{190+50+40}$  varianti).



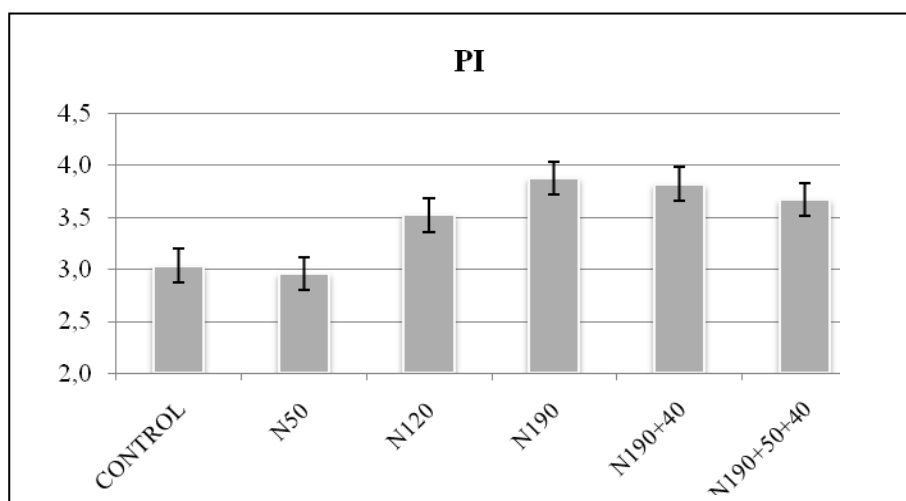
4.att.  $F_v/F_o$  izmaiņas galviņkāpostu lapās atkarībā no slāpekļa mēslojuma, nosakot ar *Handy PEA*

Viens no būtiskākajiem parametriem, kas tika iegūts ar *Handy PEA* metodi, ir PI (*Performance Index*). PI raksturo auga vitalitātes stāvokli, apvienojot vairākus fizioloģiskus rādītājus, kas veicina fotosintēzes norisi. Parametrs apvieno tādus rādītājus kā aktīvo reakciju



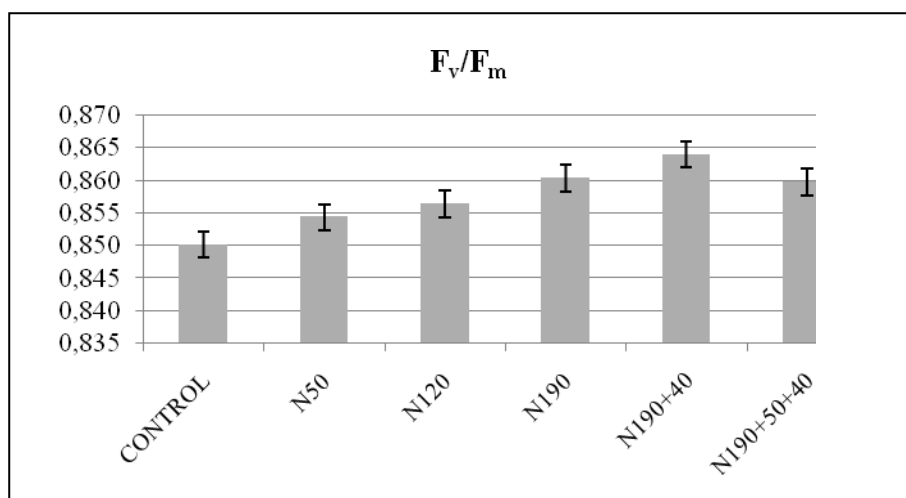
centru blīvumu, uzņemtās enerģijas pārvietošanās efektivitāti uz elektronu transporta ķēdēm un elektronu transporta enerģijas plūsmas ātrumu [10]. Tāpēc ka slāpekļa piegāde uzlabo fotosistēmas II reakciju centru daudzumu, elektronu transporta ātruma rādītājus [16] un slāpekļa deficīts samazina fotosintēzes ķēdes reakciju ātrumu [17], pēc PI lieluma izmaiņām var secināt par slāpekļa piegādes efektivitāti.

PI rādītājam (5.attēls) saglabājas tāda pati tendence kā fotosistēmu reakciju centru un antenu hlorofila molekulu attiecības rādītājam. Līdzīgi kā pēc RC/ABS rādītāja mērījumiem, vislabākais stāvoklis konstatēts N<sub>190</sub> varianta augiem. Var secināt, ka N<sub>190</sub> ir optimāla slāpekļa deva kāpostiem. Interesanti, ka kontroles varianta augiem (nemēsloti augi) ir nedaudz lielāka vitalitāte nekā N<sub>50</sub> varianta augiem. Iespējams, ka nemēsloti augi augšanai izmanto visus iespējamās rezerves avotus vitalitātes uzturēšanai, bet N<sub>50</sub> varianta augi tērē enerģiju nevis fotosintēzei, bet sakņu sistēmas attīstībai, lai sekmētu slāpekļa uzņemšanu.



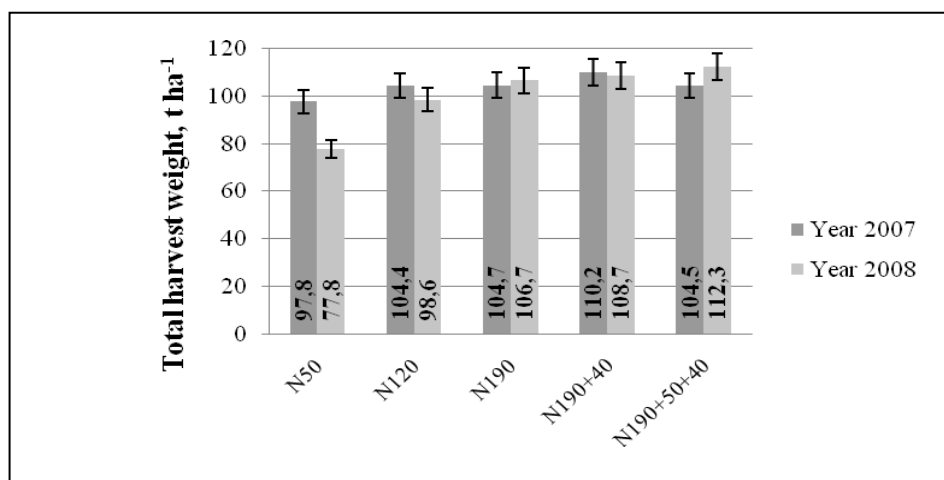
5.att. PI izmaiņas galviņkāpostu lapās atkarībā no slāpekļa mēslojuma, nosakot ar *Handy PEA*

Tāpēc, ka  $F_v/F_m$  lielumu uzskata par „stresa rādītāju”, tā izmaiņas visādā ziņā spēj norādīt uz dažādu mēslojuma devu piegādes negatīvo/pozitīvo ietekmi uz augiem. Pētījumos ar skujukokiem ir novērots, ka ar slāpekli mēslotu koku skujiņās  $F_v/F_m$  palielinās [7], kā pētījumu objektu izmantojot spinātus, novērots, ka slāpekļa deficīts samazina  $F_v/F_m$  rādītāja vērtības [18].



6.att.  $F_v/F_m$  izmaiņas galviņkāpostu lapās atkarībā no slāpekļa mēslojuma, nosakot ar *Handy PEA*

Eksperimentā palielinot slāpekļa piegādes devu galviņkāpostiem, palielinās  $F_v/F_m$  parametra vērtības (6.attēls). Šo tendenci novēro  $N_{50}$ ,  $N_{120}$ ,  $N_{190}$  un  $N_{190+40}$  varianta augu lapās.  $N_{190+50+40}$  varianta augiem ir nedaudz zemāks  $F_v/F_m$  rādītājs nekā  $N_{190+40}$  un pat  $N_{190}$  varianta augiem, bet atšķirības ir kļūdu robežās. Interesanti, ka kontroles varianta augiem  $F_v/F_m$  ir vismazākais. Iespējams, to var izskaidrot ar faktu, ka nemēsotie augi veiksmīgi pielāgojas slāpekļa deficītam. Citu autoru pētījumos konstatēts, ka slāpekļa deficīts izsauc fotosintēzes iznākuma samazināšanos [19]. No eksperimenta rezultātiem var secināt, ka ne tikai slāpekļa deficīts, bet arī slāpekļa pārbagātība galviņkāpostiem izsauc negatīvas fotosintēzes norises izmaiņas. Tomēr jāpiemin, ka dažos agrāk veiktos citu autoru pētījumos netika konstatēta slāpekļa deficīta ietekme uz fotosistēmas II kvantu iznākumu [16]. Lauka izmēģinājumu galviņkāpostu raža parādīta 7.attēlā.



7.att. Galviņkāpostu raža atkarībā no slāpekļa mēslojuma

Tā kā meteoroloģiskie apstākļi abos izmēģinājuma gados būtiski neatšķīrās un pozitīvi ietekmēja kāpostu augšanu un attīstību, pēc galviņu ražas (izņemot  $N_{50}$  variantu) nav būtisku atšķirību starp 2007. un 2008.gada rezultātiem. No izmēģinājuma variantu lauciņiem iegūtā kāpostu galviņu raža par 6,7-44,3% pārsniedz  $N_{50}$  varianta ražu. No darbā iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka  $N_{190}$  un  $N_{190+40}$  ir optimālās slāpekļa devas galviņkāpostiem, respektīvi,  $N_{190}$  kg ha<sup>-1</sup> pamatmēslojumā un  $N_{40}$  kg ha<sup>-1</sup> papildmēslojumā.  $N_{120}$ ,  $N_{190}$  un  $N_{190+50+40}$  variantu ražas apjomi ir aptuveni vienādi. Jāatzīmē, ka 2008.gadā  $N_{190+50+40}$  varianta augiem raža ir vislielākā – tā par 44,3% pārsniedz  $N_{50}$  varianta augu ražu. Pamatojoties uz 2008.gada rezultātiem, jāsecina, ka slāpekļa mēslojums sekmē galviņkāpostu ražas pieaugumu.

### Secinājumi

Slāpekļa mēslojuma ( $N_{50}$ , 120, 190, 190+40 un  $N_{190+50+40}$  kg ha<sup>-1</sup>) ietekmē 2007.-2008.gada lauka izmēģinājumos galviņkāpostu (šķirne ‘Ancoma F<sub>1</sub>’) raža palielinās par 6,7-44,3%, un izmainās fotosintēzi raksturojoši rādītāji augu lapās. Slāpekļa pamatmēslojuma un papildmēslojuma ietekmē palielinās hlorofila saturs SPAD vienībās kāpostu lapās. Vislielākais hlorofila daudzums ir galviņkāpostu lapās, kas mēsloti ar  $N_{190}$  kg ha<sup>-1</sup> un  $N_{190+40}$  kg ha<sup>-1</sup>. Pastāv tieša korelācija starp absolūto hlorofila daudzumu un SPAD vienībām ar korelācijas rādītāju  $R^2 = 0,931$ .

Fluorescences RC/ABS rādītājs kāpostu lapās pieaug slāpekļa mēslojuma ietekmē, kas norāda, ka slāpekļa mēslojums sekmē kāpostu lapu mezofila hloroplastu fotosistēmu fotoķīmiski aktīvo hlorofila molekulu skaita palielināšanos attiecībā pret antenu hlorofila

molekulām. Vislielākais RC/ABS ir  $N_{190}$  un  $N_{190+40}$  varianta augu lapās. Slāpekļa mēslojuma ietekmē izmainās fotosistēmas II aktivitāte, par ko liecina  $F_v/F_o$  rādītāja izmaiņas. Pēc fluorescences PI parametra izmaiņām, var spriest, ka vislielākā vitalitāte ir  $N_{190}$  un  $N_{190+40}$  variantu augiem. Slāpekļa trūkums (kontroles un  $N_{50}$  varianti) un pārbagātība ( $N_{190+40}$ ) izsauc negatīvas fotosintēzes norises izmaiņas, par ko liecina fluorescences  $F_v/F_m$  rādītājs.  $F_v/F_m$  samazināšanos galviņkāpostiem vērtējams kā stresa rādītājs.

Hlorofila saturu (SPAD vienībās un  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}$ ) un fluorescences rādītājus ( $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ , RC/ABS un PI) var izmantot kā agrīnu indikatoru, lai paredzētu slāpekļa mēslojuma efektivitāti galviņkāpostiem. Fluorescences rādītāji dod precīzāku priekšstatu par slāpekļa mēslojuma ietekmi.

### Summary

Efficiency of photosynthesis influences plant harvest, and chlorophyll amounts in plant leaves can characterize plant physiological statement and photosynthetic action. Improvement of photosynthesis efficiency can be achieved by using nitrogen fertilizer.

The aim of the work was to investigate changes of head cabbage ('Ancoma  $F_1$ ' variety) photosynthesis - related parameters under different nitrogen supply (50, 120, 190, 190 + 40 and 190 + 50 + 40 N kg ha<sup>-1</sup>).

Comparing results of field and laboratory experiments were discovered positive linear correlation between cabbage harvest and photosynthesis – related parameters. Nitrogen fertilizer influences chlorophyll amount in leaves, photosynthesis - related parameters and cabbage growth. Optimal nitrogen fertilizer doses are 190 and 190 + 40 N kg ha<sup>-1</sup>.

The conclusion was made that chlorophyll content (in SPAD readings and  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-2}$ ) and fluorescence parameters ( $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ , RC/ABS and PI) can be used as early indicator for foreseeing nitrogen fertilizer efficiency for head cabbage.

### Literatūra

1. Neufeld H.S., Chappelka A.H., Somers G.L., Burkey K.O., Davison A.W., Finkelstein P.L. Visible foliar injury caused by ozone alters the relationship between SPAD meter readings and chlorophyll concentrations in cutleaf coneflower. *Photosynthesis Research*, 2006. 87:281-286.
2. Netto A.T., Campostrini E., de Oliveira J.G., Yamanishi O.K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 2002. 14:203-210.
3. Гавриленко В., Жигалова Т. Большой практикум по фотосинтезу. Москва: Академия, 2003. 256 стр.
4. Duraes F.O.M., Gama E.E.G., Magalhaes P.C., Marriel I.E., Casela C.R., Oliveira A.C., Luchiari A.Jr., Shanahan J.F. The usefulness of chlorophyll fluorescence in screening for disease resistance, water stress tolerance, aluminium toxicity tolerance, and N use efficiency in maize. *Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference 11th-15th February, 2001*. pp.356–360.
5. Panda D., Rao D.N., Sharma S.G., Strasser R.J., Sarkar R.K. Submergence effects on rice genotypes during seedling stage: Probing of submergence driven changes of photosystem II by chlorophyll *a* fluorescence induction O-J-I-P transients. *Photosynthetica*, Vol.44, 2006. 1:69-75.
6. Hajiboland R., Hasani B.D. Effect of Cu and Mn toxicity on chlorophyll fluorescence and gas exchange in rice and sunflower under different light intensities. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* Vol.3, 2007. 1:4–17.
7. Otonen M., Rosenlund H.M. Morphological asymmetry and chlorophyll fluorescence in Scots pine (*Pinus sylvestris*): responses to variation in soil moisture, nutrients and defoliation. *Annales Botanici Fennici*, 2001. 38:285-294
8. Gastal F., Lemaire G. Nuptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, Vol.53, 370. *Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue* : 2002. pp.789-799.
9. Sidlauskas G., Bernotas S. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 2003. 1(2):229-243.
10. Pinior A., Grunewaldt-Stocker G., Alten H., Strasser R.J. Mycorrhizal impact on drought stress tolerance of rose plants probed by chlorophyll *a* fluorescence, proline content and visual scoring. *Mycorrhiza*, 2005. 15:596–605.

11. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 51, 2000. 345:659-668
12. Netto A.T., Campostrini E., de Oliveira J.G., Bressan-Smith R.E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 2005. 104:199-209
13. Samsone I., Andersone U., Vikmane M., Ieviņa B., Pakarna G., Ievinsh G. Nondestructive methods in plant biology: an accurate measurement of chlorophyll content by a chlorophyll meter. – *Acta Universitatis Latviensis*, 723, Biology: 2007. pp.145-154.
14. Mohr H., Schopfer P. *Plant Physiology* transl. by Gudrun and David W. Lawlor. Berlin: Springer, 1995. 629 p.
15. Skorzynska-Polit E., Baszynski T. Does Cd<sup>2+</sup> use Ca<sup>2+</sup> channels to penetrate into chloroplasts? A preliminary study. *Acta Physiologiae Plantarum*, Vol.22, 2000. 2:171-178.
16. Zhou X.J., Liang Y., Chen H., Shen S.H., Jing Y.X. Effects of rhizobia inoculation and nitrogen fertilization on photosynthetic physiology of soybean. *Photosynthetica*, 2006. 44(4):530-535.
17. Xu Z.Z., Zhou G.S. Nitrogen metabolism and photosynthesis in *Leymus chinensis* in response to long-term soil drought. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2006. 25:252-266.
18. Verhoeven A.S., Demmig-Adams B., Adams W.W. Enhanced employment of the xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. *Plant Physiology*, 1997. 113:817-824
19. Ainsworth E.A., Davey P.A., Hymus G.J., Osborne C.P., Rogers A., Blum H., Nosberger J., Long S.P. Is stimulation of leaf photosynthesis by elevated carbon dioxide concentration maintained in the long term? A test with *Lolium perenne* grown for 10 years at two nitrogen fertilization levels under free air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE). *Plant, Cell & Environment*, 2003. 26:705-714.

**LATVIJĀ IZVEIDOTO LINU ŠKIRŅU IZVĒRTĒJUMS PĒC SĒKLU  
RAŽAS UN KVALITĀTES**  
*EVALUATION OF LATVIAN FLAX VARIETIES BY SEED YIELD AND  
QUALITY*

**Veneranda Stramkale<sup>1,3</sup>, Aldis Stramkalis<sup>1,3</sup>, Ļubova Komlajeva<sup>1</sup>,  
Māra Selecka<sup>2</sup>, Māra Vikmane<sup>2</sup>, Arturs Stalažs<sup>2</sup>**

1- Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs

Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes rajons, LV 4650

Tālr.: +371 64628140, +371 29465004, e-pasts: strzin@apollo.lv

2- Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte

Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1010

Tālr.: +371 67034864, +371 29364133; e-pasts: mara.vikmane@lu.lv

3- RA Latgales ilgspējīgas attīstības pētnieciskais institūts

Atrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4600

Tālr.: 64625145, 64625154, e-pasts: dabkat@ru.lv

---

**Annotation.** *Flax cultures give dual-purpose production – flax fibre and seeds. Flax varieties adapted to local climate conditions have been bred but up to now the profound research of its quality was not carried out. In our investigation we analysed flax varieties of Latvia selection for seed yield and quality in comparison with standard varieties ‘Vega 2’ and ‘Lirina’. In Latgale Agricultural Scientific Centre 10 Latvian flax varieties are cultivated and seed yield, 1000-seed weight, seed oil content (extracted by hot pressing method) and fatty acid content in flax seed oil (detected with gas chromatography method) have evaluated. Seed yields of fibre flax Latvian varieties are significantly higher in comparison with standard variety ‘Vega’. All analysed seed samples have high oil content (27- 47%) and there is high percentage of polyunsaturated fatty acids in oil (linoleic acid 10,6-16,9%, linolenic acid 54,7-62,1%). There is little difference in 1000-seed weight, content of oil in seeds, percentage of linoleic, linolenic, oleic, palmitic and stearic acid in oil between fibre flax and oil seed flax varieties. The difference between the varieties is more influential. Flaxes seeds from Latvian varieties are in high quality and can be used for food, medical and technical purposes.*

---

**Key words:** *Flax, seed yields, 1000-seed weight, oil content and fatty acids.*

---

### **Ievads**

Latvija ir linu audzēšanai piemērotākais tālākais ziemeļu reģions Eiropā. Latvijas lauksaimniecībā lini jau no seniem laikiem ieņēmuši nozīmīgu vietu. Pirms Otrā pasaules kara visā Latvijas teritorijā linu audzēšanai izmantotās platības sasniedza 60 000 līdz 70 000 ha. Latvija bija viena no lielākajām linu produkcijas eksportētājvalstīm. Sākot no 1945.gada, mainoties politiskai un saimnieciskai situācijai, linu sējumu platības regulāri samazinājās un 1995.gadā linus valstī audzēja tikai 1400 ha platībā [1], neskatoties uz to, ka lini ir perspektīva kultūra Latvijā [2].

Linu audzēšanai ir stratēģiska nozīme, jo no tiem iegūst izejvielas dažādām tautsaimniecības nozarēm. Viena no senākajām un galvenajām linu izejvielām ir šķiedra, ko izmanto tekstilrūpniecībā, bet mūsdienās līnēm ir liela nozīme arī kā izejvielu avotam pārtikas, medicīnas preparātu, celtniecības materiālu un citās ražošanas nozarēs. Linu sēklas ir bagātas ar lipīdiem (33-45%), olbaltumvielām (18-33%), šķiedrvielām (28-35%), minerālelementiem (~4%), vitamīniem [3; 4; 6]. Linu sēklu proteīns tiek uzskatīts par labāko augu izcelsmes olbaltumvielu. Īpaši augstvērtīga ir linu sēklu eļļa, kas satur vitamīnus, neaizvietojamās aminoskābes, taukskābes un citas vielas. Viena no vērtīgākajām linu eļļas sastāvdaļām ir nepiesātinātās taukskābes, t.s.  $\alpha$ -linolēnskābe (*omega-3* taukskābe) un linolskābe (*omega-6* taukskābe) [3; 4; 6; 5]. Linu sēklām ir liela nozīme ne tikai cilvēka pārtikas vajadzībām, bet arī lopbarībā. Piemēram, linu sēklu izbarošana cūkām var uzlabot gaļas kvalitāti [7] un linu

sēklās esošo eļļu dēļ tā ir augstvērtīga barības piedeva arī citu mājdzīvnieku, tai skaitā vistu, barošanai [8].

Linu ražas palielināšanā būtiska nozīme ir mērķtiecīgai selekcijai, bet, lai konstatētu labākos un optimālos apstākļus to audzēšanai, paralēli ir jābūt arī pētījumiem par agroekoloģiskiem apstākļiem un to ietekmi uz konkrētu šķirņu augšanu un attīstību. Pasaulē un arī Latvijā tiek veikti pētījumi, piemēram, par agrotehnisko pasākumu ietekmi uz linu augšanu [9], linu sējas dažāda laika izvēli [10] vai arī atsevišķu ķīmisko elementu un bioloģiski aktīvo vielu ietekmi uz linu ražu un šķiedras veidošanos [11; 12; 13; 14].

No linu eļļas ražoto produktu izmantošana ir nozares iespēju rezerve, kas pagaidām Latvijā tiek maz izmantota, bet var kļūt nozīmīga, pieaugot linu audzēšanas apjomiem nākotnē. Linu audzēšana ir perspektīva, jo no tiem iegūtie produkti ir pilnīgi izmantojami [15]. Linu šķiedra 85-90% apmērā tiek eksportēta un ir konkurētspējīga ES tirgū. Latvijā audzē galvenokārt šķiedras linus, bet uzsākta arī eļļas linu audzēšana. Vērojama tendence pakāpeniski eļļas linu sējumu platībām palielināties.

Latgales lauksaimniecības zinātnes centrā kopš 1992.gada notiek Latvijā selekcionēto (1923.-1940.g.) linu šķirņu, kas repatriētas no dažādu valstu gēnu bankām, izpēte. Uzsākta arī šķiedras un eļļas linu selekcija un iegūto hibrīdu un līniju novērtēšana. Līdz šim nav veikti pētījumi par linu sēklu kvalitāti, īpaši par linu eļļas saturu un sastāvu.

### **Materiāls un metodes**

Pētījums veikts SIA „Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs” 2007. un 2008.gadā. Šī darba ietvaros analizētas 10 Latvijas linu šķirnes un līnijas. Izmēģinājumos kā standarts iekļauta arī Lietuvā selekcionēta šķiedras linu šķirne ‘Vega 2’ un Vācijā selekcionēta eļļas linu šķirne ‘Lirina’.

Lauka izmēģinājumus iekārtoja pēc randomizēto bloku metodes trijos atkārtojumos. Katru paraugu izsēja 1 m<sup>2</sup> platībā. Izolāciju platums: starp slejām – 1 m, starp lauciņiem – 30 cm, slejas gala izolācija – 30 cm. Izmēģinājumu laukā trūdaina podzolēta glejaugsne. Augsnes agroķīmiskais raksturojums abos izmēģinājuma gados būtiski neatšķīrās: organisko vielu saturs augsnē ir 3,0-3,5%, pH – 6,4-7,0, fosfora nodrošinājums P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 130-145 mg kg<sup>-1</sup> augsnes, kālija K<sub>2</sub>O – 118-124 mg kg<sup>-1</sup> augsnes. Priekšaugi – vasaras kvieši. Izmēģinājuma lauks ir drenēts, reljefs izlīdzināts, augsnes novērtējums – 48 balles. Pavasarī pēc pirmās augsnes kultivācijas iestrādāja komplekso minerālmēslojumu NPK 6-26-30, deva 300 kg ha<sup>-1</sup>. Sēklas sēja ar rokām, izsējot šķiedras līnijas 170 un eļļas līnijas 90 dīgstošas sēklas uz tekošo metru. Attālums starp rindām – 10 cm, sēšanas dziļums – 2-3 cm. Linu attīstības “eglītes” fāzē virsmēslojumā izsēja amonija nitrātu: šķiedras līnijas slāpekļa deva – 15 g m<sup>-2</sup> (N tīrvielā), eļļas līnijas – 30 g m<sup>-2</sup> (N tīrvielā).

Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrā ir uzstādīta *Adcon* meteostacija, kas savienota ar datorprogrammu *Dacom Plant Plus*. Iekārtas sniedz informāciju par agrometeoroloģiskajiem apstākļiem tieši izmēģinājumu tuvumā.

Meteoroloģiskie apstākļi 2007. un 2008.gada veģetācijas periodos bija atšķirīgi un dažādi ietekmēja linu augšanu un attīstību. 2007.gada maija trešajā dekādē bija palielināts nokrišņu daudzums, gaisa temperatūra par 7°C pārsniedza normu. Tas labvēlīgi ietekmēja sēklu dīgšanu un augu augšanu. Jūnijā vidējā diennakts temperatūra bija par 1,7°C augstāka par normu, bet nokrišņu daudzums – tikai 69% no normas un augsnē bija vērojams mitruma deficīts. Linu ziedēšanas laikā, jūnija beigās un jūlija sākumā, bija silts un mitrs laiks, kas pozitīvi ietekmēja augu augšanu un attīstību. Augusta mēnesī vidējā gaisa temperatūra par 2,5°C pārsniedza iepriekšējo gadu vidējos rādītājus, bet nokrišņi bija 76,3% no normas. Laika apstākļi labvēlīgi ietekmēja linu ražas nogatavošanos. 2008.gada maijā sausais un vējainais laiks veicināja augsnes izžūšanu un aizkavēja linu sēklu dīgšanu. Lini sadīga ļoti nevienmērīgi, un tikai 1.jūnijā atzīmēja dīgšanas fāzi. Jūnijā vidējā gaisa temperatūra bija

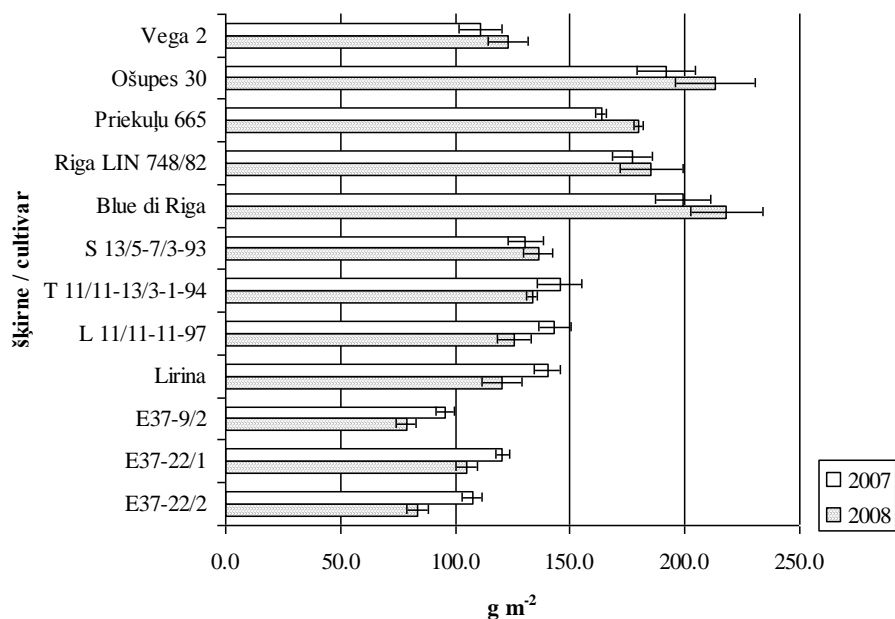
tuvu normai. Nokrišņu daudzums – puse no normas. Augsnē bija vērojams mitruma deficīts, ko vēl palielināja spēcīgais vējš. Lielais sausums nelabvēlīgi ietekmēja augu augšanu un attīstību. Jūlijā vidējā diennakts temperatūra atbilda vidējiem ilggadīgiem rādītājiem, bet nokrišņu daudzums 1. un 3.dekādē bija 40% no normas. Sausuma dēļ jūlija sākumā linu ziedēšanas periods bija īsāks. Jūlija otrajā dekādē nokrišņu daudzums bija par 73% lielāks nekā norma. Augusta pirmajā dekādē gaisa vidējā diennakts temperatūra bija tuvu normai, bet otrajā dekādē par 3,7°C pārsniedza normu. Nokrišņu daudzums augusta pirmajā dekādē bija 86% no normas, bet otrajā – 1,46 reizes pārsniedza normu. Meteoroloģiskie apstākļi pozitīvi ietekmēja linu nogatavošanos.

**Ražas novākšana.** Paraugus novāca ar rokām agrās dzeltengatavības fāzē. Augus sasēja kūlī un atstāja uz lauka 5-8 dienas. Kad lini bija sausi, tos atpoguļoja ar iekārtu *Eddi*, pēc tam pogaļas izberza caur sietu. Sēklas tīrīja ar paraugu tīrītāju *MLN*, nosvēra un aprēķināja sēklu ražu un 1000 sēklu masu.

Linu sēklās noteica kopējo eļļas daudzumu un taukskābju saturu LU Ķīmijas fakultātē profesora Dr.chem. P.Mekša vadībā. Eļļas daudzumu noteica ar karsto metodi, ekstrahējot Soksleta aparātā [16], taukskābju noteikšanai linu sēklu eļļu ieguva ar auksto metodi, izspiežot mehāniskā spiedē. Taukskābju saturu metilesteru formā noteica ar kombinēto gāzu hromatogrāfijas - masspektrometrijas metodi, izmantojot iekārtu *GCMS-QP 2010 (SUIMADZU)*, kurā jonizācija veikta ar 70 eV enerģiju, bet jonu atdalīšana panākta ar kvadrupolu tipa analizatoru. Taukskābju metilesteru atdalīšanai izmantota kapilārā kolonna *DB-5MS* (30 m×0,25 mm), kas analīzes laikā sildīta no 60°C līdz 280°C ar ātrumu 10°C min<sup>-1</sup>. Paraugi iztvaicēti 280°C plūsmas dalījuma (1:50) inžektorā. Par nesējgāzi izmantots sevišķi tīrs He (99,999%), un tā plūsmas ātrums cauri kolonnai tika uzturēts nemainīgs – 1,0 ml min<sup>-1</sup>. Taukskābju sastāva noteikšanai izmantota iekšējās normalizācijas metode [17; 18].

### Rezultāti un to izvērtējums

Lai gan meteoroloģiskie apstākļi 2007. un 2008.gadā bija atšķirīgi un dažādi ietekmēja linu augšanu un attīstību, tomēr sēklu nogatavošanās periodā abos izmēģinājuma gados laika apstākļi pozitīvi ietekmēja sēklu veidošanos. Iegūtas kvalitatīvas sēklas, tās ir spīdīgas un gludas. Lauka izmēģinājumu sēklu ražas rezultāti apkopoti 1.attēlā.



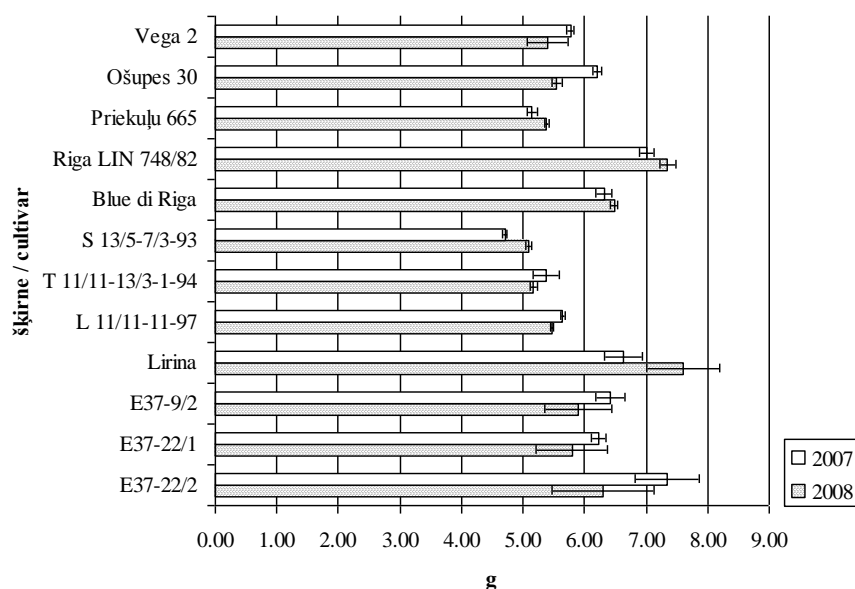
1.att. 2007. un 2008.gada linu sēklu raža /Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs/

Analizējot šķiedras linu sēklu ražu, jāsecina, ka no Latvijas linu šķirnēm iegūti būtiski sēklu ražas pieaugumi, salīdzinot ar standartu ‘Vega 2’. Lielākais linu sēklu ražas pieaugums abos izmēģinājuma gados ir šķiedras linu šķirnēm ‘Blue di Riga’ – 77,4-79,2%, ‘Ošupes 30’ – 72,6-73,2%, ‘Riga LIN 748/8’ – 50,8-59,5%, ‘Priekuļu 665’ – 46,0-47,4%. Eļļas linu līnijām ir mazāka sēklu raža. Abos izmēģinājuma gados tā sastāda 67,0-86,7% no standarta šķirnes ‘Lirina’ sēklu ražas. Savstarpēji salīdzinot Latvijas šķiedras un eļļas linus pēc sēklu ražas 2007. un 2008.gadā, jāsecina, ka no šķiedras līnijām iegūta lielāka sēklu raža nekā no eļļas līnijām.

Izmēģinājumā iegūtie linu sēklu ražas rezultāti nesakrīt ar citu autoru konstatēto, ka eļļas līnijām ir salīdzinoši lielāka sēklu raža nekā šķiedras līnijām [19]. Iespējams, ka lielais sausums 2008.gada sēklu dīģšanas periodā atstāja salīdzinoši lielāku negatīvu ietekmi uz eļļas nekā šķiedras linu augšanu un attīstību veģetācijas sākumā. Arī literatūrā ir norādes, ka eļļas līniju un šķiedras līniju dažādi reaģē uz vides izmaiņām [19; 6].

Viens no sēklu ražas kvalitātes rādītājiem ir 1000 sēklu masa. Rupjākās linu sēklas parasti ir pilnīgāk izveidojušās, tādēļ to dīgtspēja un kvalitāte ir labāka [19; 1; 6].

Pētījumā pēc 1000 sēklu masas nav viennozīmīgi izteiktas atšķirības starp 2007. un 2008.gada izmēģinājumu rezultātiem, kā arī Latvijas līnijām un standarta šķirnēm (2.attēls).



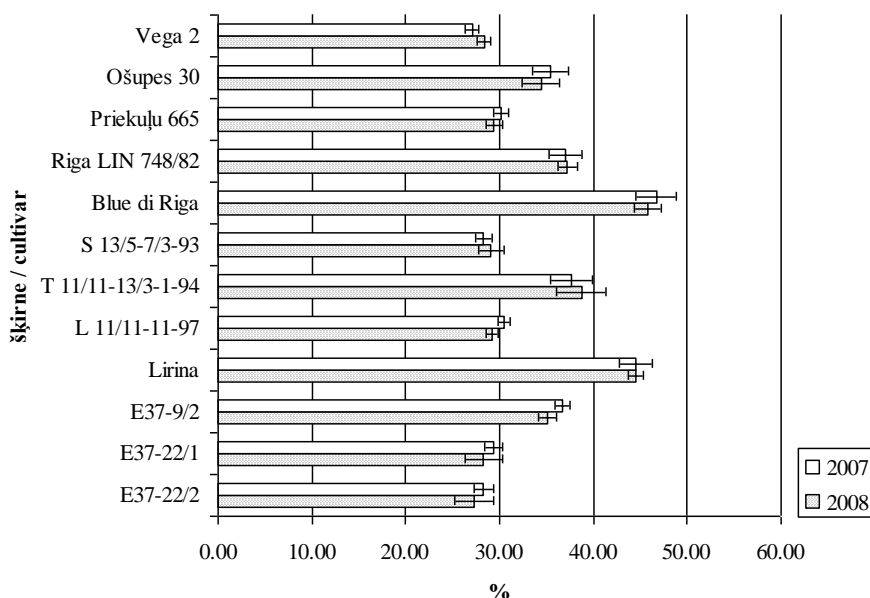
2.att. 2007. un 2008.gada linu 1000 sēklu masa

Vislielākā 1000 sēklu masa 2007.gadā ir Latvijas eļļas līnijām ‘E37-22/2’ (7,3 g) un šķiedras līnijām ‘Riga LIN 748/82’ (7,0 g), bet 2008.gadā – eļļas linu standarta šķirnei ‘Lirina’ (7,6 g) un šķiedras līnijām ‘Riga LIN 748/82’ (7,3 g). Vidējā lielākā 1000 sēklu masa abos izmēģinājuma gados ir šķiedras līnijām ‘Riga LIN 748/82’ (7,2 g), eļļas līnijām ‘Lirina’ (7,1 g) un ‘E37-22/2’ (6,8 g), kā arī šķiedras līnijām ‘Blue di Riga’ (6,4 g). Citi autori [19; 1] ir konstatējuši, ka 1000 sēklu masa šķiedras līnijām ir 4-7 g, bet eļļas līnijām tā ir lielāka – 6-12 g. Izmēģinājumos šādas atšķirības nenovērojām: šķiedras linu 1000 sēklu masa ir 4,7-7,3 g, eļļas linu – 5,8-7,6 g. Tikai ‘S 13/5-7/3-93’ 1000 sēklu masa 2007.gada izmēģinājumos ir 4,7 g, pārējām izmēģinājumos pētītajām linu šķirnēm un līnijām tā nav mazāka par 5 g. Tas liecina par linu sēklu kvalitāti un piemērotību mainīgiem agroekoloģiskajiem apstākļiem.

Linu sēklu eļļa ir gaiši brūna ar dzeltenīgu nokrāsu, raksturīgu smaržu un garšu. Tās saturs linu sēklās ir 27-47% no sēklu masas (3.attēls). Pēc eļļas daudzuma sēklās nav viennozīmīgi izteiktas atšķirības starp Latvijas līnijām un standarta šķirnēm, kā arī šķiedras un eļļas līnijām. Lielākais eļļas daudzums ir Latvijas šķiedras linu ‘Blue di Riga’ sēklās – 46-47%, bet



mazākais – šķiedras linu ‘Vega 2’ (27,0-28,3%) un eļļas linu ‘E37-22/2’ (27,3-28,3%), ‘E37-22/1’ (28,3-29,4%) sēklās. Eļļas saturs ir vairāk atkarīgs no linu šķirnes.



3.att. 2007. un 2008. gada ražas eļļas saturs linu sēklās

Eļļas linu standarta šķirnes ‘Lirina’ sēklās ir 44,5% eļļas. Pēc literatūras datiem, linu šķirnes ‘Lirina’ sēklās eļļa ir 44-45% [1], kas ir gandrīz identisks lielums izmēģinājumā iegūtajam rezultātam un netieši liecina, ka vides apstākļi izmēģinājuma gados ir bijuši labvēlīgi linu sēklu attīstībai.

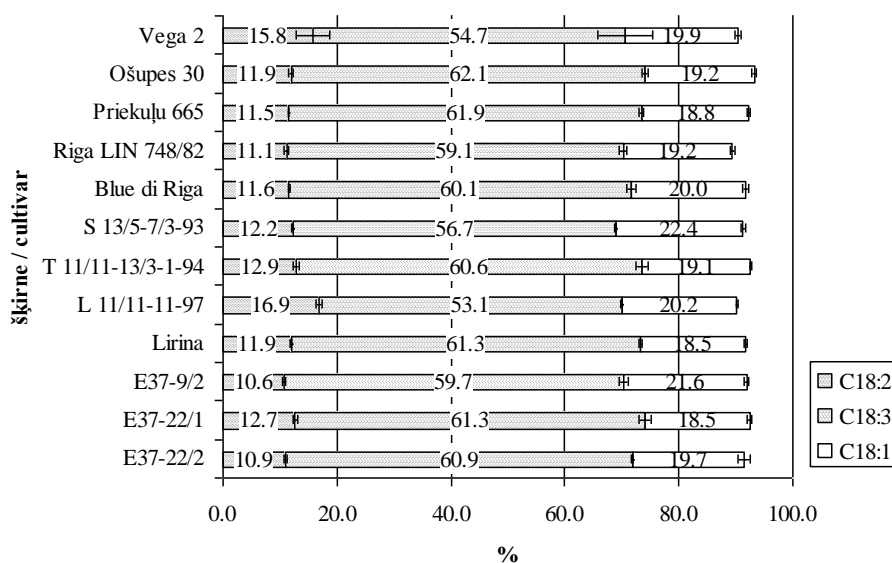
Linu sēklu eļļa atšķiras no citām augu eļļām, jo tā satur daudz polinepiesātināto taukskābju (līdz 73%): linolskābe ( $\omega$ -6) – 11-18%, linolēnskābe ( $\omega$ -3) – 36-60% kā arī mononepiesātināto taukskābi oleīnskābi 10-18% [3; 2; 4; 6; 5]. Nepiesātinātās taukskābes ir neaizstājamas taukskābes, kas nerodas cilvēka organismā un ir jāuzņem ar uzturu. Augsts linolēnskābes un arī linolskābes saturs linu sēklu eļļā veicina tās ātru oksidēšanos. Lai novērstu linu eļļas kvalitātes pazemināšanos, farmācijā linu sēklu eļļu fasē kapsulās [2; 4].

Ir noteikts nepiesātināto taukskābju: linolskābes (C18:2), linolēnskābes (C18:3), oleīnskābes (C18:1) un piesātināto taukskābju: palmitīnskābes (C16:0), stearīnskābes (C18:0) saturs linu sēklu eļļā (4., 5.attēls).

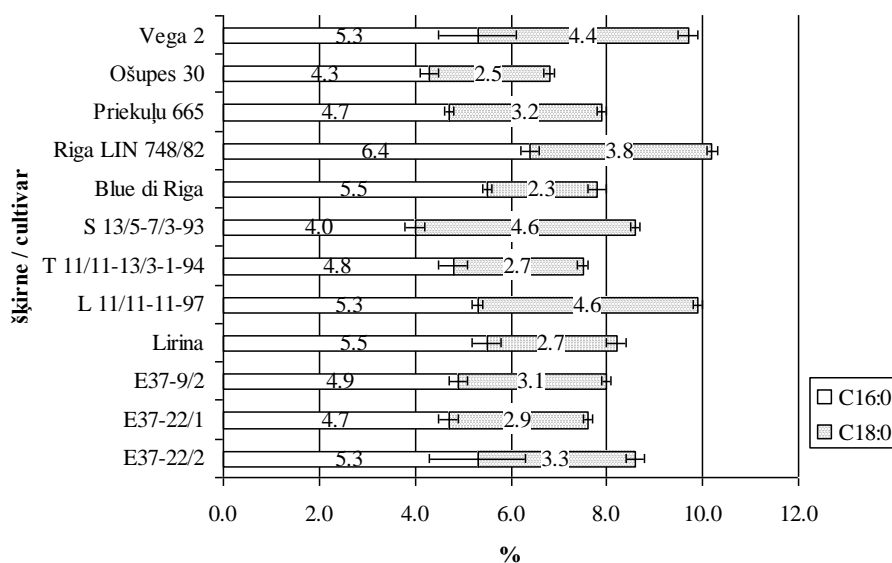
Linolskābe ( $\omega$ -6 taukskābe) linu sēklu eļļā ir no 10,6% (‘E37-9/2’) līdz 16,9% (‘L 11/11-11-97’). Pēc linolskābes daudzuma nav izteiktas atšķirības starp eļļas un šķiedras liniem. Latvijas šķiedras lini pēc linolskābes daudzuma pat nedaudz pārsniedz eļļas linu standarta šķirni ‘Lirina’ (4.attēls). Izmēģinājumā izmantoto linu sēklu eļļā ir augsts linolēnskābes ( $\omega$ -3 taukskābe) daudzums – 54,7-62,1%. Latvijā selekcionētie šķiedras lini (izņemot ‘L 11/11-11-97’) pēc linolēnskābes daudzuma ievērojami pārsniedz šķiedras linu standarta šķirni ‘Vega 2’, bet ‘Ošupes 30’ un ‘Priekuļu 665’ – pat eļļas linu standarta šķirni ‘Lirina’. Arī visas analizētās Latvijas eļļas linu sēklas ir ar lielu linolēnskābes saturu (59,7-61,3%). Pēc mononepiesātinātās taukskābes oleīnskābes satura linu sēklu eļļā starp šķirnēm ir vērojamas atšķirības, tās nav raksturīgas šķiedras un eļļas liniem. Vislielākais oleīnskābes saturs konstatēts šķiedras liniem ‘S 13/5-7/3-93’ un eļļas liniem ‘E37-9/2’ (22,4% un 21,6%), bet vismazākais (18,5%) – šķirnei ‘Lirina’.

Kopējais nepiesātināto taukskābju daudzums linu sēklu eļļā ir no 89,4% līdz 93,2%, tas šķiedras liniem neatšķiras no eļļas liniem. Atšķirības taukskābju sastāvā vairāk atkarīgas no linu šķirnes. Visvairāk nepiesātināto taukskābju ir Latvijas linu sēklās: ‘Ošupes 30’ – 93,2%,

‘E37-22/1’ – 74,0%, ‘T 11/11-13/3-1-94’ – 92,6%, ‘E37-22/1’ – 92,5% un ‘Priekuļu 665’ – 92,2%, bet vismazāk – ‘Rīga LIN 748/82’, ‘L 11/11-11-97’ un ‘S 13/5-7/3-93’ sēklās.



4.att. Nepiesātināto taukskābju daudzums līnu sēklu eļļā (2007.gada raža)  
C18:1 – oleīnskābe; C18:2 – linolskābe; C18:3 – linolēnskābe



5.att. Piesātināto taukskābju daudzums līnu sēklu eļļā (2007.gada raža)  
C16:0 – palmitīnskābe; C18:0 – stearīnskābe

Arī pēc piesātināto taukskābju daudzuma līnu sēklu eļļā starp šķirnēm ir vērojamas atšķirības, bet tās nav raksturīgas šķiedras vai eļļas līniem, kā arī Latvijā selekcionētajām un standarta šķirnēm (5.attēls). Palmitīnskābes daudzums līnu eļļā ir no 4% (‘S 13/5-7/3-93’) līdz 6,4% (‘Rīga LIN 748/82’), stearīnskābes – no 2,3% (‘Blue di Rīga’) līdz 4,4% (‘Vega 2’).

Līniem ar mazu linolēnskābes saturu (<55%) ‘L11/11-11-97’ un ‘Vega 2’ pieaug linolskābes, oleīnskābes, palmitīnskābes un stearīnskābe saturs (4., 5.attēls). Cītu autoru darbos ir norādes, ka, samazinoties linolēnskābes un pieaugot oleīnskābes, palmitīnskābes un stearīnskābes saturam eļļā, samazinās eļļas oksidējamība un pieaug stabilitāte [3]. Var prognozēt, ka šo līnu sēklu eļļa varētu būt stabilāka par pārējām. Stabilāka varētu būt arī līnu līniju ‘S 13/5-7/3-93’

un 'L11/11-11-97' sēklu eļļa, jo tās sastāvā ir vismazākais polinepiesātināto taukskābju saturs.

Vislielākais polinepiesātināto taukskābju linolskābes un linolēnskābes saturs (73,5-74,0%) ir Latvijā selekcionēto linu 'Ošupes 30', 'T11/11-13/3-1-94', 'Priekuļu 665' un 'E37-9/2' sēklu eļļā, kam varētu būt augsta medicīniska vērtība.

### Secinājumi

Latvijas repatriēto šķiedras linu šķirņu sēklu raža ir par 46,0-79,2%, Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrā selekcionēto šķiedras linu līniju – par 2,3-31,0% lielāka nekā šķiedras linu standarta šķirnei 'Vega 2'. Lielākais sēklu ražas pieaugums iegūts no šķirnēm 'Blue di Riga' – 77,4-79,2%, 'Ošupes 30' – 72,6-73,2%, 'Riga LIN 748/8' – 50,8-59,5%, 'Priekuļu 665' – 46,0-47,4%. Latvijas eļļas linu sēklu raža ir 67,0-86,7% no eļļas linu standarta šķirnes 'Lirina' ražas. Šķiedras linu 1000 sēklu masa ir 4,7-7,3 g, eļļas linu – 5,8-7,6 g). Lielākā 1000 sēklu masa ir šķiedras līnēm 'Riga LIN 748/82' (7,2 g), eļļas līnēm 'Lirina' (7,1 g) un 'E37-22/2' (6,8 g), kā arī šķiedras līnēm 'Blue di Riga' (6,4 g).

Eļļas saturs Latvijas linu sēklās ir 27,3-46,7% no sēklu masas. Latvijā selekcionēto linu sēklu eļļā ir liels polinepiesātināto taukskābju (linolskābe – 10,6-16,9%, linolēnskābe – 54,7-62,1%) daudzums. Visvairāk nepiesātināto taukskābju ir linu: 'Ošupes 30' – 93,2%, 'E37-22/1' – 74,0%, 'T 11/11-13/3-1-94' – 92,6%, 'E37-22/1' – 92,5% un 'Priekuļu 665' – 92,2% sēklu eļļā.

Pēc 1000 sēklu masas, eļļas satura linu sēklās un taukskābju – linolskābes, linolēnskābes, oleīnskābes, palmitīnskābes un stearīnskābes daudzuma linu sēklu eļļā šķiedras līni maz atšķiras no eļļas līnēm, atšķirības vairāk atkarīgas no šķirnes. Eļļa, iegūta no Latvijā selekcionētu linu sēklām, ir kvalitatīva un izmantojama pārtikā, medicīnā un tautsaimniecībā.

### Summary

Flax is a significant agricultural object giving double production – flax fibre and seeds. Flax seeds are rich in lipids, proteins, fibre, microelements and vitamins. Flax seed oil is an extra quality source of unsaturated fatty acids. Flax varieties adapted to local climate conditions have been bred but up to now profound research of their seed quality was not carried out. In our investigation we analysed seed yield and quality of flax varieties bred before in Latvia and repatriated again and fibre flax and oil flax varieties bred in Latgale Agricultural Scientific Centre for seed yield and quality in comparison with standard varieties 'Vega 2' (fibre flax) and 'Lirina' (oil flax). In Latgale Agricultural Scientific Centre 10 Latvian flax varieties are cultivated and their seed yield, 1000-seed weight, seed oil content (extracted by hot pressing method) and fatty acid content in flax seed oil (detected with gas chromatography method) have been evaluated.

The field tests were carried out in the Latgale Scientific Agricultural Centre in Eastern Latvia, but the laboratory analysis in the Faculty of Chemistry at the University of Latvia. Field tests were performed in years 2007-2008. The field tests design was random blocks repeated for 3 times. The total area for a block was 1 m<sup>2</sup>. The soil type was humus podzolic gley. The content of organic substances in the soil was 3.0-3.5%, pH 6.4-7.0, phosphorus – 130-145 mg kg<sup>-1</sup> soil, K<sub>2</sub>O – 118-124 mg kg<sup>-1</sup> soil. The pre-plant was wheat. The yield of seeds and 1000-seed weight of flax seeds was determined in field tests. In the laboratory seed oil content (extracted by hot pressing method) and fatty acid content in flax seed oil (detected with gas chromatography-massspectrometry method) have been evaluated.

Seed yields of fibre flax Latvian varieties are significantly higher in comparison with standard variety 'Vega'. All analysed seed samples have high oil content (27- 47%) and there is high percentage of polyunsaturated fatty acids in oil (linoleic acid 10,6-16,9%, linolenic acid 54,7-62,1%). There is little difference in 1000-seed weight, content of oil in seeds, percentage of

linoleic, linolenic, oleic, palmitic and stearic acid in oil between fibre flax and oil seed flax varieties. *The* difference between the varieties is more influential.

Flaxes seeds from Latvian varieties are in high quality and can be used for food, medical and technical purposes.

#### Literatūra

1. Ivanovs S., Stramkale V. Linu audzēšanas un novākšanas tehnoloģijas. Jelgava, 2001. 1.-191.lpp.
2. Stramkale V., Sulojeva J., Seržane R., Janševskis E., Gudriniece E. Lini – perspektīva kultūra šķiedras un eļļas ražošanai Latvijā./ 4. starptautiskās zinātniski praktiskās konferences „Vide. Tehnoloģija. Resursi.” Materiāli. Rēzekne, 2003. 251.-257.lpp.
3. Morris D. Flax: A health and nutrition primer. Winnipeg: Flax Council of Canada, 2003. 11.lpp.
4. Liepiņa A. Lini. *Materia medica*. Nr 2, 2006. 27.-30.lpp.
5. Nandy S., Rowland G.G. Dual Purpose Flax (*Linum usitatissimum* L.) Improvement Using Anatomical and Molecular Approaches. 2008 International Conference on Flax and Other Bast Plants, 2008. 31.-39.p.
6. Ranjzad M., Khayyami M., Hasanzadeh A. A Comparison of Important Physical and Chemical Characteristics of *Linum usitatissimum* Sub. Species. *Pakistan Journal of Nutrition*. Nr 6 (3), 2007. 238.-240.lpp.
7. Dugan M.E.R., Aalhus J.L., Robertson W.M., Gibson L.L., Rolland D.C., Larsen I.L. Feeding flax seed to pigs: effects on pork fatty acid composition and palatability. *Advances in Pork Production* 15, Abstract #14, 2004.
8. Berglund D.R. Flax: New uses and demands. In *Trends in new crops and new uses*, J. Janick, A. Whipkey (eds.), ASHS Press, Alexandria, VA, 2002. 358-360.p.
9. Couture S.J., DiTommaso A., Asbil W.L., Watson A.K. Evaluation of fibre flax (*Linum usitatissimum* L.) performance under minimal and zero tillage in Eastern Canada. *J. Agronomy & Crop Science* 190, 2004. 191-196.p.
10. Saeidi G., Khodambashi M. Evaluation of agronomic traits of edible oil genotypes of flax at two seeding dates in Shahrekord [abstract]. *J.Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.* 10, No.4 (B), 2007. 321.p.
11. Stramkale V., Švarca J., Belousova R., Miške I. Mikroelementu preparātu – cinka vai vara borātu – un fitohormona "Germīns" kompozīciju iedarbības izpēti linu ražas un kvalitātes palielināšanai. *Agronomijas Vēstis*, Nr. 1, 1999. 82.-85.lpp.
12. Stramkale V., Kondratovičs U., Vikmane M., Kaula V. Vidi saudzējošu biostimulatoru ietekme uz linu ražu un kvalitāti. *Agronomijas Vēstis*, Nr. 2, 2000. 61.-65.lpp.
13. Stramkale V., Karlsons A., Vikmane M., Kondratovičs U., 2003. Biostimulatoru ietekme uz linu ražas veidošanos. *Agronomijas Vēstis*, Nr. 5, 160-164
14. Stramkale V., Karlsons A., Vikmane M., Kondratovičs U. Regulative functions of biostimulators during linseed germination. Enabling environment for society wellbeing, Proc. of the int. conf. „Scientific achievements for wellbeing and development of society”. March 4-5, 2004, Rēzekne, 54.-60.pp.
15. Stramkale V., Poiša L., Vikmane M., Stramkalis A., Komlajeva Ļ. Eļļas linu audzēšana un izmantošanas iespējas Latvijā. Tautsaimniecības attīstības problēmas un risinājumi. Starptautiskās zinātniskās konferences materiāli, Rēzekne, 2008. 412.-420.lpp.
16. Matiseks R., Šnēpels P.M., Šteinere G. Pārtikas analītiskā ķīmija. Rīga: Latvijas Universitāte, 1998. 33.-35.lpp.
17. Valters R. Masspektroskopijas izmantošana organiskajā ķīmijā. Rīga: RTU, 1993. 1051 lpp.
18. Fowles I.A. *Gas Chromatography*. 2<sup>nd</sup> edition. John Willy&Sons. Chichester. UK, 1995. 258 p.
19. Foster R., Pooni H.S., Mackay I.J. Quantitative evaluation of *Linum usitatissimum* varieties for dual-purpose traits. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, No 129, 1997. 179-185.p.

# GRIĶU NOZĪME AUGU MAINĀ UN NEZĀĻU IEROBEŽOŠANAS IESPĒJAS ILGGADĪGOS PĒTĪJUMOS

## THE BUCKWHEAT ROLE IN CROP ROTATION AND WEED CONTROL IN THIS SOWINGS IN LONG TERM TRIAL

**Andris Lejiņš, Biruta Lejiņa**

LLU Aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts

Skrīveri, Aizkraukles rajons, Latvija, LV 5125

Tel. +371 65197531,+ 371 26046292 e-pasts: andrislejins@inbox.lv

---

**Abstract.** Buckwheat research has been carried out within the long-term crop rotation stationary that was established in 1969 as a part of the Research institute of Agriculture. Buckwheat proportion within the particular crop rotations went up to 22%. The highest buckwheat yields were obtained from the buckwheat variants that were cultivated after winter rye, and within the buckwheat monoculture experimental plots. A considerable yield decrease was observed when cultivating buckwheat after potatoes. Weeds in the buckwheat sowing were effectively brought under control by the herbicide Butisane 400 (1.5 l ha<sup>-1</sup>), applied immediately after sowing and Betanal AM 2.5 l ha<sup>-1</sup> after seedling in 2-3 leaves stage.

**Keywords:** crop rotation, monoculture, buckwheat, weediness, weed control, herbicides

---

### Ievads

Pēdējos gados griķu sējumu platības Latvijā svārstās no 4500-6000 ha. Notiekot saimniecību specializācijai, it sevišķi graudaugu audzēšanas saimniecībās, griķi iegūst arvien lielāku nozīmi kā fitosanitārā kultūra graudaugu mainā, kas atveseļo graudaugu sējumus un dod iespēju samazināt augu slimību izplatību dabiskā ceļā, līdz ar to samazinot vajadzību pēc fungicīdu lietošanas. Tāpēc griķus jānovērtē kā priekšaugi citām kultūrām, kā arī skaidrojama to nozīme pašiem griķiem. Palielinoties griķu sējumu platībām, arvien lielāka kļūst vajadzība apkarot nezāles ķīmiskiem līdzekļiem, sevišķi tur, kur tos vēlas sēt jaunapgūtās aizlaistās zemēs.

### Materiāli un metodes

Pētījumi veikti LLU Aģentūras Zemkopības zinātniskajā institūtā ilggadīgā augseku stacionārā izmēģinājumā un pavadošos herbicīdu efektivitātes salīdzināšanas izmēģinājumos. Augsnes raksturojums ir šāds: pH 5,4-6,3, organiskās vielas saturs – 19-22 g kg<sup>-1</sup>, viegli uzņemamais P – 21-23 mg kg<sup>-1</sup> un K – 87-99 mg kg<sup>-1</sup> augsnes. Pēc granulometriskā sastāva augsne vērtējama kā mālsmilts. Pētījumos ar griķiem izmantotas šķirnes 'Anita Beloruskaja' un 'Aiva'. Izmēģinājumu metode augsekām – neizvērsts pilnfaktoriāls randomizētu lauciņu izvietojums, kur griķu īpatsvars sniedzās līdz 33%, herbicīdu efektivitātes pētījumos – divfaktoriālie skaldītie lauciņi, atkārtojumu skaits – 4. Mēslojums – pavasarī pēc pirmās rudens arumu kultivācijas – N<sub>32</sub>P<sub>50</sub>K<sub>75</sub>. Katra lauciņa raža novākta ar kombainu *Sampo 500*, nosvērta un pielīdzināta pie 14% mitruma. Variantu ražu starpības izvērtētas matemātiski ar dispersijas analīzi. Nezāļu uzskaitē veikta katra varianta 100 vietās, nosakot katras nezāļu sugas sastopamības % un pārrēķinot to uz katras sugas skaitu vienu m<sup>-2</sup> (Rasiņš A., Tauriņa M., 1982).

### Iegūtie rezultāti

Iegūtie rezultāti ilggadīgā augseku stacionārā liecina, ka griķus sekmīgi var audzēt atkārtoti (1.tabula). Tos var sēt arī pēc ziemas rudziem. Pilnīgi jāatsakās tos sēt pēc kartupeļiem, jo ražas samazinājums ir būtisks visus izmēģinājuma gadus. Šo ražas samazinājumu var izskaidrot ar to, ka kartupeļiem un griķiem ir paaugstinātas prasības pēc kālija mēslojuma un kartupeļi kā priekšaugi tos pastiprināti izceļ no augsnes.

**Dažu priekšaugu ietekme uz griķu riekstiņu ražu ilggadīgā augseku stacionārā  
Skrīveros (1997-2007)**

<i>Priekšaugi</i>	<i>Raža t ha<sup>-1</sup></i>	<i>+/-</i>	<i>%</i>
Ziema rudzi	1,43	- 0,04	97
Kartupeļi	1,20	- 0,27	82
Griķi monokultūrā	1,47		100
$\gamma_{0,05}$	0,21		

Par griķu labvēlīgo ietekmi uz vasaras kviešu ražu liecina 2.tabulas dati, kur redzams būtisks vasaras kviešu ražas pieaugums pēc griķiem un tas ievērojami pārsniedz tauriņziežu pozitīvo efektu.

**Dažu priekšaugu ietekme uz vasaras kviešu ražu t ha<sup>-1</sup> Skrīveru augseku stacionārā**

<i>Priekšaugi</i>	<i>Raža t ha<sup>-1</sup></i>	<i>+/-</i>	<i>%</i>
Griķi	4,80	+ 1,67	153
Āboliņš vai lupīna	4,00	+ 0,87	128
Vasaras kvieši atkārtotā audzēšanā	3,13		100
$\gamma_{0,05}$	0,38 t ha <sup>-1</sup>		

Viens no griķu pozitīvās ietekmes iemesliem ir sakņu puves *Gaeumannomyces graminis* izplatības un intensitātes samazināšanās vasaras kviešu sējumos, kur tie sēti pēc griķiem (3.tabula).

**Augseku ietekme uz sakņu puvi *Gaeumannomyces graminis* izplatību un vasaras kviešu  
ražu t ha<sup>-1</sup>**

<i>Graudaugu īpatsvars augsekā</i>	<i>Priekšaugi</i>	<i>Sakņu puvi izplatība <i>Gaeumannomyces graminis</i> (%)</i>	<i>Slimības intensitāte - <i>Gaeumanno- myces graminis</i> %</i>	<i>Vas. kviešu raža t ha<sup>-1</sup></i>
100 %	Vas. kvieši	100	64	3,0
83 %, t.sk. griķi 33 %	Griķi	82	29	3,46
$\gamma_{0,05}$				0,26

Nezāļu daudzums griķu sējumos var būtiski ietekmēt ražu, apgrūtināt ražas novākšanu un kuļšanas tīrīšanu. Iepriekšējo gadu ekspedicionālie pētījumi Austrumlatvijā parādīja, ka griķu sējumos nezāļu ir daudz un nezālainība vērtējama kā augsta, jo kopējais vidējais nezāļu skaits uz m<sup>2</sup> svārstās ap 100. Nezāļu sugu skaits laukos parasti svārstās no 15 līdz 27, no kurām būtisku kaitējumu nodara 6-10 sugas. No īsmūža nezālēm visvairāk sastopamas dažādas *Chenopodium* sugas, kuras pastiprināti parādās tūlīt pēc griķu noziedēšanas, kad daļēji samazinās griķu lapu noēnojums. Tāpat daudz ir dažādas *Polygonum* sugas, *Tripleurospermum inodorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Galium aparine* u.c. No daudzgadīgām nezālēm nospiedošā vairākumā ir *Elytrigia repens*, kas vislielāko kaitējumu var nodarīt veģetācijas sākumā, iesējot griķus slikti sastrādātā augsnē. Jāatzīmē, ka labos augšanas apstākļos griķi pavasarī var pat pāraugt laukā esošos vārpātu un rada maldīgu priekšstatu par tās sekmīgu nomākšanu. Patiesībā tā nav iznikusi un pēc griķu noziedēšanas vai kad tie sakrīt veldrē, samazinās griķu aplapojums un vārpata atkal parādās sējumu

virspusē un kalpo kā piesārņojums kultūrām. Lai skaidrotu ložņu vārpatas apkarošanas iespējas griķu sējumos, tika izmantoti herbicīdi *Ažils* un *Zelleks super* 1,0 l ha<sup>-1</sup>. Šie preparāti domāti graudzāļu nezāļu – ložņu vārpatas, mauru skarenes – *Poa annua* u.c. apkarošanai un tos izmanto, kad ložņu vārpatas sasniegusi 10-15 cm garumu. Pārbaudes rezultātus skatiet 4. un 5. tabulā. Neskatoties uz to, ka *Zelleks* un *Ažils* ir ļoti efektīvi, tomēr daudz lētāk un ne sliktāk ložņu vārpatas apkarošanu var veikt ar glifosāta preparātiem pirms griķu sējas (6.tabula).

4.tabula

**Griķu raža, lietojot dažādu ložņu vārpatas apkarošanas herbicīdus**

Variants	Raža t ha <sup>-1</sup> Yield t ha <sup>-1</sup>	%	±
Kontrole- bez herbicīdu lietošanas	2,38	100	
Ažils 1 l ha <sup>-1</sup>	2,85	119,8	+0,47
Zelleks super 1 l ha <sup>-1</sup>	3,03	127,1	+0,65
γ 0.05	0,23		

5.tabula

**Ložņu vārpatas zaļā un gaissausā masa, lietojot ložņu vārpatas apkarošanas herbicīdus**

	Green matter of <i>Elytrigia repens</i>			Dry matter of <i>Elytrigia repens</i>		
	g m <sup>-2</sup>	%	Efficiency %	g m <sup>-2</sup>	%	Efficiency %
Kontrole- bez herbic. lietoš.	446	100		239,0	100	
Ažils 100 l ha <sup>-1</sup>	12,5*	2,8	97,2	5,75	2,4	97,6
Zelleks super 1 l ha <sup>-1</sup>	0,8*	0,18	99,8	0,25	0,1	99,9

6.tabula

**Dažādu augsnes pirmsējas apstrādes variantu salīdzinājums**

Rādītāji	Pirms griķu sējas trīs reizes kultivēts	2 nedēļas pirms sējas izsmidzināts raundaps 1,5 l ha <sup>-1</sup>
Raža t ha <sup>-1</sup>	1,68	1,99
%	100	118
Īsmūža nezāļu skaits	101	68
Daudzgadīgo nezāļu skaits -	21	10
t.sk. ložņu vārpatas	13	2
Nezāles kopā	122	78

Otra visvairāk sastopamā daudzgadīgā nezāle ir *Artemisia vulgaris*, kura rada apgrūtinājumu ražas novākšanas un kuļšanas žāvēšanas laikā. Nezāļu ierobežošanai sekmīgi var izmantot griķu audzēšanas īpatnību, ka tos varam sēt vēl – maija beigās, jūnija pirmajās dienās. Lai izmantotu šo laiku, tika iekārtoti divfaktoriāli izmēģinājumi, kur salīdzināja divus pirmsējas un 8 pēcsējas nezāļu apkarošanas variantus ar herbicīdu lietošanu (7.tabula).

Griķu riekstiņu raža dažādos herbicīdu lietošanas variantos

Nr	Varianti	2 nedēļas pirms sējas izsmidzināts raundaps 1,5 l ha <sup>-1</sup>			Pirms sējas trīs reiz kultivēts		
		Raža, t ha <sup>-1</sup>	%	1000 riekstiņu masa	Raža, t ha <sup>-1</sup>	%	1000 riekstiņu masa
1.	Kontrole – pēc sējas bez herbicīdiem	1,80	100	23,99	1,47	100	24,08
2.	Raundaps 1,5 l ha <sup>-1</sup> 2-3 dienas pirms sadīgšanas	2,11	117	24,06	1,77	120	24,06
3.	Butizāns 400 1,5 l ha <sup>-1</sup> tūlīt pēc sējas	1,97	109	24,09	1,72	117	23,96
4.	Butizāns 400 2,0 l ha <sup>-1</sup> tūlīt pēc sējas	1,94	108	24,18	1,63	110	23,92
5.	Piramīns Turbo 1,5 l ha <sup>-1</sup> tūlīt pēc sējas	1,95	108	24,31	1,68	114	24,58
6.	Piramīns Turbo 2,0 l ha <sup>-1</sup> tūlīt pēc sējas	1,86	103	23,48	1,61	109	23,62
7.	Betanāls AM 2,5 l ha <sup>-1</sup> pēc sadīgšanas 2-3 lapu fāzē	2,17	120	24,06	1,87	127	23,96
8.	Betanāls AM 2,5 l ha <sup>-1</sup> 7 dienas pēc pirmās smidzināšanas	2,10	116	24,14	1,69	115	23,84
	$\gamma_{0,05} = 0,113 \text{ t ha}^{-1}$						

Vidējais nezāļu skaits griķos dažādos herbicīdu lietošanas variantos pēc to sējas

Nezāles	Herbicīdu apstrādes varianti							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Īsmūža nezāļu skaits	127	106	36	34	93	88	88	79
Daudzgadīgo nezāļu skaits	20	17	13	9	18	16	11	14
Nezāles pavisam kopā	147	123	49	43	112	104	99	93
%	100	84	33	29	76	71	67	63

Roundupa lietošana pirms griķu sējas nodrošina nezāļu skaita samazinājumu gandrīz uz pusi un ticamu ražas pieaugumu par 18% (8.tabula). Jāatzīmē, ka nezāļu iznīcināšanai, lietojot vairākkārtīgu kultivāciju, daudzas nezāles, tai skaitā īsmūža, bieži tiek tikai noliekas un pēc kultivācijas lietai laikā var ātri iesakņoties, turpretī, lietojot glifosātu preparātus, apstrādātās nezāles neaug un aiziet bojā. Vērtējot preparātus, jāsecina, ka *Butizāna 400* variantos, nezāļu ir par trešdaļu līdz pusei mazāk nekā *Piramīna torbo* variantos. Nav būtiskas starpības nezāļu skaitā starp *Butizāna* un *Piramīna* 1,5 un 2,0 l/ha devām. *Butizāns* labāk ierobežo dažādas *Galeopsis* un *Chenopodium* sugas, kuras ražas novākšanas laikā rada problēmas novākšanā, priekštīrītāja noslogojumā un žāvēšanā, bet *Betanāls AM* labāk iznīcina parastās pērkones – *Raphanus raphanistrum*. Salīdzinot *Betanāla AM* un *Butizāna 400* lietošanas tehnoloģiskās prioritātes, tad priekšroka dodama *Butizānam 400*, jo tā lietošanu mazāk ietekmē laika apstākļi un ir garāks optimālais smidzināšanas laiks. Turpretī *Betanālu AM* nevar smidzināt lietus laikā un optimālā 2-3 lapu fāzē griķiem ir ļoti īsa.

Nav būtiskas starpības nezāļu skaitā variantos starp *Betanāla AM* smidzināšanas reižu skaitu.



### Secinājumi

1. Griķi un kartupeļi ir savstarpēji nesaderīgas kultūras un nav audzējamas vienā augsekā vai augmaiņā.
2. Vislielāko griķu ražu iegūst, tos audzējot atkārtoti vai pēc ziemas rudziem. Būtisks griķu ražas samazinājums ir tur, kur tie sēti pēc kartupeļiem.
3. Griķu sējumos nezāļu ierobežošanai pēc sējas sekmīgi izmantojami herbicīdi *Butizāns 400* tūlīt pēc sējas un *Betanāls AM* griķu 2-3lapu fāzē.

### Pateicība

Izsakām pateicību firmām „KEMIRA GROW HOW”, „BASF”, „Aventis Crop Science” par atbalstu izmēģinājumu ierīkošanā un doto iespēju pārbaudīt viņu preparātus.

### Summary

During the past few years area of buckwheat sowings in Latvia varies from 4500 to 6000 ha. As the farms, especially crop planter farms, try to specialize their branch of cultivation, the buckwheat becomes more and more significant as a phytosanitary culture in the crop rotation. It rehabilitates crop sowings and gives an opportunity to decrease distribution of plant diseases in a natural way, reducing necessity of fungicide usage. Therefore buckwheat should be valued as a foreplant for other cultures, and significance of foreplants should be clarified also in regard to the buckwheat. As the area of buckwheat sowings expand, it becomes more necessary to carry out weed control with chemicals, especially in newly cultivated lands.

Researches have been carried out in LAU Agency Research Institute of Agriculture in the long-term crop rotation stationary and during the associated comparative trials of herbicide efficiency. Characterization of soil: pH 5.4 - 6.3, contents of organic substance - 19-22 g kg<sup>-1</sup>, easy absorbable P - 21-23 mg kg<sup>-1</sup> and K - 87-99 mg kg<sup>-1</sup> of soil. Granulometric composition of soil can be evaluated as sandy loam. In researches there have been used buckwheat sorts 'Anita Beloruskaja' and 'Aiva'. Method of crop rotation researches – unexpanded fully factorial disposition of randomized plots with buckwheat proportion in the crop rotation - up to 33%. Method of herbicide efficiency research – bi-factorial split plots with 4 repetitions. Fertilizer N<sub>32</sub>P<sub>50</sub>K<sub>75</sub> treatment carried out in spring, after the first cultivation of autumn plough. Yield of each plot has been harvested with combine Sampo 500, afterwards weighed and equated to humidity level 14%. Differences between yields of several variants have been rated mathematically with dispersion analysis. Weed count has been done for each variant in 100 spots, defining distribution of each weed species in % and then converted into quantity per m<sup>2</sup> (Rasins A., Taurina M., 1982).

From results obtained in the long-term stationary trial we see that buckwheat can be successfully grown repeatedly in the same place (table Nr.1). Winter rye is also a good foreplant for buckwheat. One should avoid sowing buckwheat right after potatoes, as it gives a remarkable decrease of yield throughout all the years of trial. This decrease of yield can be explained with the fact, that both - buckwheat and potatoes require lots of potassium fertilizer and subsequently potatoes as buckwheat foreplant intensively take out potassium from the soil.

In table Nr.2 we can see the favourable influence that buckwheat has towards spring wheat. There is a remarkable increase of yield in spring wheat sowings after buckwheat, the yield is even higher than we have observed in spring wheat sowings after papilionaceous plants. One of the reasons of good influence that buckwheat as a foreplant gives to spring wheat sowings is decrease of distribution and intensity of basal rot *Gaeumannomyces graminis* (table Nr.3).

Weed quantity in buckwheat sowings can essentially influence yield, obstruct harvesting and drying. Expedition researches of the past years in Eastern Latvia show high level of

weediness in buckwheat sowings, total average quantity of weeds per square meter is approximately 100. Quantity of weed species usually varies from 15 to 27, from which more harmful are 6 – 10 species. From the annual weeds more common are different kinds of *Chenopodium* which particularly appear right after cease of buckwheat blossoming when the shading of buckwheat leaves reduces. There are also various kinds of *Polygonum*, *Tripleurospermum inodorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Galium aparine* and others.

From perennial weeds the mostly widespread is *Elytrigia repens* which may cause the biggest harm at the beginning of vegetation, if buckwheat is sowed in a poorly cultivated soil. Must admit that in favourable growing conditions in spring buckwheat can even overgrow the couch-grass and bring out a delusion of successful suppression of couch-grass. In fact it isn't withered away, but after cease of buckwheat blossoming or lodging the buckwheat leafage reduces and couch-grass appears above sowings again and serves as a contamination for the following cultures. Treatment of herbicides Agil 100 and Zellex Super 1,0 L per ha<sup>-1</sup> was done to explicate possibilities of couch-grass control in buckwheat sowings. These chemicals are provided for grass weed control, such as couch-grass, annual meadow-grass - *Poa annua* and others, and the treatment is done when couch-grass is about 10-15 cm high. Results of the trial are displayed in tables Nr.4 and 5. Herbicides Agil and Zellex Super are very effective, however much cheaper and not a bit worse couch-grass control can be done with glyphosate preparations before buckwheat sowing (table Nr.6).

Second most widespread perennial weed is *Artemisia vulgaris* which causes difficulties by the yield harvesting and crop drying. For weed control we can take the advantage of buckwheat sowing factor – late sowing, end of May or even first days of June. To use this time we arranged a bifactorial trial where we compared two pre-sowing and 8 after sowing variants of weed control with herbicide treatment (table Nr.7).

Evaluating preparations we can draw a conclusion that in Butisane 400 variants there are for one third up to one half less weeds than in variants of Pyramine turbo. There is no disparity of weed quantity between Butisane and Pyramine 1.5 and 2.0 L/ ha doses. Different kinds of *Galeopsis* and *Chenopodium* which cause problems by harvesting and drying, can be more successfully controlled with Butisane. Though Betanal AM fights better with jointed charlocks - *Raphanus raphanistrum*. If we compare technological priorities of Betanal AM and Butisane 400 treatment, the preference should go to Butisane 400, because it is more resistant to weather conditions during spraying and the optimal spraying period is longer. Whereas Betanal AM cannot be sprayed when it is raining and the optimal 2-3 leaf phase for buckwheat is very short. There is no vital disparity of weed quantity in different variants with various numbers of Betanal AM spraying times.

#### Literatūra

1. Lapiņš D., Lejiņa B. Augsekas. LLKC, Ozolnieki, 1997. 80 lpp.
2. Lejiņš A., Lejiņa B. 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 2000 Latvia, The results of long-term field experiments Baltic States. 2000. pp. 81-93.
3. Lejiņš A., Lejiņa B. Pētījumi par augmaiņu un nezāļu apkarošanu ziemas rudzos un miežos augseku stacionārā Skrīveros 1997-2000.g. Agronomijas Vēstis, Nr.4, 2002. 102.-106.lpp.
4. Lejiņš A., Lejiņa B. Pētījumi par augmaiņu un nezāļu apkarošanu auzās, vasaras kviešos un griķos augseku stacionārā Skrīveros (1997-2000), Agronomijas Vēstis, Nr.5, 2003. 143.-150.lpp.
5. Lejiņš A., Lejiņa B. Graudaugu ražas dažādas struktūras augsekās un dažādu pesticīdu efektivitāte. R.kr. Zemkopības institūta zinātnei – 60, 2006. 203.-212.lpp.
6. Lejins A., Lejina B. The influence of crop rotation and plant-protection-complex on buckwheat and potato yield. Agronomijas Vēstis, Nr.11, 2008. 235.-239.lpp.
7. Rasiņš A., Tauriņa M. Nezāļu kvantitātes uzskaites metodika Latvijas PSR apstākļos. Ieteikumi. Rīga: LM ZTIP, 1982. 24 lpp.

# SPECIES COMPOSITION AND ECOLOGICAL STRUCTURE OF CARABID'S ASSEMBLY IN A FODDER'S MIXTURE FIELD IN NORTH POLAND

## KARABĪDU KOPUMA SUGU SASTĀVS UN STRUKTŪRA ZIEMEĻPOLIJAS JAUKTAJĀS LOPKOPIBAS PĻAVĀS

Oleg Aleksandrowicz, Brygida Pakuła, Ewelina Grabiec

Zakład Zoologii. Akademia Pomorska, ul. Arciszewskiego 22 b, 76-200 Słupsk

e-mail: oleg.aleksandrowicz@apsl.edu.pl

---

**Abstract.** *It June-September of 2007 the qualitative and quantitative composition of carabids were investigated in annual fodder's mixture field in vicinity of Bukowina village in Pomeranian province (N Poland, UTM XA83, 17°50'E and 54°25'N). It was trapping 509 specimen belonged to 23 species. The studied carabid assembly had very specific species composition and ecological structure. Was observed 7 dominant species: Calathus fuscipes, Harpalus griseus, Harpalus rufipes, Harpalus calceatus, Poecilus lepidus, Broscus cephalotes and Harpalus froelichii (more than 5% specimen). This assembly is characterized by low species richness, polydomination, high value Shannon and Pielou indexes, and not typical high seasonal activity of "autumn breeders" in first half of June. Possible reasons of such phenomena are soil condition (dry sand soil) and extreme warm winter 2006/2007.*

**Keywords:** *Carabidae, ground beetles assembly, sandy soil, crop field.*

---

### Introduction

Carabids traditionally are object of attention of practical entomologists, their value as predators of depredators of crops is widely known. Recently carabids are used as bioindicators at an assessment of various man impacts – from application of pesticides before urbanization processes (Luff 1996, Holland 2002).

In Poland the peak of interest to field carabids has fallen to 60-70 years of the XX-th century (Kabacik 1962, Kabacik-Wasylik 1970, Honczarenko 1964, Górný 1971). Researches of last years have especially practical character and concern, mainly species richness and assembly's structure in winter rape fields (Pałosz 1996, 1997; Gabryś, et al. 1999) and, seldom, a winter wheat (Jaworska 2001, Huruk 2002, 2008, Grabarkiewicz 2003, Jaworska, Wiącek 2006).

Feature of the Polish farm-production is the abundance of small-scale enterprises, with small arable lands, within 5-10 hectares, and the area of a concrete field can compound only 1-2 hectares. In such conditions modern technologies on fields are used seldom.

Revealing of a species composition, frame of the population and seasonal dynamics of activity of carabids in the field of grain mixture in a small peasant farm during all season of vegetation was the purpose of our researches.

### Place and methods

In 2007 ground beetles were intensively sampled from fodder's mixture field in the North of Pomeranian province (N Poland), nearby in Bukowina village (UTM XA83, 17°50'E and 54°25'N).

The village Bukowina is situated in South Baltic Lakeland, at mesoregion of Kaszubian Lakeland.

Studies were carried out on farmland with fodder's mixture: oat 50%, barley 25% and wheat 25%. The field's area was 0, 96 h. Field was on wavy basis and its area was 0, 96 h.

The field in the form of a irregular trapeze, from the North is limited by a rye field, from the West – a field of grain mixed, from the East with mixed forest and from the South – with the road (Fig. 1). Soil represents the field complex N 7 – weakest, for rye only. This light soil was originated from loose sands.

Ammonium nitrate was used as fertilizer, and the Chwastox as herbicide. The lupine was a preceding crop.

Ground beetles were collected in pitfall traps exposed in the field for two-week-long periods from 28 May to 10 September of 2007. Each trap was constructed from one 500 ml plastic cup (92 mm diameter) placed into the ground so the lip of the cup was at or slightly below the ground surface. Approximately 50 ml of 25% ethylene glycol was then added as a preservative. Each of traps has been designated by individual number. Beetles from each trap were fixed separately. In total 1080 trap-days are fulfilled. Activity density level was counting as number of specimen per trap per day.

Statistical processing was spent with use of a package of applied statistical programs "Statistica 8.0".

At an estimation of structure of domination Renkonen's scale is used (Renkonen 1938). According to which are allocated dominant (more than 5%), subdominant (3-5%), recedent (1-3%) and subrecedent (less than 1%) species.

For an estimation of structure of assembly were used: a Shannon's index of variety, Pielou index of evenness (Песенко 1982).

The ecological characteristics of the species have been excerpted from the following publications: Larsson (1939), Lindroth (1945), Thiele (1977), Koch (1989). The following classifications are used: by habitat (open-area species, forest and open-area species), by trophic group (predators, hemizoophagous, phytophagous), by humidity preferences (hygrophilous, mesohygrophilous, mesophilous, mesoxerophilous, and xerophilous) and by development type (autumn and spring breeders).

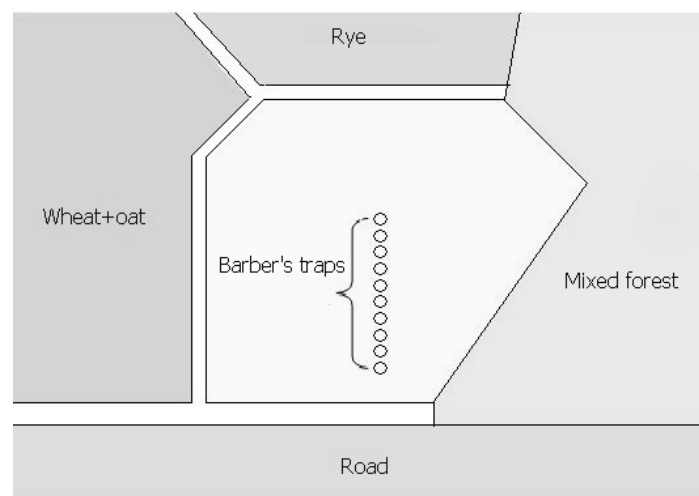


Fig. 1. Location of trapping research area and neighbouring fields

## Results

### Number of specimens and activity

In total, 509 ground beetles from 23 species and 8 genera were collected (Tab. 1). Activity density was  $0.47 \pm 0.06$  individuals per trap per day. The most species richness were registered in genera *Harpalus* (8 species) and *Calathus* (4 species).

### Structure of dominance

A group of dominants included 7 species: *Calathus fuscipes*, *Harpalus griseus*, *Harpalus rufipes*, *Harpalus calceatus*, *Poecilus lepidus*, *Broscus cephalotes* and *Harpalus froelichii*. A group of subdominants consisted of *Harpalus smaragdinus* and *Amara fulva*. Recedent was represented by *Calathus ambiguus*. The other 13 species were classified as subrecedent species.

Diversity indexes reached accordingly: Shannon  $H' = 2.38$ ; Pielou index of evenness'  $e=0.76$  (Tab. 1).

Table 1.

**Species composition and domination in carabid assembly on crop field**

<i>Species</i>	<i>Domination, %</i>
Dominant	
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze,1777)	17.49
<i>Harpalus griseus</i> (Duftschmid,1812)	15.13
<i>Harpalus rufipes</i> (Degeer,1774)	14.73
<i>Harpalus calceatus</i> (Duftschmid,1812)	13.95
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske,1785)	9.82
<i>Broscus cephalotes</i> (Linnaeus,1758)	8.06
<i>Harpalus froelichi</i> Sturm,1818	6.09
Subdominant	
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid,1812)	3.54
<i>Amara fulva</i> (Degeer,1774)	3.14
Recedent	
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull,1790)	1.96
Subrecedent	
<i>Amara consularis</i> (Duftschmid,1812)	0.59
<i>Amara equestris</i> (Duftschmid,1812)	0.59
<i>Calathus cinctus</i> Motschulsky,1850	0.20
<i>Calathus erratus</i> (Sahlberg,1827)	0.20
<i>Carabus cancellatus</i> Illiger,1798	0.39
<i>Carabus convexus</i> Fabricius,1775	0.39
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller,1783)	0.98
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank,1781)	0.20
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid,1812)	0.20
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer,1797)	0.98
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus,1758)	0.39
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm,1824)	0.59
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller,1783)	0.39
Total individuals	509
Total species	23
Mean activity density, specimen/per trap/per day	0.47
Standard deviation of mean activity density	0.06
Shannon diversity index $H'_{ln}$	2.38
Pielou index of evenness' $e$	0.76

**Ecological characteristics**

All dominating species are widespread in Palearctic on arable field and meadow. The dominant group was open-area species (20 species and 98.83% of specimen). Species of forest and open-area (*Carabus convexus*, *Carabus cancellatus*, *Pterostichus niger*) were represented by single individuals (1.17%) (Tab. 2).

Breakdown by trophic type revealed a dominance of predators (*Broscus*, *Calathus*, *Dolichus*, *Poecilus* etc.) in terms of species (12) and a quantitative dominance of hemizoopgagous (*Harpalus* spp., *Amara equestris*) in terms of individuals (41.46%). Share of predators specimen was very closely: 40.86%. Phytophagous species (*Harpalus calceatus*, *Amara fulva*, *A. consularis*) consisted 17.68 of assembly.

Table 2.

**Participation of the ecological elements in carabid assembly**

<i>Ecological characteristic</i>	<i>Number of species</i>	<i>% of specimen</i>
Habitat group		
Open-area	20	98.83
Forest and open-area	3	1.17
Trophic group		
Predator	12	40.86
Hemizoophagous	8	41.46
Phytophagous	3	17.68
Humidity preferences group		
Mesophilous	7	34.96
Mesoxerophilous	7	4.52
Xerophilous	9	60.52
Development type		
Autumn breeders	17	97.84
Spring breeders	6	2.16

In terms of humidity preferences, xerophilous species prevailed both with regard to the number of species and individuals (9 species, and 60.52% of specimen). Mesophilous species were in second position: 7 species, 34.96% of individuals.

Finally, classification with respect to developmental type showed a predominance of autumn breeders in quality (17 species) and quantity (97.84% specimen) aspects.

**Seasonal dynamic of activity density**

It is revealed two not appreciable peaks of activity density (Fig. 2). The first period of mass activity was noted in the end of July, and the second – in second half of August. High level activity in June was registered to all dominant species. Activity of carabids was in high whole summer. In the middle of September only observed decrease of activity density.

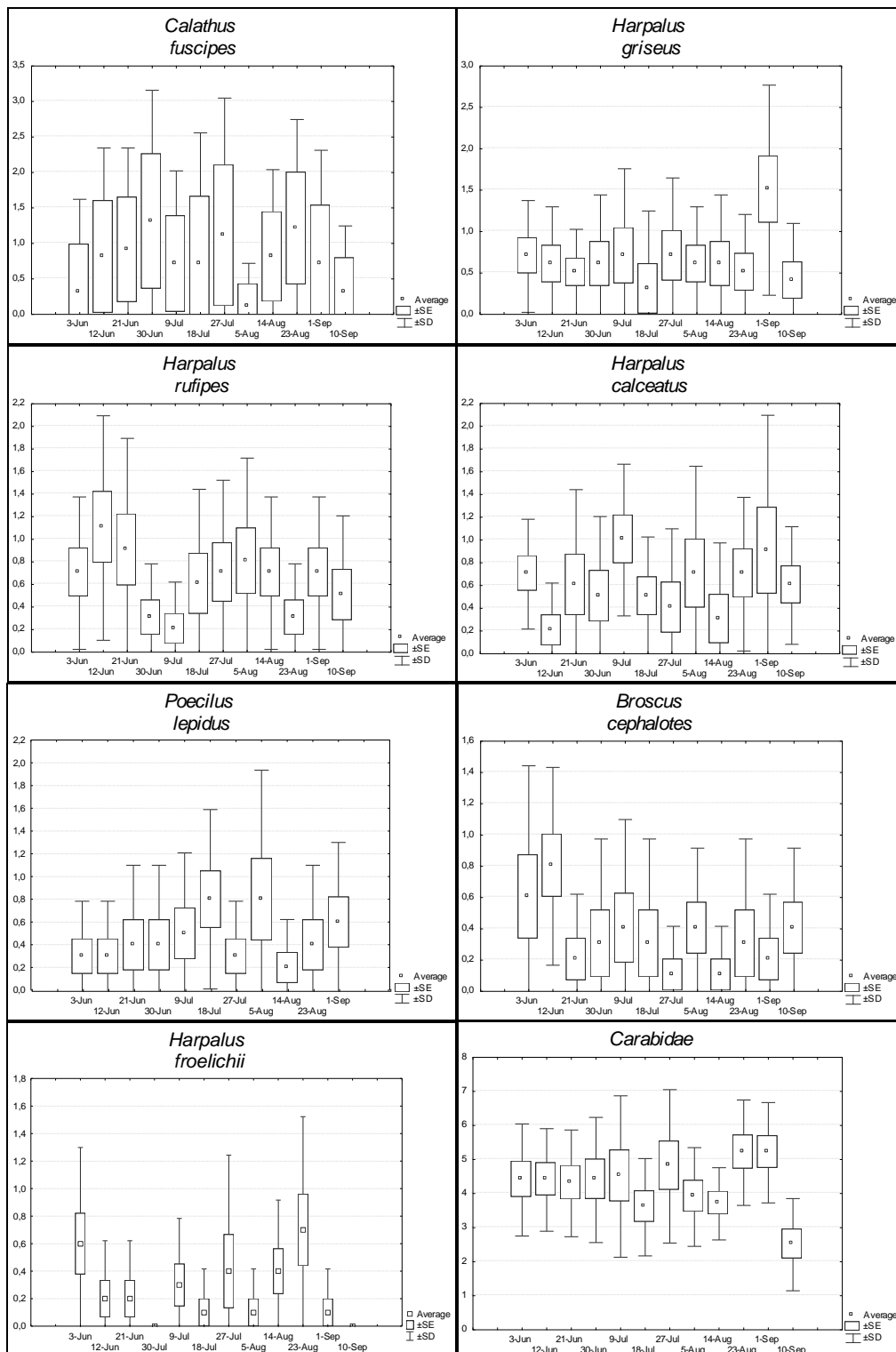
This two peaks of activity had been almost entirely generated by dominants: *Calathus fuscipes*, *Harpalus rufipes*, *Harpalus calceatus*, and *Harpalus froelichii* (Fig. 2). Second group of dominants had one appreciable peak only: *Broscus cephalotes* – in the first half of June; *Poecilus lepidus* – in beginning of August; and *Harpalus griseus* in the beginning of September (Fig. 2).

**Discussion**

Species richness of the assembly was typical to such kind community in light soil in Middle Europe. For annual crop species number was not more 30 (Thiele 1977, Luff 2002). Similar value of species richness, within 25-35 species are known for fields of grain crops in central Poland (Kabacik 1962, Jaworska 2001, Jaworska i Wiącek 2006, Huruk 2007).

For a long time it is known, that the species richness depend on type and mechanical composition of soil (Heydemann 1955). The specific composition and low species richness are characteristic to sandy soils (Thiele 1977, Andersen 2000). Such species as *Carabus convexus*, *Poecilus versicolor*, *Poecilus lepidus*, *Harpalus tardus*, *Harpalus distinguendus*, *Harpalus griseus*, *Broscus cephalotes*, *Calathus erratus*) are selected by Heydemann (1955) to qualitative indicators of winter grain and root crop fields on sandy soils. According to Andersen (2000) the carabid's fauna sandy soils of the Western Europe is generated by species from sandy coast of fresh water body and sea coasts. It is possible to species with westpaleartic areals, whereas euro-siberian elements such *Harpalus calceatus*, *H. froelichii*, *Harpalus smaragdinus*, *H. distinguendus*, *Calathus ambiguous*, *Dolichus halensis* have got into Middle Europe from the East, from forest-steppe and steppe zones

where are numerous in grain crops (Васильева 1971, Александрович 1996, Колесников, Сумароков 1993).



**Fig. 2. Seasonal dynamic of activity density in carabid's assembly at fodder's mixture field in 2007**

Studying assembly had domination structure is not usual for a corn field community. *Harpalus rufipes* and *Poecilus lepidus* only were known as dominant in cornfields, and

*Broscus cephalotes* for root crop fields on sandy soil in West and Middle Europe (Thiele 1977). *Calathus fuscipes* is known as dominant in meadow assembly (Tietze 1973, Thiele 1977, Александрович 1996). *Harpalus griseus* was known as dominant in potatoes in Central Belarus (Aleksandrowicz 2002). Such dominants as *Harpalus calceatus* and *H. froelichii* and subdominants *Harpalus smaragdinus* and *Amara fulva* were observed as dominants in East European fields in forest-steppe (Васильева 1971) and steppe zone (Колесников, Сумароков 1993).

One more assembly special feature was polydomination: established 7 dominant species. This polydomination and high evenness (Pielou index  $e=0.76$ ) were the reasons of high level of Shannon diversity index. The value of Shannon index ( $H'=2.38$ ) close to that, received for grain fields of Belarus: 2.49- 2.79 in different soil type (Александрович, 1979). However value of Shannon indexes for grain fields of Belarus are resulted by results of long-term researches.

The value of activity density is very differing in Europe cornfield assembly (Huruk 2007). According this author, average level activity density evaluate from 0.5 to 2.0 specimen/trap/day. We established low activity density ( $0.47\pm 0.06$  specimen/trap/day), that close to bottom known border.

In trophic structure the predators and hemizoophagous prevail: 87 % of species and 82.32 % of caught individuals. Domination of predators on Middle Europe fields has universal character (Thiele 1977; Александрович 1996).

Prevalence xerophilous and mesoxerophilous species is prominent feature of carabid assemblies on sandy soils (Andersen 2000). We established domination represent of this humidity groups in qualitative (16 species from 23) and quantitative (65.04% all specimen) aspects.

Domination of autumn breeders on sandy soil is well known (Thiele 1977), but has not been established anywhere such overwhelming prevalence: 97.84 %.

Figure 2 shows the seasonal dynamic of active density of dominant species. All of them (except *Poecilus lepidus*) known as autumn breeders with larval overwintering stadium (Larsson 1939). Extremely warm winter 2006/2007 was a possible reason of overwintering of numerous imagines too. To *Broscus cephalotes*, and *Harpalus rufipes*, *H. griseus*, *H. calceatus* and *H. froelichii* observed not typical peaks of activity in first half of June.

### Conclusion

Thus, it is possible to conclude, that studied carabid assembly of fodder's mixture field on sandy soil had very specific species composition and ecological structure. This assembly is characterized by low species richness, polydomination, high value Shannon and Pielou indexes, not typical high seasonal activity of "autumn breeders" in first half of June. Possible reasons of such phenomena are soil condition (dry sand soil) and extreme warm winter 2006/2007.

### Bibliography

1. Aleksandrowicz O.R. 2002. Influence of Decis spraying on the community structure and species composition of beetles (Insecta Coleoptera) on a potato field. Baltic J. Coleopterol. 2(2):145-153.
2. Andersen J. 2000. What is the origin of the carabid beetle fauna of dry, anthropogenic habitats in western Europe? Journal of Biogeography, 27: 795-806.
3. Gabryś B., Sobota G., Gadomski H., Sarzyńska E. 1999. Czasowa i przestrzenna struktura populacji *Carabidae* w uprawie rzepaku ozimego. Progress in Plant Protection. 1999; 39(2): 429-431.
4. Górny M. 1971. Z badań nad biegaczowatymi (*Col.*, *Carabidae*) zadrzewienia śródpolnego i pól. Polskie Pismo Entomologiczne. Wrocław 1971. 12 (2): 399-412.
5. Grabarkiewicz A. 2003. Charakterystyka zgrupowań biegaczowatych (*Coleoptera*, *Carabidae*) w pszenicy objętej różnymi programami ochrony. Progress in plant protection / Postępy w ochronie roślin. Poznań 2003, Vol. 43 (2): 657-659.



6. Heydemann B. 1955. Carabiden der Kulturfelder als ökologische Indikatoren. Bericht über die 7 Wanderversammlung Deutscher Entomologen. Berlin: 173-185.
7. Holland J.M. 2002. Carabid beetles: Their ecology, survival and use in agroecosystems [In:] Holland J.M. (ed.) The Agroecology of Carabid Beetles. Intercept, Andover: 1-40.
8. Honczarenko I. 1964. Badania nad entomofauną glebową w różnych typach płodozmianów. Pol. Pismo Ent., B, 5(1-2; 33-34): 57-69.
9. Huruk S. 2002. Biegaczowate (*Coleoptera*, *Carabidae*) w jednorocznych uprawach rolnych na glebach bielicowych. Rocznik Świętokrzyski. Ser. B - Nauki Przyr. 28: 39-52.
10. Huruk S. 2007. Analiza struktur i aktywności polnych zgrupowań biegaczowatych (*Carabidae*, *Coleoptera*) na wybranych typach gleb Wydawnictwo Akademii Świętokrzyskiej. Kielce. 183 p.
11. Jaworska T. 2001. Skład gatunkowy biegaczowatych (*Carabidae*, *Coleoptera*) w uprawie pszenicy ozimej odchwaszczanej Aminopielikiem D. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollątaja w Krakowie nr 383, 2001, Rolnictwo, Z. 38:42-47
12. Jaworska T., Wiącek U. 2006. Bioróżnorodność biegaczowatych (*Carabidae*, *Coleoptera*) upraw zbożowych i sąsiadującego ugoru. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin, 46 (2): 66-68.
13. Kabacik D. 1962. Beobachtungen über die Quantitätsveränderungen der Laufkäfer (*Carabidae*) auf verschiedenen Feldkulturen. Ekol. Pol. (A), 10, 12: 307-323.
14. Kabacik-Wasylik D. 1970. Ökologische Analyse der Laufkäfer (*Carabidae*) einiger Agrarkulturen. Ekologia Polska. 18(7): 137-207.
15. Koch K. 1989. Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie. Krefeld, 413 ss.
16. Larsson S.G. 1939. Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der danischen Carabiden. Ent. Meddr. Bd 20. S. 277-560.
17. Lindroth C.H. 1945. Die fennoskandischen Carabidae. Eine tiergeographische Studie. 1. Spezieller Teil. - Göteborgs Kungl.: Vetenskaps-och Vitterhets-Samhallet, Bd. 4. N.1. - 709 s.
18. Luff M.L. 1996. Use of Carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. Ann. Zool. Fennici, Helsinki. 33: 185-195.
19. Luff M.L. 2002. Carabid assemblage organization and species composition. [In:] Holland J.M. (ed.) The Agroecology of Carabid Beetles: 41-79.
20. Pałosz T. 1996. Skład gatunkowy biegaczowatych (*Col.*, *Carabidae*) na plantacjach rzepaku ozimego o różnej technologii i intensywności uprawy. Materiały 35 ses. nauk. IOR/Inst. ochrony roślin. Poznań, Cz.1: 108-115.
21. Pałosz T. 1997. Występowanie biegaczowatych (*Col.*, *Carabidae*) i innych stawonogów epigeicznych na plantacjach rzepaku ozimego o różnej technologii uprawy. Tom XVIII Rośliny Oleiste, 1997: 343-348.
22. Renkonen O. 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fennicae Vanamo. 6(1): 1-231.
23. Thiele H.-U. 1977. Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. Berlin, Heidelberg, New York, 17+369 pp.
24. Tietze F. 1973. Zur Ökologie, Soziologie und Phenologie der Laufkäfer (*Coleoptera* - *Carabidae*) des Grünlands im Süden der DDR. I. Teil. Die Carabiden der untersuchten Lebensorte. Hercynia N.F, 10(1): 3-76.
25. Александрович О.Р. 1979. Жужелицы (*Coleoptera*, *Carabidae*) в полевых агроценозах Белоруссии. Защита растений. Минск. Вып. 4: 27-35.
26. Александрович О.Р. 1996. Жужелицы (*Coleoptera*, *Carabidae*) запада лесной зоны Русской равнины (фауна, зоогеография, экология, фауногенез). Автореф. дис...д-ра биол. наук /03.00.09 - энтомология. Белорус.НИИ защиты растений. пос. Прилуки (Мин. р-н), Минск: Арти-Фекс, 1996. 34 с.
27. Васильева Р.М. 1971. Видовой состав и распределение жужелиц по биотопам в Новозыбковском районе Брянской области. Уч. записки МГПИ им. В.И. Ленина. Т. 465: 26-40.
28. Колесников Л.О., Сумароков А.М. 1993. Зональные особенности фауны жужелиц (*Coleoptera*, *Carabidae*) пшеничных ценозов лесостепной и степной зон Украины. Энтомологическое обозрение, 72(2): 326-333.
29. Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 284 с.

# ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГЕНОТИПА НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

## *INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND GENOTYPE ON THE LINSEED YIELD AND SEED QUALITY*

Эльвира Груздевичене<sup>1</sup>, Зофия Янкаускаене<sup>1</sup>, Аудроне Манкевичене<sup>2</sup>

1- Упитская опытная станция ЛИЗ,

Упите, LT-38294, Паневежский район, Литва; e-mail: upyte@upyte.lzi.lt

2- Институт земледелия Литвы

ал. Института 1, LT-58344, Академия, Кедайняйский район, Литва; e-mail: audre@lzi.lt

---

**Abstract.** *The weakness of knowledge about linseed varieties and its growing features depending on genotype prevent linseed growing and seed marketing in Lithuania. The linseed varieties in Lithuania didn't achieve yield promised in the variety description. The aim of our investigations was to establish the influence of linseed genotype on the plant productivity, agrotechnical and biological characteristic and seed quality. Nine linseed varieties: Helmi, Szafir, Symphonia, Blue Chip, Lirina, Olinette, Lu-5, Gold Merchant and Flanders were tested in year 2008. As the result of our investigations, the linseed variety Symphonia, with best productivity is recommended to grow and multiple in Lithuania.*

**Key words:** *Linum usitatissimum L., linseed, variety, seed quality.*

---

### Вступление

Площади посевов льна-долгунца в мире составляют примерно 3,5 млн га, а льна масличного – более 7 млн га преимущественно он выращивается в Индии, США, Канаде, Аргентине, России. Урожай семян льна масличного колеблется от 1,9 до 2,5 т с 1 га (Живетин, Гинзбург, 2000; FAOSTAT Database Results, 2008).

Лен принадлежит к семейству льновых – *Linaceae*. В это семейство входят 22 рода, из которых для практических целей используется один – *Linum*. Род включает свыше 200 видов. Человек использует лишь несколько видов, имеющих цветы голубой, розовой, белой, а иногда даже красной окраски. Некоторые виды культивируются в качестве декоративных растений. Основное хозяйственное значение имеет культурный лен (*Linum usitatissimum* L.). Наибольшее хозяйственное значение имеет евразийский подвид и его группы: долгунец, кудряш и межеумок.

Лен-долгунец используют для получения волокна, а семена – для воспроизводства, как посадочный материал, и для получения масла. Лен-кудряш, культивируется на семена, произрастает в южных более засушливых районах. Он имеет в 20 раз больше семенных коробочек, чем лен-долгунец. Волокно в стеблях льна-кудряша грубое, одревесневшее, непригодное для переработки в текстильной промышленности. Лен-межеумок занимает промежуточное положение между льном-долгунцом и кудряшом. Он имеет более длинный и менее ветвящийся стебель, много семян, и его волокно часто используют для производства грубых тканей, пакли и крученых изделий. Кудряш и межеумок объединяют общим названием масличный лен (Живетин, Гинзбург, 2000).

Лен масличный ценная сельскохозяйственная культура, которую широко используют в промышленности. Из него получают техническое масло и дешевый растительный белок для животноводства. В семенах льна содержится до 48% масла, которое используется в виде технического сырья для ряда отраслей промышленности: лакокрасочной, мыловаренной, кожевенно-обувной и др. В последние годы во всем мире возрос интерес к использованию льняного масла в пищу в связи с его лечебными свойствами, обусловленными высоким содержанием линоленовой кислоты (Шпаар и др. 1999; Jankauskiene, 2003).

Фундаментальные исследования корреляции урожайности и качества семян льна показали, что посев крупными семенами значительно повышает урожай льна (Harper, Obeid, 1967; Арзуманова, 1978). Для посева надо использовать семена кондиционные, высоких репродукций, откалиброванные по размеру и удельной массе. Это значительно уменьшает вероятность заноса болезней с семенным материалом и повышает устойчивость всходов к заболеваниям (Gruzdevienė, 2006). В Литве разрабатывалась технология возделывания масличного льна. Как показали исследования, масличные льны имеют короткий период всходы-цветение, но созревание семян часто затягивается, особенно при неблагоприятной погоде (Mikelionis, Endriukaitis 2000).

Масличный лен – однолетнее, более теплолюбивое и менее требовательное к влаге, чем лен-долгунец, растение. Эффективные медико-биологические свойства льняных семян и масла из них резко стимулировали развитие этой культуры в мире, увеличили ее использование в хлебопекарной, кондитерской, маргариновой промышленности. Не только возросло использование семян льна и жмыха для корма сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы, идущих в пищу человеку, семян и масла в косметике, но и появились новые направления эффективного нетекстильного использования продукции льна. Волокна как масличного, так и волокнистых отходов долгунцового льнов стали использовать для армирования композиционных материалов, используемых в автомобильной, авиационной, судостроительной и других отраслях промышленности; для производства различных сортов бумаги (в том числе папиросной и банкнотной); для производства нетканых материалов, используемых в качестве геотекстиля (например, при прокладке дорог и каналов), агротекстиля, для тепло- и звукоизоляции, как паковочный материал. Древесина стеблей (костра) идет на производство теплоизоляционных, мебельных и строительных плит, топлива и сорбентов. Таким образом, появилось полное комплексное использование всех элементов растения льна, его семян и стебля (Живетин, Гинзбург, 2000).

Несмотря на то, что значение этой культуры во всем мире огромно, в Литве посевы льна масличного сокращаются. Сокращение посевов отчасти объясняется ухудшением экономических условий в сельском хозяйстве, резким спадом закупочных цен на семена льна и повышением цен на издержки производства и т.д. Одной из причин сокращения полей льна масличного в Литве являются низкие урожаи семян и недостаток знаний о высокопродуктивных сортах, адаптированных к условиям нашей Республики.

В данной работе была поставлена задача исследовать влияние условий окружающей среды и генотипа на качество семянного материала льна масличного.

### **Материал и методы**

На Упитской опытной станции Литовского института земледелия в 2008 г. проводился опыт с целью изучить влияние условий окружающей среды и генотипа на качество семян льна масличного. Исследовали сорта льна масличного: *Helmi*, *Szafir*, *Symphonia*, *Blue Chip*, *Lirina*, *Olinette*, *Lu-5*, *Gold Merchant* и *Flanders*.

Агротехника в опыте обычная по требованиям технологических условий выращивания льна масличного в Средней части Литвы (Mikelionis, Endriukaitis 2000).

Предшественник льна – озимая рож, почва – дерново подзолистая супесь, кислотность рН – 7,5. При достижении почвой физической спелости проводилась культивация на глубину 8-10 см, а затем – предпосевная культивация на 4-5 см. Способ сева – обычный рядковой с междурядьями 10 см. Глубина заделки семян – 3-4 см. Норма высева семян – 8 млн.шт./га всхожих семян (50-60 кг/га в зависимости от качества посевного материала каждого сорта).

Посевы льна масличного убирались отдельным способом. В фазе полной спелости теребили лен ручным способом, вязали в снопы и сушили в поле. Затем в полевой лаборатории снопы молотили молотилкой МЛ-60.

Анализы семян проводились в лабораториях Упитской опытной станции и Литовского института земледелия согласно соответствующим методическим указаниям.

Статистическая обработка и статистический анализ данных проводился с помощью программы статистической обработки информации ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

### **Результаты и обсуждение**

Лен масличный в нашем опыте был посеян 5 мая, 2008 г. Всходы взошли через 10 дней. Метеорологические условия в 2008 году были удовлетворительные для выращивания льна масличного. В начале вегетации (в конце мая и в первой половине июня) погода была неблагоприятная – нехватало влаги, но в июле прошли обильные осадки. Потом достаточная влажность почвы и умеренная температура воздуха способствовали оптимальному росту и развитию льна масличного.

В конце вегетации обильные осадки и жаркая погода могли способствовать проявлению грибных болезней на стеблях и заражению семян. В августе на боковых ветках метелки некоторых позднеспелых сортов (*Lirina*, *Blue Chip*, *Gold Merchant*) появились новые бутоны и цветки, хотя большинство коробочек на главном стебле уже достигли спелости.

Погодные условия во время уборки льна масличного были удовлетворительные.

Биометрические данные (высота растений, длина метелки, число коробочек) разных сортов льна масличного различались.

Длина стебля и метелки в данное время являются очень важными показателями для технологии механизированной уборки льна масличного. Уборка ведется после полного созревания семян в желтой или в полной спелости. Лен масличный в Литве обычно убирают зерновыми комбайнами, скашивают метелки, оставляя высокую щетину, потому желательнее, чтобы лен был равным, невысоким и имел компактную метелку. При применении отдельного способа уборки льна, лен убирают как долгунец – теребят, а высохшие обмалачивают. Тогда на поле остается не щетина, а расстеленные стебли льна.

Обычно остающиеся после отделения семян остатки стеблей сжигались и запахивались, становясь частичным удобрением. Стебель льна масличного, также как и лен-долгунец, содержит в лубяной части стебля лубяное целлюлозное волокно. Это волокно до последнего времени в мире промышленно широко не использовалось.

Сейчас вопросом использования соломы масличных льнов достаточно широко занимаются во многих странах. Волокно масличных льнов направляется для производства пульпы и бумаги из нее, а также производства нетканых материалов разного назначения и армирования конструкционных полимерных материалов для автомобильной, авиационной и других отраслей промышленности. Для этих же целей используются волокнистые отходы переработки долгунцовых льнов (Живетин, Гинзбург, 2000; Rennebaum et al., 2002; Dimmock et al., 2005). Таким образом, можно полагать, что из соломы масличных сортов льна после отделения семян целесообразно получать лубообразное кудельное волокно. В Литве отходы льна масличного пока сжигают или запахивают.

Самые низкие стебли были у льна сортов *Olinette* (42,1 см), *Flanders* (46,7 см) и *Szafir* (48,1 см). Высокие стебли (61,2 см) выросли у льна сортов *Gold Merchant* и *Lu 5*. Самую короткую метелку (10,6 см) имел лен сорта *Olinette*.

Большим числом продуктивных коробочек отличились сорта *Lirina*, *Gold Merchant* и *Flanders*. Надо заметить, что в опыте сощитывали лишь продуктивные коробочки – те, в которых созрели семена. На метелке сорта *Blue Chip* мы сощитали около 17,5 коробочек, но только 9,9 из них были продуктивные, это число составляет 56,6 %. Сорт *Blue Chip* очень позднеспелый, потому большое число коробочек не созрело до уборки. Сорта *Lirina*, *Flanders* и *Gold Merchant* тоже созрели позднее (длина вегетации этих сортов 96-93 дня) чем другие сорта. Коротким вегетационным периодом отличились сорта льна масличного *Helmi*, *Symphonia* и *Szafir* (88 дней).

Таблица 1.

**Биометрические данные разных сортов льна масличного, Упите, 2008 г.**

Сорт	Биометрические данные		
	Высота растений см	Длина метелки см	Число продуктивных коробочек ед.
Helmi	55,7*	14,4	9,8
Blue Chip	56,8*	13,3	9,9
Lirina	54,8	17,6*	12,8
Symphonia	50,8*	14,6	7,4
Flanders	46,7*	12,6	11,6
Szafir	48,1*	12,0	7,5
Gold Merchant	61,2*	17,6*	12,5
Lu 5	61,2*	13,7	7,9
Olinette	42,1*	10,6*	7,7
Средние данные опыта	53,0	14,0	9,6
LSD <sub>05</sub>	2,04	2,43	3,75

\* данные достоверные при 95 % вероятности

По статистическим данным, в благоприятные годы урожай семян разных сортов льна масличного в Литве достигает 1,9-2,3 т га<sup>-1</sup> (Lazauskas S., 2004). Исследования проведенные в Канаде и США показывают, что урожай семян ярового масличного льна 2,0-2,5 т га<sup>-1</sup> (Duke, 1983).

В нашем опыте результаты урожайности сортов масличного льна были хорошие – получено от 1,5 до 2,5 т га<sup>-1</sup> семян (табл. 2).

Таблица 2.

**Урожай и качество семян разных сортов льна масличного, Упите, 2008 г.**

Сорт	Урожай семян, т га <sup>-1</sup>	Вес 1000 семян, г	Семена льна	
			Влажность %	Чистота %
Helmi	1,5	5,28	9,7	92,3
Blue Chip	1,8	7,74	11,7	80,2
Lirina	2,0	6,60	10,9	94,7
Symphonia	2,5	7,48	9,5	95,8
Flanders	2,0	5,65	9,8	86,6
Szafir	2,1	7,55	9,8	84,9
Gold Merchant	1,9	6,48	10,8	92,4
Lu 5	1,8	6,82	10,8	95,2
Olinette	1,5	6,94	10,4	94,0
Средние данные опыта	<b>1,9</b>	<b>6,73</b>	<b>10,4</b>	<b>90,7</b>
R <sub>05</sub>	0,53	1,235	x	x

Наши исследования, проведенные на Упитской опытной станции, показали, что влажность семян – очень важный фактор, который может повлиять на количество и

видовой состав микромицетов, обитающих на семенах (Gruzdevienė et al., 2005). Фитосанитарные исследования семянного материала показывают, что 15-39 % семян заражены микромицетами, которые могут быть не только возбудителями болезней, но и производить токсины (Gruzdevienė, Mankevičienė, 2007).

Самые высокие показатели по данным урожайности и качества семян в нашем опыте показал сорт *Symphonia*. Урожай семян этого сорта достиг 2,5 т с одного гектара, вес 1000 семян – 7,48 г.

Семена сорта *Symphonia* были чистые, незасоренные механическими частями стеблей и коробочек льна. Исходя из того, что сорт был раннеспелый, и до уборки урожая большая часть семян в коробочках достигла полной спелости, мало было незрелых семян, то и влажность семян сорта *Symphonia* (9,5 %) была самая низкая, сравнив с другими сортами.

Данные опыта свидетельствуют о том, что сорт масличного льна *Symphonia* отлично адаптировался к условиям нашей Республики. Этот сорт можно рекомендовать для выращивания в хозяйствах Литвы.

### Выводы

1. Генотип масличного льна сильно влиял на урожайность и биометрические данные сортов масличного льна.
2. Самые низкие стебли были у льна сортов *Szafir*, *Olinette* и *Flanders*, а самые высокие – у сортов *Gold Merchant* и *Lu 5*.
3. Большим числом продуктивных коробочек отличились сорта *Lirina*, *Gold Merchant* и *Flanders*.
4. Урожайность сортов масличного льна на изучаемых сортах варьировала от 1,5 до 2,5 т га<sup>-1</sup> семян.
5. На качество семян влияние оказали и погодные условия, и генотип масличного льна, особенно раннеспелость.
6. Коротким вегетационным периодом (88 дней) отличились сорта *Helmi*, *Symphonia* и *Szafir*.
7. Лучшие показатели по данным урожайности (2,5 т га<sup>-1</sup>) и качества семян в нашем опыте показал сорт *Symphonia*. Этот сорт не только высокопродуктивный, но и раннеспелый, потому пригодный для выращивания в нашей Республике.

### Благодарность

Авторский коллектив благодарит ЗАО „AGROLITPA“ и Литовский Государственный Фонд Науки и Образования за финансирование проекта и опытов.

### Литература

1. Арзуманова А. Семена и выравненный лен (Seeds and equalised flax crop) Лен и конопля. 1978. N 2, с. 11-14.
2. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н. Масличный лен (Linseed crop). Москва, 2000 -94 с.
3. Шпаар Д., Адам Л., Гинапп Х., Краш Г., Лесовой М., Маковский Н., Постников А., Самерсов В., Щербаков В., Ястер К. Яровые масличные культуры (Spring oilseed crops). Минск, 1999. 288 с.
4. Dimmock, J.P.R.E., Bennett S.J., Wright D., Edwards-Jones G., Harris I.M. Agronomic evaluation and performance of flax varieties for industrial fibre production. Journal of Agricultural Science. 2005. N 143, p. 299-309.
5. FAOSTAT Database Results 2008, <http://apps.fao.org>
6. Gruzdevienė E., Dabkevičius Z., Mankevičienė A., Fungal infection of different oil flax cultivars and efficacy of fungal control agents. Botanica Lithuanica. 2005. N 11(2), p.79-85.
7. Gruzdevienė E., Mankevičienė A. Mycotoxin prevention and control in linseed. Technology. Resources: Proceedings of the 6th 19. International Scientific and Practical Conference. June 20-22, 2007. Rezekne, 2007, p. 162-167.

8. Gruzdevienė E. Sėklų stambumo įtaka linų pasėliui (Influence of the seed bigness on the flax crop). *Mano ūkis*. 2006. N 3, p. 28-31.
9. Harper John L., Obeid M. Influence of Seed Size and Depth of Sowing on the Establishment and Growth of Varieties of Fiber and Oil Seed Flax. *Crop Science*. 1967. N 7, p. 527-532.
10. Jankauskienė Z. Pagiriamasis žodis lino sėklei (Laudatory to flax seed). Vilnius, 2003. 56 p.
11. Lazauskas S., IENICA Report from State of Lithuania, Kedainiai, June, 2002 (with updates in April 2004). – <http://www.ienica.net/reports/lithuania.pdf>.
12. Mikelionis S., Endriukaitis A. Sėmeninių linų agrotechnika (Linseed growing technology) *Žemdirbystė: Agriculture* 2000. t. 69, p. 96-107.
13. Rennebaum, H., E. Grimm, K. Warnstorff, and W. Diepenbrock. Fibre quality of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and the assessment of genotypes for use of fibres as a by-product. *Industrial Crops and Products*. 2002. N 16, p. 201-215.
14. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas Anova, Stat, Split-Plot iš paketo Selekcija ir Iristat. (The statistical analysis of data of agricultural researches applying computers programs ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT from a package SELEKCIJA and IRRISTAT). *Akademija*, 2003. 57 p.

# EVALUATION OF THE LATVIAN FLAX GENETIC RESOURCES AND PERSPECTIVE OF THEIR UTILISATION

## LATVIJAS LINU ĢENĒTISKO RESURSU NOVĒRTĒŠANA UN TO IZMANTOŠANAS PERSPEKTĪVA

Dace Grauda<sup>1,2</sup>, Veneranda Stramkale<sup>2</sup>, Ļubova Komlajeva<sup>2</sup>, Agnese Kolodinska Bratestam<sup>1</sup>, Andra Miķelsone<sup>1</sup>, Lita Lapiņa<sup>1</sup>, Aija Auziņa<sup>1</sup>, Isaak Rashal<sup>1</sup>

1- Institute of Biology, University of Latvia

Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169

e-mail: dace@email.lubi.edu.lv, izaks@email.lubi.edu.lv

2- Agriculture Science Centre of Latgale

Kulturas sq. 1, Vilani, Rezekne distr., Latvia, LV 4650, e-mail: strzin@apollo.lv

---

**Abstract:** *Flax (Linum usitatissimum L.) is one of the oldest fibre and oil crop in Europe, including Latvia. In the middle of the last century growing areas of this crop was reduced dramatically. Nowadays flax attracted a great interest again as a fibre and oil processor, as well as a crop for diversification of agriculture and, in the same time, as a crop for producing high quality fibre for industry, high quantity oil for biofuel and high quality oil for feeding, food, and pharmacy (source of  $\alpha$ -linolenic acid, linoleic acid and vitamins). We evaluated all available flax accessions of the Latvian origin and number of their hybrid lines. Agronomically important qualitative and quantitative traits, such as total plant height, technical plant height, number of seed vessels, lodging resistance, vegetation period, yield of straws and seeds, 1000 seeds weight, bast fibre, number of seeds in a seed vessel, oil content and rust resistance gene L alleles L2 and L9 were recorded. Results of the field trials of two last years were summarized. Local accessions are useful as a source for breeding to adaptation of flax varieties to the local Latvian conditions. With use of molecular methods flax rust resistance allele L2 and L9 were found in eleven accessions.*

**Keywords:** *fibre, flax, oil content, rust resistance.*

---

### Introduction

Flax (*Linum usitatissimum* L.) belongs to the family *Linaceae* and is divided in two groups: oil-seed flax grown for production of oil, and fibre flax. Flax seeds, which contain up to 40% of oil, are the very rich source of polyunsaturated fatty acids (about 14% of linoleic acid and more than 60% of  $\alpha$ -linolenic acid), vitamins, proteins, mucilaginous substances and antioxidants, such as lignans,  $\alpha$ -tocopherol [1]. This is the reason of flax oil use in medicine and modern pharmacology. Linseeds are used as well as source of industrial oil in the production of paints, varnishes, inks and linoleum. In their turn, fibre flax can be used in textile industry, as engineering and building material, energy resource.

Last years in Latvia flax sowing areas decreased for different reasons from more than 2000 ha in 2005 to the less than 600 ha in 2008 [2]. However, future of flax growing in Latvia is dependent from the development of new ideas in agriculture sector. Effectiveness of flax production is based on two essential elements: modern comprehensive technologies for the crop growing and harvesting, and close links between the production of raw materials and industrial processing to prepare a product for wider marketing. Important part of whole process is the new plant genotypes with favourable set of quantitative and qualitative traits.

Flax breeding in Latvia started in 1923. After World War II, flax growing was not considered as an important task for the region, and, therefore, the flax area in the country was gradually reduced. In 1970, flax breeding in Latvia was cancelled [3]. Fibre flax breeding was started in Latvia again since 1992 [4], oil flax growing and breeding has started there in 1993 [3].

Presently, no local flax varieties suitable for the Latvian weather conditions are registered for commercial growing. The drawback of the best foreign varieties is too long vegetation period. Therefore, repatriation and investigation of the Latvian flax genetic resources become a very



actual task [3]. For the In Latvian flax breeding program important task is to obtain high yielding, middle early varieties, with good resistance to logging and to flax diseases, especially to leaf rust.

Flax resistance to microscopic fungi *Melampsora lini*, causal agent of rust, is one of the important characters, which determine breeding material quality. Flax rust occurs worldwide and can cause severe losses in seed yields and fibre quality. There are at least 34 genes conferring resistance to rust, splited in seven groups, namely K, L, M, N, P, D, and Q [5-8]. Several molecular markers can be used to test presence of particular allele in flax accessions.

The aim of this study was evolution of Latvian flax genetic resources for identification among them useful accessions for both fiber and oil breeding in Latvia. Determination of rust resistance gene alleles in Latvian breeding material was done for the first time.

### **Material and Methods**

Old accessions of the Latvian origion repatriated from the N. I. Vavilov Institute of Plant Industry (Russia), the Flax Research Institute (Russia) and the Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (Germany) and best flax breeding lines of the Agriculture Science Centre of Latgale (Latvia) were evaluated in field experiments (random block design, two replications) and in laboratory experiments in 2007-2008. Accessions were compared with the standard fibre flax variety 'Vega 2' and standard oil flax variety 'Lirina'.

Agriculturally important traits, such as flax total plant height, technical plant height, number of seed vessels, logging resistance, vegetation period, yield of straws and seeds, 1000 seeds weight, bast fibre, number of seeds in a seed vessel, as well as oil content, were determined.

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.

Genomic DNA was extracted from fresh leaves according to the procedure described by Fermentas Genomik DNA Purification Kit (Fermentas). Amplification of segments of the flax *L* locus was performed in a thermal cycler. The 50  $\mu$ L reaction volume contained 1  $\times$  PCR buffer (10 mM Tris-HCl at pH 8.5, 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, and 0.01% Tween-20), 250  $\mu$ M of each dNTP, 25 ng of each primer, approximately 10-25 ng of genomic DNA, and 1 unit of Taq DNA polymerase (Fermentas). Following an initial 3 min denaturation step (93 °C), the reaction mixtures were subjected to 30 cycles of 1 min at 93 °C, 30 s at 55 °C, and 2 min at 72 °C. The last cycle was followed by an extension polymerization of 10 min at 72 °C.

Endonuclease digestions of PCR were performed using enzymes obtained from Fermentas following the recommendations of the manufacturer. PCR products were digested with *Mbo*I and the DNA restriction fragments were resolved on polyacrylamide gel. Polyacrylamide gel electrophoresis was carried out in TBE buffer, on 10% polyacrylamide (39:1 polyacrylamide-bisacrylamide) gels at 100 V for 5 hours.

### **Results and Discussion**

Some evaluated local accessions were better in several agriculturally important traits in comparison with the standard varieties. All accessions showed good logging resistance, vegetation period of accessions of the Latvian origin ranged from 66 till 90 days and were shorter or the same as for standards 'Vega 2' and 'Lirina' (87-90 days).

Flax seed yield (Fig.1) differed among years and accessions. All accessions of the Latvian origin had higher or not less seed yield than standard variety 'Lirina'. High seed yield in both years had old Latvian local accessions 'Blue di Riga', 'Riga Freis', 'Rigar B'. Those accessions had also high seed yield in previous years (2004-2006) [9]. Among breeding lines rather high seed yield have two fibre flax lines: L19-6/5-97 and T11-13/3-1-94.

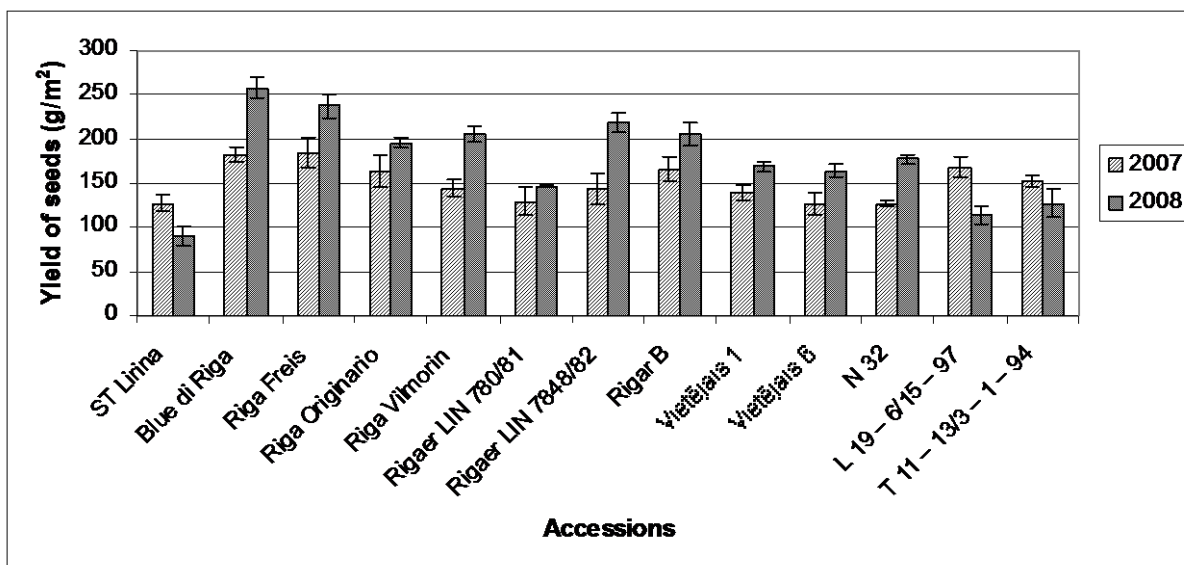


Fig. 1. Seed yield of flax accession of the Latvian origin in 2007-2008

1000 seeds weight did not differ significantly among two years of experiment but differed among accessions (Fig. 2). Higher weight of seeds than standard 'Lirina' had 'Rigaer LIN 7848/82'.

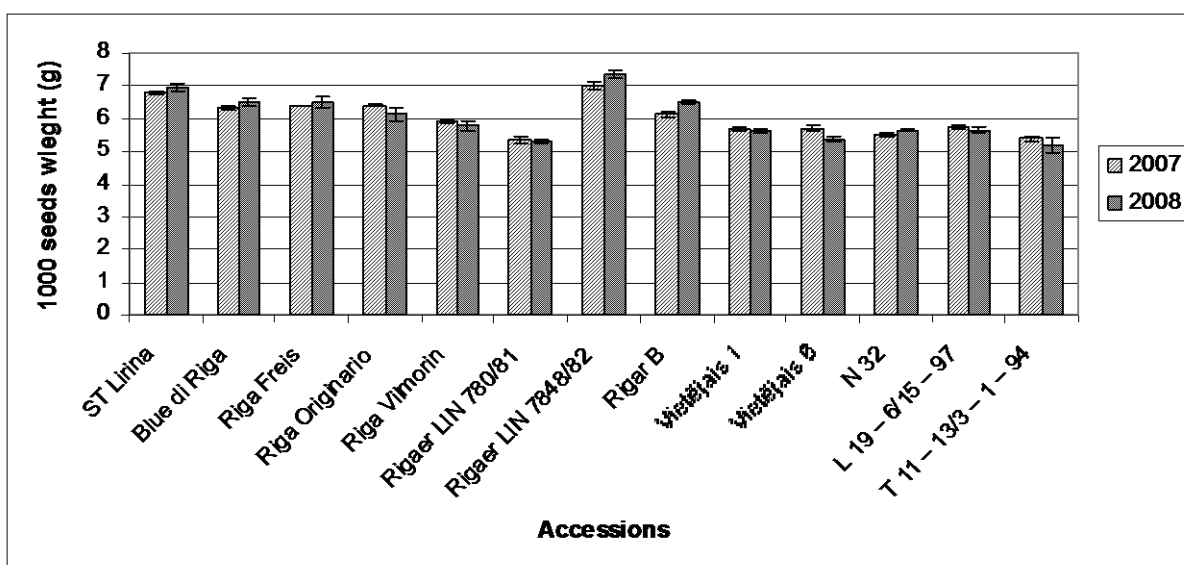


Fig. 2. 1000 seeds weight of flax accession of the Latvian origin in 2007-2008

Oil content in seeds differed significantly among accessions (Fig. 3): it ranged 16.4-45.8%. Oil content for the local accession 'Blue di Riga' (45.8%) was similar to standard variety 'Lirina' (44.9%). Among breeding lines high oil content exhibited lines L19-6/15-97 and T11-13/3-1-94.

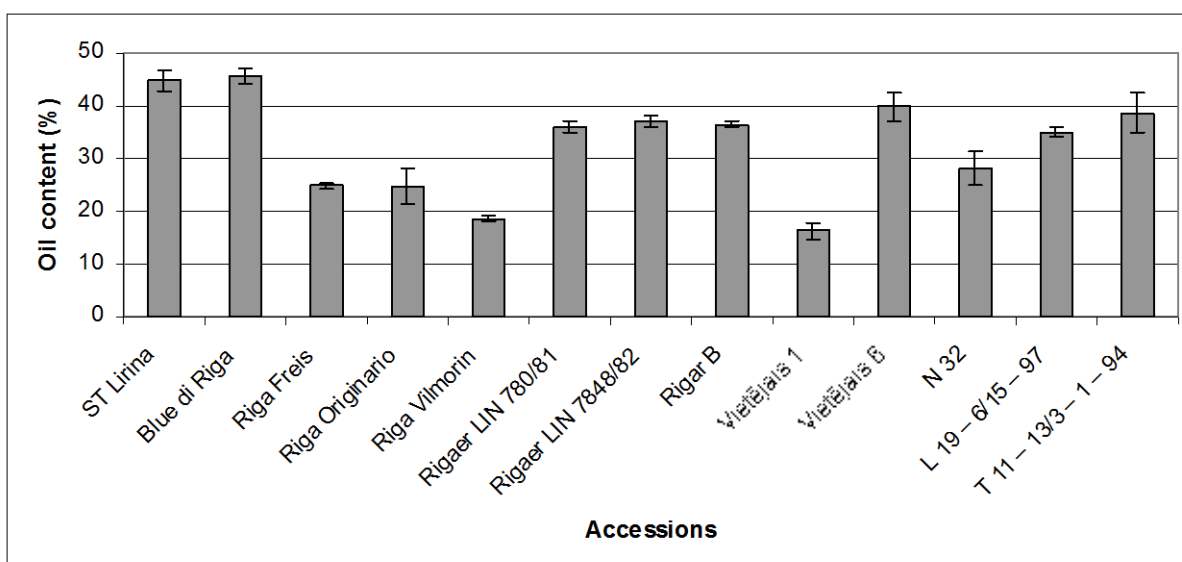


Fig. 3. Oil content in seeds of flax accessions of the Latvian origin

The most important traits for the fibre flax breeding are the plant technical height and bast fibre [4]. High technical height and good bast fibre content in both years showed breeding lines (Table 1).

Table 1.

Average technical height and bast fibre of flax accessions of the Latvian origin in 2007-2008

Varieties and breeding lines	Technical plant height (cm)		Bast fibre (%)	
	2007	2008	2007	2008
ST Vega 2	66,7 ± 2,1	48,3 ± 1,9	25,1 ± 0,8	28,3 ± 0,7
Altgauzen 12*80	50,5 ± 0,9	56,5 ± 3,5	11,5 ± 0,6	28,5 ± 0,6
N32	48,2 ± 2,8	49,1 ± 0,9	20,7 ± 1,4	28,3 ± 0,6
K47-17/11-1-95	71,8 ± 2,2	56,3 ± 1,6	25,3 ± 0,6	31,8 ± 1,0
L11-11/10-97	64,9 ± 2,5	52,0 ± 1,8	22,5 ± 1,0	31,3 ± 0,7
L19-6/15-97	59,7 ± 1,8	55,1 ± 1,6	22,8 ± 0,9	29,6 ± 0,7
L2-14/6-97	58,8 ± 3,9	47,2 ± 2,3	19,8 ± 0,3	29,8 ± 0,2
S32/4-8-93	59,9 ± 2,3	46,7 ± 1,3	24,9 ± 0,4	26,9 ± 0,6
S53/8-3-93	62,1 ± 2,0	57,9 ± 2,4	27,8 ± 0,4	32,5 ± 1,0
T11-13/3-1-94	62,5 ± 5,2	50,8 ± 4,7	22,6 ± 1,3	34,0 ± 0,2
T11-6/2-15-94	59,5 ± 3,0	52,3 ± 2,5	23,4 ± 0,2	32,7 ± 0,3
T31-40-94	65,9 ± 3,9	56,5 ± 1,5	24,5 ± 1,4	27,8 ± 0,9
T36-26/4-8-94	69,7 ± 4,3	58,3 ± 0,9	26,1 ± 0,7	31,9 ± 0,4

Higher technical height than standard ‘Vega 2’ in both years had lines K47-7/11-1-95, and T36-26/4-8-94. The line T36-26/4-8-94 had also high technical height in previous years [9]. As the best fibre flax breeding lines are suggested T36-26/4-8-94 and T31-40-94, they had high technical height and bast fibre content both in 2007 and 2008. This accession also has a mid-early maturity period. Useful as breeding material is also the line S53/8-3-93, although in 2007 it had lower technical height than standard but in the same time the line had high bast fibre content and mid early maturity period.

Results of detection allele in the *L* loci are presented in the Table 2.

Table 2.

**Leaf rust resistance alleles in the accessions of the Latvian origin**

<i>Varieties and hibrid lines</i>	<i>Allele</i>
Altgauzen 16*90	<i>L9</i>
Blue di Riga	<i>L2</i> ;
L 19-6/15-97	<i>L2</i>
N 116	<i>L9</i>
N 2	<i>L9</i>
N 32	<i>L2</i> ; <i>L9</i>
Riga Freis	<i>L9</i>
Rigaer 6/5	<i>L9</i>
Rigaer LIN 780/81	<i>L2</i>
Rigar B	<i>L9</i>
Vietējais 3	<i>L2</i>
Vietējais 4	<i>L9</i>
Vietējais 6	<i>L2</i>

Flax rust resistance allele *L2* and *L9* were determined in eleven accessions (Table 2). Seven local accessions have allele *L9* and five accessions - *L2*. Diversity within accession in resistance gene alleles (some plants have *L2* and some *L9* allele) was found for N 32. In literature as more effective is noted resistance allele *L2* [5]. Accessions ‘Blue di Riga’, ‘Rigaer LIN 780/81’ and ‘Vietējais 6’ are not only useful as source for high seed yield and oil content breeding, but are also a donor of rust resistance alleles. Breeding line L19-6/15-97 with *L2* resistance allele, have good seed yield, oil content and, at the same time, good technical height and bast fibre and could be useful for both seed and fibre producing.

**Conclusions**

The best oil flax accessions of the Latvian origin are ‘Blue di Riga’, ‘Rigaer LIN 7848/82’ and ‘Rigar B’ according all three criteria (seed yield, 1000 seeds weight, oil content). All of them have one of the resistance *L* allele. Those accessions we recommend as excellent source material for oil flax breeding.

Three of breeding lines (T36-26/4-8-94, K47-17/11-1-95, S53/8-3-93) had stable higher technical plant height and percentage of bast fibre than standard variety ‘Vega 2’ and are recommended as source for new fibre flax varieties. The breeding line L19-6/15-97 could be used for both – seed and fibre flax breeding.

**References**

1. Lukaszewicz M., Szopa J., Krasowska A. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. Food Chemistry 88, 2004. p. 225-231.
2. Agriculture and Rural Area of Latvia 2008, Ministry of Agriculture Republic of Latvia [http://www.zm.gov.lv/doc\\_upl/agriculture\\_of\\_latvia.pdf](http://www.zm.gov.lv/doc_upl/agriculture_of_latvia.pdf) 2008. p. 93-94.
3. Rashal I., Stramkale V., Conservation and use of the Latvian flax genetic resources. Proceedings of the Symposium “Bast Fibrous Plants Today and Tomorrow. Breeding, Molecular Biology and Biotechnology beyond 21th century”, 28-30 September 1998. St. Petersburg, Russia. Natural Fibres, iss. 2, 1998. p. 56-58.
4. D. Grauda, V. Stramkale, I. Rashal. Evaluation of Latvian flax varieties and hybrids. Proceedings in Agronomy, No. 6, 2004. p. 159-165.
5. Hausner G., Rashid K. Y., Kenaschuk E. O., Procnier J. D. The development of codominant PCR/RFLP based markers for the flax rust-resistance alleles at the *L* locus. Genome Vol. 42, 1999. p. 1-8.
6. Luck J., Lawrence G., Dodds P, Shepherd K., Ellis J., Regions outside of the Leucine-Rich Repeats of Flax Rust Resistance Proteins Play a Role in Specificity Determination. Plant Cell, Vol. 12, 2000. p. 1367-1378.

7. Anderson P., Lawrence G., Morrish B., Ayliffe M., Finnegan E., Ellis J., Inactivation of the Flax Rust Resistance Gene *M* Associated with Loss of a Repeated Unit within the Leucine-Rich Repeat Coding Region. *The Plant Cell*, Vol. 9, 1997. p. 641-651.
8. Islam M., Shepherd K., Present status of genetics of rust resistance in flax. *Euphytica*, Vol. 55, 1991. p. 255-267.
9. Grauda D., Stramkale V., Miķelsone A., Rashal I., Evaluation and utilisation of Latvian flax genetic resources in breeding. *Latvian Journal of Agronomy (Agronomijas Vēstis)*, No. 10, 2008. p. 112-117.

# RESTORATION OF LATVIAN ALFALFA (*Medicago sativa*) GENETIC RESOURCES PERSPECTIVE FOR BREEDING

## SELEKCIJAI PERSPEKTĪVU LATVIJAS LUCERNAS (*Medicago sativa*) GENĒTISKO RESURSU ATJAUNOŠANA

Lita Lapīņa<sup>1</sup>, Dace Grauda<sup>1</sup>, Biruta Jansone<sup>2</sup>, Aldis Jansons<sup>2</sup>, Isaak Rashal<sup>1</sup>

1- Institute of Biology, University of Latvia, Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169

E-mail: dace@email.lubi.edu.lv, lita@email.lubi.edu.lv, izaks@email.lubi.edu.lv

2- Research Institute of Agriculture, Latvia University of Agriculture  
Skriveri, Latvia, LV 5125

---

**Abstract.** We have carried out restoring of some Latvian alfalfa genetic resources from seeds of accessions that did not germinate in soil at all. Two of them were repatriated from the N. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry (multiplied more than 40 years ago) and three from the Research Institute of Agriculture (Latvia) (multiplied 15-20 years ago). For germination of old seeds we used early elaborated *in vitro* culture conditions. Germination rate ranged 2-60%, depending from the genotype and seeds storage conditions. Plantlets with well developed roots and 2-3 leaves were planted in the substrate in small pots and grown in a greenhouse about a month, then replanted in the soil in field conditions and grown till the maturity. Restored accessions are available now for evaluation and involving in the alfalfa breeding programs.

---

**Keywords:** aged seeds, alfalfa, germination, *in vitro*.

---

### Introduction

Alfalfa is a perennial legume widely grown throughout the world as forage for cattle. Most often it is harvested as hay but can be processed into silage, grazed, or fed as a green crop. One of the most important characteristics of alfalfa is high nutritional quality as the animal feed [1]. Alfalfa contains 15 to 22% crude protein as well it can serve as an excellent source of vitamins (A, B, C, E and K) and minerals (calcium, phosphorus, copper, potassium) therefore it is also used for human consumption and as a nutritional supplement [2]. When grown in areas where it is well adapted, alfalfa is among the highest yielding forage plants. Alfalfa nitrogen-fixing abilities make it valuable for use in crop rotations, by increasing the productivity of crops grown after it. *M. sativa* is a perspective crop for organic farming but locally adapted varieties are needed for this purpose.

Currently, only one alfalfa variety bred in Latvia ('Skrīveru') is registered for cultivation in Latvia [3; 4]. In Latvian conditions foreign varieties give low seed yield. Using local alfalfa genetic resources is important for the breeding new varieties for the Latvian agroecological conditions. Our goal was to restore old Latvian alfalfa genetic resources by elaborating an *in vitro* method for germination of alfalfa seeds that did not germinate in soil at all.

### Materials and methods

In the experiment were used 5 alfalfa accessions of the Latvian origin. Because those accessions were not multiplied for the long time all available seeds have lost germinating ability in the soil. Two accessions were repatriated from the N. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry (VIR), three were kept in the Latvian Research Institute of Agriculture (RIA) (Table 1).

Accessions repatriated from the VIR had only 1.5 g seeds per accession and it is not enough to test different germination methods. Therefore experiment was divided in two parts. In the first step accessions from the RIA were used to determine the best seeds pretreatment and cultivation conditions. In the second step seeds of accessions from the VIR were germinated using the best method worked out in the first part.

Table 1.

**Alfalfa accessions selected for germination *in vitro***

<i>Accession name</i>	<i>Year of reproduction</i>	<i>Age of seeds involving in the experiment</i>	<i>Source collection</i>
Local-k-31068	1964	44	VIR
Local k-31069	1964	44	VIR
Mentu kalna	1989	19	RIA
Lucerna Nr. 2	1993	15	RIA
Mežotnes	1994	14	RIA

In the first experiment part seeds pretreatment with 0.07%  $\text{KMnO}_4$  solution or 0.1%  $\text{KMnO}_4$  solution were performed both for 40 or 60 minutes [5]. Then they were sterilized by 50% solution of the commercial bleach “Belizna” for 20 minutes. Seeds after each pretreatment method were placed in Petri dishes on three different media:

1. Murashige and Skoog (MS) basal media [6].
2. MS basal media supplemented with 10 mg/l  $\text{AgNO}_3$ .
3. MS basal media supplemented with 1 g/l activated carbon.

Seeds were cultivated at 20-26 °C in day (16 h)/night conditions during 3–4 weeks.

Plantlets with good developed roots and 3-4 leaflets were planted in the soil in plastic pods. Roots before planting in soil were flush with water. For better acclimatization pods with plantlets were covered by plastic film and cultivated in a greenhouse. After acclimatization the plastic film was removed and plants were grown for 2-3 months. Good developed plants were planted in field conditions for seed production.

### **Results and Discussion**

Used seeds were phenotypically diverse, they varied both in shape and color, as well within and between accessions. There were visible signs of aging: seed coat color had been changed from yellow/orange brown to dark, red brown and seeds were flatter.

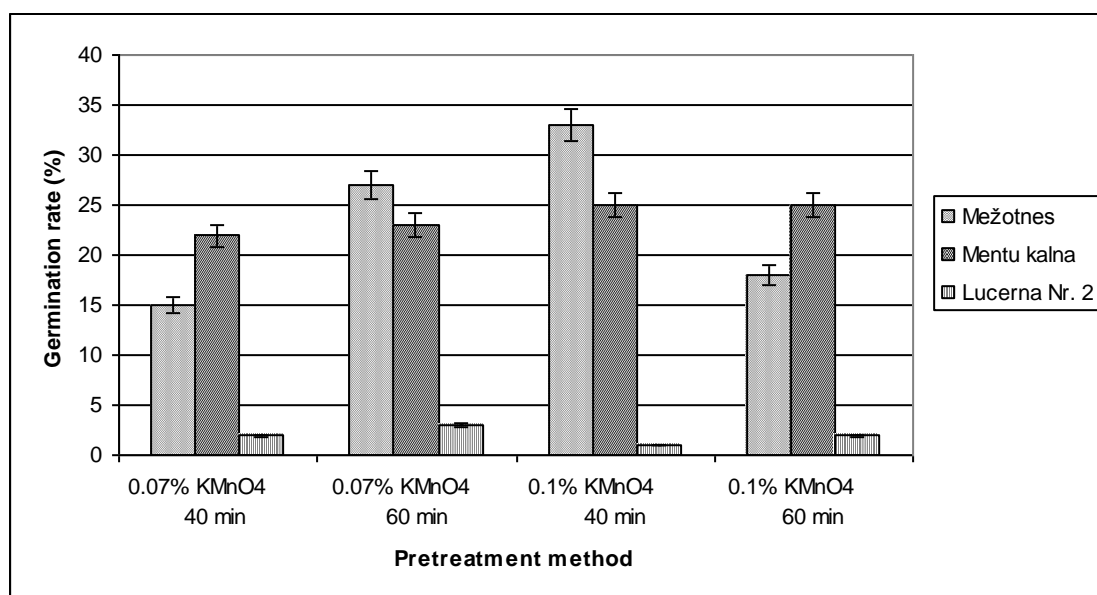
Seed germination started after 5-10 days of cultivation *in vitro* and continued for about four weeks. MS medium supplementation nor by  $\text{AgNO}_3$  nor by activated carbon did not influence significantly germination rate. In addition, many plantlets obtained on the MS media supplemented with  $\text{AgNO}_3$  were soft, without roots and/or leaves and with tendency to calli formation. Plantlets that show tendency to form calli are not useful for restoration of particular genotype because of possible somoclonal variation. Therefore we choose MS basal medium without supplement as the best suited media for the rest of experiment.

The total percent of germinated seeds on MS basal media significantly differed among accessions and depend of pretreatment method (Fig. 1).

The highest germination rate for Mežotnes and Mentu kalna was observed if as pretreatment 0.1%  $\text{KMnO}_4$  solution for 40 minutes was used. In they turn, accession Lucerna Nr. 2 had highest germination rate if pretreatment with 0.07%  $\text{KMnO}_4$  for 60 minutes were applied but in this case part of seeds were contaminated. Therefore, for the seed germination of aged accessions from the VIR pretreatment with highest concentration of  $\text{KMnO}_4$  (0.1%) for 60 minutes on the MS basal medium without supplement were used.

Germination rate for both Local k-31068 and Local k-31069 was 61%. Seeds age of both accessions was 44 years, nevertheless germination rate for these lines was significantly higher than for seeds with age 14-20 years. It could be explained by different storage conditions: Mežotnes, Mentu kalna, Lucerna Nr. 2 were kept in the Research Institute of Agriculture in unstable room temperature and humidity, while seeds of the VIR collection were also preserved in room temperature but in more stable conditions.

From all used accessions 20-220 fertile plants were obtained.



**Fig. 1. Old alfalfa seeds germination on MS basal media depending of the pretreatment method**

### Conclusions

By using optimal pretreatment and cultivation media it is possible to obtain plants from seeds non-germinating in soil. The total percent of germinated seeds differed among accessions and did not correlate with age of seeds but with genotype and storage conditions. By recovering old alfalfa accessions of the Latvian origin we have obtained useful material for further investigations and breeding.

### References

1. Bouton J.H. New uses for alfalfa and other "old" forage legumes. In: J. Janick (ed.), Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria, VA, 1996. pp. 251.-259.
2. Mueller S.C., Undersander D.J., Putnam D.H. Alfalfa for industrial and other uses. G. Summers and D. H. Putnam, eds., Irrigated Alfalfa Management in Mediterranean and Desert Zones. Chapter 19. 2008.
3. Holms I. Laukaugu selekcija Latvijā. Zālaugu selekcija. Rīga: Avots, 1992. 145.-149.lpp.
4. Bērziņš P., Jansone B., Dambergis E., Spārniņa M., Būmane S. History of breeding forage grasses and legumes in Skrīveri Research Centre. Latvian Journal of Agronomy (Latvijas Agronomijas Vēstis), 2003. No.5, pp. 37.-41.
5. Ornicāne D. and Rashal I. Callus initiation from mature barley embryos and growth: influence of silver nitrate and the method of sterilization. Proceedings of the Latvian Academy of Sci. Section B, v. 51, No 1/2, 1997. pp. 72.-74.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Plantarium, 15, 1962. pp. 473.-497.



# ĀBEĻU UN ZĀLĀJA KONKURENCE AUGĻU DĀRZĀ COMPETITION BETWEEN APPLE-TREES AND GRASS IN THE ORCHARD

Valentīna Surikova<sup>1</sup>, Aldis Kārkiņš<sup>2</sup>

1- Latvijas Valsts Augļkopības institūts  
Graudu iela 1, Dobele, LV 3701; e-pasts: valentina.surikova@lvai.lv

2- Latvijas Lauksaimniecības universitāte  
Augsnes un augu zinātņu institūts  
Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001; e-pasts: aldis.karklins@llu.lv

---

**Abstract.** *The objective of the research was to study the possible competition between roots of apple-trees and grass under the influence of applied moisture regulation methods. No analogical research has been performed in Latvia so far. The investigation was done on the base of an existing trial planted in 1997 with cultivar `Melba` at 1.5 × 4 m planting distances. Three different treatments of soil moisture management were compared: control, sawdust mulch and fertigation. Inter-row strips were covered by grass vegetation (*Lolium perenne* and *Poa pratensis*, in proportion 1:3). The horizontal and vertical spacing of the main root mass was determined, as well as the distance and depth of the spread of grass roots from the inter-row strip into the tree strip. The results of the research show that mulching and fertigation have significant influence on the horizontal and vertical root spacing of grass grown in the inter-row strip, which can be an evidence of competition between apple-trees and grass for water and nutrients.*

**Keywords:** *fertigation, mulch, root distribution, soil moisture.*

---

## Ievads

Augļu dārzi ir gan Latvijas ainavas neatņemama sastāvdaļa, gan arī nozīmīga saimnieciskās darbības nozare. Pēdējās desmitgadēs tā ir ievērojami modernizējusies un komercializējusies un jaunā kvalitātē iekļāvusies augļu tirgū, piedāvājot labas kvalitātes vietējās izcelsmes augļus. Līdz pagājušā gadsimta beigām Latvijā ābeles audzēja uz sēklaudžu jeb liela auguma potcelmiem. Taču kopš 1998.gada līdz ar valsts atbalstu komercdārzu ierīkošanai tradicionālā ābeļu audzēšana ir radikāli mainījies. Strauji palielinās augļu dārzu platības, kur ābeles tiek audzētas uz maza un vidēja auguma jeb klona potcelmiem. Līdz 2008.gadam Latvijā iestādīti ap 1000 ha šādu ābeļu komercdārzu.

Pēdējos gados periodiska nokrišņu deficīta dēļ augļkopji arvien biežāk pielieto dažādas augsnes mitruma regulēšanas tehnoloģijas: mulčē apdobs, kā arī ierīko dažādas apūdeņošanas sistēmas. Ja augļu dārzos uz liela auguma potcelmiem tradicionāli rindstarpās uzturēja melno papuvi, tad modernos komerciālajos augļu dārzos starprindās audzē zālāju. Līdz ar to dārza ekosistēmā ir ieviestas jaunas populācijas, kas izmaina augu savstarpējās biocenotiskās attiecības.

Šī pētījuma mērķis ir noteikt ābeļu un zālāja sakņu iespējamo konkurenci attiecībā uz ūdeni un barības vielām, pielietoto mitruma regulēšanas paņēmieni ietekmē.

Dzīvu organismu, arī augu starpā, kuri apdzīvo vienu ekosistēmu, vienmēr pastāv konkurence [1]. Augļu koku un to starprindās esošo daudzgadīgo zāļu izcelsme ir atšķirīga. To dabiskie dzīves areāli ir dažādi, tāpēc šīm sugām bioloģiski ir izveidojusies atšķirīga izdzīvošanas stratēģija. Mūsu dārzos augošo augļu koku sugu izcelsme ir mežu ekosistēma. Parasti meža augsnēs ir pietiekams mitruma saturs, tās satur daudz organisko vielu, tāpēc šādi priekšnoteikumi ir stimulējoši labai koku augšanai [2; 3]. Savukārt zālaugi, īpaši stiebrzāles, cēlušās no stepi līdzīgas ekosistēmas. Zālaugi ir piemērojušies augsnēm ar relatīvi zemu mitruma saturu un pieticīgāki augsnes auglības ziņā. Tāpēc zālāja saknes ir īpaši agresīvas un ievērojami konkurētspējīgākas [4]. Cilvēks salicis šos divus dabiski atšķirīgo ekosistēmu pārstāvjus vienuviet, tāpēc starp koku un zālaugu savienību vienmēr pastāvēs konkurence, kur vairumā gadījumu virsroku gūs agresīvākie pārstāvji – zālaugi [3]. Konkurējošās veģetācijas klātbūtne kokam būtiski ierobežo ūdens un barības vielu resursu pieejamību augsnē [2].

Vairāki autori pētījumos ir mēģinājuši kompensēt zālāja sakņu konkurenci ar augstākām ūdens un mēslojuma pievadīšanas normām, tomēr šie pasākumi nav devuši gaidītos rezultātus. Šādi rīkojoties visbiežāk tiek veicināta pastiprināta zālāja augšana, taču efekts attiecībā uz augļu kokiem ir nebūtisks [1].

Tomēr mūsdienu modernie augļu dārzi nav iedomājami bez zālāja augļu dārza rindstarpās. Zālājs augļu dārzā veic svarīgas funkcijas. Zālājs, tāpat kā mulča, labvēlīgi ietekmē augsnē notiekošos procesus, galvenokārt bioloģiskos. Būtiska ietekme ir arī uz fizikāliem un ķīmiskiem procesiem augsnē, kā rezultātā mainās augsnes īpašības [5]. Zālāja loma ir būtiska velēnošanās (trūda akumulācijas un stabilizācijas) procesā, jo tas notiek tikai zem daudzgadīgiem augiem, īpaši zālaugiem. Zālājam ir nozīmīga loma agronomiski labvēlīgas augsnes struktūras veidošanā, tādējādi veicinot augsnes aerāciju, kā arī ūdens infiltrāciju. Ja zālājā izmanto tauriņziežus (visbiežāk balto āboliņu – *Trifolium repens*), tad notiek simbiotiska atmosfēras slāpekļa fiksācija, kā rezultātā augsnē palielinās šī bioloģiski svarīgā elementa krājumi augiem izmantojamā veidā. Zālāji attīstītā, sazarotā un dziļi ejošā sakņu sistēma, kā arī atmirušās virszemes daļas augsnē palielina organisko vielu krājumus, kas nodrošina labu vidi mikroorganismu darbībai un aktīvi iesaistās barības elementu aprites procesos [6]. Turklāt nopļautā zāle ir labs mulčējama materiāls, kas samazina ūdens iztvaikošanu no augsnes, augsnes garozas veidošanos, stimulē ūdens infiltrāciju, uztur augsnē vienmērīgāku temperatūras režīmu [2]. Rindstarpās audzējot zālāju, augļiem novērots arī daudz intensīvāks krāsojums [7].

Agronomijā par nezālēm sauc visu augus, kas aug nevēlamā vietā. Tātad arī zālāju, ja tas pārsniedzis sev atvēlētās robežas, var uzskatīt par nezāli. Nezāles tiecas ieņemt arvien jaunas platības, uzņemt augsnē pieejamo ūdeni un barības vielas. Tas, vai zālāja sakņu konkurence nopietni iedarbosies uz koku, ir atkarīgs no vairākiem faktoriem: no zālaugu sugas, augļu koku vecuma, potcelma, zālāja sakņu attāluma no koka saknēm u.c. faktoriem [8].

Vairāki zinātnieki [8; 9; 10] jau pagājušā gadsimta sākumā pierādījuši, ka nekontrolēta zālāja augšana negatīvi ietekmē gan augļu koku augšanu, gan ražas kvantitāti un kvalitāti. Augļu kokiem, īpaši uz maza auguma potcelma, ir seklāk izvietota sakņu sistēma, nekā uz sēklaudžiem potētiem, saknes tiem koncentrējas tuvāk augsnes virsējam slānim, tāpēc konkurence ar zālaugiem tiem ir īpaši aktuāla [6]. L.Davsons [10] eksperimentāli pētījis zālāja un ķiršu sakņu konkurenci. Viņš secinājis, ka īpaši lielu konkurenci zālāja saknes rada sausos gados, kad vērojams nokrišņu deficīts. Pētnieks konstatējis, ka nekontrolēta zālāja (nezāļu) augšana sausos gados izraisījusi 1/3 augļu koku bojāeju [11].

Lai koki un zālājs varētu sadzīvot vienā ekosistēmā – augļu dārzā, konkurences mazināšanai ap augļu kokiem tiek atstātas no zālāja brīvas joslas – apdobes. Pēc ilggadīgo pētījumu rezultātiem vairāki pētnieki [12; 13] apdobju joslu ierīkošanu konkurences mazināšanai atzinuši par labāko risinājumu. Pēc pētījuma rezultātiem viņi secinājuši, ka optimālā apdobes josla augļu dārzos ir 0,5 m katrā virzienā no koka stumbra rindas virzienā ābelēm uz maza auguma potcelmiem.

### **Pētījuma objekti un metodes**

Pētījums veikts Latvijas Valsts Augļkopības institūtā Dobelē, 2007.gadā. Tas veikts 1997.gada pavasarī stādītā ābeļu dārzā. Konkrētais pētījums veikts ābeļu šķirnei 'Melba' jau esošajā izmēģinājumā [16]. Analizētie faktori, kas varētu ietekmēt zālāja un augļu koku konkurences apstākļus – ar diviem mitruma regulēšanas paņēmieniem apdobēs (zāģu skaidu mulča, pilienvaida apūdeņošana) un kontroli trīs atkārtojumos. Ābelēm izmantots maza auguma potcelms B.9, stādīšanas attālumi bija 1,5 × 4 m. Rindstarpās sētajam zālājam izmantots maisījums no ganību airenes (*Lolium perenne* L.), pļavu skarenes (*Poa pratensis* L.) attiecībā 1 : 3. Apdobe (stādījumu josla) kontroles un pilienvaida apūdeņošanas variantos 1 m platumā veģetācijas periodā tika uzturēta melnajā papuvē. Mulčas variantā apdobi sedza

10-20 cm biezs mulčas slānis, ko ik pēc 3 gadiem divas reizes atjaunoja. Rindstarpas joslas platums 3 m. Tajās regulāri (5-6 reizes sezonā) tiek pļauta zāle, kura sēta, iekārtojot izmēģinājumu. Ābeļu vainags veidots, izmantojot slaidās vārpstas vainaga formas elementus. Augsne pētījuma vietā: reliktkarbonātiskā brūnaugsne (nosaukums atbilstoši Latvijas augšņu klasifikatoram, 2009) [*Haplic Luvisol (Hypereutric)* - nosaukums atbilstoši Pasaules augšņu klasifikatoram, 2006], kas mijas ar Lesivēto brūnaugsnī (*Cutanic Luvisol*), kas pēc agroķīmiskām īpašībām ir tuvas. Granulometriskais sastāvs – smags un vidējs smilšmāls (sM<sub>3</sub> un sM<sub>2</sub>). Šīs augsnes pieder pie automorfo augšņu klases [14]. Augsnes agroķīmiskie rādītāji: organisko vielu saturs – 2,5 g kg<sup>-1</sup> augsnes (pēc Tjurina metodes), augsnes apmaiņas skābums pH KCl 6,5 (potenciometriski), augiem izmantojamais P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 300 mg kg<sup>-1</sup> un K<sub>2</sub>O – 190 mg kg<sup>-1</sup>, apmaiņas magnijs 162 mg kg<sup>-1</sup> (pēc Egnera – Rīma jeb DL metodes).

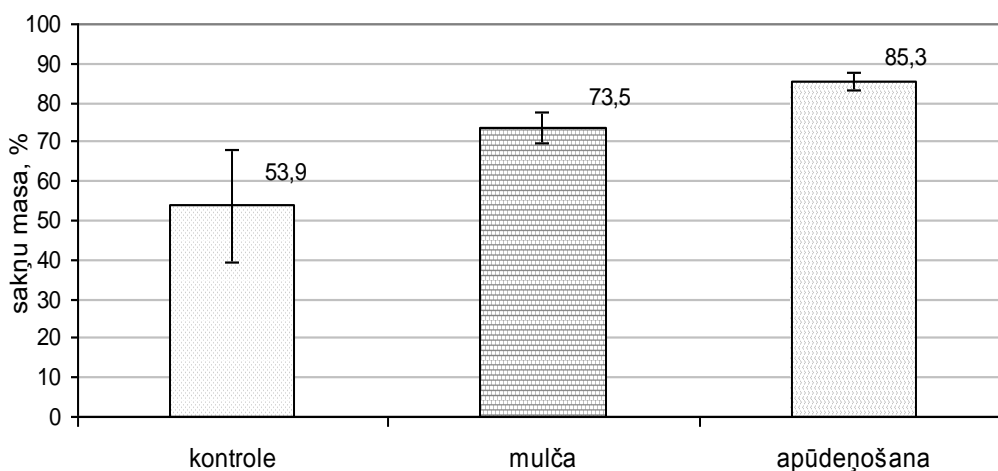
Sakņu izvietojuma pētīšanai pamatā tika izvēlēta augsnes griezuma jeb profila metode. Kaut arī saknes tika skaitītas plaknē un sakņu masa netika noteikta sverot, vairākos pētījumos konstatēta cieša pēc abām metodēm iegūto rezultātu korelācija, tāpēc turpmāk šajā darbā ir lietots termins – sakņu masa [15]. Ābelēm saknes tika skaitītas, dalot tās 5 grupās (pēc šķērgriezuma diametra). Šim pētījumam izmantots uzsūcošo sakņu (<2 mm diametrā) daudzums. Katrā augsnes profilā tika identificētas arī zālāja saknes, kas izaugušas ābeļu sakņu aizņemtajā platībā apdabes joslā no zālāja malas. Zālāja saknes netika skaitītas. Izmantojot šos rezultātus, tika noteikts arī laukums augsnes profilā zem apdabes joslas, kurā atrodas galvenā uzsūcošo sakņu masa, kā arī aprēķināta laukuma daļa (%), kādā zālāja saknes konkurē ar ābeļu saknēm

Pētījuma rezultāti analizēti, izmantojot dispersijas analīzi, kā arī aprakstošo statistiku (*Descriptive statistic*). Divu paraugkopu datu salīdzināšanai izmantots Fišera kritērijs. Lietotā datorprogramma – *MS Excel*.

## Rezultāti un to izvērtējums

### Ābeļu sakņu izvietojums augsnē zem apdabes joslas

Pētījuma rezultāti liecina, ka zem apdabes joslas augsnē atrodas lielākā daļa uzsūcošo (diametrā līdz 2 mm) sakņu (1.att.). Zem apdabes joslas kontroles variantā atradās puse no kopējā sakņu daudzuma. Turklāt datu izkliede kontroles variantā bija ļoti liela (S<sub>x</sub> = 11,3), kas liecina par nevienmērīgu mitruma saturu augsnē šajā variantā. Ap 70% no kopējās uzsūcošo sakņu masas zem apdabes joslas izvietojušās mulčas variantā, tomēr starp abiem variantiem būtiskas atšķirības nav konstatētas (p = 0,07).



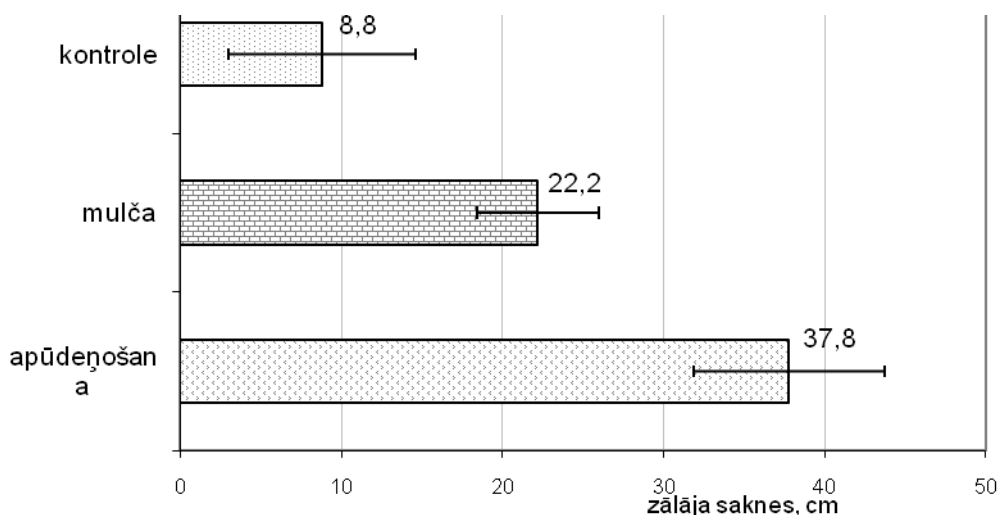
1.att. Zem apdabes joslas izvietojušos ābeļu sakņu masas īpatsvars

Apūdeņošanas variantā zem apdabes joslas izvietojušās ap 85% no galvenās sakņu masas, turklāt tas bija būtiski vairāk (p = 0,008) nekā kontroles un mulčas variantos.

Zem apdobs joslas koncentrējušos būtiski lielāko sakņu masu variantā ar pilienveida apūdeņošanu varētu izskaidrot ar to, ka samitrinājuma zonā bija būtiski augstāks augsnes mitrums, kas veido sava veida konteina efektu [16]. Tas saskan arī ar citu valstu zinātnieku [17; 18; 19] pētījumiem, kuros konstatēts, ka, izmantojot pilienveida apūdeņošanu, galvenā uzsūcošo sakņu masa koncentrējas tuvu pilinātājcaurulēm un samitrinājuma zonā.

### Zālāja sakņu horizontālais izvietojums

Pētījuma rezultāti parāda, ka, pielietojot atšķirīgus mitruma regulēšanas paņēmienus apdobēs, atšķirīgs bija arī zālāja sakņu iestiepšanās attālums apdobē no zālāja un apdobs robežas (2.att.).



2.att. Zālāja sakņu iestiepšanās attālums (horizontāli) apdobs joslā

Kontroles variantā saknes horizontālā virzienā iestiepās aptuveni 9 cm tālu apdobē, kamēr variantā ar mulču gandrīz 3 reizes tālāk, bet pilienveida apūdeņošanas variantā pat 5 reizes tālāk nekā kontroles variantā, turklāt starpība ir būtiska, uz ko norāda Fišera kritērijs ( $F_{\text{fakt.}} > F_{\text{krit.}}$ ).

Pēc pētījumā iegūtajiem datiem ar 95% ticamību var apgalvot, ka mitruma regulēšanas paņēmiena izvēle būtiski ietekmēja zālāja sakņu augšanu horizontālā virzienā apdobē no zālāja malas.

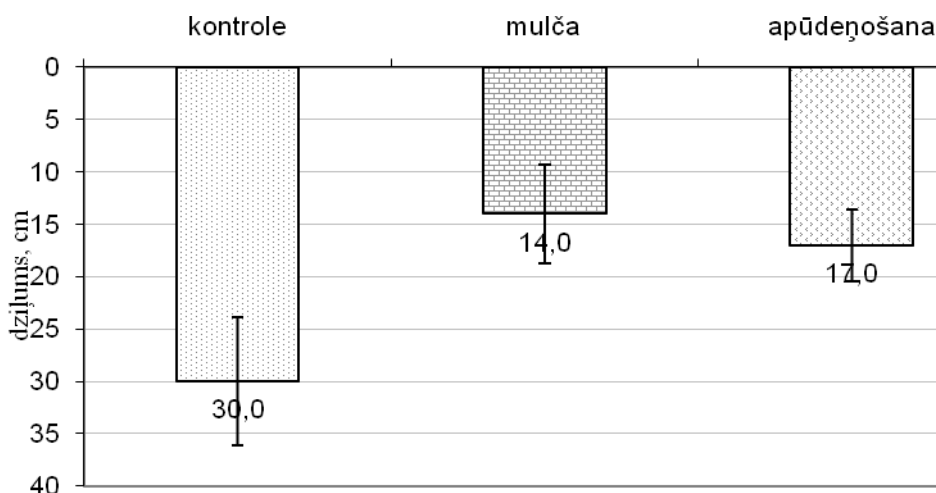
Pētījuma rezultāti atbilst literatūrā apskatītajiem [4; 8; 9; 10], ka zālāja saknes ir agresīvas un tiecas koncentrēties augsnes vietās ar optimāliem apstākļiem (šajā pētījumā – ar mitruma nodrošinājumu).

### Zālāja sakņu vertikālais izvietojums

Kontroles variantā zālāja saknes apdobē sniedzās 2 reizes dziļāk (pat līdz 40 cm dziļumam) nekā variantos ar mitruma regulēšanu (mulča un pilienveida apūdeņošana). Mulčas un apūdeņošanas variantā zālāja saknes apdobs malā iestiepās vidēji 15 cm dziļumā (3.attēls).

Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos zālāja sakņu dziļums apdobēs būtiski neatšķīrās ( $F_{\text{fakt.}} < F_{\text{krit.}}$ ).

Būtiskā atšķirība kontroles variantā varētu būt saistīta ar mainīgajiem mitruma apstākļiem, kā arī zināmu mitruma deficītu. Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos mitruma režīms, īpaši augsnes virsējā slānī, ir optimālāks un nav tik dinamisks kā kontroles variantā [19; 20], tāpēc ne tikai ābeļu saknes, bet arī zālāja saknes koncentrējušās seklā augsnes slānī. Pēc zinātnieka Atkinsona [6] pētījumiem, saknes normāli aug pietiekama mitruma apstākļos, tāpēc mitruma meklējumos saknes iestiepjas arī dziļākos augsnes slāņos.



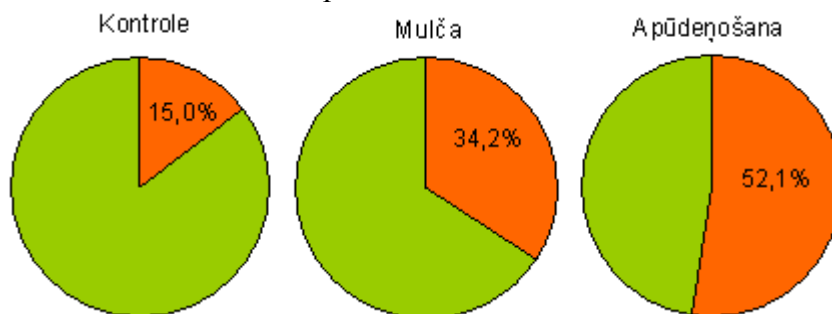
3.att. Zālāja sakņu sasniegtais dziļums zālāja un apdobs robežšķirtnē

#### Ābeļu un zālāja sakņu konkurences laukums

Vairāki zinātnieki [8; 9; 10], pētot zālāja vai nezāļu sakņu mijiedarbību ar kultūraugu saknēm, konstatējuši, ka zālājs rindstarpā kultūraugiem ir vērā ņemams konkurents barības elementu un ūdens apgādes ziņā.

Pēc 4.att. vizualizētajiem pētījuma datiem redzams, ka starp variantiem konstatētas būtiskas atšķirības ( $p=0,00$ ). Kontrolē variantā zālāja saknes iespiedušās 15% no ābeļu galvenās sakņu masas aizņemtā laukuma apdobs joslā. Tas nozīmē, ka zālāja saknes konkurēja ar ābeļu saknēm 15% ābeļu sakņu aizņemtajā platībā zem apdobs joslas.

Mulčas variantā ābeļu sakņu un zālāja sakņu konkurences laukums sastādīja 34% no ābeļu sakņu aizņemtās platības, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā sasniedza 52%. Tas nozīmē, ka pusē no ābeļu sakņu aizņemtā laukuma apdobs joslā iespiedušās zālāja saknes, kas var radīt vērā ņemamu konkurenci ābelēm pēc ūdens un barības vielām.



4.att. Zālāja sakņu aizņemtā laukuma īpatsvars no galvenās ābeļu sakņu masas aizņemtā laukuma apdobs joslā

Lielās un būtiskās atšķirības variantu starpā varētu izskaidrot ar to, ka mulčas un apūdeņošanas variantos apdobs joslā ir daudz labāki apstākļi sakņu augšanai, optimālāks mitruma režīms nekā zem zālāja [6]. Ne tikai koka saknes meklē augsnē mitrumu un barības vielas, bet arī zālāja saknes, tāpēc augšanai labvēlīgākajās augsnes vietās koncentrējas gan koku, gan zālāja saknes [7]. Īpaši mitruma ietekme uz zālāja sakņu iespiešanos apdobs varētu būt aktuāla sausos gados, kad zem mulčas un apūdeņošanas variantā mitruma saturs ir būtiski lielāks [10].

## Secinājumi

Augļu dārzā pielietotie mitruma regulēšanas paņēmieni – apdobju mulčēšana un pilienveida apūdeņošana – būtiski ietekmē gan ābeļu, gan arī zālāja sakņu izvietojumu.

Zem apdobes joslas kontroles variantā atrodas aptuveni puse ābeļu uzsūcošo sakņu (<2 mm šķērsgriezumā), mulčējot apdobes vai pielietojot pilienveida apūdeņošanu, ābeļu sakņu izvietojums zem apdobes joslas ir attiecīgi 73% un 85% no uzsūcošo sakņu masas.

Horizontālā virzienā zālāja saknes mulčas lietošanas ietekmē apdobes joslā iespiedušās 4 reizes, bet pilienveida apūdeņošanas variantā 5 reizes tālāk nekā kontroles variantā.

Kontrolē zālāja saknes iesniegušās 2 reizes dziļāk augsnē nekā mulčas un apūdeņošanas variantos.

Kontroles variantā ābeļu un zālāja sakņu konkurences laukums apdobes joslā ir 15%, mulčējot apdobes – 34%, bet, pielietojot pilienveida apūdeņošanu – pat 52%, kas varētu būt vērā ņemama konkurence.

## Summary

Since 1998 when government support started for the establishing of commercial orchards, traditional apple growing in Latvia has radically changed. Today apple-trees are grown on dwarf and semi dwarf rootstocks, using moisture regulation – mulching of the tree strips and various irrigation systems. Instead of bare fallow, grass is grown in the inter-row strips. With that, new plant populations are introduced into the orchard ecosystem, which change the biocenotic interrelations of the plants.

The aim of the research was to study the possible competition between apple-trees and lawn grass.

The research was done at the Latvia State Institute of Fruit-Growing, Dobeles, in 2007 on the basis of an orchard established in 1997, for cultivar 'Melba' on rootstock B.9 (planting distances  $1.5 \times 4$  m), which was provided with two soil moisture regulation treatments in tree strips (sawdust mulch, drip irrigation) and control, in three replications. For the lawn sown in the inter-row strips grass mixture were used consisting of *Lolium perenne* and *Poa pratensis* in proportion 1 : 3. The tree strip (1 m wide) in the control and drip irrigation treatments during the growth season was maintained free from grass. In the mulching treatment it was covered with 10 – 20 cm layer of sawdust mulch which was renewed each three years. The inter-row strips were 3 m wide. The grass which was sown in these strips at the orchard planting was mown regularly (5 – 6 times during the season). The apple-trees were trained as slender spindle. In the place of trial the soil was sandy loam (sM<sub>3</sub> and sM<sub>2</sub>) *Haplic Luvisol* (*Hypereutric*), interspaced with sandy loam *Cutanic Luvisol*, which both have similar agrochemical properties. These soils belong to the class of automorphic soils [14]. The amount of organic matter was 2.5 g kg<sup>-1</sup> (determined by the method of Tiryin). The reaction pH KCl 6.5 (determined in 1 M KCl suspension). Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 300 mg kg<sup>-1</sup> un K<sub>2</sub>O – 190 mg kg<sup>-1</sup>, MgO – 162 mg kg<sup>-1</sup> (analysed by the method Egner – Reem (DL method)).

The results of the research showed that the applied soil moisture regulation treatments – mulching of tree strips and drip irrigation - influenced the root spacing both of apple-trees and grass significantly. Under the tree strip kept free of grass about half of the absorbing tree roots (<2 mm in cross-section) were found, while with mulching and drip irrigation the proportion of apple-tree roots under the tree strip was 73% and 85% of the mass of absorbing roots, respectively. The grass roots in the mulching treatment spread into the tree strip 4 times farther in the horizontal direction than in the control treatment, but with drip irrigation - 5 times farther than in control. Vertically (into depth) the grass roots in the control treatment spread 2 times deeper than with mulching or irrigation. In the control treatment the competition area of apple-tree and grass roots was 15%, with mulching – 34%, but with drip irrigation – even 52% of the total area occupied by apple-tree roots.

### Literatūra

1. Parker M.L., Meyer J.R. Peach tree vegetative and root growth respond to orchard floor management. HortScience. V.31, 1996. p.330-333.
2. Eisental D.M., Yanai R.D. The ecology of root life span. Ecological Research. V.27, 1997. p.1-60.
3. Hipondoka M., Aranibarw J., Chiraraz C., Lihavhaz M., Mackow S. Vertical distribution of grass and tree roots in arid ecosystems of Southern Africa: niche differentiation or competition? Journal of Arid Environments. V.54, 2003. p.319-325.
4. Scholes R.J. Tree – grass interactions in savanna. Annual Review of Ecology and Systematics. V.28, 1997. p.517-544
5. Skroch W.A., Shribbs J.M. Orchard floor management: an overview. HortScience. V.21, 1986. p.390-394.
6. Atkinson D. The growth, activity and distribution of the fruit tree root system. Plant and Soil. V.71, 1983. p.23-25.
7. Mason E.G., Milne P.G. Effects of weed control, fertilization and soil cultivation on the growth of *Pinus radiata*. D.J. For. Res. V.29, 1999. p.982-985.
8. Hornig R., Bünemann G. Fertigation and controlled strip cover by weeds in apple orchards. Acta Hort. V.335, 1993. p.65-72.
9. Casper B.B., Jackson R.B. Plant competition underground. Ecol. Syst. V.28, 1997. p.545-570.
10. Dawson L.A., Duff E.I., Campbell C.D. Depth distribution of cherry (*Prunus avium* L.) tree roots as influenced by grass root competition. Plant and Soil. V.231, 2001. p.11-19.
11. Bedling R.D., Majek B.A., Lokaj G.W., Hammersted J., Ayeni A.O. Orchard Floor Management Influence on Summer Annual Weeds and Young Peach Tree Performance. Weed Technology. V.18, Nr. 2, 2000. p.215-222.
12. Eason W.R, Newman E.I., Chuba G.H. Specificity of interplant cycling of nutrients: the role of mycorrhizas. Plant Soil.V.137, 1991. p.267-274.
13. Ristevski B. Strip Pear Orchard Desing. Acta Hort. V.367, 1994. p.255-259.
14. Augsnes diagnostika un apraksts /sast. A. Kārklīņš. Jelgava: LLU, 2008. 336 lpp.
15. Kolesnikov V.A. Root system of the fruit trees and small fruit. Moscow: Kolos, 1974. p.509.
16. Rubauskis. E. Augsnes mitruma režīmu regulēšanas ietekme uz augļu koku augšanu un ražas parametriem: Promocijas darbs lauksaimniecības doktora zinātniskā grāda ieguvei / Latvijas lauksaimniecības universitāte. Jelgava, 2005. 161 lpp.
17. Ben–Asher J., Silberbush M. Root distribution under trickle irrigation: factors affecting distribution and comparison among methods of determination. Journal of Plant Nutrition, No.15 (6& 7). 1992. p.783-794.
18. Neilsen G.H., Parchomchuk P., Berard R., Neilsen D. Irrigation frequency and quantity affect root and top growth of fertigated ‘McIntosh’ apple on M 9, M 26 and M 7 rootstock. Canadian Journal of Plant Science V.77. 1997. p.133-139.
19. Levin I., Assaf R., Bravdo B. Soil moisture and root distribution in an apple orchard irrigated by tricklers. Acta Horticulturae. V.89. 1979. p.81-82.
20. Hee–Myong R. Water use of young ‘Fuji’apple trees at three soil moisture regimes in drainage lysimeters. Agricultural Water Management, No.50. 2001. p.185-196.

# BENIKO AND BIALOBREZSKIE – INDUSTRIAL HEMP VARIETIES IN LITHUANIA

## *BENIKO UN BIALOBREZSKIE – RŪPNIECISKO KAŅEPJU ŠŪKIRNES LIETUVĀ*

**Zofija Jankauskienė, Elvyra Gruzdevienė**

Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture

Linininkų 3, Upytė, Panevėžys district, LT-38 294, Lithuania

Ph: +(370) 45 555413, fax: +(370) 45 555573, e-mail: soja@upyte.lzi.lt

---

**Abstract.** *The biometrical indices of two hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties of Polish origin – Beniko and Bialobrezskie – sown at different rates (40; 55 and 70 kg ha<sup>-1</sup>) have been investigated at the Upytė Research Station of LIA in 2006. The data from 2006 led to draw conclusion that plants of industrial hemp varieties of Beniko and Bialobrezskie could be successfully grown in Lithuania. Hemp produced enough high amount of green (up till 42.95 t ha<sup>-1</sup>) and dry (up till 15.27 t ha<sup>-1</sup>) biomass. Plants of Beniko were more productive than plants of Bialobrezskie. The tendencies of higher green and dry biomass were noticed in the plots of lower density. Seed rate had significant influence on crop density. Seed rate (crop density) had significant effect on crop weediness.*

---

**Keywords:** *Cannabis sativa* L., fibre, hemp, seed rate, varieties.

---

### **Introduction**

The hemp plant (*Cannabis sativa* L.) is one of the oldest and most versatile plants known to man. Hemp has been cultivated over a period of many centuries in almost every European country. It once represented a significant raw material source for the production of rope, canvas, textiles, paper, and oil products. Until the XVIII century, field- and water-retted mechanically processed hemp fibres, along with flax, nettle, and wool, were the raw materials of the European textile industry. Because of its more coarse and nonhomogeneous fibre bundles, hemp was primarily used in the production of outer garments and work clothes. Flax and nettle were used for finer fabrics, and wool for warmer clothing [1].

By the end of World War II, hemp was being forgotten once again. The economical cotton imports returned to assert their presence in garment industry. Additionally, marked advances were made with synthetic fibres, which especially took over in the technical textile sector [1].

In Western Europe interest in hemp plant and its abundance of possible uses has increased rapidly at the end of XX and beginning of XXI century. The demand for renewable raw materials is increasing. Many new products processed from strong fibres such as hemp and flax appear all over the world. Many companies produce non-woven products like mats for insulation and automobile composites based mainly on flax but increasingly also on hemp fibres. The advantages are evident, the fibres can reinforce plastics, substitute mineral fibres, be recycled, they are eco-friendly and can be grown ecologically and there is no waste disposal problem. A new breakthrough is now a reality: a new fibre mat made from flax and hemp by means of a new air-forming technique with low production costs is competitive to e.g. mineral wool and glass wool [2]. Hemp fibre could be used for geotextile purposes, seeds – for oil and feeding [3]. The essential oils could be obtained from the panicles of hemp for cosmetics, food products as well as for special products due to its repellent action [4].

In many countries the cultivation of hemp lies under the ban. Because hemp varieties with low THC (Tetrahydrocannabinol) content have been bred, many of them are allowed to grow in the countries of EC. The EC common catalogue of varieties of agricultural plant species in 2008 contains the list of 46 industrial hemp varieties [5].



It is very difficult to decide which variety from the EC list could be the best to grow in Lithuania.

E.P.M. de Meijer reported that from tested 16 hemp accessions, Beniko and Bialobrezskie were the earliest ripening. The most fibrous were Beniko (32.7 %), Uniko-B (28.8-30.8 %), Kompolti (28.0-29.1 %), Bialobrzskie (29.1-29.5 %) [6].

Some of the industrial hemp varieties included into the EC common catalogue of varieties of agricultural plant species is successfully grown in America. In Canada the following industrial hemp varieties have been evaluated for fibre and grain production in Ontario: Fedora 19, Felina 34, Fedrina 74, Secuieni 1, Irene, Uniko B, Kompolti, Finola (FIN 314) and Anka. Uniko B and Kompolti continued to perform for highest stalk and fibre yields across Ontario [7].

In Poland hemp varieties of Polish origin Beniko and Bialobrezskie were investigated in 1986-1988. Plants of Bialobrzskie showed higher seed ( $550 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and stalk ( $10\,000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) yield, but the plants of Beniko had higher fibre yield (total fibre yield  $2890 \text{ kg ha}^{-1}$ , long fibre yield  $2670 \text{ kg ha}^{-1}$ ) [8]. Investigation in 2000-2001 provided with information that from 14 tested hemp varieties (Beniko, Bialobrezskie, Juso 11, Silesia, Novosadka, Ferimon 12, Felina 34, Futura 77, Kompolti, Fedora 17, Fedora 19, Tibolaj, F x T, Hei Bei) in Poland plants of Beniko and Bialobrezskie had the highest total fibre content (28.5 and 26.9 %, respectively) while the highest stalk yield was obtained from plants of Hei Bei ( $18.9 \text{ t ha}^{-1}$ ) and Kompolti ( $18.0 \text{ t ha}^{-1}$ ) [9].

Hemp production ranges depending on seed rate (crop density). Bocsa and Karus [10] report that optimal sowing density for hemp grown for pulp production is  $40\text{-}60 \text{ kg ha}^{-1}$  while for textile application (only for fibre) –  $70\text{-}80 \text{ kg ha}^{-1}$ . Grabowska and Koziara report that the increase of seed rate caused the decrease of the plant length and diameter. The sowing density of  $320\text{-}960$  seeds per  $1 \text{ m}^2$  showed no significant effect on yield in none of tested locations. However, increasing it to  $1280$  seeds per  $1 \text{ m}^2$  caused statistically proven decrease of stalk yield [11].

The hypothesis of our investigations – hemp sowing at different rates will effect on crop density, productivity, and other biometrical indices; different hemp varieties will show different yield potential.

### Materials and methods

The aim of the investigation was to evaluate the influence of hemp variety and sowing rate on hemp (*Cannabis sativa* L.) productivity, and to discuss which variety would be more suitable to grow in Lithuania.

The investigation was conducted on a Eutri-Endohypogleyic Cambisol [12]. The content of available  $\text{P}_2\text{O}_5$  in the soil plough layer was  $275 \text{ mg kg}^{-1}$ , content of  $\text{K}_2\text{O}$  –  $175 \text{ mg kg}^{-1}$  (determined in A-L extraction),  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  level – 7.3 (potentiometrically), humus content – 2.31 % (by Thyurin method). In the field rotation hemp followed winter wheat.

Bi-factorial trial was carried out at the Upytė Research Station of LIA in 2006: Factor A – variety (A1 – Beniko; A2 – Bialobrzskie); Factor B – sowing rate (B1 –  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ; B2 –  $55 \text{ kg ha}^{-1}$ ; B3 –  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Both of selected varieties are of Polish origin. Varieties were selected following facts, that Poland is the nearest country where hemp breeding is carried out, and the pedoclimatical conditions of Poland could be considered to be most similar to those of Lithuania (in general hemp breeding is carried out in southern countries of EC, therefore those varieties are more adapted to southern pedoclimatical conditions).

Hemp was sown by sowing-machine SLN-1.6 at the middle of May in the plots of  $10 \text{ m}^2$ , triplicate, harvested in the middle of October by trimmer. The biometrical indices of hemp plants – crop density, weediness, height and stalk diameter in the middle of the stalk at harvesting time, amount of green and dry over ground mass, and fibre content were evaluated.

One part of hemp stalk samples (0.5 kg per plot) was water-retted (temperature 37 ° C) for 5 days, other part (0.5 kg per plot) was dew-retted on the grassland; then dry straw was scutched by tool SMT-200. For calculation and statistical evaluation the statistical software developed in the Lithuanian Institute of Agriculture was used [13].

Thermal and irrigation conditions during the growing season could be described by one of the most informative agrometeorological indicators – G. Selianinov’s hydrothermal coefficient [14]:

$$HTK = \frac{\Sigma p}{0.1 \Sigma t} \quad (1)$$

where:  $\Sigma p$  – total precipitation (mm) sum during the given period, the temperature of which is above 10 °C;

$\Sigma t$  – total sum of active temperatures (°C) of the same period.

If  $HTK > 1.6$  – excessive irrigation,  $HTK = 1...1.5$  – optimal irrigation,  $HTK = 0.9...0.8$  – weak drought,  $HTK = 0.7...0.6$  – moderate drought,  $HTK = 0.5...0.4$  – strong drought,  $HTK < 0.4$  – very strong drought.

According to the data presented in Figure 1, it would be fair to say that just after sowing (12<sup>th</sup> of May) it was enough wet for hemp seed germination. Dry weather was in June and July, but hemp plants didn’t suffer from it. The abundant precipitation in August and September allowed hemp plants to thrive, but led to long vegetation period, long flowering period, late seed ripening. Hemp was harvested only in the middle of October.

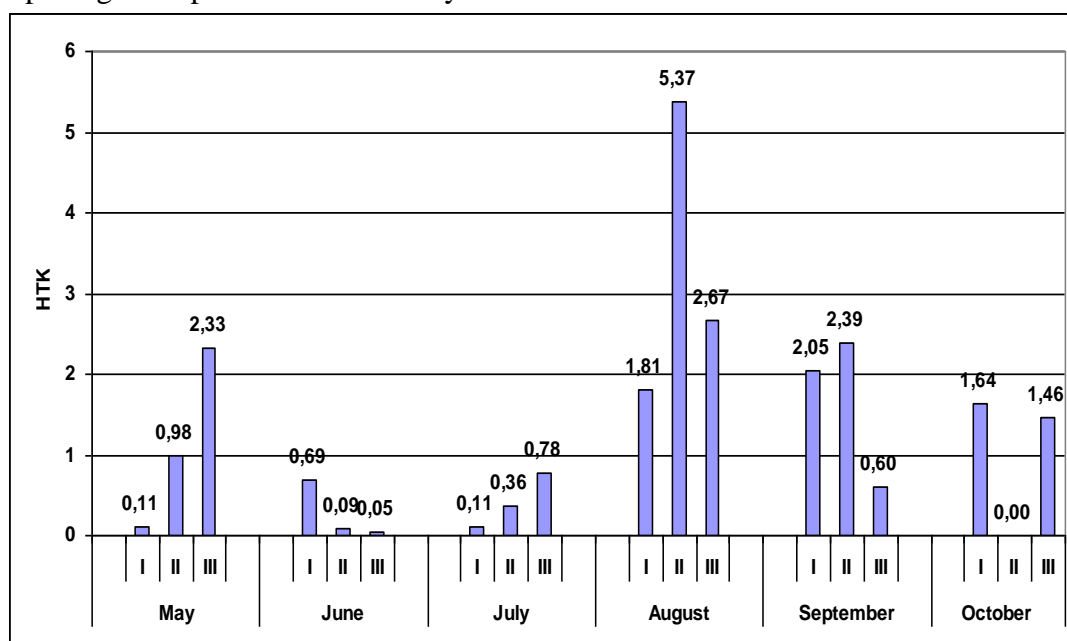


Fig. 1. Hydrothermal coefficient (Upytė, 2006)

### Results and discussion

The beginning of hemp seed germination was noticed on 21<sup>st</sup> of May, e.i., on 9<sup>th</sup> day after sowing. Few days later the crop was fully emerged, the seedlings had first pair of true leaves. Visually any differences between seedlings of different varieties haven’t been noticed. On the 29<sup>th</sup> of May plants had already the second pair of true leaves, and differences between plots sown at different seed rate have been noticed. On 8<sup>th</sup> of June plants were already 13-16 cm in height; on 23<sup>rd</sup> of June – 60-80 cm, on 7<sup>th</sup> of July – above 1 m (some plants reached even 1.5-1.7 m height). One week later hemp plants’ height was already about 1.8-2 m. On the 25<sup>th</sup> of July hemp started flowering. After heavy precipitation some hemp plants at the plot side have lodged. At the beginning of September hemp was still flowering, the seeds were milky, still

immature. Some matured hemp seeds were found on the 5<sup>th</sup> of October. It was noticed, that some birds are attacking hemp crop and picking hemp seed from growing plants. At hemp harvesting time (16<sup>th</sup> of October) approximately all seeds in hemp plots have been eaten. Hemp was harvested by trimmer, leaving the stubble of 3-5 cm. Hemp in 2006 was growing about 22 weeks (157 days).

Before harvesting hemp crop density and weediness have been evaluated. Significant differences in crop density were noticed for Beniko and Bialobrzeskie (Table 1), and this could be the result of different weight of 1000 seed (Beniko – 15.56 g; Bialobrzeskie – 14.65 g). As it was expected, seed rate also had significant influence on crop density – the highest crop density (in average 236 units m<sup>-2</sup>) was obtained sowing 70 kg ha<sup>-1</sup>, the lowest (in average 100 units m<sup>-2</sup>) – sowing 40 kg ha<sup>-1</sup>.

Table 1.

**The influence of variety and seed rate on hemp crop density (units m<sup>-2</sup>) before harvesting (Upytè, 2006)**

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 kg ha <sup>-1</sup>	55 kg ha <sup>-1</sup>	70 kg ha <sup>-1</sup>	
Beniko	94	131	197	141
Bialobrzeskie	106	148	274	176
Mean for factor B	100	140	236	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 10.3    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 14.6    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 23.0				

Seed rate (crop density) had significant effect on crop weediness (Table 2). The amount of weeds in hemp crop at harvesting was quite low – only 1-6 plants m<sup>-2</sup>. More weeds were found at thin crop. The main part of weeds found at hemp harvesting time consisted of white goosefoots (*Chenopodium album* L.).

Table 2.

**The influence of variety and seed rate on hemp crop weediness (units m<sup>-2</sup>) before harvesting (Upytè, 2006)**

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 kg ha <sup>-1</sup>	55 kg ha <sup>-1</sup>	70 kg ha <sup>-1</sup>	
Beniko	6.0	0	1.3	2.4
Bialobrzeskie	4.7	2.7	1.3	2.9
Mean for factor B	5.3	1.3	1.3	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 1.38    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 1.96    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 3.09				

In 2006 hemp produced enough high amount of green over ground (stalks, leaves and panicles) mass (up till 42.95 t ha<sup>-1</sup>) (Table 3). Plants of Beniko were more productive than plants of Bialobrzeskie (significant differences). Seed rate didn't show significant influence on the yield of green over ground mass – only tendencies of higher green biomass were noticed in the plots of lower density (differences not significant).

Table 3.

**The influence of variety and seed rate on hemp green biomass yield (kg ha<sup>-1</sup>) (Upytè, 2006)**

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 kg ha <sup>-1</sup>	55 kg ha <sup>-1</sup>	70 kg ha <sup>-1</sup>	
Beniko	42 952	39 857	39 810	40 873
Bialobrzeskie	34 286	34 810	33 095	34 064
Mean for factor B	38 619	37 333	36 452	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 1 511.0    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 2 136.8    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 3 378.6				

According to the data of hemp green biomass and amount of crop moisture content at harvesting (it was about 63.6-66.9 %), the yield of dry hemp biomass was calculated. Plants of Beniko showed higher productivity than that of Bialobrzeskie (significant differences) (Table 4). The tendencies of higher dry biomass were noticed in plots of lower density (differences not significant).

Table 4.

**The influence of variety and seed rate on hemp dry biomass yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ )**  
(Uptytè, 2006)

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 $\text{kg ha}^{-1}$	55 $\text{kg ha}^{-1}$	70 $\text{kg ha}^{-1}$	
Beniko	15 267	14 542	13 888	14 566
Bialobrzeskie	12 070	12 113	10 948	11 710
Mean for factor B	13 668	13 327	12 418	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 971.6    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 1 374.1    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 2 172.6				

The stalks of Beniko plants were by 7 cm taller than that of Bialobrzeskie (Table 5). We should remind that total plant height would be taller by approximately 5 cm, when taking into account the length of stubble left on the field. Significant differences in plant height were found in the plots of different crop density – plants were taller (even by 20 cm) in thin crop and lower – in thick crop. The same results were described by Grabowska, Koziara [11].

Table 5.

**The influence of variety and seed rate on hemp plant height (m) at harvesting**  
(Uptytè, 2006)

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 $\text{kg ha}^{-1}$	55 $\text{kg ha}^{-1}$	70 $\text{kg ha}^{-1}$	
Beniko	2.29	2.18	2.13	2.20
Bialobrzeskie	2.28	2.10	2.02	2.13
Mean for factor B	2.28	2.14	2.08	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 0.050    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 0.071    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 0.112				

Technical hemp stalk length was measured from the foot part of stalk up till first left leaves and panicles. Tendencies of longer technical stalk part in Beniko plants could be observed (Table 6). Also tendencies of longer technical stalk part could be noticed in thin crop (except crop of Beniko).

Table 6.

**The influence of variety and seed rate on technical hemp plant height (m) at harvesting**  
(Uptytè, 2006)

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 $\text{kg ha}^{-1}$	55 $\text{kg ha}^{-1}$	70 $\text{kg ha}^{-1}$	
Beniko	1.76	1.81	1.78	1.79
Bialobrzeskie	1.87	1.76	1.68	1.77
Mean for factor B	1.82	1.79	1.73	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 0.050    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 0.071    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 0.112				

The stalk diameter of Beniko plants was higher than that of Bialobrzeskie (Table 7). Significant differences in stalk diameter were found when sowing 40  $\text{kg ha}^{-1}$  and when compared to that of sowing rates of 55  $\text{kg ha}^{-1}$  and 70  $\text{kg ha}^{-1}$ . But we didn't find any significant differences in diameter when sowing 55  $\text{kg ha}^{-1}$  and 70  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Table 7.

**The influence of variety and seed rate on hemp stalk diameter (cm) at harvesting**  
(Upytė, 2006)

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 kg ha <sup>-1</sup>	55 kg ha <sup>-1</sup>	70 kg ha <sup>-1</sup>	
Beniko	0.68	0.63	0.59	0.63
Bialobrzeskie	0.66	0.56	0.54	0.59
Mean for factor B	0.67	0.59	0.57	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 0.031    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 0.044    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 0.070				

The fibre content in hemp stalks was found to be different after stalk dew-retting and water-retting (Tables 8 and 9). Any significant differences in fibre content weren't found in 2006. We can see tendencies that Bialobrzeskie plants had slightly higher content of dew-retted fibre; higher dew-retted fibre content was obtained in thin crop (Table 8).

Table 8.

**The influence of variety and seed rate on hemp fibre content (%) in stalks after dew-retting**  
(Upytė, 2006)

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 kg ha <sup>-1</sup>	55 kg ha <sup>-1</sup>	70 kg ha <sup>-1</sup>	
Beniko	12.3	12.0	13.3	12.6
Bialobrzeskie	12.7	11.7	15.0	13.1
Mean for factor B	12.5	11.8	14.2	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 1.033    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 1.460    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 2.309				

Beniko plants had slightly higher content of water-retted fibre; established water-retted fibre content was very similar in all plots of different crop density (Table 9).

Table 9.

**The influence of variety and seed rate on hemp fibre content (%) in stalks after water-retting**  
(Upytė, 2006)

Variety (Factor A)	Seed rate (Factor B)			Mean for factor A
	40 kg ha <sup>-1</sup>	55 kg ha <sup>-1</sup>	70 kg ha <sup>-1</sup>	
Beniko	20.3	19.7	19.7	19.9
Bialobrzeskie	18.0	18.3	19.0	18.4
Mean for factor B	19.2	19.0	19.3	-
LSD <sub>05</sub> (variety) = 1.246    LSD <sub>05</sub> (seed rate) = 1.762    LSD <sub>05</sub> (variety x seed rate) = 2.787				

### Conclusions

1. The trial carried out in 2006 led to draw conclusion that plants of industrial hemp varieties of Polish origin – Beniko and Bialobrzeskie – could be successfully grown in Lithuania.
2. In 2006 hemp produced enough high amount of green (up till 42.95 t ha<sup>-1</sup>) and dry (up till 15.27 t ha<sup>-1</sup>) over ground mass. Plants of Beniko were more productive than plants of Bialobrzeskie. The tendencies of higher green and dry biomass were noticed in the plots of lower density.
3. Neither of two investigated factors showed significant influence on fibre content in 2006.
4. Seed rate had significant influence on crop density.
5. Seed rate (crop density) had significant effect on crop weediness.
6. The stalks of Beniko plants were by 7 cm taller than that of Bialobrzeskie. Significant differences in plant height were found in the plots of different crop density – plants were taller (even by 20 cm) in thin crop and lower – in thick crop.

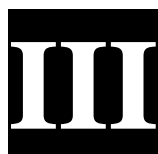
7. The diameter of hemp stalks was lesser when sowing 55 kg ha<sup>-1</sup> and 70 kg ha<sup>-1</sup> than that when sowing 40 kg ha<sup>-1</sup>. But we didn't find any significant differences in diameter when sowing 55 kg ha<sup>-1</sup> and 70 kg ha<sup>-1</sup>.

### Acknowledgment

The authors thank the Lithuanian Ministry of Agriculture for the financial support.

### Bibliography

1. Bocsa I., Karus M. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. 1998. Hemptech, Sebastopol, California. 186 p.
2. Pallesen B.E., Eriksen M.E. New technology for natural fiber applications. Production, Processing and use of natural fibres, 10-11 September, Potsdam, Potsdam-Bornim, 2002. p. 79.
3. Kanewski R., Konczewicz W., Cierpucha W. New trends in harvesting processing and utilizing of hemp. Natural fibres, XLIV, 2000. P. 77-93.
4. Konczewicz W., Kanewski R., Kozłowski R. Initial Results of essential oils extraction from Białobrzesckie hemp panicle. Production, Processing and use of natural fibres, 10-11 September, Potsdam, Potsdam-Bornim, 2002. p. 99.
5. Cannabis sativa L. Hemp // [http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/catalogues/comcat\\_agri\\_2008/59.html](http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/catalogues/comcat_agri_2008/59.html), (accessed on 22-04-2008)
6. Meijer E.P.M. Fibre hemp cultivars: A survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. Journal of the International Hemp Association, 2(2), 1995. p. 66-73.
7. Scheifele G., Dragla P. Industrial hemp fibre research, production, processing and marketing initiatives in Ontario, Quebec and Eastern Canada. Production, Processing and use of natural fibres, 10-11 September, Potsdam, Potsdam-Bornim, 2002. p. 16-17.
8. Poradnik plantatora lnu i konopi (koordynator Szalkowski Z.), Poznan, 1994. p.51-61.
9. Rolski S., Andruszewska A., Grabowska L., Heller K. Breeding and cultivation of fibrous crops. Natural fibres, XLIV, 2000. p. 31-41.
10. Bocsa I., Karus M. Der Hanfanbau. Heidenlberg: C.F. Muller, 1997. Heidelberg, 173 p.
11. Grabowska L., Koziara W. The effect of nitrogen dose, sowing density and time of harvest on development and yields of hemp cultivar Białobrzesckie. Journal of Natural Fibres, vol. 2 (4), 2005. p.1-17.
12. Buivydytė, V.V., Vaičys, M., Juodis, J., Motuza A. Lietuvos dirvožemių klasifikacija. Vilnius: "Lietuvos mokslas", 2001. p. 76.
13. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas Anova, Stat, Split-Plot iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija, 2003. 58 p.
14. Bukantis A. Agroklimatinių resursų dinamika ir augalininkystės plėtros perspektyvos Lietuvoje. Augalininkystės ir bitininkystės dabartis ir ateitis: mokslinių straipsnių rinkinys, Kaunas-Akademija, 1998. p. 17-23.



**VIDES AIZSARDZĪBA UN  
MONITORINGS**

***ENVIRONMENTAL  
PROTECTION AND  
MONITORING***





# EVALUATION OF BROWNFIELDS IN LATVIA *DEGRADĒTO TERITORIJU IZVĒRTĒJUMS LATVIJĀ*

**Gotfrīds Noviks, Edmunds Teirumnieks, Natālija Lemešenoka, Ivars Matisovs,  
Ērika Teirumnieka, Ziedonis Miklašēvičs**

Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering, Latgale Sustainable Development Research  
Institute, Department of Nature and Engineering sciences  
Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia

Phone/fax: +371 64625167, e-mail: novik@ru.lv, edmunds@ru.lv, natalija@ru.lv,  
Ivars.Matisovs@ru.lv, Erika.Teirumnieka@ru.lv, Z.Miklasevics@lvm.lv

---

**Abstract.** *Brownfields (contaminated or degraded territories) significantly pollutes environment, form derelict landscapes and affects people's security and health. Formation of these sites depends on many factors such as bad industrial practise and economy, inadequate legislation, wastewater and waste management etc. Inventory and evaluation of these sites in Latvia is carried out according to Regulations issued by the Latvia Cabinet of Ministers.*

*The sites are characterised with parameters which differs from accepted in the other European countries. For example, primary classification indicator in Latvia is a degree of ground and soil pollution in these fields and as a secondary factor – presence of destroyed and abandoned buildings.*

*The paper presents the results of investigation the situation on brownfields in Latvia, especially in Rezekne city, analyses the reasons of their formation and develops recommendations for intensification revitalization process of brownfields.*

---

**Keywords:** *brownfields, contaminated territories, ground and soil pollution*

---

## Introduction

Brownfields are urban areas which form as a result of many uncontrollable human actions especially during the economy restructuring periods. Brownfields are areas of land and the property therein, within established urban areas, which have ceased their original use, or have become seriously underused. Such areas often bear considerable environmental damage, dilapidated production buildings (see Fig. 1) and disused plants. For a variety of reasons, brownfields constitute a larger portion of urban land in postsoviet countries [1]. Brownfields have an extremely detrimental economic influence on their physical and biological surroundings. The complexities and costs, related to the renovation and re-use/regeneration of these territories, discourage private capital from active economic intervention.



**Fig. 1. Former peat factory in Struzani**

Brownfields usually require public finance to help remove the barriers to redevelopment, and thus initiate the reuse/regeneration process.

The brownfields problem has emerged, since the 1970's, to a prominent place on the political agenda of developed countries and is now strongly linked to the more general agenda of sustainable urban development [2].

In Latvia instead term "brownfields" is used term "degraded territories" and it means intensive contaminated territories at first.

According to Latvian legislation brownfields in this interpretation are:

- Dumps of the industrial waste;
- Dumps of household waste;
- The gas stations and oil storage bases;
- Storages of hazardous chemicals and pesticides;
- Forage complexes, piggeries, poultry and cattle farms;
- Former Soviet Union army bases.

In Latvia there is not mining industry objects, therefore the scale of degraded territories is significantly smaller than it is in countries where mining industry is well developed. It means that so called contiguous brownfields in Latvia are associated with the production of building materials, including building construction, and partially or fully excavated but not reclaimed quarries (sand, gravel, limestone, clay, dolomite).

The formation and existence of brownfields is the one of the consequences of human activities that leaves the negative impact not only on environment, but also have the direct influence to humans. The formation of these territories rapidly developed in the 20<sup>th</sup> century and still continues. The main reason for that is the unjustified economical development that demands not only use but often overuse nature resources in order to achieve maximum profits instantly [3]. It is noticeable in all countries, especially in countries experienced changes of a political system. After collapse of Soviet system during 1990-ties in Latvia number of industrial enterprises were closed that resulted in vast formation of polluted/degraded territories.

### **Materials and methods**

The object of the research was brownfields in Latvia.

Investigation included characteristics of brownfields in historical and nowadays aspects.

The methods involved analyse of large scale documents, cartographic materials and databasis regarding to background and development of brownfields, state official rules and regulations and foreign experience in managing degraded territories.

There were used site surveys and visual evaluation of brownfields in Rezekne city also.

The selection of methods ensuring adequate, transparent and comparable information on the genesis of brownfields, the existing situation, problems and forecast changes in the European context, the experience of learning the Latvian case studies provide opportunities of brownfields in research to integrate different approaches and to find appropriate specifics of Latvia brownfields renewal proposals.

### **Results and discussion**

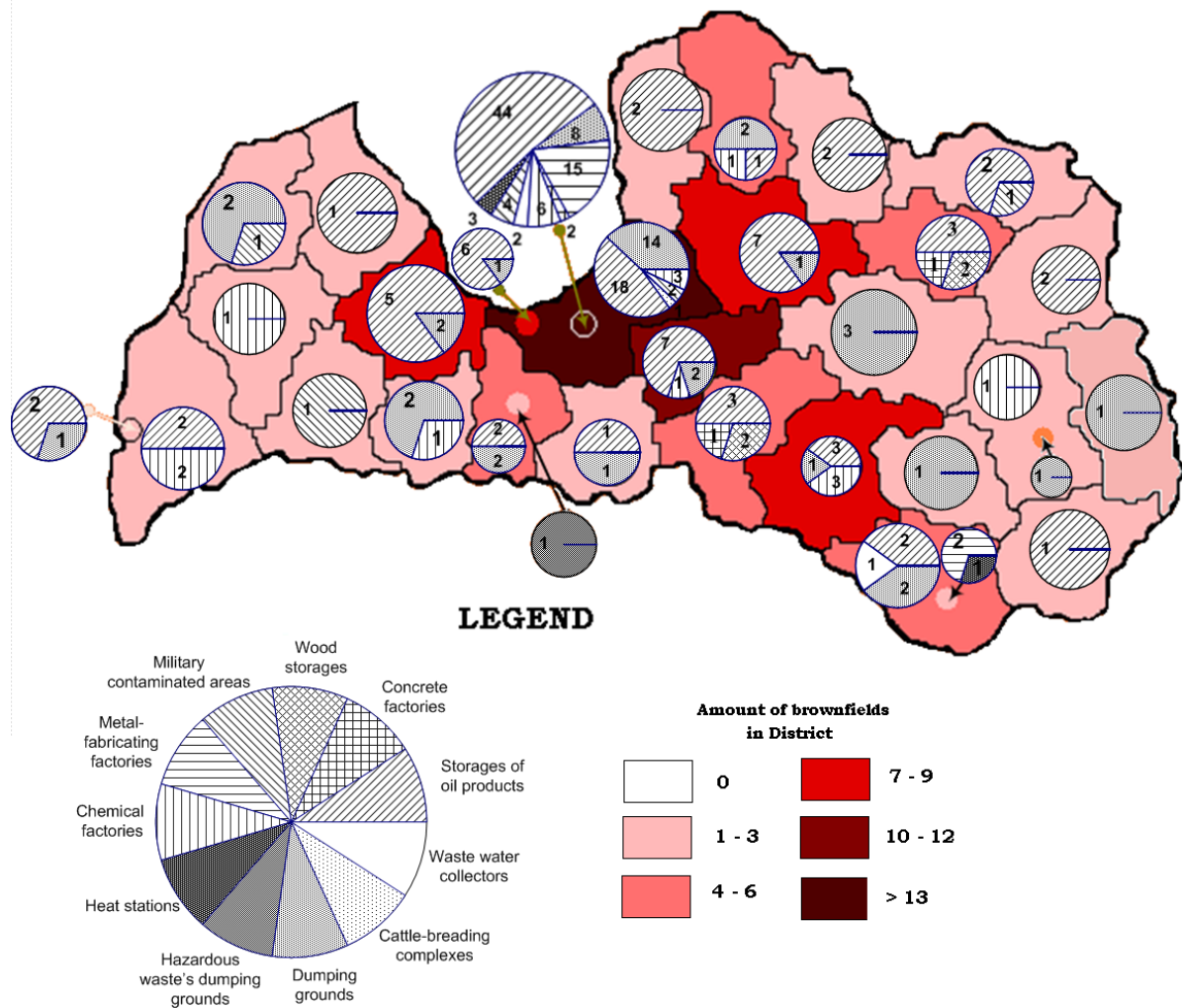
20 years ago problem of the brownfields in Latvia was not supposed for priority and there were not enough financial resources for the revitalization. During this time was created contaminated and potentially contaminated areas register. However, included information is incomplete in many cases. Revitalization was executed only partly.

In Latvia are not large localities in which industry prevails, for example, metal working, therefore it does not form large brownfield territories. In Latvia, also in Riga, already are not complete unutilized abandoned territories.

The causes of brownfields existence are very different. In the Eastern Europe states main reasons of the brownfields existence is population's decrease, economy recession, and dropping land market costs. In the same queue in Latvia the main reasons of brownfields subsistence are populations decrease and vacant territories.

Latvian Environmental Agency registered 3527 damaged territories; among them 238 were classified as contaminated sites, 2620 - as potentially contaminated sites. It is necessary to continue clarification of contaminated areas [4].

Distribution of the brownfields in Latvia districts is shown in fig. 2. The largest number of the brownfields is storages of oil products and dumps. Prevailing brownfields are situated in Latvia districts, but brownfields are in 6 largest Latvia cities also - Riga, Jurmala, Liepaja, Daugavpils, Rezekne and Jelgava.



*Fig. 2. Brownfields in Latvia districts*

The most of brownfields in Latvia are in the inhabited area - the Riga region and especially Riga (see fig. 3). There is the large number of contaminated ground areas and degraded landscape.

The most problematic there are brownfields with a high contamination. In many cases the producer of contaminations at the moment is not accessible. Producers of wastes ordinary are enterprises and structures, which in nowadays do not exist and are not also direct proprietor too.

The places, which are evident as most polluted in Latvia territory, are [5]:

- The Incukalns sulphuric acid petroleum ponds. Contaminants: oils, asphaltens, sulphate acids and sulphuric acid. Place is former sand quarry. Polluted area is approximately 130 ha. The filtration of the contaminants will reach Gauja river approximately in 25-30 years. From this reason it is necessary hasty to abolish a contamination source and to diminish a contamination level in all polluted area.

- The dump of the liquid hazardous wastes in Olaine. The dump contains 2500 m<sup>3</sup> liquid and 4000 m<sup>3</sup> solid waste. The main polluting substances are piridin, buthanol, izopropilalcohol, chlorides and ammonium.

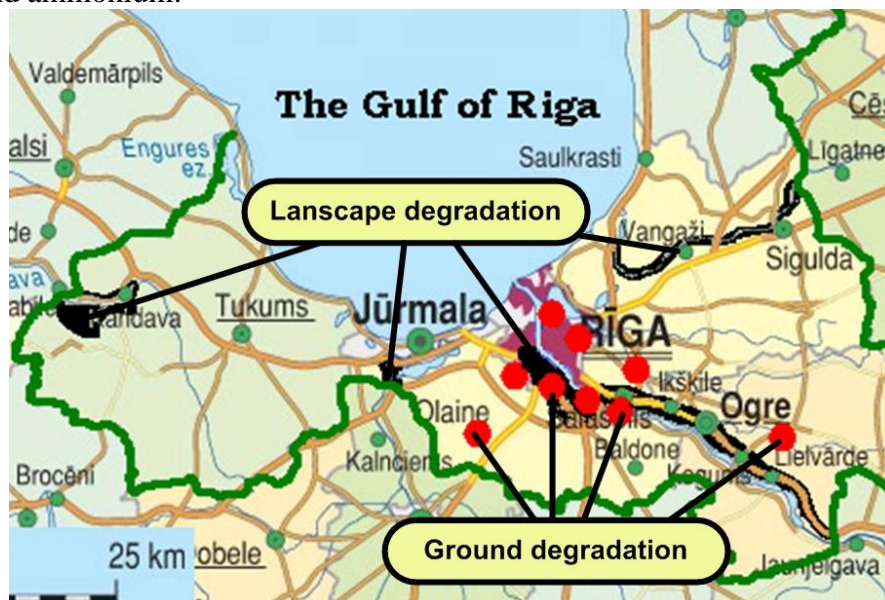
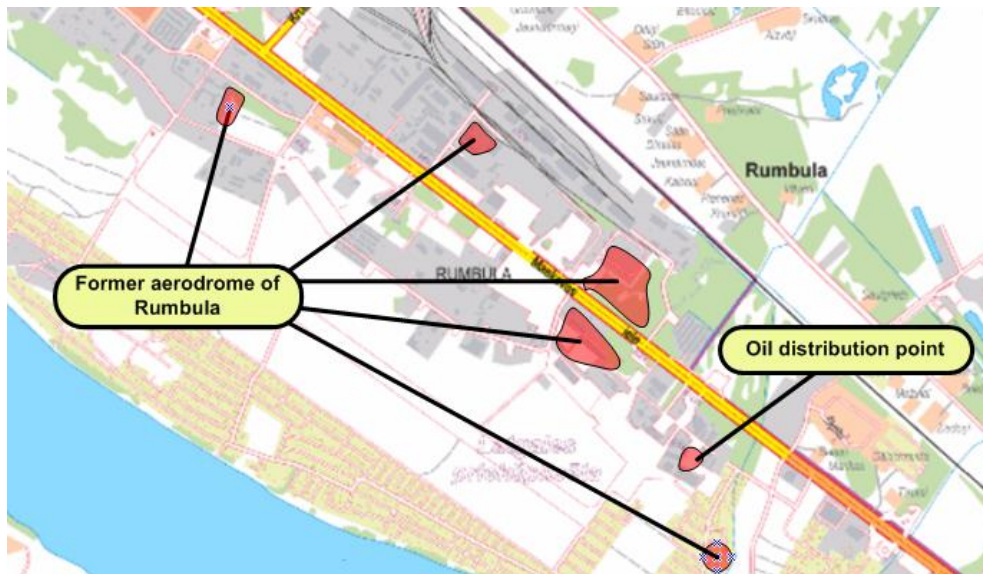


Fig. 3. Brownfields of Riga region

- The Karosta in Liepaja. Already in 1992 the HELCOM acknowledged the Karosta in Liepaja as one of the most polluted place in the Baltic Sea region and included it in the Baltic Sea Act program in 2000. The Karosta in Liepaja 50 years was a military area. In this time the Soviet Union military forces have created and abandoned serious ecological problems. A canal ground is covered by 0.1 to 2 meters thick layer of polluted sludge with heavy metals, hydrocarbons, oil products and other chemical substances. Concentration of the pollutants in a channel is 10 - 100 times larger than in Riga and Ventspils ports. Canal length from a port gate to the barrier is 3200 m, it joins a sea with the former part of the military territory and sea military harbour. The canal area is 780000 m<sup>2</sup>. The volume of the polluted soil is approximately 600000 m<sup>3</sup>. The canal ecosystem, especially river fauna and flora, is nearly obliterated.

- The liquid hazardous wastes dump „Space” in Jelgava. The liquid and toxic wastes were deposited to this place from a savage of leather factory, factories of agriculture technical equipment and other. Now these wastes together with silts are situated in 4 ponds. Territory is polluted with chlorides, sulphates, organic acids and ammonium. In the 1987 ponds of sands were broken and large amount of the liquid waste deluged forest and the vast territory was polluted.

- Former air-port territory Rumbula (fig. 4). There was refueling base of the military aviation from 1954 to 1978. The leak of aviation fuel in the environment was approximately 1000 tons. The aerodrome is situated 20 km from the Daugava river outfall in Baltic Sea. The total polluted area is 100 800 m<sup>2</sup>. In the soil the concentration of oil products are within the limits from 1000 mg/kg (reserve of the military aviation fuel depositary) to 23 000 mg/kg (fuel of the military aviation allocation point).



*Fig. 4. Former air-port territory Rumbula*

In 1997 the computer model of the polluted territory to investigate hydrogeology processes was created and in collaboration with the Denmark EPA project in 1998 were executed researches of the most effective technologies for territory purification.

- The Jaunmilgravis and Sarkandaugava contaminated territories. They are conglomerate of the enterprises, from which the most contaminated are an oil terminal territory and enterprise of oil territory. Contamination with oil products started in 1970s and now the level of oil products is 1.37 m. Oil products consist mainly from derv with a small petrol admixture, in a few places with a kerosene admixture.

In the Republic of Latvia particular status (not polluted, potentially polluted or polluted) is acquired to territory according to the Regulation of the Cabinet of Ministers No. 483 "On Ascertaining and Registration of Polluted and Potentially Polluted Sites" [6]. A territory is assessed by answering questions and summarizing score (see fig. 5). Given below is the example of evaluation of railway station Rezekne II (there is not polluted territories in Rezekne region, but 25 territories are recognized as potentially polluted such as heating boiler houses, hardware production plants, oil terminals, transport territories, wastewater collection and processing sites, distribution centres of solid, liquid and gas fuel, wood-processing plants as well as concrete production plants.

Rezekne brownfields may be divided into 4 specific groups (fig. 6): the deserted built-up areas (8) industrial areas (7), military-contaminated areas (3) historical buildings in catastrophic conditions (2). Arrangement of the brownfield states in Rezekne is uneven - most of them (by area) are located in the north area behind the railway. Many sites are located in the historic center of Latgale Street, and around the recreational object – the Kovshu Lake. As a specific type of brownfields can be mentioned the railway, what effects the landscape degradation and divides the city into 2 sectors [7].

Majority of Rezekne brownfields are not included into potentially contaminated territory register - it means that for revitalization projects there is weak legal motivation to plan activities – and so rehabilitation process may be continuous and complicated.

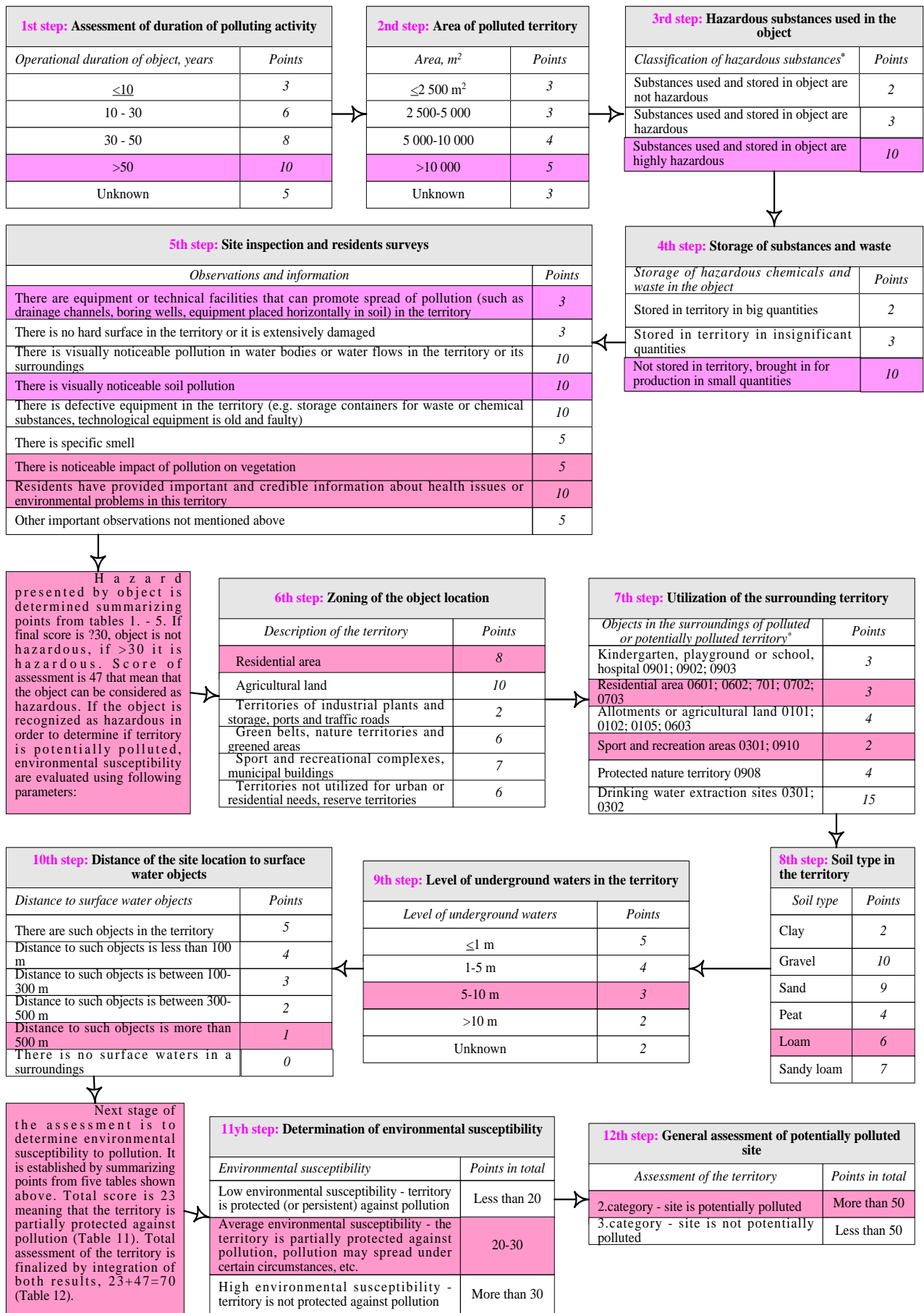


Fig. 5. Example of evaluation of railway station “Rezekne II”

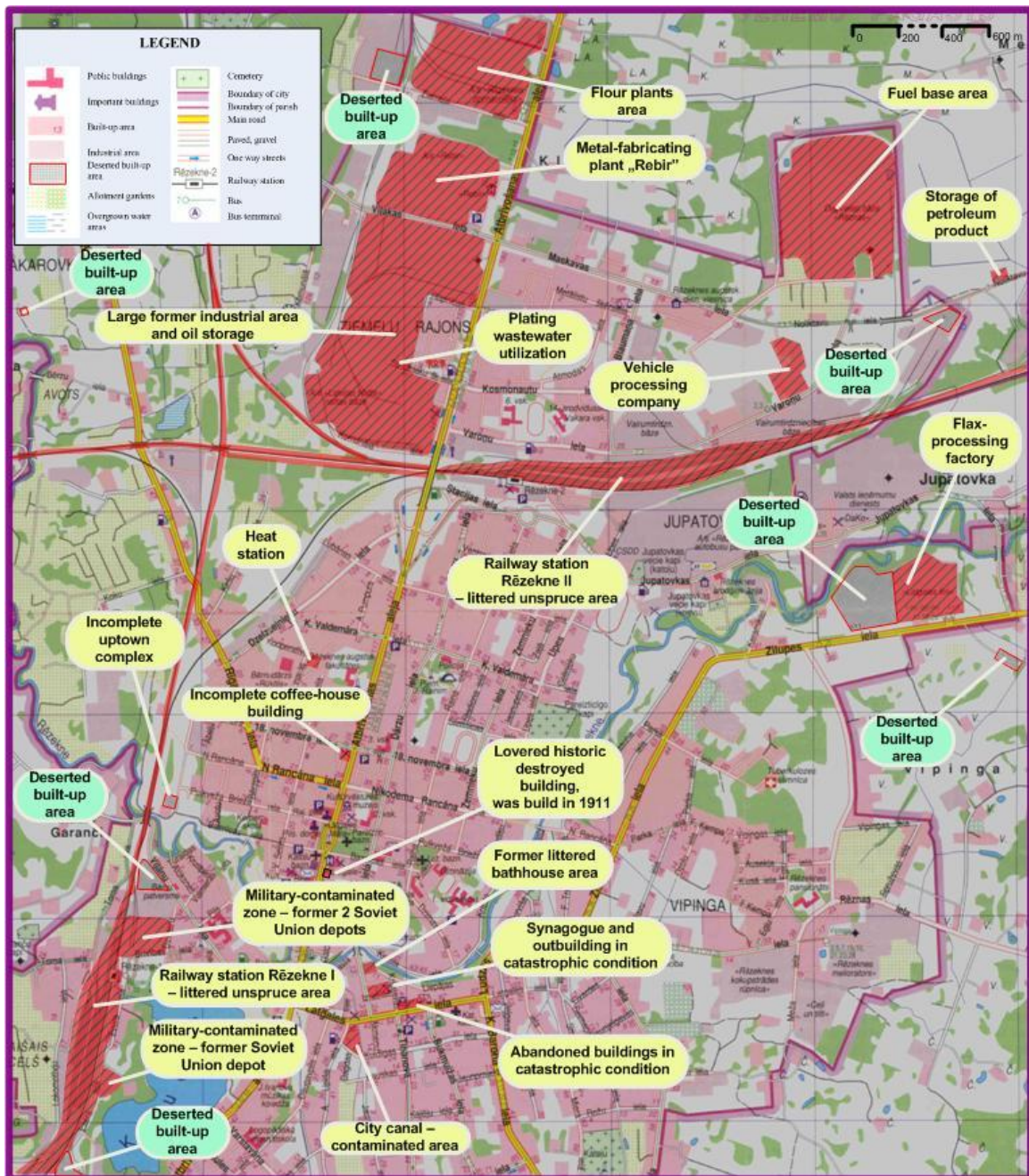


Fig. 6. Brownfields in Rezekne city

### Conclusions

The reasons of brownfields existence in Latvia are:

- A socio - economic factors - the lack of resources, which prevents to renew the historical buildings;
- Administrative impediments – for example, cultural heritage’s protection prevents free deal with the historical built – up area, a personal intentions are in conflict with requirements, the speculative interests contributes to the historical degradation of the building;
- Municipal resources/capacity: a large part of buildings in the center are without elementary engineering infrastructure (no drainage and heating system);
- Indetermination in the city Development strategy, including the production areas for development.

Revitalization process of brownfields needs to be considered in the context of the following factors:

- Cities economic development, the rate of change - under favourable conditions a number of brownfields are restored with the private sector resources;
- Tourist industries development - increasing number of tourists demands to ensure appropriate infrastructure and an attractive urban environment;
- Society segregation in population groups, degraded living environment as a physical manifestation of social problems;
- Districts area development (strict building control in greenfields areas to strengthen the interest of brownfields);
- European Union policy and revitalization potential support for sustainable urban development and brownfield revitalization.

To assure brownfields revitalization, it is needed [8]:

1. To fulfill detailed measure the situation, which involves:
  - Gathering information about existing brownfields (geological and hydrological circumstances, topography, the site's existing and planned usage, building intensity and other physical, economic and social indicators that characterize these areas);
  - Feasibilities of new brownfields forming and determination the causes of their existence;
  - Possible scenarios and models of brownfields evolution.
2. To create publicly accessible database of brownfields. The database may be used to check the situation and strategies for implementing the results of the assessment.

Priority determination of brownfields revitalization [3]:

The municipality must define a priority of brownfields restoration in accordance with the city development, limiting the area of extensive usage. As a potential priorities are: the functional diversification of industrial areas, the new potential town centres development, challenges in a new territory planning.

Companies, land holders and cities politicians' information and awareness forming of brownfields:

Brownfields revitalization is a complicated and expensive process. Local municipal priorities and actions need to have public acceptance. The process need to be transparent for public discussion. The strategy is to provide a proposal for connecting the public program of brownfields regeneration.

### Acknowledgment

This study was funded by the Leonardo da Vinci programme project *Brownfields in Baltic States*. Grant agreement No: CZ/08/LLP-LdV/TOI/134005.



### References

1. <http://fast10.vsb.cz/lepob/index1/> Project introduction
2. Ferber U., Nathanail P., Bergatt Jackson J., Gorski M., Drobiec L., Petříková D. Brownfields handbook. Leonardo da Vinci Project, 2006.
3. Paramonov A.V. Features of brownfield regeneration, 2004.
4. Contaminated and potentially contaminated place register ([http://oas.vdc.lv:7779/p\\_ppv.html](http://oas.vdc.lv:7779/p_ppv.html))
5. SIA "Grupa 93", Research of Riga's brownfields, 2004, p. 19-25.
6. Regulation of the Cabinet of Ministers No. 483 "On Ascertainning and Registration of Polluted and Potentially Polluted Sites", normative act of Republic of Latvia.
7. U.S. Environmental protection Agency. Technical Approaches to characterizing and Cleaning up Brownfields sites: Railroad Yards, 85 p., 2002. p. 9-24 p.
8. U.S. Environmental protection Agency. Anatomy of Brownfields redevelopment, 2006.



# DO HEAVY METALS AFFECT ON DEHYDRATION RATE OF *BRASSICA NAPUS*, *TRITICUM SPP.*, *ZEA MAYS* AND *HORDEUM VULGARE*?

VAI SMAGIE METĀLI IETEKMĒ *BRASSICA NAPUS*, *TRITICUM SPP.*,  
*ZEA MAYS* UN *HORDEUM VULGARE* DEHIDRĀCIJAS PAKĀPI?

N. Suchkova<sup>1</sup>, T. Sawidis<sup>2</sup>, J. Ganoulis<sup>3</sup>

1- Department of Environmental Engineering and Management, National Academy of  
Municipal Economy, Kharkiv, 61002, Revolutsii Str.12, UKRAINE

Tel.: +30 2310 995682, Fax: +30 2310 995681, Email: Suchkova\_Natasha@ukr.net

2- Department of Botany, Aristotle University of Thessaloniki, Gr-54006 Thessaloniki,  
Macedonia, GREECE

Tel.: +30 2310 998294, Fax: +30 2310 998389, Email: sawidis@bio.auth.gr

3- Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Gr-54006  
Thessaloniki, Macedonia, GREECE

Tel.: +30 2310 995682, Fax: +30 2310 995681, Email: iganouli@civil.auth.gr

---

**Abstract.** *Dependence of dehydration rate of Brassica napus, Triticum spp., Zea mays and Hordeum vulgare from heavy metal concentrations in plants after its growth in contaminated media has been studied in the laboratory and results are summarized in this paper. We found water loss reduction in all plant species germinated in sewage sludge (somewhere soil) after 18 day in comparison with control samples, presented by garden compost. Moreover, water loss was reduced significantly in root part of the plants. At the same time water loss was increased in Brassica napus, Triticum spp. and Hordeum vulgare germinated in sewage sludge after 30 day in comparison with control samples that could have been caused by metals interactions with plants' metabolic processes within the cells.*

**Keywords:** *water loss (dehydration rate), heavy metals, sewage sludge, Brassica napus, Triticum spp., Zea mays, Hordeum vulgare, germination.*

---

## Introduction

Heavy metals are important environmental pollutants and many of them are toxic even at very low concentrations (Cd, Hg, Pb, Cr, Zn, Ni, As). The remediation efforts represent a substantial financial burden for industry, government and taxpayers. Anthropogenic metal inputs include spoil from metal mining operations, fallout from refinery emissions, waste disposal, electroplating, combustion of fossil fuels, and agricultural application of pesticides and biosolids [5]. Traditional remediation efforts (e.g. excavation, burial and contaminant isolation) are not feasible for large-scale impacts and therefore alternative remediation strategies are necessary when vast areas of land have been contaminated. Hyperaccumulator plants concentrate trace metals in their harvestable biomass, thereby offering a sustainable treatment option for metal-contaminated sites.

To study capability of phytoremediation we chose two objects, where metal-contaminated sites are presented. They are Wastewater Treatment Plant Sindos, Thessaloniki, Greece, where contamination of site is caused by sewage sludge storage, and area neighboring with Agios Dimitrios coal power plant of Thessaloniki, Greece. In the phytoexperiment *Brassica napus* (*Brassicaceae* family), *Triticum spp.*, *Zea mays* and *Hordeum vulgare* (*Poaceae* family) were used. *Brassica napus* is among the best accumulators of heavy metals, especially Ni and Zn. *Triticum spp.*, *Zea mays* and *Hordeum vulgare* was chosen as the most productive biomass accumulators [3]. During the research the main focus was made on controlling of the dependence between water loss of the plants and its heavy metal content. Do heavy metals affect on dehydration rate of chosen plants? Can we predict the metal concentrations in the plants only with knowledge about its water loss, without metals

measurements? Which are the limits of phytotoxicity of different plant species? These are the questions, which we were asked on and which we tried to clarify in present paper.

## Materials and Methods

### *Preparation of the experiment*

Three substrates were used in this study: soil, sewage sludge and garden compost. Soil samples from a depth of 5-10 cm from the soil surface were collected on cultivated area, 200-300 meters away from the Agios Dimitrios coal power plant of Thessaloniki, Greece (it is located in the Kozani-Ptolemaida-Amynteon lignite basin in West Macedonia among with three other lignite power plants producing about 70 % of the total electric energy in Greece). Dewatered with filter-presses sewage sludge was taken at Wastewater Treatment Plant in Sindos (treatment of domestic wastewaters only). Garden compost was used for the control samples. In the experiment *Brassica napus*, *Triticum spp.*, *Zea mays* and *Hordeum vulgare* were grown in pots with soil, sewage sludge and garden compost during 30 day-period. Ten seeds of each plant species were sown directly onto the substrate on the pots. Plants were watered as often as they needed. After 18-day and 30-day period of cultivation, the shoots and roots were collected, left to be dry in room temperature until constant weight (water loss measurements), after dried in an oven at 65 °C and further crushed and digested with set of acids with the aim to determine heavy metal concentrations.

### *Analytical methods for sample pretreatment*

The wet digestion of organic matrix sampled (plants, sludge, soil, compost) by use of concentrated HNO<sub>3</sub> and HClO<sub>4</sub>+HF+HCl as the most common procedure was used for sample pretreatment [4].

An accurately weighted portion of each plant, sludge or compost sample (0.2g dry weight) was placed in teflon beaker. About 20ml of concentrated HNO<sub>3</sub> was added to each beaker and the mixture covered with a cup was left at room temperature on 24 hours. Then it was heated to near dryness on a sand bath, subsequently dissolved in 20ml 1+1 HNO<sub>3</sub> and heated on a sand bath during 30min exactly. The residue was diluted to 200ml with d-distilled water (beakers were washed with d-distilled water twice).

Soil samples were pretreated using the same procedure, however in that case at the beginning HClO<sub>4</sub> and concentrated HF were used and during the second heating on a sand bath (30 min) 1+1 HCl was used.

These final solutions were analyzed for heavy metal concentrations.

### *Determination of metals by Atomic Absorption Spectrometry*

The determination of Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr was carried out by atomic absorption spectrometry, with flame and graphite furnace modes. A Perkin Elmer 503 Atomic Absorption Spectrometer was used coupled with a THGA-800 graphite furnace controller. The concentrations are given in milligrams per kilogram dry weight.

## Results and Discussion

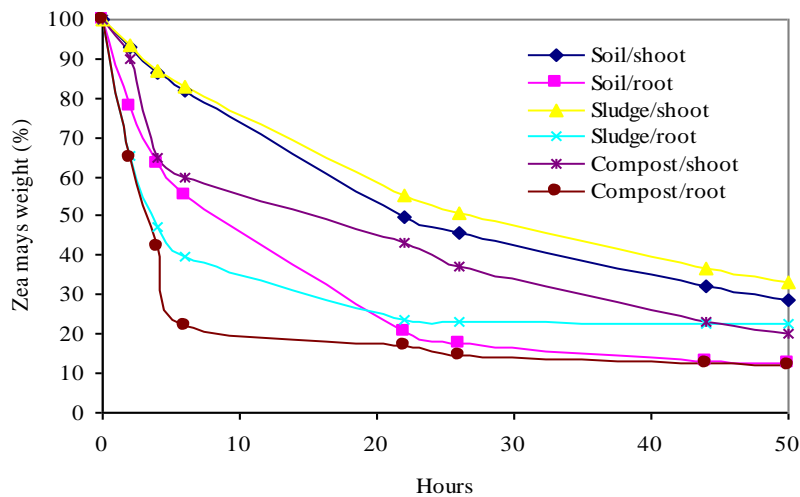
Plants distribute metals internally in many different ways. They may localize selected metals mostly in roots and stems, or they may accumulate and store other metals in nontoxic form for later distribution and use. A mechanism of tolerance or accumulation in some plants apparently involves binding potentially toxic metals at cell walls of roots and leaves, away from sensitive sites within the cells or storing them in a vacuolar compartment.

In present research studying water loss of the plants and checking metal concentrations with AAS we tried without microscope technique to determine, where plants perhaps may localize metals.

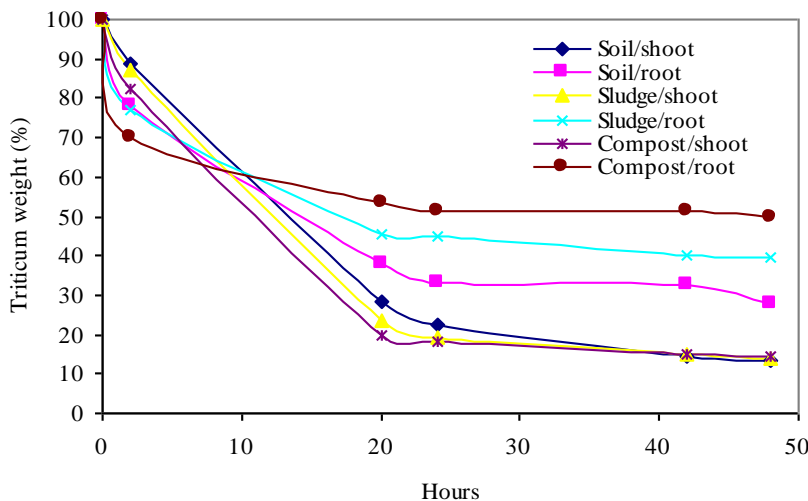
In nature, the rate of evaporation from wet plants as *Brassica napus*, *Zea mays*, etc. surface depends on a few factors: the temperature at the plants surface; the atmospheric humidity,

both at the plants surface and in the air; and wind speed. In the present study observing the impact of heavy metals on the water status of plants we kept the above-mentioned factors constant.

*18 day of germination.* Water loss was significantly reduced in *Zea mays* germinated on as soil (in shoots) well as sludge (in shoots) (Fig.1). At the same time in *Zea mays* in root parts germinated on the same media water loss was increased significantly. We considered compost as conditionally clean substrate, i.e. free of heavy metals (significant concentrations), and from the graph it is shown that water loss in *Zea* germinated on compost is intensive.

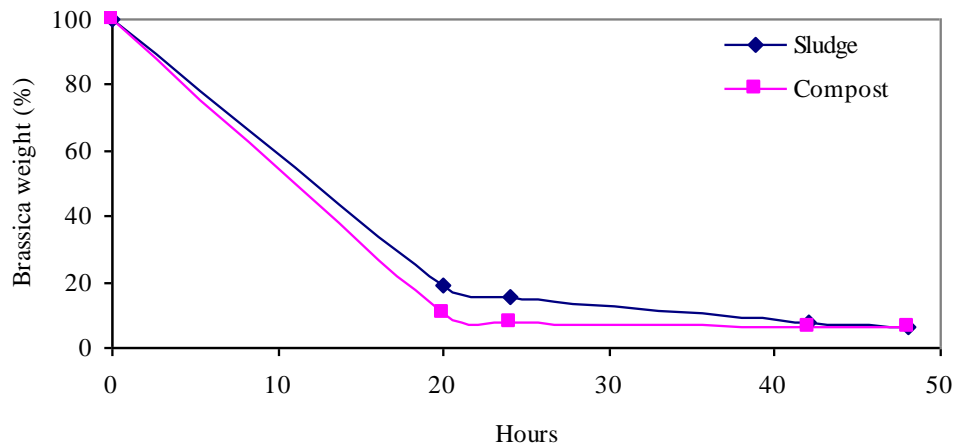


**Fig.1. Water loss in *Zea mays* germinated in contaminated media after 18 d**



**Fig.2. Water loss in *Triticum spp.* germinated in contaminated media after 18 d**

Water loss from the plants is not a simple physical process, but is guided by the energy budget, which is necessary for running different physiological processes and also for conversion of water into water vapor.

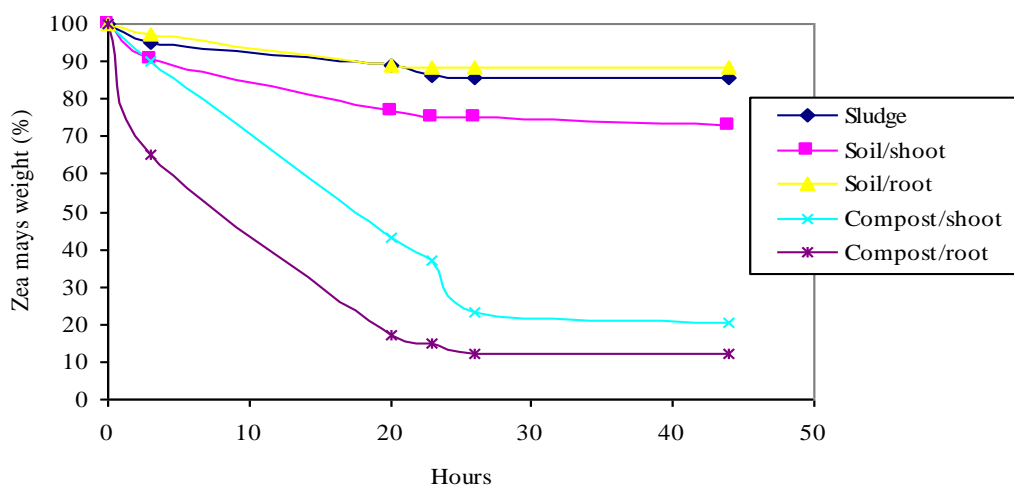


**Fig.3. Water loss in *Brassica napus* germinated in sewage sludge after 18 d**

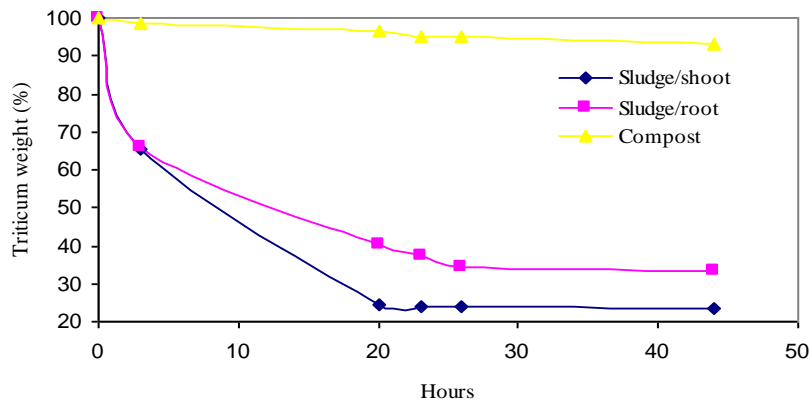
However, it was pointed out that a change in a single component of the energy exchange system changes the entire balance of the energy balance with water vapors. [2]. Therefore, the hypothesis tested in the present project was that heavy metal uptake affects water loss from selected plants.

The direct interaction of metals with cellular components can initiate a variety of metabolic responses. Some metals can pass through the plasma membrane of the plants cells (Zn), while others are obstructed by it (Pb, Cu) [2]. Thus, it is apparently that reduced water loss in *Zea mays*, germinated on sewage sludge and soil, was caused by the fact that heavy metals as Pb and Cu did not pass inside of the cells, were localized extracellularly and therefore helped in retention of water from the plant. At the same time we observed intensive water loss in *Zea mays*, germinated in control pots with the compost.

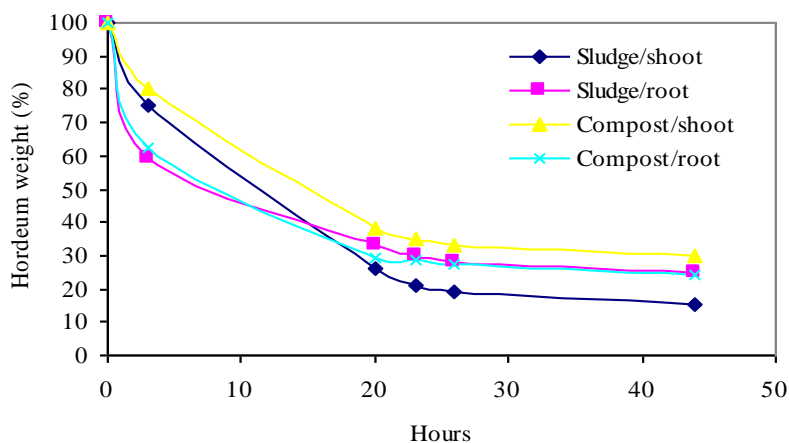
Similar situation we observed with *Triticum spp.* (18 day of germination) and *Brassica napus* (18 day of germination): diminished water loss must be due to high concentration of metals around the cells in comparison with control samples (compost).



**Fig.4. Water loss in *Zea mays* germinated in contaminated media after 30 d**



**Fig.5. Water loss in *Triticum spp.* germinated in sludge after 30 d**



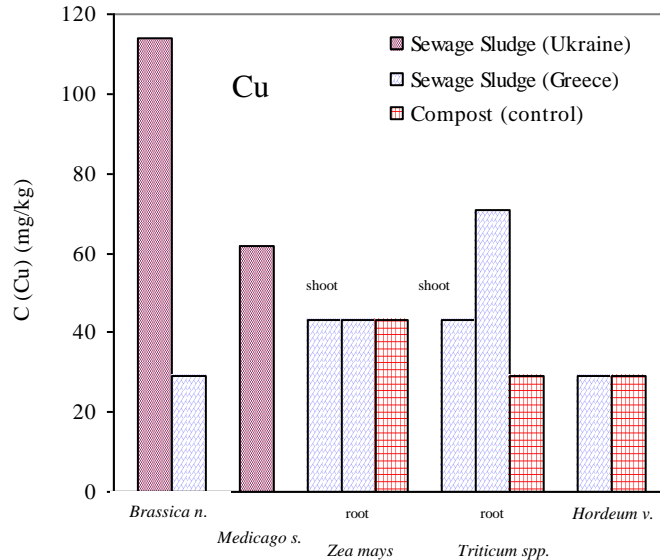
**Fig.6. Water loss in *Hordeum vulgare* germinated in sewage sludge after 30 d**

Interaction of Cu with SH group leads to oxidative destruction of membrane lipids [2]. Thus, this infers that, due to the toxic effect of Cu, normal metabolic activities like photophosphorylation were decreased and membrane lipids were destroyed and this must be the reason for faster water loss in *Triticum spp.*, germinated on sewage sludge after 30 day, where we found higher Cu concentration in comparison with the control (Fig.7).

Water loss in *Hordeum vulgare*, germinated in sludge on 30<sup>th</sup> day was not differed significantly from the control, because concentrations of heavy metals were not too high and were not differed in plants, germinated in sludge and compost (Table 1).

*Table 1.*

Metals content in <i>Hordeum vulgare</i> after 30 d., mg/kg						
Sample	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr
<i>Hordeum_Sludge</i>	0	29	0	3	58	4
<i>Hordeum_Compost</i>	0	29	42	2	42	25



**Fig.7. Concentration of Cu in plants tissue in comparison with a control sample**

### Conclusion

From the results, both water loss graphs and the analyses of heavy metal concentrations with AAS we may conclude that metal accumulation affects water potentials of the *Brassica napus*, *Zea mays*, *Triticum spp.* and *Hordeum vulgare*. It is inferred that heavy metals extracellularly localized help in retention of water in all selected plants, but once they enter the cell, they interfere with metabolic processes and accelerate water loss. In plants contained high Pb concentration (*Zea mays*, *Triticum spp.*) water loss was reduced in comparison with control plants, indicating that its plasma membrane acts as a barrier for Pb uptake. Measurement of water loss of the plants during phytoremediation could be useful for forecasting of real heavy metal concentration in the plants, in case of impossibility of metal measurements application (for instance, with ASS).

### Acknowledgments

N. Suchkova thanks the Erasmus Mundus External Cooperation Window Lot 6 for awarding scholarship and Aristotle University of Thessaloniki, especially Department of Civil Engineering, Department of Botany and Department of Chemical Engineering, personally professor Mitrakas Manassis, for their support in current research.

### Bibliography

1. Alcantara E., Ginhas A.M., Ojeda M.A. Metal accumulation by different plant species grown in contaminated media. W.J. Horst et.al. (Eds.), Plant nutrition – Food security and sustainability of agroecosystems. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 2001. 460-461.p.
2. Chettri M.K., Sawidis T. Impact of heavy metals on water loss from lichen thalli. Ecotoxicology and environmental safety 37, 1997. 103-111.p.
3. Marmiroli N. Samotokin B., Marmiroli M. Advanced science and technology for biological decontamination of sites affected by chemical and radiological nuclear agents. NATO Science Series. Series IV. Earth and Environmental Sciences – Vol.75., 2006.
4. Miller R.J., and Miller J.N. Statistics for Analytical Chemistry. Ellis Horwood, Chichester, 1986.
5. Tappero R., Peltier E., Grafe M. Hyperaccumulator *Alyssum murale* relies on a different metal storage mechanism for cobalt than for nickel. New Phytologist 175, 2007. 641-654.p.

**VIDES PROBLĒMU RISINĀJUMA STĀVOKLIS LATGALES  
UZŅĒMUMOS**  
*THE SITUATION ON SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE  
LATGALE ENTERPRISES*

**Gotfrīds Noviks, Natālija Lemešēnoka, Sintija Augule**

Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering, Latgale Sustainable Development Research  
Institute, Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia

Phone/fax: +371 64625167, e-mail: novik@ru.lv, natalija@ru.lv, sintija.augule@ru.lv

---

**Abstract.** *„Business is the only mechanism on the planet today powerful enough to produce the changes necessary to reverse global environmental and social degradation” (Paul Hawken). This idea characterizes the substance of the paper exactly. The paper presents results of 24 different enterprises survey in the Latvia eastern region Latgale on their present-day situation in the field of environment protection, awareness of their responsibility and their planned innovation activities in the implementation pollution prevention technologies.*

**Keywords:** *pollution prevention, green technologies, sustainable business.*

---

### **Ievads**

Statistika rāda, ka pētījumu apjoms vides aizsardzības problēmu jomā pasaulē strauji pieaug. Vērojama vides aizsardzības tehnikas un tehnoloģiju attīstība, tiek izstrādāti cilvēka darbību vides jomā reglamentējošie lokālie un pasaules mēroga dokumenti un normatīvie akti, parakstītas starptautiskās vienošanās un līgumi. Tas nozīmē, ka vides aizsardzības procesu īstenošanas potenciālās iespējas ir lielas. Vienlaikus var konstatēt, ka reālie panākumi cilvēkam labvēlīgas apkārtējās vides saglabāšanas jomā nav efektīvi [1; 2].

Pozitīvi sasniegumi ir iespējami tikai tad, ja zinātnisko pētījumu rezultāti tiek ieviesti praksē. Globālās industriālās sistēmas jaudas izaugsmes apstākļos noteicošā loma ir visu šīs sistēmas elementu – uzņēmumu, firmu un kompāniju – darbības ietekmes uz vidi precīza apzināšana, inovatīvā vides problēmu risināšana. Šo noteikumu neizpilde kļūst par galveno bremsējošo faktoru progresam vides aizsardzības jomā un līdz ar to cilvēces ilgtspējīgas attīstības principu īstenošanā [3]. Tāpēc vides aizsardzības prakses, vides vadības uzņēmumos izvērtēšanas, vides tehnoloģiju izmantošanas progresa izpēte un attiecīgo rekomendāciju izstrāde inovatīvās darbības intensifikācijai kļūst par svarīgu pētījumu lauku [4].

Jau 1996.gadā V.N.Bhats [5], ņemot par pamatu informāciju par ASV firmu darbības rezultātiem, attiecībā pret apkārtējo vidi izstrādāja indikatorus un tiem atbilstošus kritērijus, kurus piemēroja firmu un kompāniju darbības analīzei vides vadībā un vides tehnoloģiju praksē, klasificējot tās trīs grupās – sarkanās, dzeltenās un zaļās. Zaļās kompānijas pārstāv augstāko savas atbildības apzināšanās par vides stāvokli pakāpi. Tām raksturīga problēmu novēršanas preventīvā stratēģija, ilgtermiņa plānošana, efektīvā resursu izmantošana, piesārņojumu novēršana to veidošanās vietā, personāla sistemātiskā mūžizglītība vides jautājumos, jaunu tehnoloģiju nepārtraukta integrēšana u.c.

Nepieciešamība uzņemties savu atbildību par apkārtējo vidi ne tikai normatīvo dokumentu ietvaros ir jauns izaicinājums biznesam [6].

1998.-1999.gadā tika realizēts pirmais starptautiskais Eiropas valstu (Vācijas, Somijas, Zviedrijas) projekts „Darbības vides sektorā novērtēšana Eiropā (FEESE)”. Šī projekta gaitā tikai Vācijā aptaujai tika pakļautas 100 kompānijas [7].

Tās rezultātu analīze deva skaidru priekšstatu par vides aizsardzības problēmu risināšanas stāvokli uzņēmumos [8].

Latvijā tāda veida analīzes līdz šim netika veiktas. 2008.gadā Rēzeknes Augstskolas Latgales ilgtspējīgās attīstības pētnieciskais institūts iesāka pētījumu IZM finansētā projekta „Vides aizsardzības un vides tehnoloģiju attīstības dinamikas izpēte Latgales uzņēmumos” ietvaros.

### **Materiāli un metodes**

Uzņēmumu aktivitāšu vides aizsardzības un vides tehnoloģijas attīstības jomā analīzei tika izstrādāta anketa, kurā uzskaitīts pilns komplekss jautājumu saistīto ar uzņēmuma darbību ražošanas sfērā, vides aizsardzības problēmu risināšanā un to perspektīvās attīstības plāniem vides prakses jomā. Anketas pamatā likti galvenie uzņēmumu atbilstības līmeni raksturojošie principi, izstrādātie mūsu iepriekšējos pētījumos [9; 10].

Anketa iekļauj šādus informācijas blokus:

- 1) uzņēmuma vispārīgs raksturojums;
- 2) uzņēmuma tehnoloģiskā aprīkojuma veidi un stāvoklis, resursu (enerģijas un ūdens) patēriņš;
- 3) cieto un šķidro atkritumu veidošanas avoti (izejvielu ieguves, transporta, piegādes un ražošanas tehnoloģiskajā procesā, gatavās produkcijas sagatavošanas darbībā u.c.);
- 4) piesārņojumu veidošanās avoti, gaisa un ūdens attīrīšanas no piesārņojumiem izmantojamās tehnoloģijas;
- 5) teritorijas degradācijas procesi, kurus izraisa uzņēmuma darbība (karjeri, būvbedres, zemes darbi, izgāztuves, grunts ķīmiskais piesārņojums u.c.);
- 6) uzņēmuma vides aizsardzības pasākumu un vides tehnoloģiju ieviešanas aktivitāšu pašnovērtējums;
- 7) uzņēmuma perspektīvie plāni vides vadībā un vides aizsardzības tehnoloģiju pilnveidošanas jomā.

Aptaujai tika pakļauti Latgalei raksturīgo dažādu tautsaimniecības nozaru 24 uzņēmumi. Darbības jomu procentuālais sadalījums starp uzņēmumiem bija izveidots daudz maz atbilstoši tagadējam tautsaimniecības stāvoklim Latvijā: kokapstrāde un ar to saistītas jomas – 58,3%, pārtikas un lauksaimniecības produkcijas ražošana – 16,6%, pakalpojumu sniegšana – 8,3%, celtniecības materiālu ieguve un ceļu būve – 8,3%, šūšanas pakalpojumu sniegšana – 4,2%, metālapstrāde – 4,2%.

Kokapstrādes uzņēmumu vidējā jauda ir 141 605 m<sup>3</sup>/gadā, pārtikas produkcijas ražošanas uzņēmumos – 12,5 t/dnn.

Darbinieku skaits analizējamos uzņēmumos svārstās no 2 līdz 350. Kokapstrādes uzņēmumos ir vidēji 82 darbinieki, pārtikas un lauksaimniecības produkcijas ražošanas uzņēmumos – 60, celtniecības – 18.

### **Rezultāti**

#### ***Enerģija***

Izmantojamo energoresursu veidi un to sadalījums dažādos uzņēmumu tehnoloģiskajos procesos apkopotī 1.attēlā.

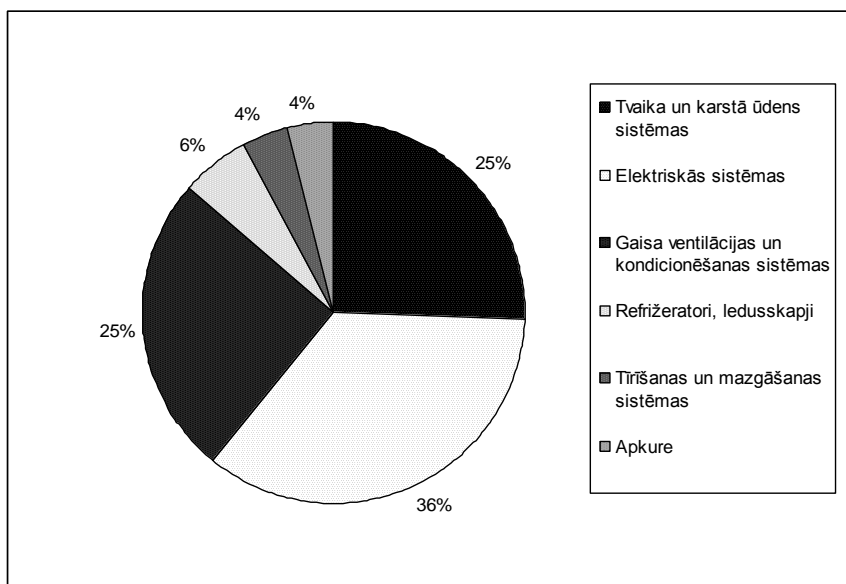
Galvenie enerģiju patērējošie procesi ir tvaika un karstā ūdens ražošanas sistēmas, elektrisko mehānismu un agregātu, gaisa ventilācijas un kondicionēšanas iekārtu darbināšana (86%). Tvaika un karstā ūdens ražošanas sistēmās tiek izmantots galvenokārt bioenerģētiskais resurss (53%) – koksne dažādos variantos (malka, šķelda, zāgskaidas, miza).

Gāzi un elektrību tvaika un karstā ūdens ražošanai izmanto 20% uzņēmumu, t.sk. 7% uzņēmumu izmanto elektrību.

Apkurei un siltināšanai tiek izmantota arī malka un skaidas.

Pārējo agregātu un sistēmu (refrižeratori, tīrīšanas un mazgāšanas agregāti, dzinēji utt.) darbināšanai tiek pielietota elektroenerģija.

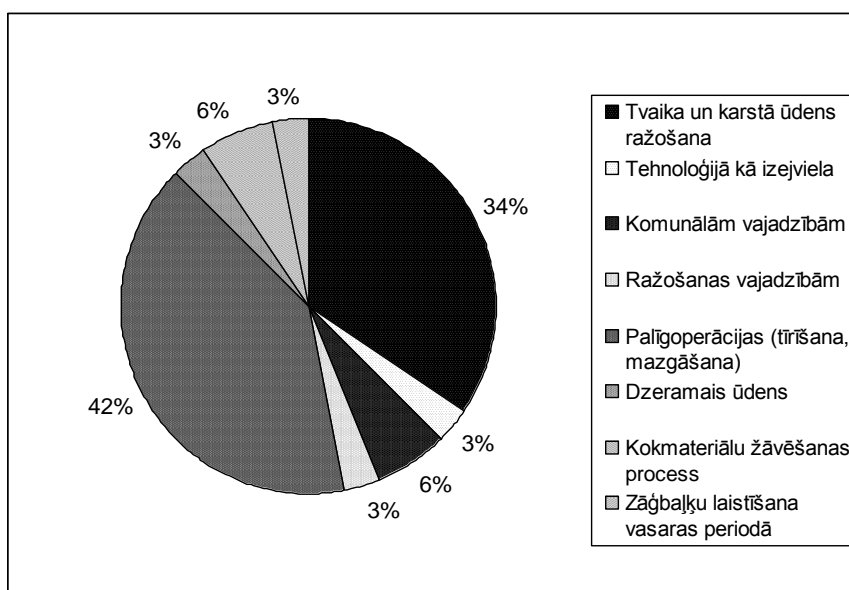




1.att. Enerģētiskās sistēmas analizējamajos uzņēmumos

### Ūdens

Ūdens analizējamajos uzņēmumos galvenokārt tiek izmantots tvaika un karstā ūdens ražošanai (34%) un palīgoperācijās (tīrīšana, mazgāšana) (42%) (2.attēls).

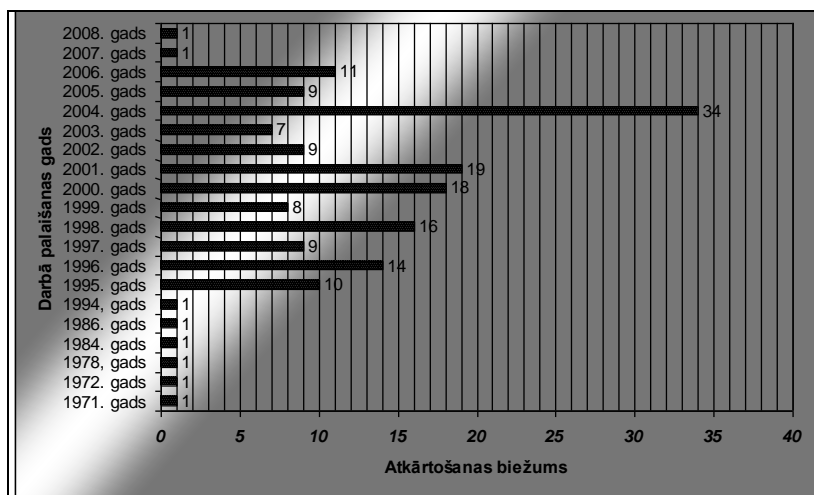


2.att. Ūdens izmantošanas mērķi

### Tehnoloģiskais aprīkojums

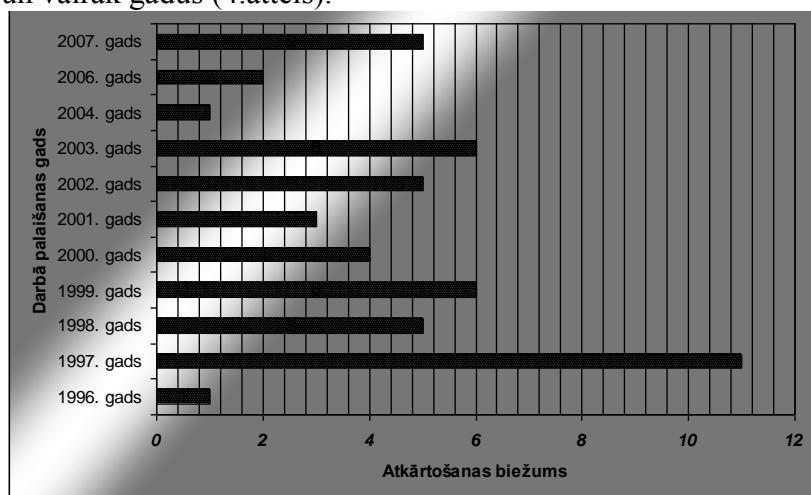
Tehnoloģiskais aprīkojums, tā stāvoklis un darbības režīmi uzņēmumā ir viens no noteicošajiem resursu patēriņa un piesārņojuma veidošanas faktoriem.

Tehnoloģiskajā procesā iekļauto iekārtu novecojuma pakāpi raksturo to iegādes gads. Vecākās iekārtas iegādātas 1971.gadā, jaunākās – 2008.gadā. Tā kopapstrādes un mežistrādes uzņēmumos iekārtu skaits, kuras iegādātas līdz 2000.gadam, sastāda 47%, no tām 68% iekārtu ir vecākas par 10 gadiem (3.attēls).



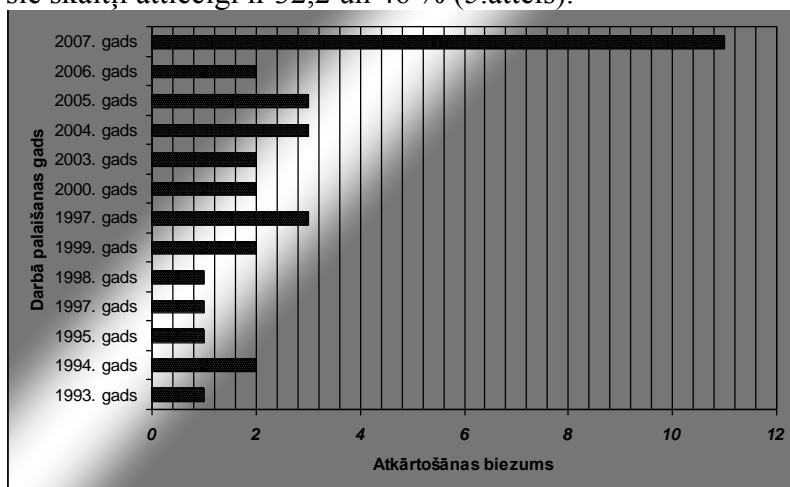
**3.att. Tehnoloģisko iekārtu vecuma sadalījums koksnē un mēžizstrādes nozaru uzņēmumos**

Pārtikas un lauksaimniecības nozarēs līdz 2000. gadam iegādātās iekārtas sastāda 57%, no tām 63% strādā 10 un vairāk gadus (4.attēls).



**4.att. Tehnoloģisko iekārtu vecuma sadalījums pārtikas un lauksaimniecības nozaru uzņēmumos**

Pārējās nozarēs šie skaitļi attiecīgi ir 32,2 un 46 % (5.attēls).



**5.att. Tehnoloģisko iekārtu vecuma sadalījums pārējās nozarēs**

### ***Cietie un šķidrie atkritumi***

Kokapstrādes uzņēmumos cietie atkritumi sastāv galvenokārt no koksnes paliekām – mizas, zariem, skaidām. No kopējā izejvielu apjoma tie sastāda 20% un vairāk.

Otra cieto atkritumu grupa raksturīga visām rūpnīcām: nolietotas riepas, tara, eļļas filtri, būvgruži, pelni, metāllūžņi, plastmasa, papīrs, lampas, nešķiroti sadzīves atkritumi. No šķidrājiem atkritumiem tiek uzskaitītas atstrādātās eļļas, emulsijas, degvielas paliekas.

Analīze rāda, ka vairākos gadījumos (55%, no tiem 30% – iepriekš sašķirojot atkritumus, 25% – nešķirojot) uzņēmumi izmanto atkritumu apsaimniekošanas firmu pakalpojumus. Tie pārsvarā (62,5% gadījumu) ir kokapstrādes un mežistrādes nozares uzņēmumi.

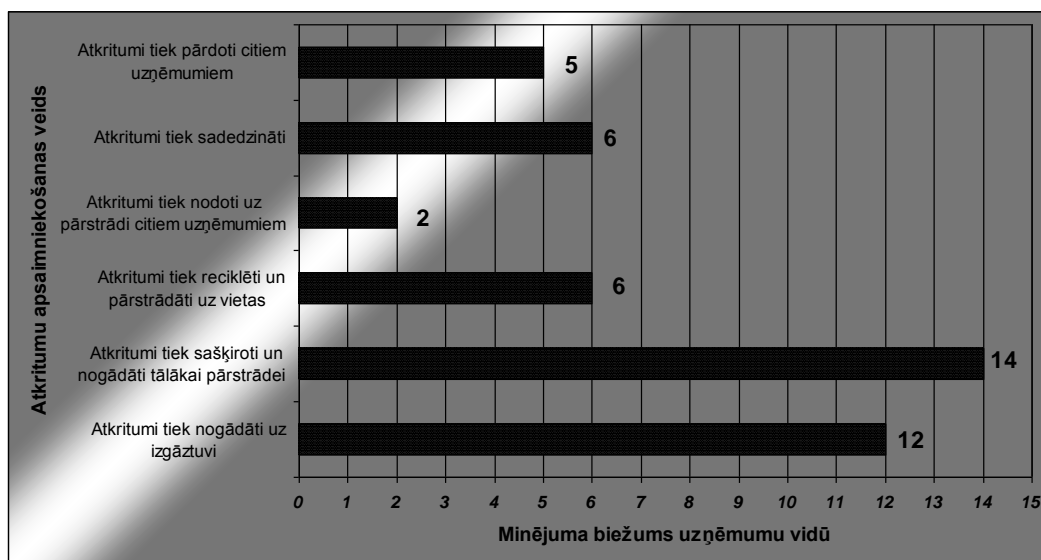
14% uzņēmumu atkritumu utilizāciju veic, tos sadedzinot, no tiem 67% – kokapstrādes uzņēmumi.

Atkritumu pārstrādāšanu un to reciklēšanu pielieto 14% uzņēmumu (to skaitā 83% kokapstrādes uzņēmumi, 17% ceļu būves un uzturēšanas uzņēmumi).

Atkritumu pārdošanu citiem uzņēmumiem praktizē tikai viens pārtikas produktu ražošanas nozares uzņēmums.

Kopējais gadījumu skaits, kad uzņēmumos tādā vai citādā veidā atkritumi tiek izmantoti kā tehnogēnais resurss, ir 60%.

Atkritumu apsaimniekošanas veidi un to procentuālais sadalījums pa uzņēmumiem parādīti 6.attēlā.

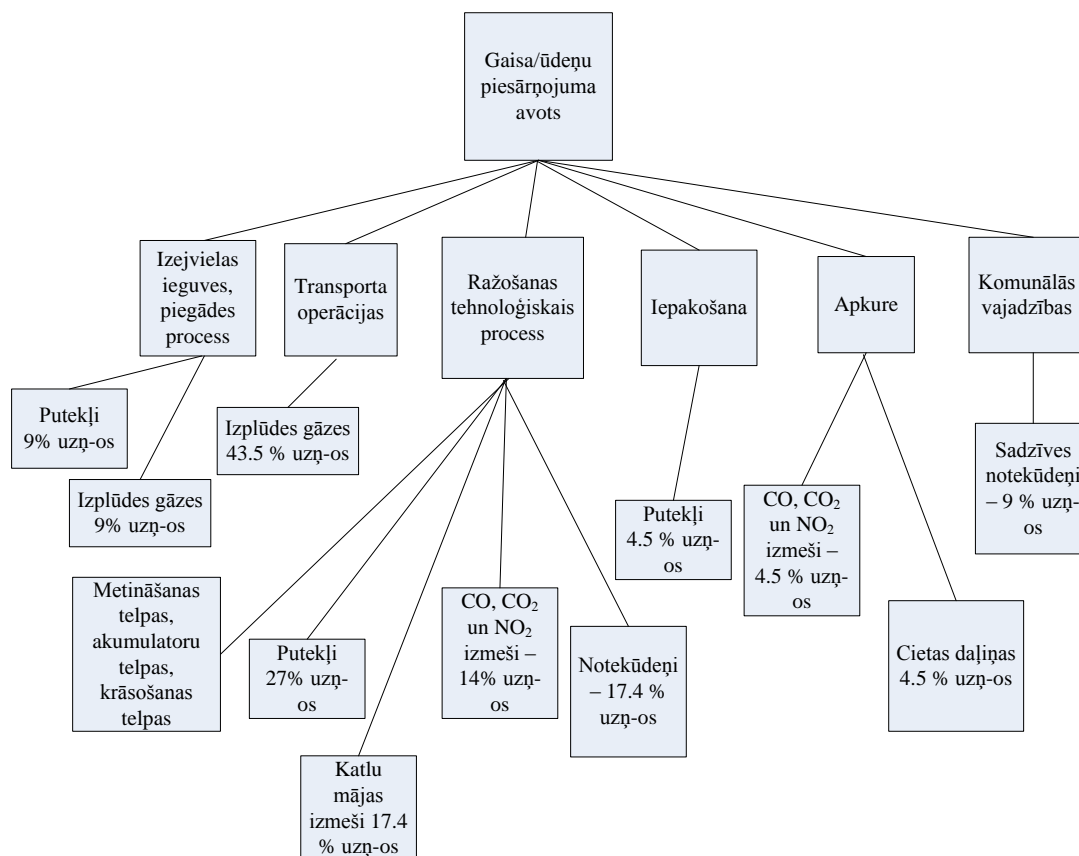


**6.att. Atkritumu apsaimniekošanas pakāpe un veids**

### ***Gaisa un ūdeņu piesārņojums***

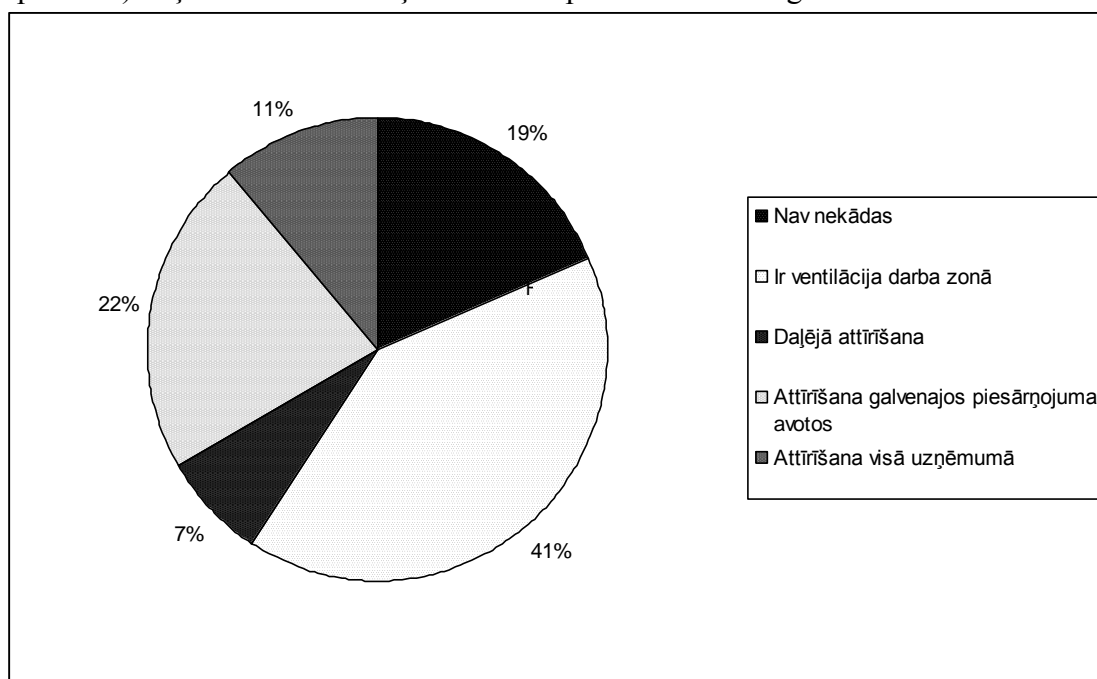
Gaisa un ūdens piesārņojuma veids ir atkarīgs no uzņēmumu darbības jomas.

Piesārņojumu avotu analīze rāda, ka lielākais gaisa un ūdeņu piesārņojums (44% gadījumos) rodas ražošanas tehnoloģiskajā procesā, 28,6% – no transporta operācijām, 11% – izejvielas ieguves un pārstrādes procesā, 5,7% – no apkures un komunālās saimniecības, 2,9% – no iepakojšanas procesa (7.attēls).



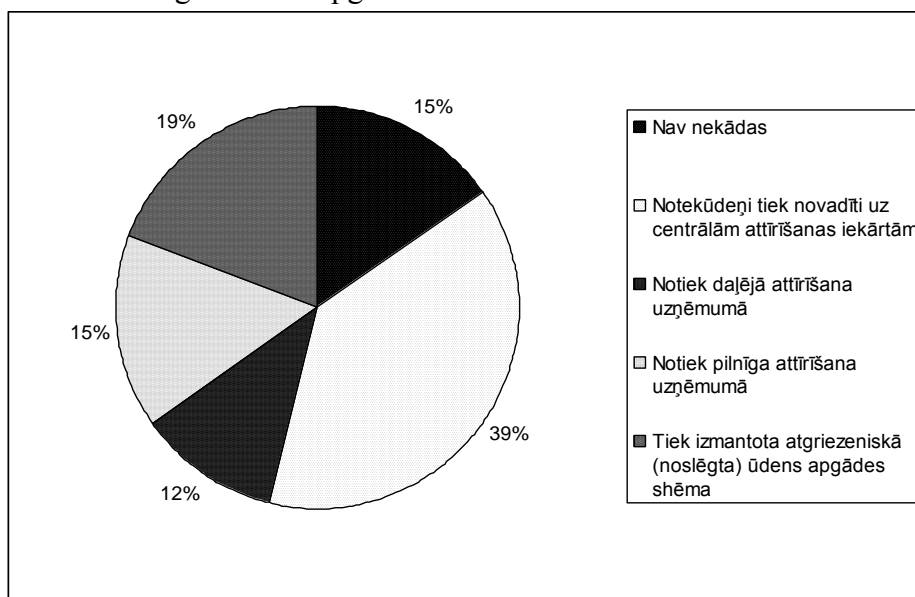
7.att. Gaisa un ūdens piesārņojuma avoti

Anketu dati liecina, ka uzņēmumi pamatā iztiek ar lokālām obligātām ventilācijas ietaisēm (41% gadījumos) darba zonā (8.attēls). 22% uzņēmumu realizē gaisa attīrīšanu piesārņojuma veidošanās avotos. Pilnīgu gaisa attīrīšanu to izplūdes atmosfērā zonā izmanto 11% (pamatā kokapstrādes) uzņēmumu. 19% uzņēmumos vispār netiek veikta gaisa attīrīšana.



8.att. Gaisa attīrīšanas veidi

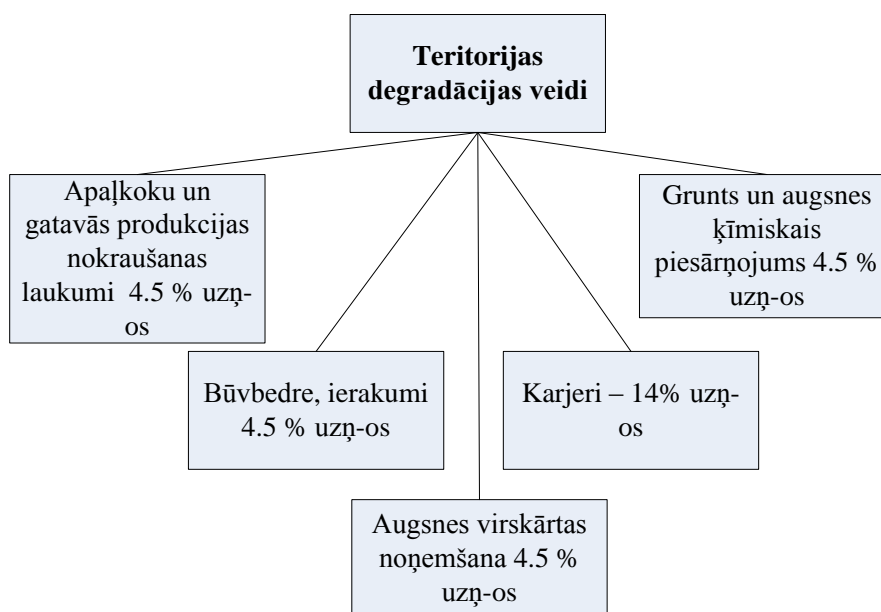
Ūdens apsaimniekošanā uzņēmumos pārsvarā ir notekūdeņu novadīšana centrālajās attīrīšanas ietaisēs (39%). 15% uzņēmumos notekūdeņu attīrīšana vispār nenotiek (9.attēls). 19% uzņēmumu realizē noslēgtās ūdens apgādes sistēmas.



9.att. Ūdens apsaimniekošana un attīrīšana

### Teritorijas degradācija

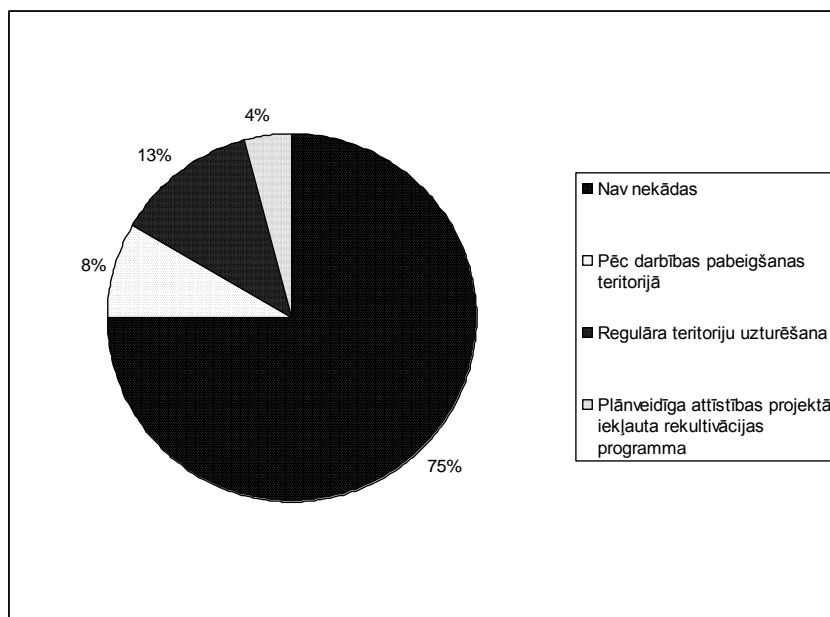
Degradēto teritoriju apzināšanas vispārīgais mērķis ir vides ilgtspējīgās attīstības veicināšana: degradēto teritoriju atjaunošana un vides reģenerācijas procesu sekmēšana.



10.att. Teritorijas degradācijas veidi

Pētījuma rezultāti rāda, ka 27,5% uzņēmumos teritorijas ir mehāniski degradētas un iekļauj karjerus, būvbedres, ierakumus, augsnes virskārtas iznīcināšanu un tikai 4,5% ir grunts ķīmiskais piesārņojums (10.attēls).

Anketēšanas rezultāti liecina, ka 75% uzņēmumu neveic nekādu degradēto teritoriju atjaunošanu (11.attēls).

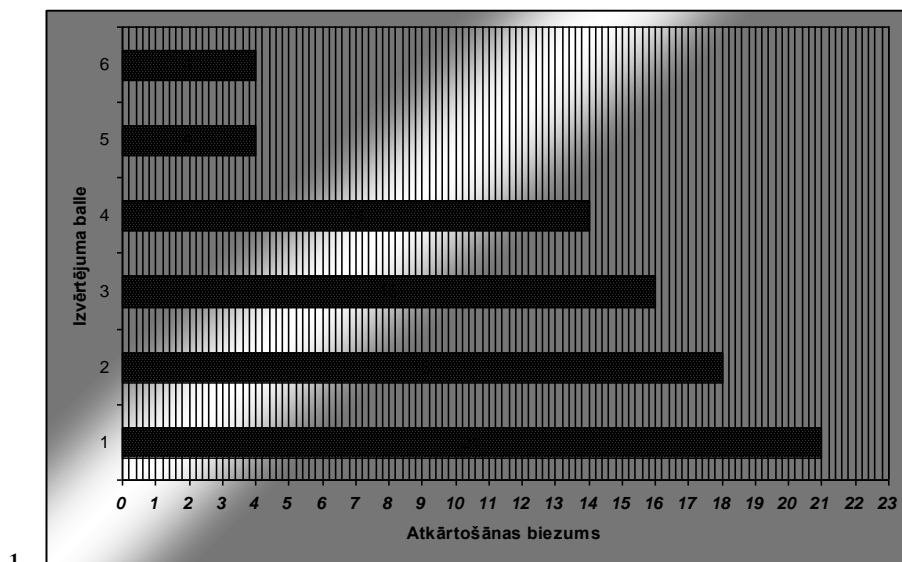


11.att. Piesārņoto un degradēto teritoriju atjaunošana

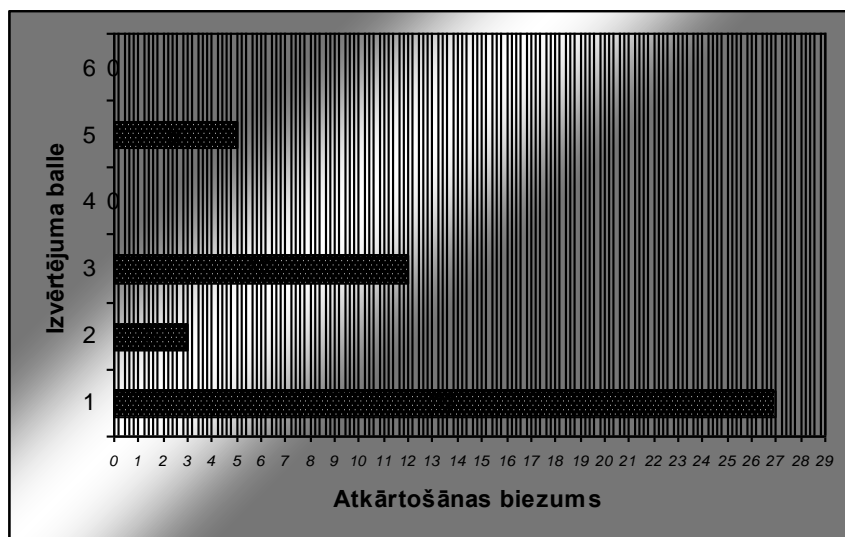
13% uzņēmumu veic regulārus teritoriju degradācijas procesu ierobežošanas pasākumus. Viens uzņēmums jau projekta stadijā ir ielānojis degradētās teritorijas rekultivāciju-ūdenskrātuves izveidošanu pēc karjera darbības izbeigšanas.

#### *Uzņēmumu ietekmes uz vidi pašnovērtējums*

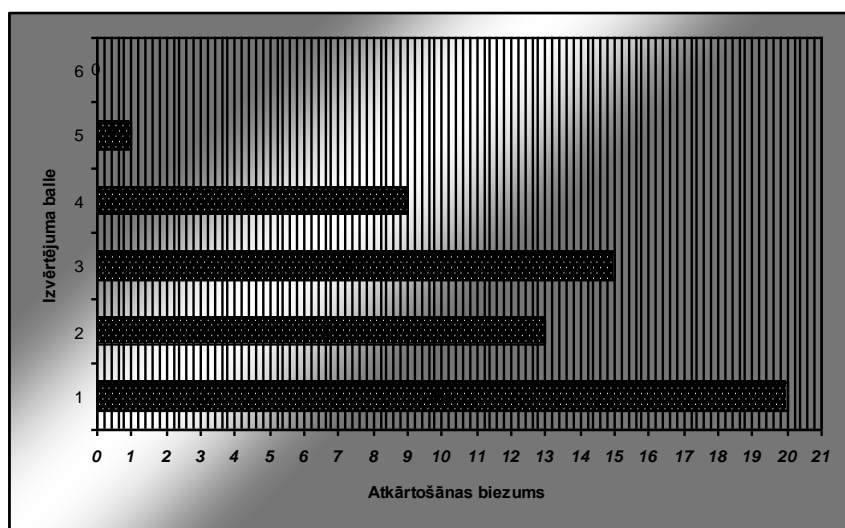
Uz uzdoto jautājumu novērtēt ietekmes uz vidi pakāpi 10 ballu sistēmā lielāka daļa uzņēmumu atzīmēja vismazākās balles no 1 līdz 4 (turklāt 50% gadījumos tā ir minimālā ietekme uz vidi; skat. 12.attēlu).



1.



2.



3.

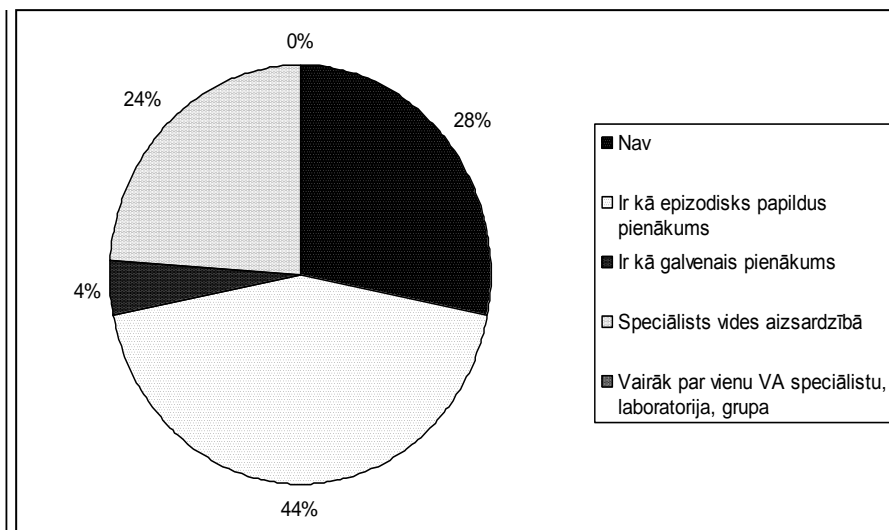
**12.att. Uzņēmumu ietekmes uz vidi pašnovērtējuma rezultāti  
1- kokneses un mežistrādes uzņēmumi; 2- pārtikas un lauksaimniecības nozares  
uzņēmumi;3- pārējās nozares**

Anketēšanas dati rāda, ka 62% uzņēmumu vērtē savu ietekmi uz vidi kā mazu, 38% – kā vidēju. Nevienam no uzņēmumiem nenorāda, ka darbības ietekme ir liela vai ļoti liela.

Anketā uzņēmumiem bija piedāvāts novērtēt pasākumus, ko viņi veic, lai samazinātu ietekmi uz vidi. 42% uzņēmumu uzskata, ka veiktie pasākumi vides stāvokļa saglabāšanai ir ar vidēju efektivitāti, 38% – ka veiktie pasākumi ir efektīvi, un 20% uzņēmumu uzskata, ka nav nekādas nepieciešamības organizēt pasākumus vides aizsardzības jomā. Nevienam no uzņēmumiem nenovērtē savus pasākumus vides aizsardzības jomā kā ļoti efektīvus.

***Vides pārvaldība uzņēmumos***

Aptaujas rezultāti rāda, ka 44% uzņēmumos vides aizsardzības speciālista pienākumi tiek uzdoti izpildei kādam citam kvalifikācijas darbiniekam kā papildus epizodisks uzdevums. 28% gadījumos aizsardzības jautājumu risināšana neietilpst neviena uzņēmuma darbinieka pienākumos (13.attēls).



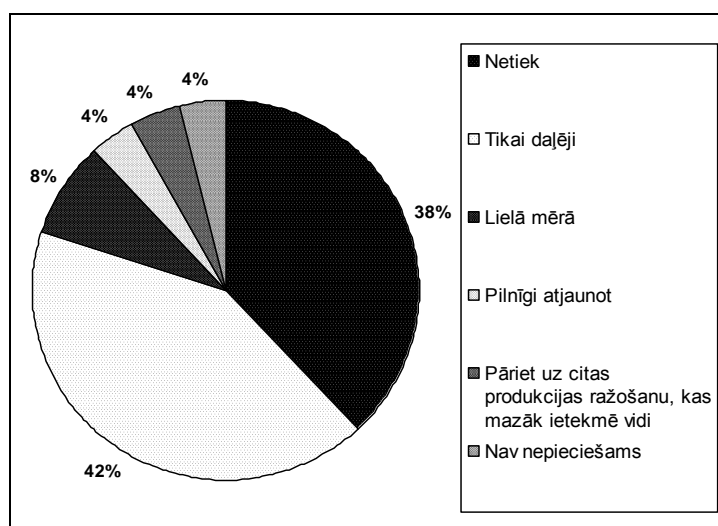
**13.att. Darbinieki, kuru pienākumos ir uzdots risināt vides aizsardzības jautājumus**

24% uzņēmumu personāla sastāvā ietilpst darbinieks, kurš ir specializējies vides aizsardzības jautājumos. Ir viens uzņēmums, kurā darbiniekam, kurš veic vides aizsardzības jautājumu risināšanu, tas arī ir vienīgais un galvenais pienākums.

Neskatoties uz to, ka vides aizsardzības speciālistu uzņēmumos ir ļoti maz, tie lielākoties neplāno arī turpmāk iekļaut štatu sarakstā vides inženierus.

Nevienā no aptaujātajiem uzņēmumiem nedarbojas vides aizsardzības vai vides tehnoloģiju grupas, nodaļas, laboratorijas.

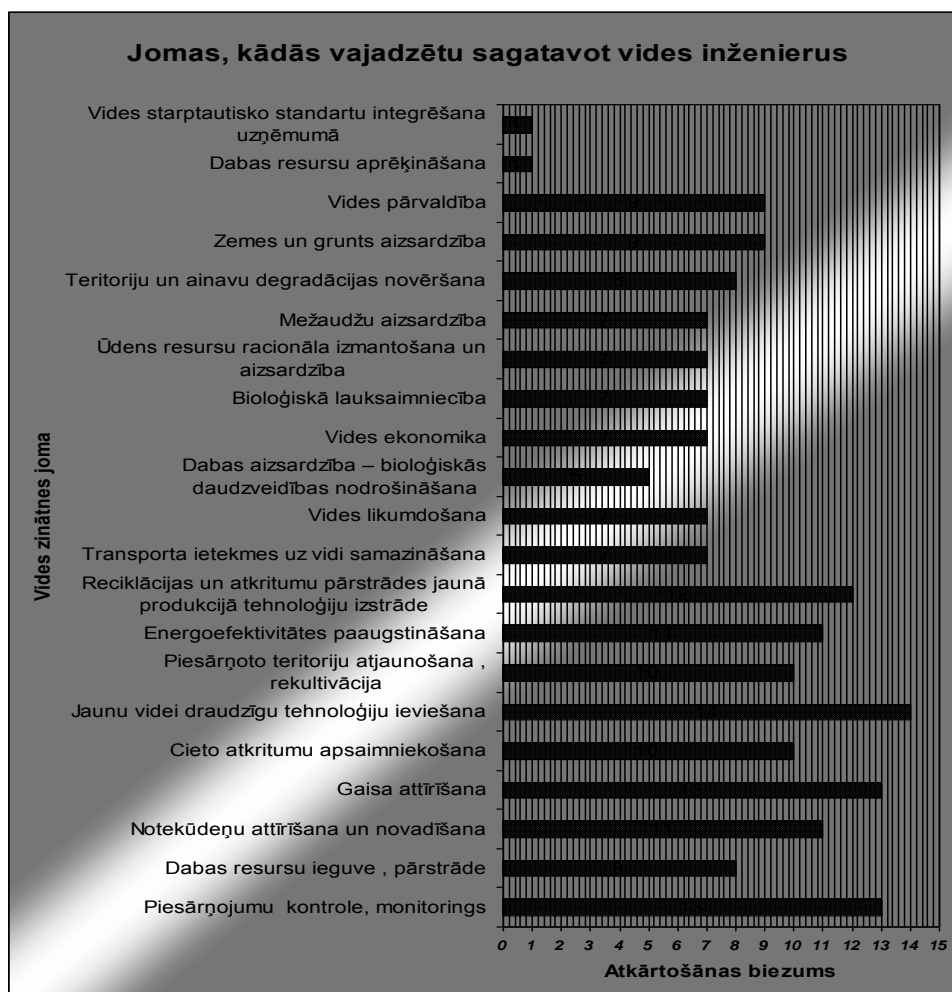
No aptaujātiem uzņēmumiem 42% plāno daļēji uzlabot tehnoloģisko aprīkojumu, lai samazinātu slodzi uz apkārtējo vidi un ražotu ekoloģiski drošu produkciju (14. attēls).



**14.att. Plāni uzlabot/pilnveidot/nomainīt tehnoloģisko aprīkojumu slodzes uz vidi samazināšanai un ekoloģiski drošas produkcijas ieguvei**

38% uzņēmumu vispār neplāno veikt uzlabojumus savā darbībā, pamatojot ar to, ka viņu tehnoloģiskais aprīkojums ir samērā jauns un efektīvs. 8% uzņēmumu domā lielā mērā plānveidīgi modernizēt vai pat nomainīt aprīkojumu, lai uzlabotu tehnoloģisko procesu un samazinātu ietekmi uz vidi.



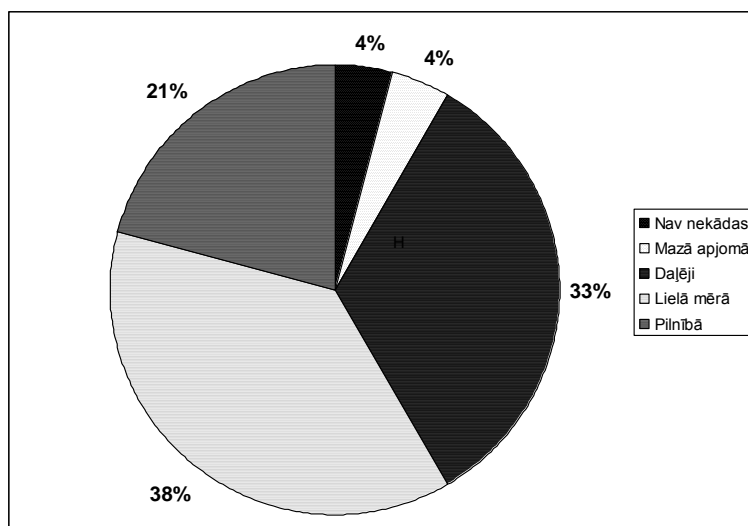


**15.att. Jomas, kurās vajadzētu sagatavot vides inženierus**

Atbildot uz jautājumu par jomām, kurās vajadzētu gatavot vides inženierus (15.attēls), uzņēmumi atzīmē visas anketā uzskaitītās, bet pārsvarā tiek minēti speciālisti vides tehnoloģijā, piesārņojuma kontrolē, vides monitoringā, gaisa attīrīšanā, atkritumu pārstrādē, enerģētikā. Bieži tiek minētas arī tādas jomas kā cieto atkritumu apsaimniekošana, piesārņotās teritorijas atjaunošana un rekultivācija.

Tika izvērtēts arī uzņēmumu informētības līmenis vides aizsardzības un vides tehnoloģiju jomā (16.attēls).

Redzams, ka 14% uzņēmumu ir apmierināti ar iespējām iegūt vajadzīgo informāciju. Uz jautājumu par nepieciešamību iegūt iespēju regulāri saņemt informāciju par interesējošām jomām vides aizsardzībā un vides tehnoloģijā visbiežāk minētā atbilde bija, ka tiem ir viduvēja interese (54%). Lielu interesi izrādīja 25% uzņēmumu, bet 24% atzina, ka viņiem ir maza interese par aktuālo informāciju vides jomā. Līdz ar to 52% uzņēmumu nevarēja formulēt vides aizsardzības problēmas, kuras varētu palīdzēt atrisināt Rēzeknes Augstskolas zinātniskais kolektīvs.



16.att. Informācijas pieejamība par interesējošiem vides aizsardzības un vides tehnoloģijas jautājumiem

### Rezultātu izvērtējums

Iegūto datu analīze dod iespēju izvērtēt vides problēmu risinājuma stāvokli Latvijas kopuzņēmumos.

Neskatoties uz relatīvi mazo uzņēmumu izlasi, to var uzskatīt par daļējo faktoriālo analīzi, kuras rezultāti ar noteikto varbūtību var būt vispārināti arī uz pārējiem uzņēmumiem ārpus analizējamās grupas.

Galvenais secinājums ir tas, ka praktiski visu aptaujāto uzņēmumu darbībā tiek iekļauti vides aizsardzības, tehnoloģiju pilnveidošanas, resursu racionālās izmantošanas uzdevumi, bet šo problēmu risinājuma līmenis ir dažāds.

Uzņēmumi kontrolē cieto un šķidro atkritumu veidošanas apjomus visos savas darbības etapos – izejvielu ieguves un pārstrādes procesos, pašā ražošanas tehnoloģiskajā procesā, transporta operācijās, iepakojšanā. Uzņēmumi dokumentē atkritumu daudzumu un veidus – to rīcībā ir attiecīgā datu bāze par sava uzņēmuma atkritumiem. Nenoteiktie atkritumu daudzumi parādās tikai nešķirotu sadzīves atkritumu, dažos gadījumos – iepakojuma jomās.

Kas attiecas uz vides un gaisa piesārņojumu, tad šeit uzņēmumi nevar dod konkrētu piesārņojošo vielu izmešu daudzumu tādās organizācijās kā izejvielu ieguves un piegādes process, kā arī transporta operācijas. Situāciju ar piesārņojumiem tehnoloģiskajā procesā kontrolē 68% uzņēmumu. Kā pamatojums tam tiek uzskatīts tas, ka uzņēmuma piesārņojums ir niecīgs un neņemams vērā.

Gaisa attīrīšana no piesārņojumiem nenotiek vispār vai tikai daļēji 26% uzņēmumu. To var izskaidrot ar uzņēmumu darbību jomām. Tomēr arī ne visos kokapstrādes uzņēmumos ir ieviestas gaisa attīrīšanas tehnoloģijas, bet iesaistīto aptaujā zemnieku saimniecību daļa sastāda tikai 17%.

Ūdens attīrīšanas jomā stāvoklis apmēram tāds pats – 29% uzņēmumu vispār neattīra ūdeni vai attīrīšana notiek tikai daļēji. Pozitīvi vērtējams tas fakts, ka 19% uzņēmumos (galvenokārt kokapstrādē) vismaz daļēji ir ieviesta ūdens atkārtotā izmantošana – noslēgtās ūdens apgādes sistēmas elementi.

Atkritumu apsaimniekošanā pārsvarā ir to deponēšana, atkritumu šķirošana uz vietas un to nogādāšana tālākai apsaimniekošanai – 58% uzņēmumu. Mērķtiecīgu atkritumu nodošanu un pārdošanu citiem praktizē 29% uzņēmumi. Atkritumu pārstrādāšanu uz vietas un to utilizāciju kā kurināmo (galvenokārt kokapstrādes nozarē) pielieto 42% uzņēmumu. Skaitļi liecina, ka situācija ar atkritumu apsaimniekošanu ir labāka nekā gaisa un ūdens piesārņojuma likvidēšanas procesos. Ietekmes uz vidi analīze pēc pašnovērtējuma datiem liek secināt, ka

lielākā daļa uzņēmumu novērtē savas darbības ietekmi uz vidi kā augstāku par vidējo. Ka uzņēmums gandrīz pilnīgi neietekmē apkārtējo vidi, uzskata 67% respondentu.

Arī attiecībā pret tehnoloģisko iekārtu darbību uzņēmumu viedoklis ir iezīmējies visai skaidri, piemēram, enerģijas izmantošanas ietekmes līmeni uz vidi 49% uzņēmumu vērtē kā ļoti mazu. Pārtikas un lauksaimniecības nozares uzņēmumos tehnoloģiju ietekmi uz vidi kā ļoti mazu vērtē 57% uzņēmumu, Pārējās nozarēs, izņemot kokapstrādi, skaitlis ir gandrīz tāds pats – 59%. Vienlaikus šajos uzņēmumos tiek darbinātas iekārtas, kuru vecums pārsniedz 10 gadus – attiecīgi 49% un 19%. Kokapstrādes uzņēmumos agregātu skaits, kuru vecums sastāda 10 un vairāk gadus, ir 37% un ietekmi uz vidi vērtē kā ļoti zemu 27% uzņēmumu.

Šo datu salīdzinājums rāda, ka korelācijas starp iekārtu vecumu un to ietekmi uz vidi nav.

Reālajos apstākļos tāda situācija ir maz iespējama. Ņemot par pamatu, ka kokapstrādes uzņēmumu skaitļi ir tuvāki reālam stāvoklim, var secināt, ka pārtikas un lauksaimniecības nozares uzņēmumi pārāk optimistiski vērtē savas tehnoloģijas ietekmi uz vidi.

Kas attiecas uz enerģētisko iekārtu izmantošanu, dati liecina, ka uzņēmumi maz vai vispār nepievērš uzmanību iespējām attīstīt un paplašināt atjaunojamo energoresursu izmantošanu. No atjaunojamajiem energoresursiem rūpniecībā izmanto tikai koksni un kokapstrādes paliekas. Pat eksperimentu līmenī netiek izmantoti tādi neizsmeļamie resursi kā vēja, saules, ģeotermālā enerģija.

Arī degradēto teritoriju atjaunošanā vērojama uzņēmumu pasivitāte. 75% uzņēmumu nav teritorijas izmantošanas pasākumu. Tas nozīmē, ka uzņēmumiem nav skaidra priekšstata par teritorijas degradācijas procesiem, to nozīmi dabas aizsardzībā un to atjaunošanas pasākumiem. Teritoriju uzturēšanu kārtībā praktizē 13% uzņēmumu un tikai vienam derīgo izrakteņu ieguves uzņēmumam ir izstrādāts konkrēti degradētas teritorijas rekultivācijas perspektīvais plāns.

Ļoti nopietns jautājums ir par uzņēmumu tālākās darbības materiālo, informatīvo un profesionālo nodrošinājumu.

Jautājumu grupā, kas skar informatīvo nodrošinājumu, uz jautājumu par uzņēmumiem pieejamo informāciju vides aizsardzības jomā 41% atbildēja, ka nav nekādas vai ir daļēja. Lietderīgi salīdzināt šos datus ar analogisko variantu Vācijā [8]. Vācijā 100 uzņēmumu aptauja parādīja daudz lielāku neapmierinātību ar informētību uzņēmēju procentu – 58%. Attiecīgi pietiekami vai pilnībā pieejami Latvijā – 59%, Vācijā – 42%; nepietiekami – attiecīgi 8% Latvijā un 21% Vācijā.

Skaitļu atšķirība kļūst izskaidrojama, ņemot vērā citas atbildes, pirmām kārtām – darbinieku ieinteresētība vides jautājumos. Tā nepieciešamību iegūt informāciju nosauc tikai 25% aptaujāto Latvijas uzņēmumu un 76% Vācijas uzņēmumu.

Atbilde uz jautājumu par tehnoloģiski plānotajām izmaiņām arī ir raksturīga. Ja Vācijā 39% firmu ir ieplānojuši attīstīt tehnoloģijas vides jomā un tikai 7% neplāno, tad Latvijā gandrīz tieši pretēji – 42% uzņēmumu neplāno un uzskata par lieku to darīt.

Uzņēmumu darbību vides vadības jomā raksturo šādi dati: Vācijā – 87% firmu ir štata darbinieki, kuri nodarbojas ar vides vadības jautājumiem, Latvijā 28% uzņēmumu vispār nav tādu darbinieku, kuri izpildītu pat atsevišķus uzdevumus vides jomā, un 44% – kā epizodisks darbinieka pienākums.

Aptaujāto uzņēmumu vidū ar vides aizsardzības jautājumiem nodarbojas kopumā tikai 6 speciālisti vides zinātnē. Nekur nav speciālistu grupu vai laboratoriju. Vienlaikus uzņēmumi neplāno turpmāk papildināt savus štatus ar speciālistiem vides aizsardzības jomā. 44% uzņēmumu Latvijā atbildēja, ka šis jautājums tiks risināts atkarībā no apstākļiem (tas nozīmē, ka vidus termiņa plāna nav), 56% – ka vispār neplāno.

Vācijā uz tādu pašu jautājumu 88% firmu atbildēja, ka plāno tuvākajos gados pieņemt vides aizsardzības speciālistus štatā (no 1 līdz pat 20).

Daudz lielāko ieinteresētību aptaujātie Latvijas uzņēmumi izrādīja vides speciālistu sagatavošanas jomā. 30% atbildēs figurē 17 no 21 (vai 87%) uzskaitītajām vides inženieru specializācijas jomām. Turklāt speciālistos vides tehnoloģiju jomā ir ieinteresēti 54% uzņēmumu; gaisa attīrīšanas, energoefektivitātes paaugstināšanas, atkritumu apsaimniekošanas, pārstrādes un piesārņojumu kontroles laukos – 46% uzņēmumu. Salīdzinājumam Vācijā vides tehnoloģijās – 31%, vides aizsardzībā – 33% un vides tiesībās – 16%. Turklāt 53% firmu nosauca vides tehnoloģijas kā vienu no svarīgākajām 7 vides problēmām uzņēmumos.

No šiem datiem var secināt, ka Latvijā nepieciešams gatavot plaša profila vides inženierus, kuru zināšanu un spēju jomā ir iekļautas lielāka daļa no uzskaitītajām specializācijām.

### Secinājumi

1. Vides aizsardzības problēmas nav svešas nevienā no apsekotajiem uzņēmumiem, tomēr to risināšanas virzieni un līmenis un ļoti atšķirīgi.
2. Var konstatēt, ka uzņēmumi vides aizsardzībā galveno darbību veic cieto un šķidro atkritumu uzskaitē un apsaimniekošanā.
3. Daudz mazāka uzmanība tiek pievērsta vides attīrīšanai procesiem. Gaisa un ūdens attīrīšanā, kā arī pasākumos to piesārņojuma novēršanai nepieciešama daudz aktīvāka darbība.
4. Energoresursu izmantošanā vērojama pierastā tradicionālā pieeja. Siltumenerģijas ieguvei netiek piesaistīti vietējie atjaunojamie bioenergoresursi un neizsmeļamie – saules, vēja, ģeotermālās enerģijas – resursi.
5. Uzņēmumi maz kontrolē un izvērtē savu tehnoloģiju un iekārtu kā piesārņojumu veidošanas avotu lomu. Līdz ar to ir nopietni pazemināts tehnoloģiju, iekārtu un uzņēmuma kopā ietekmes uz vidi līmenis, neskatoties uz lielo novecojušo iekārtu skaitu uzņēmumā, vāji attīstītajiem gaisa un ūdens piesārņojuma novēršanas un attīrīšanas darbiem.
6. Ņemot vērā pašnovērtējumu, kļūst skaidrs, kā arī savas turpmākās attīstības plānus uzņēmumi nesaista ar vides aizsardzības pasākumu pilnveidošanu.
7. Neskatoties uz to, ka lielākajā daļā uzņēmumu nav vides speciālistu un to darbu periodiski izpilda citi darbinieki, tie arī turpmāk neplāno iekļaut savā štatā vides speciālistus.
8. Vienlaikus uzņēmēji ir ieinteresēti vides speciālistu sagatavošanā un uzskaita kā prioritārās gandrīz visas profilējošās vides inženieru jomas.
9. Latvijas apstākļos katras šauras specialitātes vides inženieri objektīvi nebūs masveidīgi pieprasīti. Līdz ar to ir skaidrs, ka augstskolās jāgatavo plaša profila vides inženierus, kuru studiju programmā ir iekļauti visi vides inženierzinātņu aspekti.
10. Raksturīgs ir tas, ka uzņēmumi atzīmē grūtības informācijas ieguvē vides aizsardzības jomā un vienlaikus neizsaka nepieciešamību tās ieguvē. Vienā rindā ar šiem faktiem stāv atziņa, ka uzņēmumiem nav zināmas problēmas, kuras varētu risināt Rēzeknes Augstskolas speciālisti vides zinātnē un tehnoloģiju pārneses kontaktpunkts.
11. Nepieciešama nopietna aktivitāšu pārkārtošana vides izglītības un inženieru sagatavošanas jomā – vispirms vērsta uz kontaktiem ar uzņēmumiem, to problēmu izprašanu, darbinieku apmācību, palīdzību vides sakārtošanā, uzņēmumu informētības par vides problēmām paaugstināšanu, vides inženieru piesaistes savā darbā nepieciešamības izprašanu.

### Summary

Global industrial growth dramatically increases destructive influence on environment. In spite of large amount of researches in the environment protection, there is not practical achievement – global environmental problems remain to be actual, pollution of nature lasts.

The only possible way to eliminate these processes is introduction of new modern green technologies – ecotechnologies in the production and as a result – to prevent environment pollution and degradation at the without spreading in the outer space.

It must challenge enterprises to enlarge attention on environment problems significantly, to realize the level of their environmental awareness and to work out exact strategies and problems in the environmental design of their technologies.

In order to draw up recommendations in the implementation newest results of environmental researches in the practice elements to appraise the present day attitude to environmental problems in the enterprises and companies. In the 90<sup>th</sup> of past century in the USA and Europe started programs aimed to clear up situation in factories in the environmental issues.

In the USA as a result of such survey were worked out 20 parameters, characterizing enterprises according to their attitude to environmental problems. Enterprises and companies were divided into three groups – red, yellow and green. The last ones had the best results and strategies in pollution and environment degradation prevention in Europe. At the same time in Europe was carried out international study program “Fostering Employment in the Environmental Sector in Europe”, involving Finland, Germany and Sweden, were analyzed the current state of affairs in relation to the environmental sector in Europe, paying special attention to environmental technology. As a result were worked out structural recommendations for environmental organizations and Chambers of Commerce and suggestions to providers of training and to companies.

Such researches were not accomplished in Latvia. In 2008 Rezekne Higher Education Institution started to implement project “The research of environmental protection and environmental technology development dynamics in the Latgale enterprises” financed by Latvia ministry of Education and Science.

Elaborated questionnaire survey included wide range of questions for enterprises classified into 7 groups:

1. General information about enterprise;
2. Technology, kinds and state of equipment, usage of resources;
3. The sources of solid and fluid wastes (output raw materials, transportation, production and other technological processes);
4. Kinds of air and water pollutants, air and water purification and treatment.
5. The territory degradation process and their revitalization activities;
6. Self – evaluation of activities by enterprises in the environmental protection and environmental technologies.
7. Prospective plans in technology development approaching to ecotechnologies.

24 enterprises from Latgale and partly other Latvia regions were interviewed – wood working factories, food industry, metal – working and other enterprises most typical for Latvia economy.

Survey established that environmental protection problems are not unknown for enterprises, but the level and ways of their solution are very different.

The managing of solid and liquid wastes has in most enterprises. At the same time less attention is drawn to polluted water and air treatment. The treatment of wastes includes such operations as depositing into dumps, sorting and recycling (58%), utilizing as fuel for local water heating (42%). 26 – 29% enterprises do not use (or less, only partly) water purification, but 19% enterprises established water reuse circulating technologies.

The enterprises have not projects to implement alternative and renewable energy sources such as solar, wind, geothermal an others in their technologies.

Enterprises have not sufficient number of modern equipment (sometimes only 50%) and do not control the impact on the environment of obsolete machines.

Self – assessment of enterprises impact on the environment is very optimistical – 57-59% enterprises evaluate their impact on environment as very low. That do not correlate with real situation. 57-59% enterprises evaluate their impact on environment as very low.

Very important are results which report about enterprises attitude to future management on environmental issues. Comparison with analogue survey in Germany is very impressive. For example, necessity to obtain new information about environmental issues in the Germany is 76%, in Latvia – 25%. In the Germany 87% enterprises have plans to engage from 1 to 20 environmental engineers. In Latvia only 44% enterprises consider to employ environmental engineers.

At the same time Latvian enterprises show interest in preparing specialists in the environmental in the 17 different branches of engineering at least. It plans to employ them when economic situation will become favourable.

It means that Higher education institution in Latvia must to develop study programs in the environmental engineering with attitude to prepare wide profile specialists necessary for Latvia economy.

### **Pateicība**

Autoru kolektīvs pateicas Rēzeknes Augstskolas Latgales ilgtspējīgās attīstības pētnieciskā institūta darbiniekiem – Lietišķās ekoloģijas un resursu laboratorijas vadītājai Rasmai Deksnai, vadošajam pētniekam Ziedonim Miklaševičam un vides aizsardzības maģistra studiju programmas 2008.g. absolventiem par aktīvu darbību materiālu vākšanā.

Darbs izpildīts uz LR IZM 2008.g. finansējuma RA zinātniskajai attīstībai bāzes.

### **Literatūra**

1. Hawken P. Blessed Unrest: How the Largest Movement in the World Came into Being and Why No One Saw It Coming. Viking Press, 2007.
2. Bhat V.N. The Green Corporation: The next Competitive advantage. Westport,CT: Qorum Books, 1996.
3. Bishop P.L. Pollution Prevention: Fundamentals and Practice. Mc Graw Hill, 2000.
4. Tagar E. Environmentalism: evaluating government programs using a simple classification model. Melbourne, 2001.
5. Hawken P. Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution. Little Brown, 1997.
6. Peter A.Victor. Managing Without Growth. Slower by Design, Not Disaster. Edward Elgar, 2008.
7. Filho W.L. (ed.) Environmental Careers, Environmental Employment and Environmental Training. Peter Lang GmbH, 2001.
8. Filho W.L. Fostering Employment in the Environment Sector in Europe: Results of the Germany Survey. Environmental Careers, Environmental Employment and Environmental Training. Peter Lang GmbH, 2001. p. 23-45.
9. Noviks G. Ekotehnoloģiju kompleksās analīzes sistēmas pilnveidošana. Rēzeknes Augstskolas zinātniskie raksti. Rēzekne, 2003. 97.-111.lpp.
10. Noviks G. Ekotehnoloģijas pamati. Rēzekne: Rēzeknes Augstskolas izdevniecība, 2002.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ДАННЫЕ НАУК О ЗЕМЛЕ  
ПО ТЕРРИТОРИИ РОССИИ»**  
*INTELLECTUAL ANALYTICAL GEOINFORMATION SYSTEM “EARTH  
SCIENCE DATA FOR THE TERRITORY OF RUSSIA”*

**Александр Березко, Анатолий Соловьев, Роман Красноперов, Алена Рыбкина**  
Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН)  
ул. Молодежная, 3, Москва, 119296, Россия  
тел.: +(7)4959300546, факс: +(7)4959300506, e-mail: a.berezko@gcras.ru

---

**Abstract.** *The present study is aimed at the integration of data on geography, geology, geophysics, geocology and other Earth sciences in the comprehensive problem-oriented geoinformation system (GIS) including the intellectual superstructure for geoinformation analysis.*

*At the present time GIS provide only limited opportunities for general analysis of geodata handled. At the same time, among the scientific community, dealing with the Earth sciences data, the requirement of more profound and comprehensive data analyzing and processing is constantly growing. The theory and methods of artificial intellect (AI) must become not only an integral, but the main core of a modern GIS.*

*The methods of fuzzy mathematics correlate with a fuzzy character of geophysical data. The AI methods, developed by the authors, and presently applied to volcanic activity monitoring, search and interpretation of anomalies in geophysical fields, solving environmental, geodynamic and other problems, turned out to be a success.*

**Keywords:** *geoinformation system, artificial intellect, Earth sciences, metadata, data layer, database.*

---

### **Введение**

Технология географической информационной системы (ГИС) предоставляет новый, соответствующий современности, эффективный, удобный и быстрый подход к работе с широчайшим спектром данных.

Однако, основные задачи геоинформатики, обработка и анализ больших объемов геофизических данных, в частности, их интерпретация и совместный анализ, требуют высокой квалификации специалиста. Но ввиду огромных объемов подлежащих обработке данных даже высококлассный специалист на практике не всегда может справиться с этими задачами. При этом работа эксперта редко может быть сведена к некоторому аналитическому процессу, поддающемуся формальному описанию на языке классической математики. Тем не менее, эта деятельность поддается алгоритмизации, что позволяет существенно уменьшить субъективизм экспертной оценки. Так возникает необходимость создания алгоритмов, ориентированных на моделирование деятельности специалиста-эксперта в той или иной области (сейсмологии, гравиметрии, магнитометрии, геологии, разведочной геофизике и т.д.). Алгоритмы такого рода позиционируются как методы искусственного интеллекта (ИИ). Фундаментальной научной проблемой, на решение которой направлено исследование, является разработка и развитие технологии ГИС и методов ИИ для создания интегрированной интеллектуальной геоинформационной среды по наукам о Земле для поддержки исследований природных опасностей и рисков. Посредством обобщения и полноценного анализа географически привязанной информации, основанных на современных подходах и средствах, ГИС позволяет автоматизировать процедуру анализа и прогноза с целью обоснованного принятия оптимальных решений путем использования соответствующим образом «настроенных» методов ИИ.

Приложения и дальнейшее развитие алгоритмов ИИ в среде ГИС, разрабатываемые в исследовании, и создание соответствующего интеллектуального слоя ГИС, являются принципиально новыми. Новым является и конечный продукт исследования - интеллектуальная ГИС по наукам о Земле для территории России, не имеющая в настоящее время аналогов [1].

### **Материалы и методы**

Для создания фундамента геоинформационной системы в исследовании использовалось семейство программных продуктов нового поколения ArcGIS 9, разработанного компанией Environmental Systems Research Institute (ESRI, США).

Для информационного обеспечения ГИС «Данные наук о Земле по территории России» были использованы интернет-ресурсы различных научных организаций, включая Мировые центры данных (МЦД). Геофизический центр Российской академии наук (ГЦ РАН), имеющий в своем составе МЦД по физике твердой Земли (МЦД ФТЗ) и солнечно-земной физике (МЦД СЗФ), владеет обширными архивами данных по сейсмологии, гравиметрии, геомагнетизму, геотермике, современным движениям, морской геологии и геофизике, топографии и т.д.

Картографическую основу ГИС «Данные наук о Земле по территории России» составляют цифровые топографические карты масштаба 1:1 000 000, охватывающие всю территорию Российской Федерации.

В связи с тем, что не все собранные данные были форматов, совместимых с ArcGIS, возникла необходимость их конвертации в требуемый формат. Данная задача была решена с помощью модуля Data Interoperability для ArcGIS Desktop, предоставляющего возможность конвертации данных свыше 70 форматов других ГИС в форматы, совместимые с ArcGIS.

Одним из ключевых этапов разработки ГИС «Данные наук о Земле по территории России» является составление метаданных, описывающих тематические слои. Основное назначение составляемых метаданных - дать общую информацию о слое, его назначении и содержании. Для решения этой задачи была разработана единая унифицированная форма, в соответствии с которой выполняется описание всех слоев и дополнительных данных. В соответствии с этой формой для каждого слоя вне зависимости от данных, содержащихся в нем, создается один файл метаданных. Файлы метаданных представляют собой простые текстовые файлы в формате XML (eXtensible Markup Language).

Все метаданные хранятся в отдельной файловой базе данных. Они распределены по каталогам в соответствии с тематическими категориями. Были выделены следующие категории данных:

- Биogeография - География организмов;
- Биogeография - География растительного покрова;
- Вечная мерзлота;
- Геодезия и картография - Рельеф;
- Геодезия и картография - Топографическая карта;
- Геология;
- Гидрология;
- Глобальные навигационные спутниковые системы;
- Климат;
- Население;
- Полезные ископаемые;
- Политическая география;



- Почвоведение;
- Промышленность;
- Сельское хозяйство;
- Транспорт;
- Экология - Деградация земельных ресурсов.

На рисунке 1 приведен пример интерфейса пользовательского доступа к метаданным на веб-портале ГИС «Россия».

The screenshot shows the web portal interface for the GIS 'Russia' (ГИС «Россия»). The main title is 'Интеллектуальная ГИС "Данные наук о Земле по территории России"'. The date is 21 ноября, 2008. The navigation menu includes 'Задачи портала', 'Описание данных', 'Сервисы', and 'Метаданные'. The 'Метаданные' section is active, showing a list of categories on the left and a metadata table on the right. The selected category is 'Топографическая карта'. The metadata table includes fields like 'Название', 'Дата внесения в систему', 'Проекция', 'Тип данных', 'Масштаб/разрешение', 'Покрываемая территория', 'Источник данных', 'Ссылка', 'Период сбора данных', and 'Краткое описание'. Below the metadata table is a table titled 'Поля атрибутивной таблицы:' with columns 'Название' and 'Описание'.

Категории	Слой:
Биогеография - География организмов	Топографическая карта - Кварталы (полигон)
Биогеография - География растительного покрова	Название: Топографическая карта - Кварталы (полигон)
Вечная мерзлота	Дата внесения в систему: ..., 2008
Геодезия и картография - Рельеф	Проекция: Географическая
Геодезия и картография - Топографическая карта	Тип данных: Векторный (полигон)
Геология	Масштаб/разрешение: 1:1 000 000
Гидрология	Покрываемая территория: Российская Федерация
Глобальные навигационные спутниковые системы	Источник данных: ФГУП "ГОСГИСЦЕНТР"
Климат	Ссылка: Цифровая топографическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000
	Период сбора данных: 1980-2000
	Краткое описание: В данном слое содержится информация о кварталах в населенных пунктах.

Значение	Описание
1	Редкого низкорослого леса
2	Вырубленного леса
3	Буреломы
4	Горелого и сухостойного леса
5	Редкого леса
6	Редкой поросли леса
7	Криволесья
8	Древостоя

Рис. 1. Интерфейс раздела «Метаданные» на веб-портале ГИС «Россия». Метаданные слоя «Кварталы» из категории «Топографическая карта»

Таким образом, пользователь, имея доступ только к базе метаданных, может получить подробное представление о наполнении ГИС, качестве и детализации предоставляемых данных. Изучив метаданные, пользователь делает вывод о целесообразности получения доступа к тем или иным информационным слоям. Доступ к метаданным является свободным и неограниченным (<http://www.gcras.ru/GISR>).

Все геоданные размещаются на отдельном сервере с системой резервного хранения. Используются два механизма хранения данных:

- ArcSDE для хранения и доступа к геоданным на базе СУБД Microsoft SQL Server;
- Файловое хранение данных.

Механизм файлового хранения применим для следующих видов данных:

- Слои геоданных;
- Файлы, содержащие информацию об оформлении слоев геоданных и легенду;
- Метаданные, описывающие слои геоданных.

В обоих случаях обеспечен режим удаленного доступа к данным через Интернет. Перечень приложений, предоставляющих удаленный доступ к хранилищу данных, приведен ниже:

- ArcGIS Desktop (ArcCatalog, ArcInfo, ArcEditor, ArcView);
- ArcGIS Server;
- Веб-приложения, разработанные на базе модулей ArcObjects;
- Веб-браузер.

Все слои данных собраны в один ГИС-проект, в котором создан и оформлен соответственно свод условных знаков. Работа по созданию интерактивной карты для ее дальнейшей публикации в Интернет проводилась локально в среде ArcGIS Desktop. Пример оформления слоев данных в ArcGIS Desktop приведен на рисунке 2.

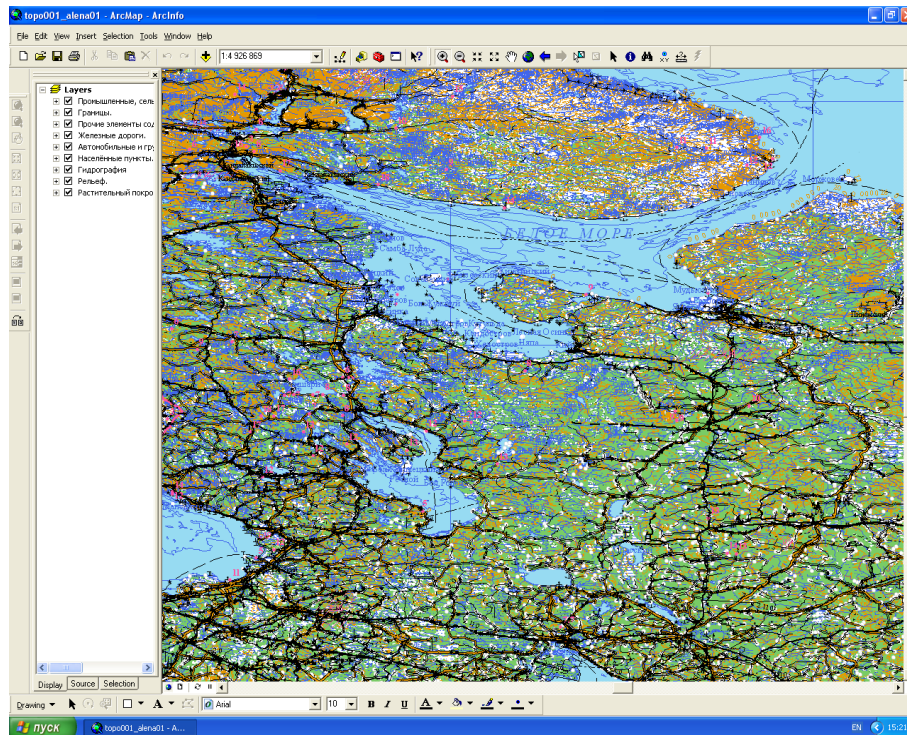


Рис. 2. Пример оформления топографической карты

Средства ArcGIS Server 9.2 Standard Edition позволяют строить индивидуальные веб-приложения на базе созданных в среде ArcGIS Desktop интерактивных карт для их дальнейшей публикации в Интернет.

Веб-приложение было создано на базе платформы Java с использованием технологий JavaServer Pages (JSP) и JavaScript. В качестве основных библиотек классов, позволяющих взаимодействовать с сервером ArcGIS и предоставляющих полный инструментарий системы ArcGIS для работы с геоданными, использовались классы ArcObjects. При помощи них возможна разработка индивидуальных приложений с любым набором функций, которыми обладает система ArcGIS.

Удаленный доступ к интерактивной работе с данными организован на веб-портале, в защищенном паролем разделе. Примеры визуализации данных и работы с интерактивной картой на веб-портале приведены на рисунке 3.

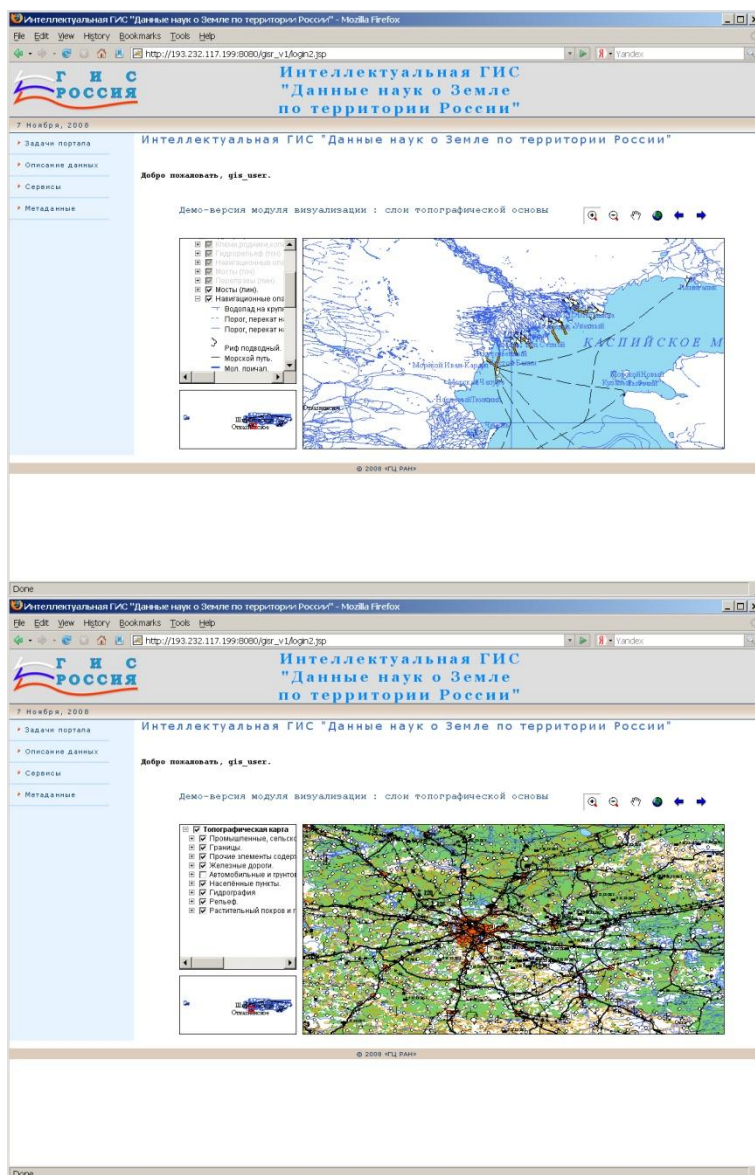


Рис. 3. Примеры удаленной интерактивной работы со слоями данных категории «Геодезия и картография - Топографическая карта» (71 слой) на веб-портале

### Результаты и обсуждение

Важнейшей особенностью создаваемой ГИС является ее интеллектуальная составляющая. Комплекс алгоритмов ИИ, позволяющий одновременно обрабатывать различные совокупности слоев ГИС, делает разрабатываемую систему уникальной. Известно, что массивы цифровых геофизических данных о свойствах и состоянии геологической среды характеризуются большой зашумленностью и, вообще, геолого-геофизической информации изначально присущ расплывчатый, приближенный и неполнозаданный характер, чрезвычайно важна в ней роль экспертов. Нечеткая логика является формальным аппаратом, способным наиболее адекватно учесть не только мнения экспертов, но и нечеткость данных. Именно она служит технической основой созданного в ГЦ РАН и апробированного подхода к анализу геолого-геофизических данных методами ИИ [2]. Этот подход использует попытку моделирования дискретных аналогов фундаментальных понятий математического анализа таких, как предел, непрерывность, гладкость, связность и монотонность,

экстремум, перегиб, выпуклость и т.д., и поэтому обозначен термином “Дискретный математический анализ” (ДМА).

Формализованной основой ДМА служат нечеткая математика и нечеткая логика, обладающие выразительными возможностями для перевода человеческих представлений и рассуждений на формально-компьютерный язык.

ДМА представляет собой совокупность алгоритмов, имеющих единую формальную основу и носящих универсальный характер. ДМА включает в себя:

1. Совокупность алгоритмов, существенно расширяющую возможности классического кластерного анализа и позволяющие в многомерных массивах искать плотные реперные участки, в частности, разломы, линейные и кольцевые структуры (алгоритмы “Роден”, “Кристалл”, “Монолит”);
2. Апробированный подход к поиску аномалий на фоне шума (алгоритмы DRAS, FLARS, FCARS и др.).

На рисунке 4 представлена схема подхода к построению ДМА.



Рис. 4. Схема ДМА

1

Три верхних блока схемы относятся к формальным основам ДМА и завершаются определением конечного предела. Введенное определение конечного предела считается, естественно, только одним из возможных. Конструкция плотности на его основе дает возможность ввести новую интерпретацию понятий сгущения, кластера и трассы в многомерных дискретных пространствах. На их поиск и нацелена представленная на схеме слева первая серия алгоритмов ДМА: “Кристалл”, “Монолит”, “Роден”, “Трассирование”.

Остальные ветви схемы ДМА относятся к конечным временным рядам (КВР) и образуют вторую серию алгоритмов (“Равновесие”, “Прогноз”, DRAS, FLARS, FCARS, алгоритмы поиска нечетких монотонностей, экстремумов, морфологический анализ КВР: алгоритм “Геометрические меры”) [3].

Алгоритмы этого блока DRAS (*Difference Recognition Algorithm for Signals*) и FLARS (*Fuzzy Logic Algorithm for Recognition of Signals*), развиваются в алгоритм FCARS (*Fuzzy Comparison Algorithm for Recognition of Signals*). В свою очередь, последний послужил основой для алгоритма FCARSr, ориентированного на обработку временных рядов в режиме реального времени.

Таким образом, ДМА является единой основой большой серии алгоритмов, имеющих достаточно универсальный характер. ДМА имеет важные геолого-геофизические и геодинамические приложения: изучение аномалий на сейсмических, геоэлектрических, геомагнитных, и гравитационных записях; поиск магнитных аномалий; мониторинг вулканов [4]; анализ временных рядов самой различной природы.

### **Заключение**

Разрабатываемая в настоящем исследовании ГИС является уникальной в связи с наличием в ней данных различной тематики (геология, геофизика, геоэкология, экономическая география, дистанционное зондирование Земли из космоса и др.), и интегрированных в ней методов ИИ, что позволяет решать широкий спектр задач в области наук о Земле и делает возможным принимать управленческих решений в различных областях научной и практической деятельности.

Так, он имеет большое значение в геологии, начиная с практических вопросов выбора участков для размещения особо ответственных объектов (АЭС, плотины, хранилища РАО и т.д.) [5], когда для обеспечения их экологической безопасности необходима надежная информация об активных тектонических нарушениях, стабильности тектонического режима, сейсмичности, строении верхней части земной коры и т.д., и кончая теоретическими исследованиями глубинных структурных неоднородностей в верхней части земной коры.

### **Библиография**

1. Березко А.Е., Соловьев А.А., Гвишиани А.Д., Жалковский Е.А., Красноперов Р.И., Смагин С.А., Болотский Э.С. Интеллектуальная географическая информационная система “Данные наук о Земле по территории России” // Инженерная экология. 2008. № 5. С. 32-40.
2. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р., Злотники Ж., Боннин Ж. Математические методы геоинформатики III. Нечеткие сравнения и распознавание аномалий на временных рядах // Кибернетика и системный анализ. 2008., том 44, №3, С. 3-18.
3. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р. Обнаружение аномалий на записях методами нечеткого распознавания // ДАН, июль 2008., том 421, №1, С. 101-105.
4. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р. Дискретный математический анализ и мониторинг вулканов // Инженерная экология. 2008. № 5. С. 26-31
5. Гвишиани А.Д., Белов С.В., Агаян С.М., Родкин М.В., Морозов В.Н., Татаринев В.Н., Богоутдинов Ш.Р. Методы искусственного интеллекта при оценке тектонической стабильности Нижнеканского массива // Инженерная экология. 2008. № 2. С. 3-14.

**SORPTION PROPERTIES OF LATVIAN CLAYS AND  
ENVIRONMENTAL PROTECTION SURVEY**  
*LATVIJAS MĀLU SORBCIJAS ĪPAŠĪBAS UN VIDES AIZSARDZĪBAS  
APSKATS*

**Vitālijs Lakevičs<sup>1</sup>, Līga Bērziņa – Cimdina<sup>1</sup>, Augusts Ruplis<sup>2</sup>, Juris Pelšs<sup>3</sup>**

1- Riga Technical University, RBIAC

3/3 Pulka street, Riga, LV 1045, Latvia

Phone :(+371) 67089275 e-mail : lakevich@gmail.com, liga.berzina-cimdina@rtu.lv

2- Riga Technical University, Distance Education Study Centre

12 Azenes street, Riga, LV 1048, Latvia.

Phone: (+371) 2933 4332, e-mail: auruplis@latnet.lv

3- Latvian Institute of Organic Synthesis

21 Aizkraukles street, Riga, LV 1006, Latvia.

Phone: (+371) 2911-2851, e-mail: jura@osi.lv

---

**Abstract.** *The survey has been comprised in historical sequence. It has been attempted to group literature sources in a way that we consider to be the most relevant in the publication. Analysis of literature led to the following conclusions: during the last years most important and most advanced ways in investigations of Latvian clay surface characteristics have been found: Value determination of clay specific surface; Clay's porous structure investigation; Cation exchange capacity determination; Characteristics of organoclays; Catalytic characteristics of Latvian clays; Practical usage of clays in waste water treatment; Usage of clays in adulterants elimination from vegetable oils; Clays as catalysts in of organic compound reactions; New type of sorbent from rapeseed oil treatment waste. Experimental measurements supplement data base about surface characteristics of Latvian clay samples.*

---

**Keywords:** *adsorption, specific surface, porous structure, ion exchange, isotherm, clay.*

---

On the subject of accomplishment of material science at present particular attention is attracted by properties of such materials, which are in high dispersed position. Porous solids – sorbents and catalysts have intensively been investigated. Currently its role in decreasing of contamination of environment, weathering of construction materials and cultural monuments protection are realized.

Knowledge about properties of new high dispersed systems is deficient, because of emerging more new materials as well new opportunities for using well-known materials in unconventional industries.

Its investigation demarcates usage boundaries and navigates towards deepened penetration about connections between structure and specific operation properties.

Imposition of unconventional local natural clay minerals is theoretically motivated and live high dispersed system analysis from thermodynamic aspect.

In consecution of geological processes complicated chemical and physically chemical processes take place, in which results ensure widely distributed high dispersed aqueous rocks – clays.

They have high reserve of free surface energy which is potentially available.

It is unpretentious to do this by using clays as the sorbents: adsorption on clays occurs spontaneously. Until now this does not count much to keep a close watch.

Fonts of literature about sorption properties of Latvian clays are grouped in four parts: first articles; experimental measurements of the surface characteristics (specific surface area, pore structure, determination of ion exchange capacity); field of usage (water pollution, air purification, rapeseed oil bleaching); dr. habil. theses, latest works.

The survey has been conducted in historical sequence. It has been attempted to group literature sources in a way that we consider being the most relevant in the publication.

The first articles about surface characteristics of Latvian clays have been shown in 1950s of the last century in works of professor J. Eiduks. First scientific work about sorption of organic stains as methylene blue, fuchsine and other on the samples of Latvian clays [1] has been published in 1951. Researches of pigment sorption were continued in a work of A.Vaivads and A.Upite, aimed onto determination of mineralogical contents of clay samples [2]. In 1973, professor J. Eiduks suggested research was published, and methanol gas sorption on Latvian clay samples has been measured for the first time [3]. It has been found that if the treatment temperature of samples increases, but value of specific surface area decreases.

More detailed results were analyzed in an article [4].

In the Soviet times, no great attention was paid to the sorption characteristics of Latvian clays. Only in 1991, research reports began to appear about Latvian clays surface characteristics. Systematic research has been made by A. Ruplis with collaborators. Docent of Latvian University, Rolands Bumans, also was involved in these works. Hexane and carbon tetrachloride vapor sorption isotherms were measured for aluminum oxide and aluminum hydroxide samples in order to determine their specific surface and pore structure parameters [5].

Specific surface of samples is one of the most significant parameters of disperse systems. There were numerous methods developed for detecting the specific surface; however nowadays the most widely used is the one based on analyzing gas or vapor physical adsorption [6, 7].

At first, experimentally measure adsorption isotherm of the analyzed sample. Using BET or Longmire equation, calculate amount of the adsorbed substance (sorbate) in a monomolecular layer  $a_m$  (mol/g). This internationally acknowledged BET method is used in various works for determination of specific surface of Latvian clay samples [3; 4; 8-10].

Sorption processes depend on pores of the samples. The most significant parameters of pores are total pore volume and pore volume distribution per radiuses or diameters [5]. These are determined by measuring adsorption-desorption isotherms. Various pore distribution calculation methods are based on Kelvin capillary condensation equation. Maximum of pore distribution curve demonstrates most frequently occurring pore radius (effective pore radius). Total pore volume is obtained by measuring adsorption of saturated vapor. In these conditions, adsorption isotherms of clay samples asymptotically approach ordinate axis, thus, total pore volume is detected by measuring amount of adsorption in pressure which is smaller than pressure of saturated vapors [11]. Usually, a pressure is chosen which lays within the relative equilibrium pressure interval between 0.90 and 0.98 [4; 12].

In numerous works [6;13-16], changing sorption parameters by thermal treatment or modified by mineral acids [17-20] is investigated. It was found that after a thermal treatment, specific surface and total pore volume of Latvian clays is descending [21; 22]. After modification with acids, specific surface and pore volume of samples is changing depending on acid concentration: increasing concentration, specific surface also increases, reaches its maximum and then descends. Changing of pore volume amount has the same nature [8; 23]. It was realized that acidic treatment of Latvian clay samples results in sorbents of energetically homogenous surface. These sorbents are used in gases and gases – liquids chromatography practices. In scientific work [24] attention is focused on sorption of humic substances on clays from Latvia deposits.

The results of works were summarized in A. Ruplis habil. doctor's work in 1998 [25].

Determination of cation exchange capacity must be specially accentuated. This characteristic is significant in analyzing different unacceptable (toxic, radioactive) adulterant migration in over ground and ground-waters in normal or catastrophe created situations, it will open up the

new opportunities for scientific motivated usage of sorbents for waste water treatment [26] and other.

Capacity amount of clay ion exchange plays a great role in various processes, however, for Latvia the most important are those related to soil fertility and environment pollution problems. Numerous methods were developed ion capacity determination of sorbents. In the middle of nineties, lots of attention was focused onto cation exchange capacity determination of Latvian clay samples by using organic pigments (methylene green, methyl violet).

Ion exchange capacity of Latvian clays is an important parameter of processes in which clays are used as sorbents at water solutions. It is determined and described in various scientific works [27-30].

In a bulletin [28], attention is focused onto method of measuring adsorption of methylene blue. It was found that amount of adsorption changes during shaking of clays and liquid (from 2 to 48 hours) depending of sample characteristics. At samples treated with mineral acids, adsorption of methylene green decreases in proportion with acid concentration.

It was found that, p – nitro aniline is not adsorbed on Latvian clays from water solutions. It adsorbs weakly on the samples, whose surface is partially covered with rapeseed oil coking products [27]. In scientific work [26], opportunities of using natural and thermally treated clay samples (from 200 to 800 °C) from Suntaži, Laža, Veldze and Kuprava deposits for cleaning wastewater are researched. The highest adsorption ability is characteristic for clays from Kuprava deposit, and it's explained by its mineralogical properties and small amount of additions. It's said that the active component in the clay composition is hydro muscovite. Crystalline chemical structure of clays decomposes in – 500-600 °C temperature [26], and its destruction is accompanied by reducing adsorption ability. Clays from Veldze deposit, both natural and at 600 °C thermally treated, show good sorption abilities by cleaning wastewaters at “Reagents” and “Grindeks” companies. Meanwhile, clays from Kuprava are successfully used in cleaning technological wastewaters in Valmiera glass fiber production plant from non-ionogenous surface active substances, oil products, formaldehyde. [31] talks about cleaning of wastewaters containing phenol and formaldehydes using Latvian clays In the same time, it was discovered that Latvian clays may be used as catalysts in organic synthesis [32-34].

It was found that Latvian Quaternary (Priekules and Nicgales) and Devonian (Kupravas) clay samples can be used as effective catalysts in organic synthesis reactions, where final product is anticancer agent (1,4-butanediol dehydration reaction) [34].

Searching for new catalyst carriers is vital for improving of synthesis of several very important medicals [35] and further development of catalysis theory which is closely related to research of adsorption-desorption mechanism and issues of sorbent modifications [36].

Cation exchange in clay minerals depending of length of sulphuric acid treatment is researched in work [37]. It was stated that treating clay with 25% sulphuric acid for 1 hour is effective and improves its adsorption capabilities [37]. In article [38], it is informed about adsorption of lead ions from water solution at clay plates, but [39] – about lead ions adsorption from water solutions at scorched clay pellets. In article [40] are shown sorption properties of Kuprava clays – illits. [41] informs about using Latvian clays in air cleaning.

Academician E.Gudriniece with collaborators signified the idea about the rapeseed oil purification on Latvian clay samples [42; 43]. Discoloring, or bleaching is one of the refinement stages of vegetable oil. As a result, plant pigments like chlorophylls, carotinoids, etc are bound on sorbent's surface, also improving taste of the oil. Non-activated and thermally treated clay samples slightly improved number of rapeseed oil color, however, such oil does not correspond with nutrition oil standards. [44]. A. Ruplis and his scientific collaborators clarified, that samples of Latvian clays treated with mineral acids are useful for rapeseed oil bleaching [10; 44-46]. During process of bleaching, by-products appear. They are



clays that contain 30-40% of rapeseed oil. By thermal treatment, a valuable product is obtained and it can be re-used in environmental protection [47; 48].

Obtained material finely adsorbs organic solvents from vapor phase, functioning as active coal. Materials produced from rapeseed oil bleaching by-products have good sorption parameters. This new type of sorbents are made of Latvian clay originated alum silicate matrix and rapeseed oil coking (250, 400 un 600 °C) products. Specific surface of studied samples is about 100 m<sup>2</sup>/g. They adsorb methanol and benzyl vapors at room temperature and demonstrate high thermal resistance [47]. Work [49] informs about obtaining silica gel-like sorbents from clays not containing carbonates.

At the end of 90-ies academician J. Freimanis developed his investigations about Latvian organoclays [50-52].

These are clays, whose metal ions are substituted by tetraalkilamonium ions. They have higher interaction with oils and oily materials and they are capable to perform as powerful environmental cleaners, for example, against leakage of mineral oils [50; 53]. Also, these clays keep high turgescence ability and are widely used as thickeners for turning various oils into ointments, etc. [54]. Carbon tetrachloride and n-hexane vapor sorption increases in organoclays at the highest interval of equilibrium pressure. It can be considered that organoclays may colligate oleophilic molecules (petroleum, oils) from water/oils emulsions and water solutions [55]. Information about sorption of carbon tetrachloride vapors confirm the ability of organic cations to fix structure of plane parallel pores [56].

Analysis of literature led to the following conclusions: during the last years most important and most advanced ways in investigations of Latvian clay surface characteristics have been found:

- 1) Determination of value of clay specific surface.
- 2) Investigation of clay porous structure.
- 3) Determination of cation exchange capacity.
- 4) Characteristics of organoclays.
- 5) Catalytic characteristics of Latvian clays.
- 6) Practical usage of clays in waste water treatment.
- 7) Usage of clays in treatment of vegetable and other oils from adulterants.

Experimental measurements supplement data base about surface characteristics of Latvian clay samples. Experimental usage of clays: understanding adulterants distribution in natural conditions (soil, over ground and ground-water); waste water treatment, catalytic characteristics, treatment of vegetable and industrial oils, synthesis of new sorbents including organoclays).

Nevertheless, in comparison with clay samples investigation in other countries contribution of Latvian scientists is small and measurements about colloid chemical characteristics are at the beginning, in spite of indigenous clays significance in management of different processes of environmental protection, as well as in their usage in new and nontraditional branches.

#### References

1. Eiduks I., Vaivads A., Pilskalne A. Dažadu Latvijas PSR mālu adsorbcijas spējas // Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Vēstis. Nr. 2 (43). 1951. 293.-298.lpp.
2. Vaivads A., Upīte A. Pētījumi par mālu mineraloģiskā sastāva noteikšanu ar krāsošanas metodi// Latv. PSR ZA Vēstis, 1956. 2 (103), 127 lpp.
3. Руплис А.А., Раман А.П., Эйдук Ю.Я. Новые исследования в области химии и химической технологии. Рижск. Политехн. ин – т. Рига, 1973. 67 с.
4. Руплис А.А., Раман А.П. "Коллоидно-химические свойства латвийских глин I. Изменение поверхности при термообработке некоторых девонских и четвертичных глин Латвии". Latvijas Ķīmijas Žurnāls Nr.3, 286.-294.lpp. 1994.

5. Ruplis A., Būmans R. Pore Structure and Fractal Dimensions of Ferric Hydroxide, Aluminium Hydroxide and Latvian Clays. IUPAC- Symposium on the Characterization of Porous Solids, COPS III, Marseille, France, May 1993. Book of Abstracts, p.47.
6. Ruplis A., Višs R. Latvijas mālu sorbtīvās īpašības./ Vispasaules Latviešu zinātņu kongress. Tēzes. Ķīmijas sekcija. Rīga, 1991. 130.lpp.
7. Ruplis A. Latvijas mālu sorbcijas īpašības./ Latvijas Ķīmijas Žurnāls, 199. Nr.2, 43.-47.lpp.
8. Lakevich V. Sorption Characteristics Change by Thermal and Acidic Treatment for Some Latvian Clay Samples. 1<sup>st</sup> Nordic-Baltic Meeting on Surface and Colloid Science August 21-25, 1999. Vilnius, Lithuania, Programm and Thesis, Vilnius, 1999. p.12.
9. Svinka V., Moertel H. Physico-Chemical Properties of Illite suspensions after Cycles of Freezing and Thawing. Clay and Clay Minerals, Vol 47, No 6, 1999. p. 718-725.
10. Гудринице Э., Руплис А., Сержане Р., Стреле М. Адсорбенты из глин латвийских месторождений для отбеливания рапсового масла" Ж. Прикл. Химии. 1999. т. 72, вып. 5, стр. 759-762.
11. Ruplis A. Sorption and catalytic properties of Latvian clay powders. Progr. Colloid. Polym. Sci. (2000) 116: 48-56 Springer-Verlag, 2000.
12. A. Ruplis "Adsorption method used for clay powder characterization ", 13<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA'98, p.23-28, August 1998, Praha, Czech Republic, Summaries 4, p. 180.
13. Ruplis A., Būmans R. The Influence of Acid Treatment on the Sorption Properties of Latvian Clays, Adsorption Science and Technology, 1993. Vol.10, p. 137.
14. Ruplis A., Būmans R., Martcin I., Višs R., Tjumina A. Colloid Chemistry of Latvian Clays 2. Influence of Acid Treatment on Sorption Properties of Devonian Clays from Deposit Liepa. Latvian Journal of Chemistry (Latvijas Ķīmijas Žurnāls), No. 5-6, p. 36-42, 1995.
15. Būmans R., Ruplis A., Tjumina A., Višs R. Change of the Surface Characteristics by the Modification of the Latvian Clays Powders. Fourth Euro Ceramics. Vol.12 , pp. 139-146, Bricks and Roofing Tiles, Ed. by I. Braga, S. Cavallini, G.F. Di Cesare, Gruppo Editoriale Faenza Editrice, 1995.
16. Višs R., Drille M., Marcins I. Adsorbēcija uz māliem un ar skābi apstrādātiem mālu paraugiem./ RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 4.sējums, 2002. 32.-44.lpp.
17. Ruplis A., Mezinskis G., Chaghuri M. Adsorption Characteristics of Kupravas Deposit Clays Modified by Phosphoric Acid/ Starptautiskā konference EcoBalt'98 1998.gada 22.-23.maijā. Rīga, 1998. 54.lpp.
18. Višs R., Drille M., Marcins I. Latvijas mālu sorbtīvās īpašības un to palielināšana, apstrādājot mālus ar skābes šķīdumiem. RTU Rakstu krājums, Rīga, 2000. 102.lpp.
19. Višs R., Drille M. Mālu minerālu virsmas struktūra pēc to apstrādes ar skābēm./ II Pasaules Latviešu Zinātnieku kongress Rīgā, 2001.g. 15.aug. Tēžu krājums, 327.lpp.
20. Lakevich V., Ruplis A. Acidic Treatment Influence on Sorption Parameters of Latvian Clay Samples./ Starptautiskā konference EcoBalt '99. Rīga, 1999.g. 14.-15.maijs, 78.-79.lpp.
21. Lakevičs V., Ruplis A. Nīcgales mālu paraugu virsmas raksturojums./ 40.studentu zinātniskās un tehniskās konferences materiāli. 1999.g. 26.-30.aprīlī. 1.sēj. Ķīmija un ķīmijas tehnoloģija, Rīga, 1999. 6.lpp.
22. Lakevich V., Ruplis A. Sorption Characteristics of Latvian clay samples. Ecers Topical Meeting Sedimentary Rocks in the ceramics technology. April 29-30, 1999. Riga, p. 30.
23. Ruplis A. Sorption and Catalytic Properties of Latvian Clay Powders./ 1<sup>st</sup> Nordic-Baltic Meeting on Surface and Colloid Science. August 21-25, 1999, Vilnius, Lithuania. Programm and Thesis, Vilnius, 1999. p. 48.
24. Kļaviņš M., Apsīte E. Sorption of humic substances on clays from Latvia. Latvijas Ķīmijas Žurnāls. 1998, Nr.1. 67.-70.lpp.
25. Ruplis A. Sorption Properties of Crystalline Ferric Hydroxides(Oxides) and Latvian Clays. Dr. habil. chem. Dissertation. Riga, 1998. 68 p.
26. Švinka R., Švinka V., Pētersone E. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, No.3, 1994. 280 lpp.
27. Ruplis A., Saveljeva I., Buholca L., Kugure K., Taurina D. Metilēnzilā un paranitroanilīna sorbcija no ūdens šķīdumiem. Latvijas zinātniski praktiskais seminārs "Vides piesārņojuma analīze, metodika un problēmas". Rīga, 1995.g. 25.okt. 41 lpp.
28. Ruplis A., Saveljeva I., Tjumina A. Latvijas mālu jonu apmaiņas kapacitāte un īpatnējā virsma. Latvijas zinātniski praktiskais seminārs "Vides piesārņojuma analīze, metodika un problēmas". Rīga, 1995.g. 25.okt. 43 lpp.
29. Ruplis A., Saveljeva I., Denisenko D. Metilēnzilā adsorbēcija uz pulverveida Latvijas māliem./ Starptautiskā konference EcoBalt'98 Rīgā 1997.gada 13.-14.junijā. 19.-21.lpp.
30. Ruplis A., Saveljeva I., Denisenko D. Methylene Blue Adsorption on Latvian Clay Powders. Fifth Euro Ceramics Society Symposium (ECERS V). Key Engineering Materials Volumes 132-136, Part I (1997) pp.256 -259. Volume Editors: D. Bortzmeyer, M. Boussuge, Th. Chartier, G. Fantozzi, G. Lozes, A. Rousset Trans Tech Publication, Switzerland, 1997.

31. Svinka R., Svinka V., Petersons E. The Use of Latvian Clays for the Waste Water Purification. European Clay Groups Association, Abstracts, Krakow, Poland, 1999. 135.p.
32. Lakevičs V., Ruplis A. Jaunas Latvijas mālu izmantošanas iespējas netradicionālos virzienos./ Starptautiskā konference EcoBalt Rīgā 2000.g. 26.-27.maijā. Rīga, 2000., II, 63-64.
33. Лебедев А., Лакевич В., Лейте Л., Руплис А. Каталитическая активность латвийских глин. Organic Chemistry, Tarptautines konferencijās pranešumu medžiaga, (Starptautiskās konferences tēzes), Kauno technologijas universitetas, Kaunas, 1999. p. 128-132.
34. Ļebedevs A., Stonkus V., Leite L., Gudriniece E., Ruplis A., Fleišers M., Lukevics E. Latvijas mālu aktivitāte 1,4-butāndiola dehidratācijas reakcijā. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, 1999.
35. Stonkus V., Leite L., Lebedev A., Lukevics E., Ruplis A. Synthesis of 2,3-Dihydrofuran by Cyclodehydration of 1,4-butanediol in the Presence of Co/Porcelain Systems, CHISA 2000, 14th Intern.Congr. of Chem. and Process Engineering, August 27-31, Praga, Czech Republic. Summaries, 2000. P7.209, 318.
36. Stonkus V., Leite L., Lebedev A., Lukevics E., Ruplis A., Mikolajczyk M. Structure and catalytic properties of C/porcelain system in the synthesis of dihydrofuran. J. Chem. Technology and Biotechnology JCTB 26/2000.
37. Višs R., Drille M. Katjonu apmaiņa mālu minerālos atkarībā no sērskābes šķīduma iedarbības ilguma. RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 6.sējums. 2003.g. 16.-20.lpp.
38. Kampars V., Blūms J. Svina jonu adsorbēcija uz adedzināta māla plāksnēm no ūdens šķīdumiem. RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 6.sējums. 2003. g. 40.-44.lpp.
39. Blūms A., Kampars V. Svina jonu adsorbēcija uz adedzināta māla lodītēm no ūdens šķīdumiem. RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 15.sējums. 2007.g. 48.-50.lpp.
40. Freimanis J., Stonkus V., Hohlova L., Actiņš A. Jonu sorbēcija uz Kupravas illīta māla. Latvijas Ķīmijas Žurnāls. 2003. Nr. 4. 355.-364.lpp.
41. Višs R. Sorption of Gas in Latvian Clay. Latvijas zinātniski praktiskais seminārs "Vides piesārņojuma analīze, metodika un problēmas". Rīga, 1995.g. 25 okt. 42.lpp.
42. Seržane R., Gudriniece E., Šantare D., Strēle M., Ruplis A., Kalniņš R. Pētījumi par eļļām un taukiem. Tehniskās rapšu eļļas atkrāsošana (balināšana). Latvijas Ķīmijas Žurnāls, No.6, 738.-740.lpp., 1993.
43. Seržane R., Strēle M., Ruplis A., Gudriniece E. Pētījumi par eļļām un taukiem Adsorbentu iegūšana no Usmas un Priekules atradņu māliem. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, No.5-6, 111.-114.lpp., 1995.
44. Ruplis A., Gudriniece E., Bumans R., Seržane R., Strēle M., Ramans A., Saveljeva I. A New Type Sorbent from Latvian Clay. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, Nr.4, 497.-498.lpp., 1994.
45. Ruplis A., Būmans R., Saveljeva I., Tjūmina A. Jauna tipa sorbents no eļļas rūpniecības atkritumiem. Latvijas zinātniski praktiskais seminārs "Vides piesārņojuma analīze, metodika un problēmas", Rīgā, 1994.g. 20.un 21.sept., 61.lpp.
46. Руплис А., Сержане Р., Стреле М., Гудринице Э. 'Отбеливание светлых рапсовых масел. Organic Chemistry, Tarptautines konferencijās pranešumu medžiaga, (Starptautiskās konferences tēzes). Kauno technologijas universitetas, Kaunas, 1998. p. 84.
47. Ruplis A., Lakevičs V., Bērziņa - Cimdiņa L. Characterisation of new sorbents produced from by-product of the rapeseed oil treatment. RTU Zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 18.sējums, 2008, 97.-102.lpp.
48. Lakevičs V., Saveljeva I., Ramāns A., Ruplis A.. Using Latvian clays in environmental protection. International conference Eco-Balt 2008. Riga, 2008. 36 lpp.
49. Višs R., Marcins I., Drille M. Silikagēlveidīgu sorbentu un katalizatoru iegūšana no karbonātus nesaturošiem māliem. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, 2002. Nr. 4, 378.-382.lpp.
50. Freimanis J. Organoclays and some of their applications (a milestone review). Latvian Institute of Organic Synthesis, Riga, 2000. 96 p.
51. Freimanis J., Stinkule A. Application of Clays for Purification of Organics Compounds. Latvian Journal of Chemistry, 1999. Nr.4. 3-16.p.
52. Freimanis J. Vermiculite Organoclays. Latvian Journal of Chemistry, 2001. Nr.3. 284.-300.p.
53. Freimanis J., Hohlova L., Actiņš A., Švinka R. Organoclays from a Latvian smectite clay. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, 2003. Nr.2. 191.-200.lpp.
54. Freimanis J., Actiņš A., Stinkule A., Švinka R., Švinka V. Organoclays from Several Latvian Clays. Latvian Journal of Chemistry, 2003. No.1, 69.-77.p.
55. Ruplis A., Freimanis J., Actiņš A., Lakevičs V. Colloid-Chemical Properties of Latvian Clays III The vapour Sorption of Hexane or Carbon Tetrachloride on Some Organoclays. Latvijas Ķīmijas Žurnāls, 2004. Nr.2. 263.-269.lpp.
56. Ruplis A., Freimanis J., Lakevičs V. Vapours Sorption Properties of Latvian Organoclays, in Organic Chemistry, Proceedings of Scientific Conference, Kaunas, 2003. p.51.-54.

# SYSTEMATIC APPROACH TO BROWNFIELDS ASSESSMENT IN LITHUANIA

## SISTEMĀTISKĀ PIEEJA DEGRADĒTO TERITORIJU IZVĒRTĒŠANĀ LIETUVĀ

Daiva Velykienė

Kaunas University of Technology, Department for Environmental Engineering Faculty of Chemical Technology

Radvilėnų pl. 19-C504, LT-50254 Kaunas, Lithuania

Ph: +(370)37300183, fax: +(370)37300152, e-mail: daiva.velykiene@stud.ktu.lt

---

**Abstract.** *This paper describes situation of brownfields in Lithuania. The brownfields analysis was made according to the main aspects influencing brownfields redevelopment process the most. This paper presents the existing legislation system relative to brownfields and economic possibilities; the cleaning methods and most popular technologies in Lithuania.*

**Keywords:** *brownfields, redevelopment, systematic approach.*

---

### Introduction

The value of brownfields redevelopment as a potential for reduction of urban sprawl has become one of the priorities in many countries during the last decade. (*“Brownfields are abandoned, idled or underused industrial and commercial facilities where expansion or redevelopment is complicated by real or perceived environmental contaminations”*. (US EPA, 1996). *“Brownfields are sites that have been affected by the former uses of the site and surrounding land; are derelict and underused; may have real or perceived contamination problems; are mainly in developed urban areas; and require intervention to bring them back to beneficial use”*. (CABERNET\*, 2005)). It is clear that restoration and redevelopment of brownfields can provide a range of economic, social and environmental benefits, including restoration of environmental quality and improvement of quality of life citizens, elimination of health threats, provision of land for housing or commercial purposes, creation of employment opportunities, expansion of the tax base for all levels of government, and reduction in the pressure on urban centres to expand into greenfields. Such strategies that reduce clean-up costs, decrease time frames and improve environment quality are mostly accepted of community that makes brownfields redevelopment process sustainable. [1]

The process of brownfields redevelopment is often long, difficult, and sometimes complicated. It is ongoing issue for governments, communities, and consultants around the world. There are four main spheres such as law, economy, environment, and engineering that influence brownfields redevelopment (1 fig.).

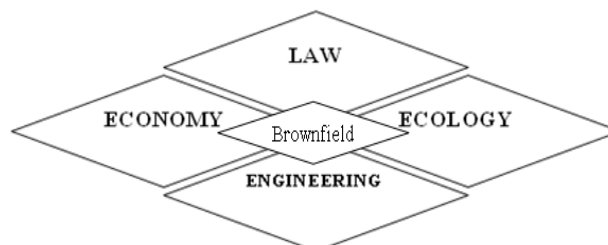


Fig. 1. L3E approach to brownfields assessment

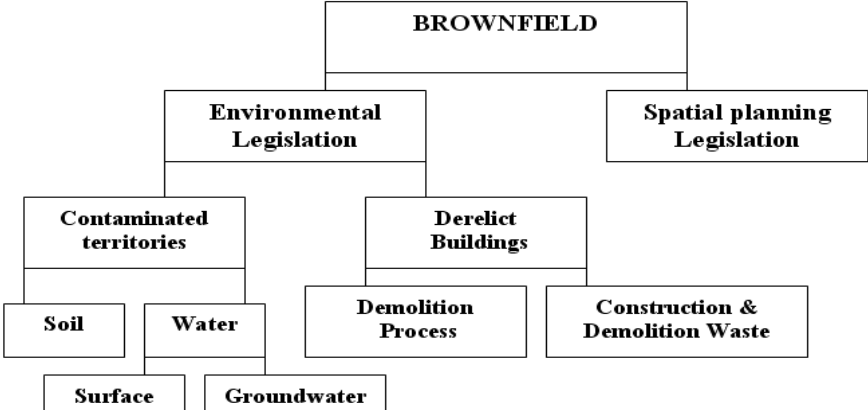
So it is necessary to use a systematic approach in order to reach the most efficient of brownfields site redevelopment because this process routinely involves a lot of activities, and different methods, also all mentioned spheres are closely relative to each other.

Systematic approach in this paper is named L3E approach (L- law, 3E- economy, environment, and engineering). Therefore, aiming to reach the most efficient of brownfields redevelopment, all these spheres must be looked trough carefully.

**L3E approach**

**Legal approach.** Brownfields redevelopment depends on the policy cycle, which includes identifying a problem, formulating and implementing a programme, examining the intended and unintended effects of implementation and continuing with/modifying or abandoning the programme. The state policy effects on formation of brownfields legal framework. Good working legal system is the key of successful brownfields redevelopment.

There is no special regulation on brownfields in Lithuania. Regulation is doing through the environmental and spatial planning system legislations (2 fig.). The environmental legislation is divided in two groups- contaminated territories (soil and water) and construction and demolition waste. Demolition process and waste management are areas related to brownfields redevelopment, but some fields of construction regulation are very close to the regulation of buildings surveillance.



*Fig. 2. The system of brownfields legislation in Lithuania*

The economic damage to the environment and contaminated sites in Lithuania are provided for the Law on Environment Protection. Persons and users of natural resource in business activities, must take all necessary measures to avoid harm to the environment, human health and property interests, and the damage that was done in their activities, must be eliminated and the environment must be restored if it possible, prior to the initial state, the former damage to the environment, and to compensate all losses. [2]

The field of contaminated territories is controlled by regulations of the Law on Land; the Law on the Underground; Law on Environmental Monitoring; Guideline of Eco-geological Research and some else. There are some more legislations and guidelines of soil pollution assessment and cleaning, also establishing a dangerous threshold values set up by Ministries of Environmental and Health. Some of them are LAND 9-2002 (Soil and groundwater contamination by oil pollution treatment and limitation requirements); HN 60:2004 (Lithuanian hygiene norm ‘Dangerous chemicals maximum concentration in the soil’); HN 97:2000 (Lithuanian hygiene norm ‘Pesticides and the concentration of the value of the environment’). The National Sustainable Development Strategy provides a comprehensive assessment of soil processes, defines important tasks and measures of implementation regulated by the Strategic Plan of the Environment Ministry in Lithuania.

The main legal act establishing the requirements for the quality of water intended for human consumption is the Lithuanian hygiene norm on the Quality of Drinking Water and on the Programmed Monitoring of the Quality of Drinking Water (transposes the requirements of

Directive 98/83/EC). The requirements of the Directive on bathing waters (76/160/EEC) were transposed into the Lithuanian hygiene norm in 2000.

The practice of recording the use of water resources and monitoring the state of the environment is regulated by the State Monitoring Programme, Regulations for the State Environmental Laboratory Control, Procedure for Recording Pollutant Emissions into the Environment, Procedure for Initial Recording and Monitoring of the Use of Water Resources and Pollutants Emitted with Effluents.

There is one more a very important environment aspect according to assessment of brownfields redevelopment. It is construction and demolition waste. There are a lot of legislations and guidelines of construction and demolition waste: the law on Waste treatment; the Introduction of waste treatment; the law on Construction; Technical regulations of construction; Planning documents and some more. The main idea- waste treatment must be done accordance to the waste management hierarchy.

Spatial planning is regulated by the law on Territorial Planning, the law on Construction, the law on Environmental Impact Assessment. The law on Territorial Planning regulates territorial planning and the relation between the individuals, the legal entities and the public authorities involved in this process.

The regulations mentioned above and also a large number of policy plans, strategies and regulations directly or indirectly effect on brownfields redevelopment. On the one hand they may complicate decision making about brownfields redevelopment, but on the other hand they may provide opportunities for integrated problem solving. The existence of specific regulatory incentives would make brownfields redevelopment more efficient, but nowadays there are no specific regulatory incentives in Lithuania.

**Economical approach.** Looking at the financial issue in a broader perspective, collective benefits such as environmental benefits, improved neighbourhoods, preserved workspace, preservation of greenfields and lessening public health impacts are all important issues and one of the main reasons for developing brownfield areas from the public point of view. Redeveloping brownfield sites may also generate benefits for other private sector parties such as increased property values (commercial and residential) and/or increased value of neighbouring brownfields sites. At the same time brownfields redevelopment has a cost saving effect for third parties in terms of more efficient use of existing infrastructure, transportation, and other public services. Finances on brownfields areas thus should be considered in a broader prospective. Key issues on finance and marketing of brownfields redevelopment are the development of better ways of Public Private Partnership and new forms of financial engineering. A condition to meet thereby is a change towards a more positive image of brownfields. This requires a concentrated strategy and the support of public (European) funding. [1]

All the damage made to environment must be recovered according to “Polluter pay” principle in Lithuania. Therefore, the owners or polluters must remedy contaminated sites and developed derelict buildings using their funds. But there is a lot of historical contamination and ownerless abandoned buildings in Lithuania, so county and municipal administrations are responsible for the liquidation of construction and contamination cleaning. However, the government annually gives about 2 million Lt since 2006, because the municipalities and counties are not able to finance for the clean-up mechanism. Currently, the program of derelict buildings liquidation is framed using structural funds of EU and also public funds.

**Environmental approach.** Brownfields have an effect on environmental media as air, soil and water, and also waste as well as the consideration of natural assets. There is a challenging need to generate multidisciplinary integrated approaches, in order to achieve well balanced regeneration schemes to improve quality of life in urban areas. To prevent negative impacts on the surrounding areas, even without regeneration, these sites require management and

monitoring, leading into societal costs. Contamination of soil and groundwater is just one of the many environmental problems which have to be dealt with in brownfields redevelopment. Lithuanian Geological Survey under the Ministry of Environment (*lith.* LGT) has done the inventory of contaminated points in the 21 municipalities from the beginning of 2000 years till the end of 2007. About 40 percent of territory was inventoried during this time in the country. The 6071 potential pollution points are registered to the database of the information system of contamination from the total data of the questionnaires that are 6719, in which 1252 are the number of the declarations. About 570 of the declaration were received from municipal authorities and 680 ones from legal and natural persons. The number of given data represent only about 1 / 5 (could be) potential pollution sites in the territory of Lithuania. [3]

The eco-geological investigations were not done but the risk of contamination to the geological environment (surface water and groundwater also soil) was preliminary assessed in this inventory time. National inventories of contaminated lands are typically established for earlier sectorial databases of military facilities, municipal landfills and oil spills of petrol stations, mining sites, radioactive contaminations, chemical plants and storages (pesticide, fertilizer). Occasionally, inventories are based on the register of polluting sources (i.e. industrial facilities). Inventory databases are managed by the central agency, but in Lithuania, local governments are obliged to register contaminated sites on their administrative territory. The most contaminated sites are with petroleum hydrocarbons in Lithuania compeering with other polluted areas. There are more than 650 petrol stations in the country, and 250 of them are old ones. The total amount of contaminated area there exceeds 3-5 mln. m<sup>2</sup>. Total area of oil business objects in Lithuania makes up 600-700 ha, but contaminated groundwater below it occupies 52-62 mln. m<sup>2</sup>. Former Soviet Union objects make a single pollution source. The indirect data show that such objects occupy about 3 mln. m<sup>2</sup>. [5]

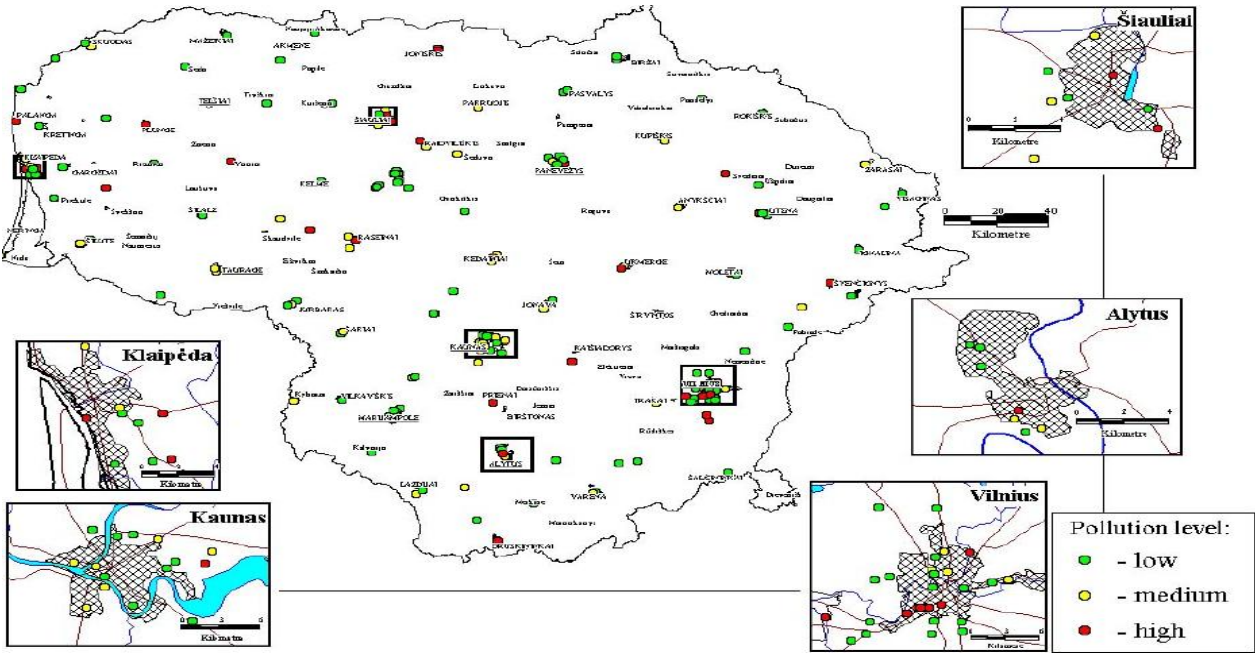


Fig. 3. Level of soil contamination with petroleum hydrocarbons in Lithuania [5]

According to Lithuanian specific conditions the main purpose of the limitation of subsurface contamination first of all is linked with groundwater protection especially because of Lithuania exclusively uses only groundwater for drinking water resources. Usually the principal task is the stopping of spreading of contaminant in aquifers and the main condition for remediation of the territories with high and very high contamination levels is the removal of free phase petroleum products.

The fundamental principle of 'environment friendly' use and/or dismantling/demolition of derelict buildings and infrastructures are based on successful disposal of materials, water and energy. This is a similar hierarchy to the one applied to waste management, i.e. minimize, reuse, recover, recycle, dispose. Retention of buildings and infrastructure can include all elements of the hierarchy, but is predominantly focused on minimization of non-renewable resource consumption during the dismantling/demolition process and on the reuse of non-renewable resources that have already been consumed.

The priorities of management and inventory of derelict buildings in Lithuania are set in every year. According to country and municipal administrations reports, the 5421 buildings that do not have owners (or whose owners are unknown). For the construction of 2220 planned to take court action for the recognition mechanism, 363 objects in 2007 already recognized mechanism. Most of the buildings are abandoned; derelict or semi destroyed and the condition are very crash. Some of them are former of piggeries, cow-houses, droppings, mechanical workshops and various stores. Such buildings deface landscape, may pose a threat to the environment, human health or even life. Most of the derelict buildings are in rural areas.

Public administration made the lists of derelict buildings which has no owner (or whose owners are unknown) as well as organized the recognition mechanism procedures by initiative of the National Territorial (Spatial) Planning and Construction Inspectorate under the Ministry of the Environment. According to the lists (mentioned above) of 2007, 19 such objects (Pagėgiai municipality - 5, Skuodas district - 5, Šiauliai district -7 and Raseiniai district - 2) were demolished and cleaned their territory, using state budget funds.

**Engineering approach.** Brownfields redevelopment processes usually deal with buildings demolition (according to hierarchy of waste management: minimize - reuse - recover – recycle - dispose) and territories cleaning (if the territories are contaminated). There are some different ways of demolition, but mostly all of them leave a lot of waste. The main methods of demolition are manual (pneumatic hammer), machine (percussive breaker, hydraulic crusher, wrecking ball), mechanical (machinery), wire saw cutting, drilling, thermal lance, water jet, cutting and lifting machinery. The choice of demolition method depends on the project conditions, site constraints, sensitivity of the neighbourhood and availability of equipment. Some of demolition methods are applicable for most sites, particularly for those situated in busy urban areas. Other mechanical methods applied from the outside of the building may be suitable for projects that have sufficient clear spaces.

There are some buildings demolition companies in Lithuania, but almost all of them are in the biggest cities of country (Vilnius, Kaunas, Klaipėda, Šiauliai, Panevėžys) as well as the recycling companies of construction and demolition waste, i.e. in the regions where the biggest amount of them (more than 90 %) are produced. Sorting of waste and separate delivery to recycling companies is the main condition to recycle construction and demolition waste, to produce good quality secondary material. It is important to separate waste in demolition process, in selective demolition. According to the data of waste accounting 580 thousand tones of construction and demolition waste were produced in 2003, and it considered almost 12% of the total amount of waste. But this number has increased about 70% at last years. The reasons are very different. First of all, waste accounting system became more correct and modern, the requirements of landfills became stricter, also construction processes became more intensive and some else. The amount of recycling construction and demolition waste increased in the country as well. [4]

But almost always one of the main procedures in demolition process is cleaning of territories. Remediation of contaminated soil is normally a difficult and expensive operation. It is however often of high priority and is thus undertaken in spite of costs. Soil contamination is very often responsible for groundwater contamination and can, therefore, create even more challenging problems to solve. Remediation technologies are very many and varied but can be



categorized into these methods: *In situ* and *Ex situ*. *Ex situ* methods involve excavation of impacted soil and subsequent treatment at the surface, and *In situ* methods seek to treat the contamination without removing the soil. Well-chosen method and technique of contaminant elimination is the key of brownfields redevelopment efficiency.

The clean-up process of contaminated soil in Lithuania was begun fifteen years ago. The cleaning of contaminated soil surface began the company of microbiological technologies ‘Biocentras’ but the cleaning of deeper layers of soil began the hydrogeological company ‘Grotā’ that is probably the one in the country who has the biggest experience using the site remediation *in situ* methodology. The company has two main cleaning technologies (see below 4 and 5 fig.):

- *Ex situ* – bioremediation using bacteria and some plants;
- *In situ* – pump and treat; vacuum extraction; bioremediation using bacteria.

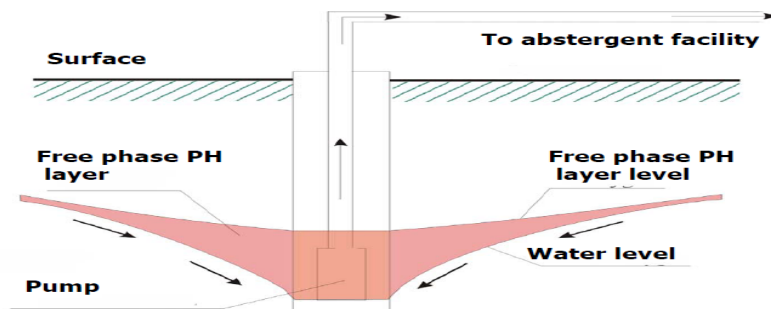


Fig. 4. ‘Pump and treat’ (in situ) method scheme [5]

The technology of ‘pump and treat’ is the traditional method of groundwater remediation. It is a costly method because it requires pumping water for years and sometimes decades to reach acceptable contaminant concentration levels, due to contaminant mass transfer limitations. Another technology is soil vacuum (vapor) extraction. It removes contaminants from the unsaturated soil zone by pulling a vacuum.

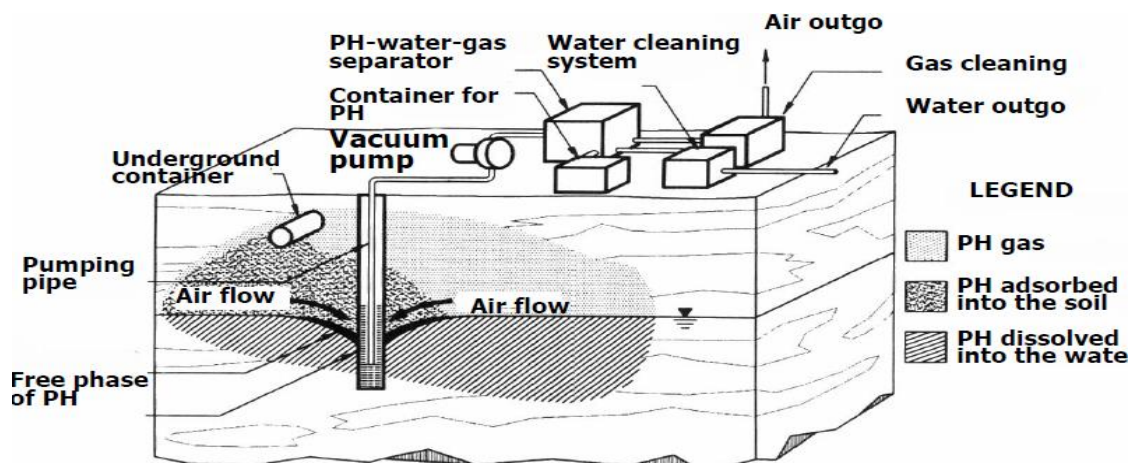


Fig. 5. Vacuum extraction (in situ) system [5]

Nowadays the biological methods of soil cleaning technology *in situ* are very popular. These methods have some advantages - excavating and transporting the soil is needless, that makes process complicate on the much built sites, especially problematic is the installation of specific platforms. In the process of technology choosing it is necessary to pay attention to many factors such as soil structure of granules, type of contamination, distance till stationary bioremediation platforms, development peculiarity of contaminated territories, possibilities of techniques protection also economic and some other factories. The best decision of process

choosing is based on the best available techniques. But first of all, it is necessary to improve prevention process and do the best in order to escape emergency petroleum and other pollutions spilling in to the soil.

### **Discussion**

This paper has tried to develop a systematic approach to analyses of brownfields redevelopment process in Lithuania from legal, financial, environmental and engineering points of view. Brownfields has not a separate field in the policy of the country. The problems of brownfields are usually solved according to contaminated territories or derelict buildings points of view. But not always such method of solving problems is more efficiency.

There are necessary improvements in all spheres mentioned in the part of L3E approaches, aiming more efficiency of brownfields redevelopment. Some of them:

- to provide legal incentives/regulations to encourage brownfields development and discourage greenfields development;
- to reduce financial barriers and provide incentives.

### **Acknowledgements**

Analysis was performed in the frame of LEONARD da VINCI BRIBAST project.

### **References**

1. Regeneration of European Sites in Cities and Urban Environments (RESCUE), Best Practice Guidance for Sustainable Brownfield Regeneration, 2005.
2. The law on Environment protection.
3. Lithuanian Geological Survey under the Ministry of Environment, Annual report, 2007.
4. Miliūtė J., Staniškis J.K., Analysis and Possibilities for Improving the Lithuanian Construction and Demolition Waste Management System, 2006.
5. Šečkvienė R. Hydrological company “Grota”, Investigation and remediation of sites contaminated with petroleum hydrocarbons in Lithuania, 2006.

# NEW GENERATION ENTERPRISE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

## JAUNĀS PAAUDZES UZŅĒMUMA ĢEOGRĀFISKĀS INFORMĀCIJAS SISTĒMAS

**Janis Kampars**

Riga Technical University, Institute of Information Technology

Meza St 1/3, Room 417, Riga, Latvia

ph: +(371) 67494592, fax: +(371) 67089513, e-mail: janis.kampars@rtu.lv

---

**Abstract.** *This paper addresses common problems like poor reusability, closed vendor proprietary framework, limited customizability which are associated with use of traditional Geographic Information Systems (GIS) and proposes architecture of new generation GIS. The architecture described in this paper is based on Service Oriented Architecture and open standards. It consists of Geographic Information Service Provider, Geographic Information Service Consumer and Geographic Information Mediation Infrastructure. The new generation GIS allows achieving high level of reusability both on GIS logic and orchestration layer. Its broad customizability capabilities make it suitable for wide user audience.*

**Keywords:** *GIS, Internet GIS, Service Oriented GIS, Distributed GIS, Enterprise Application Integration.*

---

### Introduction

During the last decade popularity of Geographic Information Systems (GIS) has significantly increased. These systems play an important role in many organizations and are an integral part of their information system. GIS are used in asset and service management, property management, cadastral management, sales and marketing, location based services, emergency services and wherever information has a spatial attribute. As evaluated by Bossler roughly 80% of business data can be geo-referenced [Bossler]. The rapid rise of GIS during past years has been affected by many factors. One of them is evolution of supporting technologies like Global Positioning System (GPS), Radio-frequency identification (RFID) and wireless networks during the last decade. Certainly development of modern systems like Google Maps, Microsoft Live Maps, Yahoo Maps and ViaMichelin has also played an important role. These systems have made GIS accessible to a wider audience by orienting towards internet, using intuitive, user-friendly interface and relatively simple Application Programmable Interfaces (API). Another important factor is potential of GIS in making business processes more efficient and autonomous. We can consider GIS as a spatial component of business decision making [Pick].

Despite wider usage of GIS there are still many problems related with them. The vast majority of GIS available at the moment are all-in-one suites that may contain many unnecessary features at the same time lacking some important ones. These systems have vendor proprietary, closed and isolated frameworks with poor reusability [Zhong]. Organizations are forced to use multiple GIS applications simultaneously, because desired functionality can't be found in a single product [Douglas]. Usually these systems need to be integrated with each other as well as with other enterprise applications to increase their efficiency and usability. Such integration is very complex due to the heterogeneous nature and architecture of traditional GIS. It also requires serious GIS background, because most of the traditional systems are designed for GIS professionals [Zhong]. If company isn't satisfied with a concrete part of the GIS or their requirements have changed over time, most likely they will have to replace the whole GIS solution and repeat the sophisticated integration process once more. Most of the traditional GIS are tied to concrete data formats. If there is a need for data from various sources with different formats, data conversion could become an issue. Situation has slightly improved by evolution of Geographic Markup Language (GML) [Lake], which

allows storing data in XML format, however it is not yet fully accepted industry standard [Pick] and has a number of issues [Chang-Tien]. Traditional GIS architecture also leads to delays in data update since product databases often don't have a direct connection to the data source. Implementation of GIS in most cases could be referred as vendor driven rather than problem oriented. Companies focus more on available GIS solutions than business problems. To overcome the issues mentioned above the architecture of GIS must be revised. It should be based on principles of Service Oriented Architecture (SOA) and open standards. This paper defines characteristics of such GIS and gives a brief description of its architecture. Vision of new generation enterprise GIS is presented in Section two. Common architecture is described in Section three, more detailed architecture is given in Section four, Section five concludes.

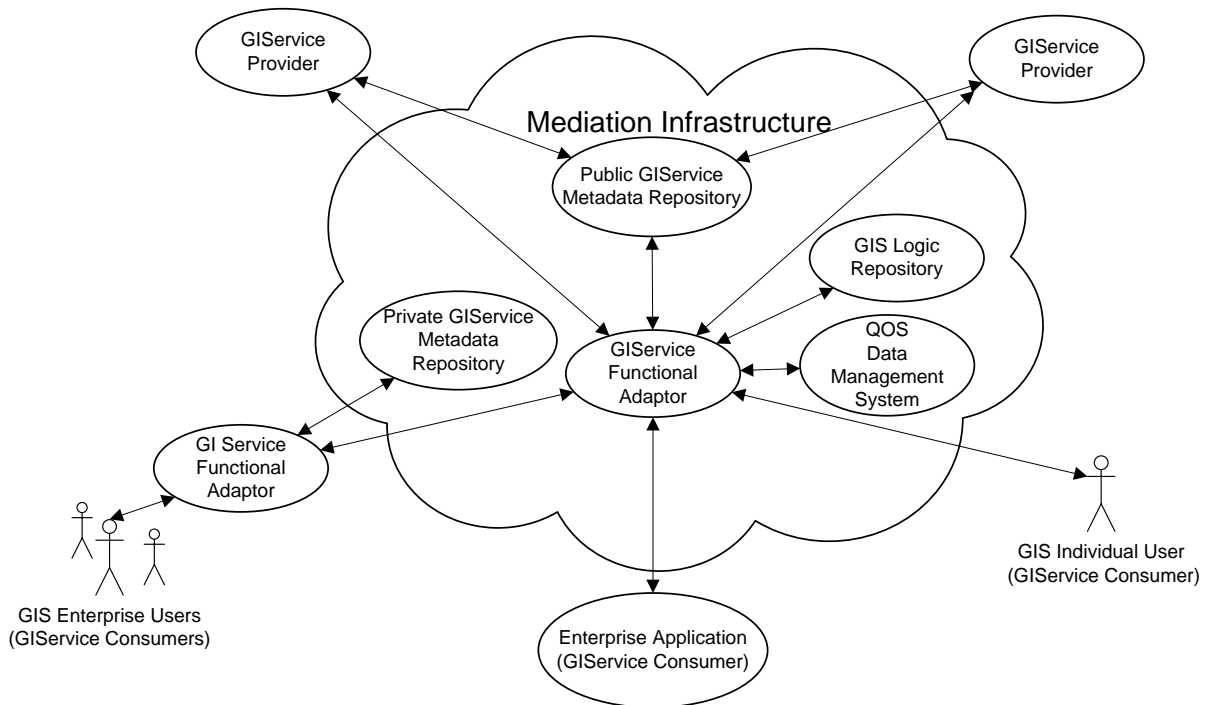
### **Vision of new generation enterprise GIS**

GIS are used to solve certain problems or to optimize processes like automatic routing. Every company has its unique requirements and finding a suitable GIS might be problematic. In the optimistic scenario there is a GIS that meets those requirements, however it has some functionality that company doesn't need, but has to purchase as part of the entire solution. If requirements are more specific, it could be impossible to find an appropriate GIS. In such a case a company is forced to purchase multiple heterogeneous suites with overlapping functionality and integrate them. There is no doubt that it is impossible to produce a GIS for every possible combination of requirements. However, it is possible to divide GIS functionality in multiple standardized Geographic Information Services (GIServices) that can be used to compose a GIS according to the unique requirements of each company. Organizations don't need to adapt their business processes to inefficient all-in-one GIS suites. On the contrary – they must be able to compose GIS from multiple GIServices in such way that it would contain all the necessary functionality. If requirements of the company would change, there won't be any necessity to replace the entire solution. It would be enough to add or remove certain parts of the GIService orchestration. Cases when users are not satisfied with a certain part of the system can be solved the same way – by replacing the inadequate component with more appropriate. Use of SOA leads to high level of reusability, customizability and efficiency. Standards like GML and platform independent technologies substantially reduce complexity of GIS integration with other systems. GIS composition of multiple standardized GIServices will also encourage smaller IT companies and individuals to develop services, which is hardly possible in case of massive GIS suites [Zhong]. The interface used to compose service oriented GIS contains multiple levels of abstraction. It provides customizability options for both professionals and less experienced users. Professionals are able to manually alter the GIService logic and orchestration, while non-professional users rely on predefined GIS logic and its automatic conversion to executable business process. This promotes wider usage of GIS and emergence of new spatially enabled services.

### **Architecture of new generation enterprise GIS**

The architecture of new generation enterprise GIS was designed considering the disadvantages of traditional GIS and tendencies in enterprise application design. Components of proposed architecture are shown in Figure 1.

The two main roles of proposed architecture are Geographic Information Service Consumer (GIS-C) and Geographic Information Service Provider (GIS-P). GIS-C represents a potential GIS user who requires certain GIS functionality. It could be a group of enterprise GIS users, an individual GIS user as well as an enterprise application. GIS-P hosts GIServices or data that is requested by GIS-C (GIS-C and GIS-P in detail are reviewed in Section 4). Interactions between these two parties can become very sophisticated.



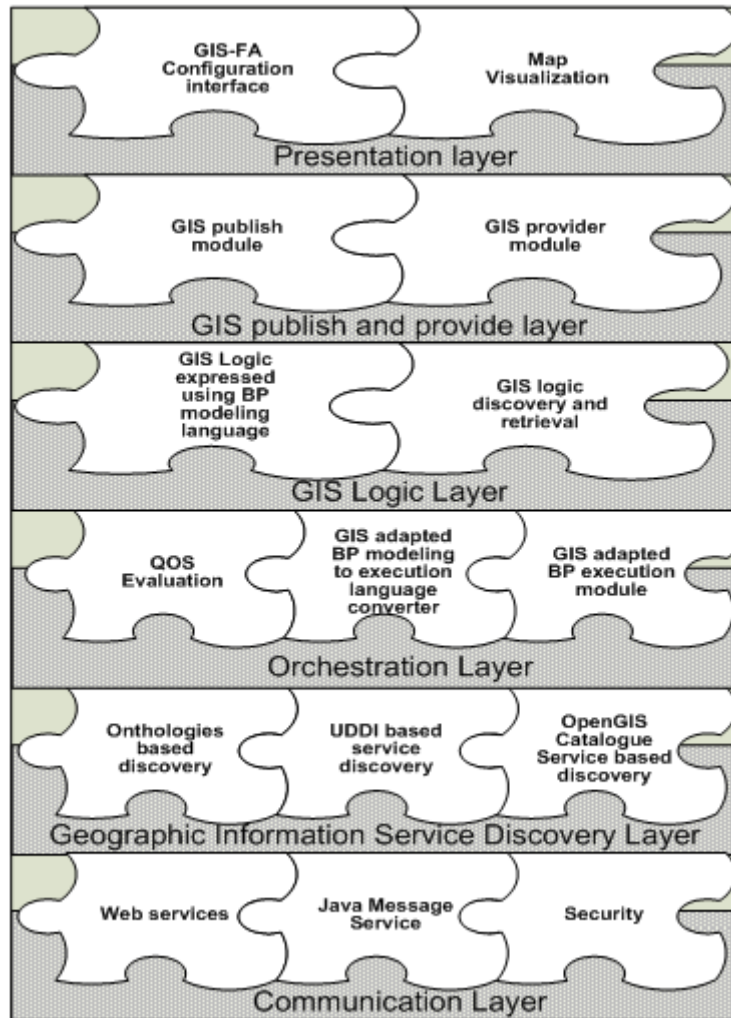
**Fig. 1. Architecture of new generation enterprise GIS**

Normally GIS-C is unaware of the specific GIS-P that suites its needs. In fact multiple GIS-P could be considered as appropriate however their quality of service (QoS) might vary (different network capacity, response time, processing time). There also could be major incompatibilities between GIS-P and GIS-C varying from utilization of different messaging systems to diversity in geographic data storage formats or coordination systems. If the functionality requested by GIS-C is not provided by a single GIService, certain level of GIService orchestration is needed. To make the interaction process between GIS-C and GIS-P less cumbersome, Geographic Information Service Mediation Infrastructure (GIS-MI) is required. At the center of the GIS-MI is GIService functional adapter (GIS-FA). GIS-FA is responsible for multiple GIService orchestration and interaction with user, retrieval of QoS information from QoS Data Management System and service discovery using public or private metadata. To promote reusability in defining certain GIS related processes, use of the Geographic Information Service Logic Repository (GIS-LR) is proposed. Entire GIS-MI in greater detail is discussed in Section 4.

### **Elaboration of new generation enterprise GIS architecture**

This section elaborates the proposed architecture in more detail. System, described in this paper, can be adapted for enterprise users by placing centralized GIS-FA on an enterprise server and sharing required functionality as services to individual GIS-FA used locally by enterprise users. In this case GIS-FA located on the enterprise server acts as GIS-C and GIS-P simultaneously (as shown in Fig. 1). Corporate users or individual users that require specific functionality can compose their own GIS using locally installed GIS-FA. It is also possible to configure GIS to work completely without user interaction as a part of another system or business process. The flexibility of proposed solution is achieved by dividing GIS-FA in multiple modular layers. The modules and layers of GIS-FA are shown in Figure 2.

The top-most layer is called the Presentation Layer. It is used to support interactions between users/administrators and GIS-FA. Customizability and extensibility of this layer is achieved by dividing it in unlimited number of modules.



*Fig. 2. Multilayered architecture of GIS-FA*

For example if GIS is used as a part of a business process and there is no need to show results on a map, use of a map visualization module is unnecessary. Swapping one map visualization module with another would allow using GIS in multiple environments like handheld and personal computers. Another important part of the Presentation Layer is GIS-FA configuration interface, which allows adapting GIS-FA to specific requirements by adding, removing or reconfiguring specific modules. There are two configuration interfaces – simple and advanced. Simple configuration interface is intended to be used by nonprofessional users. This interface is less complex however it allows limited customizability of GIS-FA adapter. The advanced configuration interface is intended for GIS/IT professionals and fully employs potential of GIS-FA customizability.

The second layer allows publishing composite GIServices created in GIS-FA to public or private GIService Metadata Repositories. Requests from remote GIS-C are also received in this layer and sent further to GIService orchestrations in the Orchestration Layer and other GIS-P connected by the Communication Layer.

The third layer is called the GIS Logic Layer. The purpose of this layer is to store GIS logic which is not bound to specific service implementations. It allows defining GIS specific processes like vehicle routing. GIS logic can be expressed using specially adapted Business Process Modeling Notation (BPMN), UML Activity Diagrams, UML extension for business process modeling by Eriksson-Penker or other suitable business process modeling languages. Most of modeling tools allow exporting the model to XML files, which can then be stored in

public or private GIS-LR. GIS logic can be created and stored locally, published to GIS-LR or retrieved from GIS-LR. This approach leads to higher level of reusability and wider range of available predefined GIS processes that are independent from specific service implementations.

GIS logic models are transformed to executable business processes in the GIS Orchestration Layer. There are several languages suitable for describing service orchestrations like Web Services Choreography Description Language (WSCDL), XML Process Definition Language (XPDL) and Business Process Execution Language (BPEL). Challenges of translation between BPMN and BPEL are reviewed by Ouyang et al [Ouyang]. Use of BPEL in SOA based GIS has been discussed in papers by Ma et al [Ma] and Fleuren [Fleuren]. Service orchestration that corresponds to specific GIS logic model is created by joining services with the highest Quality of Service (QoS) value. QoS of each service available is estimated in the GIS-QoS Evaluation Module. GIServices are evaluated based on parameters like response time, price, availability, reputation, data quality timelines, data quality accuracy, data quality completeness [Buccafurri]. Total QoS of each orchestration is equal to QoS sum of contained services. Certain QoS values for GIServices and entire orchestration are stored in the QoS Repository and can be retrieved during QoS evaluation process. A GIS logic model with the best possible orchestration is selected and executed in the GIS Orchestration Layer. Evaluation criterions of services and orchestrations as well as entire GIS orchestration can be altered by advanced GIS-FA configuration interface. In the case of an orchestration failure, information about the error is sent to QoS repositories reducing the QoS value of concrete orchestration and failed service. All appropriate GIS logic models and their orchestrations are reviewed once more; the best of them is selected for execution. Such an approach allows composite GIS to fix itself in the case of an error – for example failure of certain service.

To find all services that belong to certain category or comply with specific requirements the GIService Discovery layer is used. Service discovery can be implemented using various technologies therefore this layer can be composed of multiple modules and can easily be extended. The most mature web service discovery technology is Universal Description, Discovery and Integration (UDDI). Use of ontology-based Geographic Information Service discovery is discussed by Klien et al [Klien]. Another candidate is the Catalog Service presented by the leading open GIS standardization organisation Open Geospatial Consortium (OGC) [Nogueras]. Use of decentralized peer to peer based service discovery is also worth considering [Sioutas].

The lowest layer is responsible for secure and reliable communication between GIS-P and GIS-FA on client side. The main messaging technology employed by the Communication Layer is Web Services. However, thanks to its modular nature it can be extended to support other technologies like Java Message Service.

Services provided by GIS-P are based on open standards. Spatial data exchanged between GIS-P and GIS-C is expressed in OGC GML. GML is relatively immature language and issues like ineffective storage, parsing, querying and visualization can arise [Chang-Tien]. However, at the moment it is the most suitable language for spatial data exchange using SOA based GIS solution. OGC provides other standards like Web Feature Service, Web Map Service, Web Feature Service, Web Processing Service which can be used to categorize services provided by GIS-P. GIService interoperability issues like multiple data formats, different coordinate systems and accuracy can be solved using specific transformation services hosted on GIS-P.

## Conclusion

The architecture proposed in this work suits wide user audience (individual and enterprise, professional and less experienced users). The reusability level of new generation enterprise GIS is high both on service and business logic level. Following modern enterprise application development tendencies, presented architecture is based on open standards and service oriented architecture. Use of multiple layers and modules gives virtually unlimited customizability potentialities. Nevertheless, implementation of proposed architecture brings several challenges. Technical infrastructure including service search protocols, messaging system and interaction protocols needs to be discussed. QoS evaluation mechanisms have to be adapted for geographic information based service estimation. The most suitable business process modeling, business process execution languages need to be adjusted for GIS needs, transformation mechanisms between them must be analyzed. To provide GIService discovery and modeling capabilities, categorization of GIServices based on open standards should be reviewed.

## References

1. [Bossler] J.D. Bossler. An introduction to geospatial science and technology, in: J.D. Bossler (Ed.), *Manual of Geospatial Science and Technology* // Taylor and Francis / 2002.
2. [Pick] James B. Pick. *Geo-Business GIS in the Digital Organization* // John Wiley & Sons / 2008.
3. [Zhong] Zhong-Ren Peng, Ming-Hsiang Tsou. *Internet Gis* // John Wiley & Sons / 2003.
4. [Douglas] Bruce Douglas. *Achieving Business Success with GIS* // John Wiley & Sons / 2008.
5. [Lake] Ron Lake, David S. Burggraf, Milan Trninic, Laurie Rae. *Geography Mark-Up Language (GML)* // John Wiley & Sons / 2004.
6. [Chang-Tien] Chang-Tien Lu, Raimundo F. Dos Santos Jr, Lakshmi N. Sripada & Yufeng Kou. *Advances in GML for Geospatial Applications* // *Geoinformatica* /2007.
7. [Ouyang] Chun Ouyang, Wil M.P. van der Aalst, Marlon Dumas, Arthur H.M. ter Hofstede. *Translating BPMN to BPEL* // URL: <http://is.tm.tue.nl/staff/wvdaalst/BPMcenter/reports/2006/BPM-06-02.pdf> / Visit date December 2008.
8. [Ma] Sai Ma, Minruo Li, Weichang Du. *Service Composition for GIS* // *Proceedings of the 2008 IEEE Congress on Services - Part I - Volume 00* / 2008.
9. [Fleuren] Tino Fleuren, Paul Muller. *BPEL Workflows Combining Standard OGCWeb Services and Grid-enabled OGC Web Services* // *Proceedings of the 34th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications* / 2008.
10. [Buccafurri] F. Buccafurri, P. De Meo, M. Fugini, R. Furnari, A. Goy, G. Lax, P. Lops, S. Modafferi, B. Pernici, D. Redavid, G. Semeraro, D. Ursino. *Analysis of QoS in cooperative services for real time applications* // *Data & Knowledge Engineering* 67 463–484 / 2008.
11. [Nogueras] J. Nogueras-Iso, F.J. Zarazaga-Soria, R. Bejar, P.J. Alvarez, P.R. Muro-Medrano. *OGC Catalog Services: a key element for the development of Spatial Data Infrastructures* // *Computers & Geosciences* 31 199–209 / 2005.
12. [Klien] E. Klien, M. Lutz, W. Kuhn. *Ontology-based discovery of geographic information services - An application in disaster management* // *Computers, Environment and Urban Systems* Volume 30, Issue 1, 102-123 / 2006.
13. [Sioutas] S. Sioutas, E. Sakkopoulos, Ch. Makris, B. Vassiliadis, A. Tsakalidis, P. Triantafillou. *Dynamic Web Service discovery architecture based on a novel peer based overlay network* // *The Journal of Systems and Software* / 2009.



# VARIATION OF ACCUMULATING ASSOCIATIONS IN TOPSOIL OF THE OLDEST PART OF VILNIUS

## ĶĪMISKO ELEMENTU ASOCIACIJU AKUMULĒŠANAS AUGSNĒ VARIĀCIJAS VIĻNAS VECĀKAJĀ DAĻĀ

**Rimantė Zinkutė<sup>1</sup>, Ričardas Taraškevičius<sup>1</sup>, Margarita Jankauskaitė<sup>2</sup>**

1- Institute of Geology and Geography, T. Ševčenkos 13, Vilnius, LT-03223, Lithuania  
ph: +(370)2104708, fax: +(370)2104695, e-mail: zinkute@geo.lt, taraskevicius@geo.lt

2- Vilnius University, M. K. Čiurlionio 21, LT-03101, Vilnius, Lithuania

---

**Abstract.** *The aim of research was to analyse and explain the variation of accumulating associations of 13 chemical elements Ag, B, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn in topsoil of the oldest part of Vilnius. These elements characterise soil quality and are included in the check list of hygienic norm HN 60-2004 of Lithuania. According to adjusted accumulating associations ordinary and unusual associations have been distinguished and distribution of the types or unusual associations has been analysed. They are often near present or former industrial sites, railway or streets with intensive traffic.*

---

**Keywords:** *accumulating associations, heavy metals, unusual associations, urban centre topsoil.*

---

### Introduction

Heavy metals and other potentially hazardous chemical elements are usual objects of investigation in different environmental components, especially in urban territories, which are characterised by multiple sources of these contaminants. As a rule, urban topsoil is the main sampling media to reveal anthropogenic geochemical anomalies. On one hand, this is because it is able to accumulate contaminants and they are better revealed [1], on the other hand, this is because urban topsoil is related to different routes of heavy metal exposure [2].

Topsoil geochemical mapping in Vilnius in the XX<sup>th</sup> century was done several times: 1985–1988 (scale 1: 50000–75000), 1991–1993 (scale 1:25000–50000), 1995–1999 (central districts, scale 1:10000) [3]. Mapping was continued in XXI<sup>st</sup> century: sampling of peripheral districts was in 2002 (scale 1:100000) [4, 5, 6] and central districts in 2006 [7]. Comparison of topsoil quality in four urban land use groups of four Lithuanian towns revealed the highest contamination level in Vilnius, especially in its industrial-infrastructure zones [4].

Trace element contents in topsoil depend on many factors, both natural and anthropogenic. Basing on 2006 sampling in 4 central districts of Vilnius, it has been determined that 3 main groups of urban land-use – infrastructure-industrial, residential or public-residential and recreational – mostly differ in topsoil contamination and that in residential and public-residential sites the main variability is related to the time-span of urbanisation [7].

Topsoil from urban centres, which are usually characterised by longer time span of urbanisation, are especially important for investigation. Chen et al. noticed higher contamination of soil in urban parks in the densely populated historic center districts and explain this by the highest road density and long duration of traffic pollution [8]. Geochemical mapping in different Lithuanian towns including Vilnius also confirmed higher topsoil contamination in their central parts [4]. Besides, in central districts of Vilnius the absolute growth of topsoil total contamination index from 1985 to 2002 was higher than in peripheral [5]. However, contamination level of various central districts of Vilnius also differs: older Senamiestis and Naujamiestis are much more contaminated than younger Žvėrynas, Šnipiškės, Antakalnis and Žirmūnai [3].

For interpretation of the reasons of topsoil contamination trace element associations are very useful. Both accumulating and paragenetic associations of different industrial enterprises were analysed in detail in Panevėžys [9] basing on sampling results in 1995 [10], also in industrial

part of Žirmūnai district in Vilnius [11]. However, presently most of the enterprises in urban territories are rather related to trade and marketing, so traffic actually is the main factor responsible for topsoil pollution. With the help of statistical methods the following main traffic and road construction related and soil accumulated elements have been distinguished near the highway Vilnius-Kaunas: Pb, Zn, Cu, Sn, Mo and Sr [12]. Most of them (Pb, Zn, Cu, Sn) are related to non-ferrous metals. Therefore in different land-use sites of the four younger central districts of Vilnius the generalised additive contamination index calculated according to concentration coefficients of Ag, Cu, Pb, Sn, Zn is higher than analogous index calculated according to concentration coefficients of Mo, Ni, Cr, Co, V [7]. Increase of Naujamiestis topsoil contamination in 1997 compared to 1992 was also mainly to the same group of elements [13]. However, topsoil in the old central districts of Vilnius can still contain the contaminants from the former industrial enterprises, which were especially abundant in Naujamiestis [12], to lower extent also in Senamiestis [3] and which were quite close to residential districts. Therefore it might be supposed that topsoil contamination in these districts is caused not only by traffic, but also by present or former industry. Analysis of accumulating associations can help to interpret the main reasons of topsoil contamination. Therefore the aim of this research was to analyse and explain the variation of accumulating associations of 13 chemical elements Ag, B, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn in topsoil of the oldest part of Vilnius – Senamiestis and Naujamiestis districts. These elements characterise soil quality and potential risk to human health and environment and are included in the check list of hygienic norm HN 60-2004 of Lithuania, which is based on their real total contents [14].

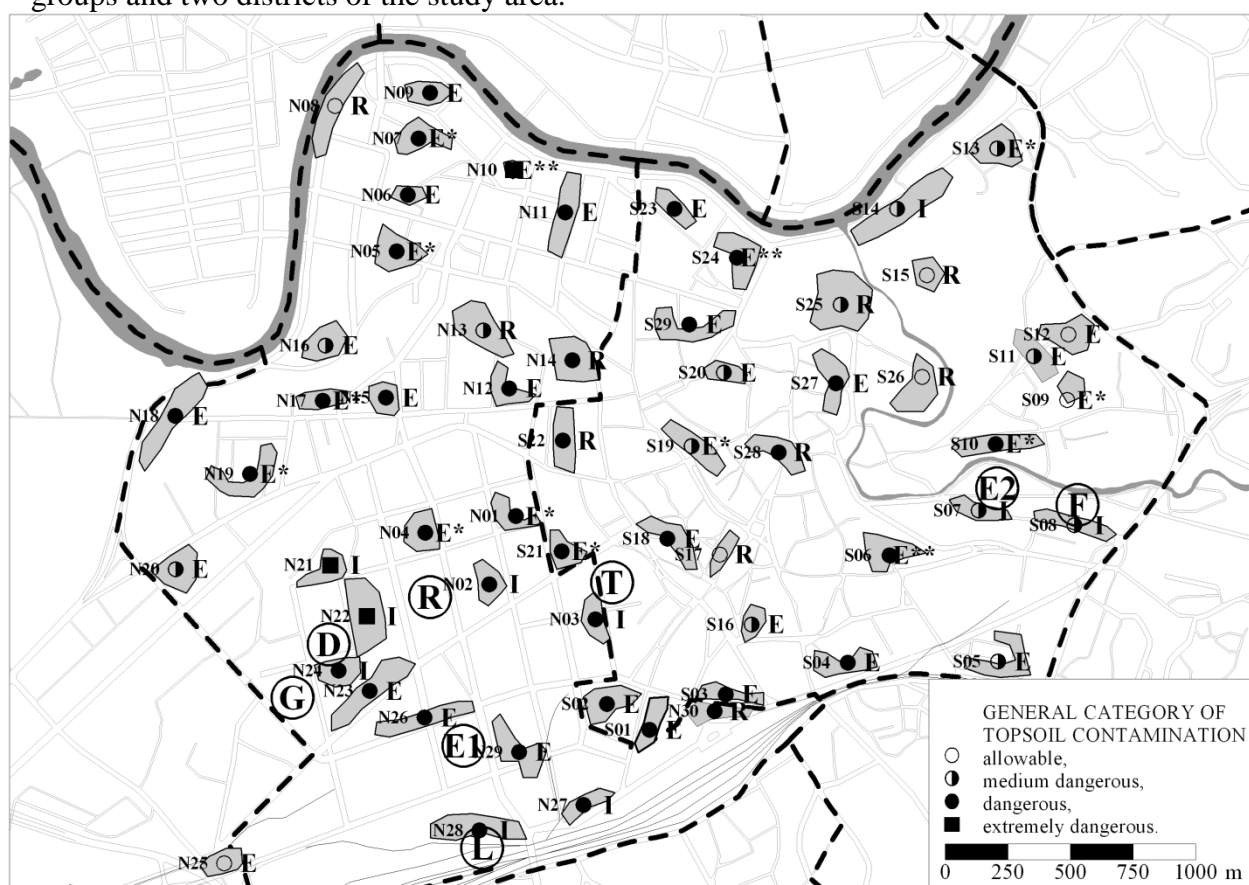
### Methods

Sampling was done in 2006 in the oldest part of Vilnius, on the left bank of the Neris River. The methodology of sampling was aimed at reducing the number of samples and making them more composite to characterise each sampling site in general. In total, there were 59 sampling sites, 30 of them in Senamiestis district and 29 – in Naujamiestis district (Fig. 1). They were from 3 land-use groups. Each bulk sample of about 8-10 kg was gathered by zigzag crossing the site area and collecting 20-25 similar mass increments from the upper soil layer (0-10 cm).

Before further treatment sampled material was homogenised and composite sample reduced to about 1 kg. Total contents of Ag, B, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn were determined in fraction <1 mm by optical atomic emission spectrophotometry by spectrophotometer DFS13.

In each site the concentration coefficients  $K_k$  were calculated by dividing the element contents by the same background values, which were used for 4 younger central districts [7]. They are given in parentheses in mg/kg: Ag(0.08), B(26.1), Ba(400), Co(4.8), Cr(32.9), Cu(8.8), Mn(578), Mo(0.71), Ni(12.3), Pb(16), Sn(2.07), V(29.7), Zn(30.9). After this the values of topsoil additive contamination index  $Z_d$  were calculated according to above-mentioned 13 elements as well as their maximum coefficient of danger  $K_o$  and general evaluation of soil quality in each site was obtained basing on Lithuanian hygienic norm [14] by choosing more dangerous of two categories: either according to  $Z_d$ , or according to  $K_o$ . To interpret the reasons of contamination, *point accumulating associations* [9] were determined, which included elements with  $K_k > 2$  listed in descending order of  $K_k$  values. To avoid some influence of the background variation on the territory on these associations, they were adjusted according to the intervals of accumulation of elements by separating them by dashes into groups. The following  $K_k$  intervals indicating the level of accumulation were used: 2-4 – low (L), 4-8 – medium (M), 8-16 – high (H) and >16 – extremely high (E). To analyse lateral variation of adjusted accumulating associations AAA, their types were distinguished taking

into account the following principles: 1) the elements in AAA, 2) the element with maximum  $K_k$ , 3) the interval, to which the element with maximum  $K_k$  belongs, i.e. *level of association*. The regularities of the distribution of AAA types were analysed in three main urban land-use groups and two districts of the study area.



**Fig.1. Topsoil sampling sites, their land-use and general contamination category**

**Notes.** Land-use code of site and number of sites in parentheses: I (10) – industrial-infrastructural, i. e. near present or former industrial enterprise, railway or main traffic road, E (39) – residential or public-residential (E\* – includes educational institution, E\*\* – includes health care institution), R (10) – recreational. Industrial enterprises (in circles): D – drill plant, G – former grinding machine plant, R – former radio engineering works, T – former turning lathe plant, L – locomotive depot, E1, E2 – former electrical engineering works, F – fur plant. Sites from Naujamiestis are indicated by N and number and from Senamiestis – by S and number.

### Results and discussion

Allowable category according to  $K_o$  is in 48.3% sites of Naujamiestis and 30.5% sites of Senamiestis. The percentages of this category according to  $Z_d$  in Naujamiestis and Senamiestis are lower: 6.7% and 17.2%, respectively. General category of soil quality is predetermined by  $Z_d$ . Naujamiestis is characterised even by extremely dangerously contaminated sites. The percentages of sites with dangerous and medium dangerous contamination in this district are also higher than respective percentages in Senamiestis district. Unlike younger districts, medium dangerous or dangerous contamination level is not only near the present or former industrial sites, railway or streets with intensive traffic, but also in public-residential and even recreational sites (Fig. 1). Median value of additive contamination index  $Z_d$  calculated according to above-mentioned elements belongs to the dangerous category.

The accumulating association of the whole study area is the following: Zn(9.42)>Ag(9.17)>Cu(5.15)>Pb(4.69)>Sn(3.77)>Mo(1.73)>Ni(1.35)>Co(1.34)>V(1.31).

It indicates much higher input to  $Z_d$  of elements related to non-ferrous metals (Zn, Cu, Pb, Sn, Ag) compared to respective input of elements related to ferrous metals (Mo, Ni, Cr, V, Co). Therefore the elements related to non-ferrous metals are usual members of AAA. According to percentage of sites, where the elements belong to AAA, they can be arranged in the following sequence: Ag(100%)> Zn(98.3%)> Pb(96.6%)> Cu, Sn(91.5%)> Mo(37.3%)> Ni(6.8%)> Cr(5.1%)> V(5.1%)> Co(3.4%)> Ba(1.7%). It is obvious that Ag and Zn are the most widely spread contaminants. This is in agreement with investigations in Russia, which have shown that these two elements are the first indicators of the beginning of urbanisation [15].

The value of  $Z_d$  greatly depends on the value of maximum  $K_k$ : according to the data of the study area the correlation coefficient between them equals to 0.98 and is significant at  $p < 0.001$ . The linear relationship between these two indices is especially obvious, when maximum  $K_k > 16$ . It can be presumed that in comparison with other elements Ag and Zn have often the highest accumulation level. The results confirm this: in 42.4% of sites Ag has maximum  $K_k$  and in 42.4% of sites – Zn. Other elements are characterised by maximum  $K_k$  only in rare cases: Mo – in 6.8% of sites, Pb – in 5.1%, Sn and Cu – in 1.7%. So in urban territories AAA with the highest accumulation of Ag or Zn are quite usual. The highest percentage of sites with maximum  $K_k$  of Ag is in recreational sites, of Zn – in public residential and residential sites and of other elements – in industrial-infrastructure sites (Fig. 2). Silver and zinc are usual atmospheric contaminants, most probably associated with different incineration processes. They are widely spread on the whole urban territory and even beyond it. The sites of their high accumulation largely depend on the content of organic matter in soil, especially of Ag, which has high coefficient of uptake by plants. This explains why the highest percentage of sites with maximum  $K_k$  of Ag is in recreational territories. In other land-use sites Ag might be related to de-icing salts. Some investigators suppose that Ag has domestic sources [16]. The highest percentage of sites with maximum  $K_k$  of Zn in public-residential or residential territories can be explained by intensive traffic and corrosion of roofs of the buildings.

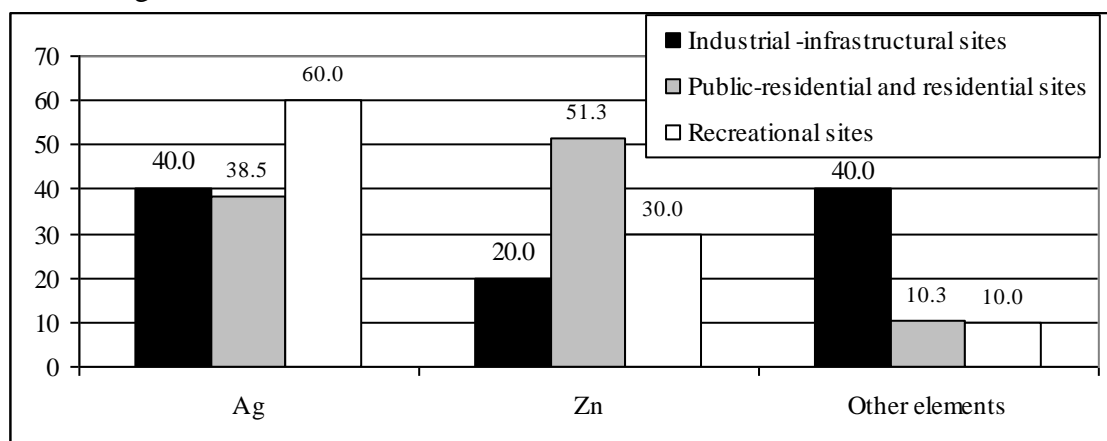


Fig. 2. Percentage of sites with maximum accumulation level of different elements in various land-use sites

To reveal the influence of specific contamination sources, mainly AAAs with maximum  $K_k$  of other elements should be analysed. The number of sites, where this is observed, is low. However, part of AAAs with maximum  $K_k$  of Ag or Zn includes not only elements related to non-ferrous metals, but also other elements. Such AAAs are also rare and usually more multielement. Two above-mentioned groups can be named *unusual associations (U)*. AAAs only with elements related to non-ferrous metals and with the highest  $K_k$  of Ag or Zn can be named *ordinary associations (O)*. Taking into account also the level of association, i.e.

interval of maximum  $K_k$ , 8 groups of AAA can be formally distinguished, 7 of them are found in the study area (Table 1.).

Table 1.

**Number of sites from different districts or land-use zones belonging to various groups of adjusted accumulating associations**

Group	District		Land-use			Total number
	Naujamiestis	Senamiestis	Industrial- infrastructural	Residential or public- residential	Recreational	
E-O	2	<b>9</b>	0	<b>11</b>	0	11
H-O	4	<b>7</b>	1	<b>8</b>	2	11
M-O		<b>7</b>	2	1	<b>4</b>	7
L-O	1	<b>2</b>	0	<b>2</b>	1	3
E-U	<b>11</b>	1	<b>6</b>	5	1	12
H-U	<b>10</b>	3	1	<b>10</b>	2	13
M-U	<b>2</b>	0	0	<b>2</b>	0	2

*Note.* Ordinary associations of different level: E-O – extremely high, H-O – high, M-O – medium, L-O – low. Unusual associations of different level: E-O – extremely high, H-O – high, M-O – medium.

There is 54.2% of ordinary and 45.8% of unusual associations in the study area. Ordinary associations are more abundant in Senamiestis, while unusual – in Naujamiestis, which has been more industrialised [3]. When the level of association is M, associations are usually ordinary, when it is L, only ordinary. This is because ordinary associations can include maximum 5 elements (Ag, Zn, Pb, Sn and Cu). When the level of association is H or E, there are slightly more sites with unusual associations than with ordinary (Table 1). This is in accordance with the fact that more multielement pollution results in higher contamination of topsoil [9]. When the level of association is E, the main part of unusual associations is observed in industrial-infrastructural sites, meanwhile of ordinary associations – in residential or public-residential sites. This regularity indicates that extremely dangerously contaminated sites, where topsoil has been polluted by industrial activity, can often be traced according unusual associations. When the level of association is H or M, the main part of unusual associations is in residential or public-residential districts, though in the first case some of them can be found even in recreational sites. These land-use zones can be affected by industry or infrastructural objects. Unusual associations can be subdivided into simple or complex types (Table 2). There are four simple types distinguished taking into account more rare members of AAAs, which belong to 3 different groups: N – related to non-ferrous metals (Pb, Cu, Sn), F – related to ferrous metals (Mo, Ni, Cr, V, Co) and C – related to carbonates (Ba). Associations with maximum  $K_k$  of elements from N group are attributed to type N1 and with maximum  $K_k$  of elements from F group – to type F1. As Ba has nowhere maximum  $K_k$ , the respective type is absent. However, type C2, which is characterised by Ba having not maximum  $K_k$ , is present in site N11, where maximum permitted concentration (MPC) of Ba is exceeded (Table 2). Type F2, which is characterised by elements from group F having not maximum  $K_k$ , is also found on the study area. Meanwhile elements from group N with not maximum  $K_k$  are quite usual in AAA, they are in ordinary AAA. There are also 2 mixed types of unusual AAA: F1-F2 and N1-F2. Types of unusual associations characterise the influence of specific urban pollution sources (Fig. 3). Type F1-F2 is found in the closest neighbourhood to the drill plant (sites N21, N22, N24), type F1 – in residential site N23 at some distance from this plant, while type F2 – at greater distances. All these types are characterised by accumulation of Mo. Though part of Mo can be from traffic (e.g. probably in site N06), the fact that F2 type is almost absent in Senamiestis (except S19), but is widely spread in Naujamiestis confirms great influence of the drill plant on the latter district.

Table 2.

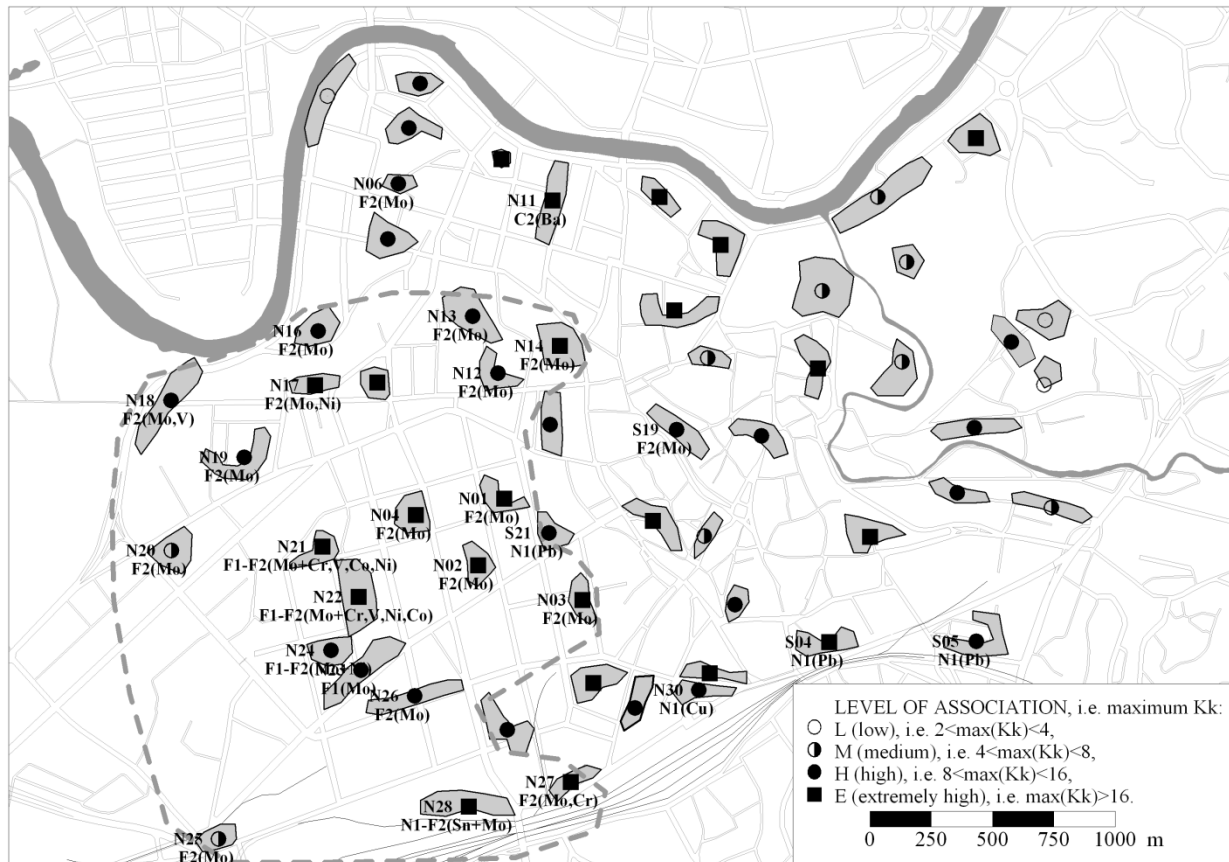
## Unusual accumulating associations and their types

Site	L	Max $K_k$	LA	Adjusted accumulating association (AAA)	Type	Rarer members of AAA	Exceed MPC	Zd	G
N21	I	250	E	Mo---ZnCrAgCuVPb-CoNiSn	F1-F2	Mo+Cr,V,Co,Ni	MoCr	282	4
N22	I	147	E	Mo---Zn-CuCrAgPbV-SnNiCo	F1-F2	Mo+Cr,V,Ni,Co	MoZnCr	189	4
N24	I	14.0	H	MoZn-CuAgPb-SnNi	F1-F2	Mo+Ni	MoZn	42.4	3
N23	E	10.3	H	Mo-ZnAgPbCu-Sn	F1	Mo	Mo	35.1	3
N27	I	17.3	E	Zn-CuAgPb-Sn-MoCr	F2	Mo,Cr	ZnPb	46.1	3
N02	I	18.4	E	AgZn-SnPb-CuMo-	F2	Mo	SnZnPb	60.0	3
N03	I	16.0	E	Ag-Zn-SnCuPb-Mo	F2	Mo	ZnSn	50.4	3
N14	R	31.1	E	Ag-CuZn-PbSn-Mo	F2	Mo	AgSnPb	63.4	3
N04	E*	19.6	E	Zn-Ag-MoCuPb-Sn	F2	Mo	Zn	48.0	3
N17	E*	32.5	E	Zn---AgPb-MoSnCuNi	F2	MoNi	Zn	52.1	3
N01	E*	39.1	E	Ag--Zn-SnCuPb-Mo	F2	Mo	AgSnZn	69.0	3
N19	E*	10.4	H	AgZn-MoPb-CuSn	F2	Mo	Zn	33.8	3
N18	E	10.1	H	ZnAg-Pb-MoCuSnV	F2	Mo,V	Zn	32.1	3
N26	E	12.8	H	ZnAg-CuMoPb-Sn	F2	Mo	Zn	40.4	3
N12	E	12.8	H	ZnAg-PbCuSn-Mo	F2	Mo	ZnPbSn	45.2	3
N06	E	13.9	H	ZnAg-Cu-PbMoSn	F2	Mo	Zn	35.0	3
N16	E	10.5	H	Zn-Ag-PbCuMoSn	F2	Mo	Zn	24.0	2
S19	E*	15.9	H	Ag--ZnMoSnPb	F2	Mo		24.9	2
N13	R	8.7	H	Ag-Zn-CuMoSn	F2	Mo		22.4	2
N20	E	4.8	M	AgPbMoZn-CuSn	F2	Mo		18.5	2
N25	E	5.1	M	Zn-AgPbCuMoSn	F2	Mo		15.8	1
N28	I	24.1	E	Sn-AgCuZn-Pb-Mo	N1-F2	Sn+Mo	SnPb	64.5	3
N30	R	8.1	H	Cu-ZnAgSnPb-	N1	Cu	SnPb	36.4	3
S04	E	57.1	E	Pb--CuAg-Sn-Zn	N1	Pb	PbCu	85.7	3
S21	E*	14.1	H	PbZn-AgCuSn-	N1	Pb	PbSn	39.6	3
S05	E	11.7	H	Pb-ZnAgCu-Sn	N1	Pb	Pb	27.1	2
N11	E	21.2	E	ZnAg-CuPb-SnBa	C2	Ba	ZnBa	53.5	3

Notes: L – land-use code, (explanation is in Fig. 1), LA – level of association, MPC – maximum permitted concentration given in HN 60-2004 [14], G – general category of topsoil contamination according to HN 60-2004 [14]: 1 – allowable, 2 – medium dangerous, 3 – dangerous, 4 – extremely dangerous.

In 4 sites of F1-F2 or F1 types near the plant, MPC of Mo is exceeded, in two of them also of Cr. Earlier research has shown their extremely high accumulation on the territory of the drill plant (median  $K_k$  of Mo is 497 and of Cr is 46.2), they are followed by Co, Cu (median  $K_k$  21.2 and 18.3, respectively) and V, Ni (median  $K_k$  in the interval 8-16) [12]. In most sites with F2 type associations only Mo adds to AAA, its level of accumulation is usually low or medium. In site N18 V adds to Mo in association, while in site N17 – Ni. As their  $K_k$  are low (only slightly exceed 2), their origin can be from thermoelectric power station, which is to south-west (the prevailing winds are also from this direction). Ni and V are specific elements of this type of pollution [9]. Association of site N28 near locomotive depot belongs to type N1-F2, as it is characterised by the highest  $K_k$  of Sn due to metal processing, while Mo has low accumulation. In this site the origin of Mo can be both from the plant of drills and from locomotive depot. Earlier research has shown that median  $K_k$  values of Mo and Sn on its territory are elevated –2.9 and 2.4 [12]. Type F2 site N27, which is characterised by Mo and Cr in AAA, can be influenced not only by the drill plant, but also by the railway pollution. In site N03 there might be some remnants of Mo pollution from the former turning lathe plant, which is now demolished. The content of Mo on its former was high: median  $K_k$  was 11.4 [12]. Type N1 is found in site N30, where Cu has maximum  $K_k$ . The reason is that the site is near trolleybus ring. Earlier research has shown that trolley-bus parking places are characterised by elevated Cu content in topsoil [7] and that it is specific element of trolleybus

traffic pollution [17]. Type N1 with the highest accumulation of Pb is found in sites S04, S05 and S21. Topsoil contamination in the first two sites seems to originate mainly from the railway pollution, meanwhile in the last one – from intensive motor transport.



**Fig. 3. Variation of the level of ordinary and unusual associations and different types of unusual associations**

*Note.* Each unusual association is indicated by its type and more rare members of adjusted accumulating association. The dashed line indicates probable influence zone of the drill plant.

### Conclusions

Topsoil quality in old urban centres mainly depends on the additive index  $Z_d$  of contamination by Ag, B, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn and is related to accumulating associations, especially to the level of association, i.e. maximum concentration coefficient  $K_k$  of elements in it. Maximum  $K_k$  is significantly positively correlated with  $Z_d$ . Urban topsoil, especially in the old centres of towns is usually characterised by higher contamination by elements related to non-ferrous metals, i.e. Ag, Zn, Pb, Cu, Sn, compared to other elements. Accumulating associations including only these five elements with the highest  $K_k$  of Zn or Ag are ordinary. Unusual associations are either characterised by the highest  $K_k$  of other above-mentioned elements or include wider spectrum of elements, mainly Mo, Ni, Cr, V, Co, which are related to ferrous metals, or Ba, which is related to carbonates. When the level of association is extremely high, i.e. the highest  $K_k$  exceeds 16, the main part of unusual associations is observed in industrial-infrastructure sites, meanwhile of ordinary associations – in residential or public-residential sites. Extremely dangerously or dangerously contaminated sites, where topsoil has been polluted by industrial activity, can often be traced according to unusual associations.

## Acknowledgment

*Credits.* The authors are very grateful to Dr. Olga Vareikienė for implementation of sampling and to Vilnius Municipality for funding of sampling and analysis of topsoil in 6 central districts.

## Bibliography

1. Sayet, Y., Revich, B., Yanin, E., Smirnova, R., Basharkovich, I., Onishchenko, O., Pavlova, L., Trefilova, N., Achkasov, A., Sarkisian, S. Environmental geochemistry. Moscow, "Nedra", 1990. 335 p.
2. Hough, R. L., Breward, N., Young, S. D., Crout, N. M. J., Tye, A. M., Moir, A. M., Thornton, I. Assessing potential risk of heavy metal exposure from consumption of home-produced vegetables by urban populations. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 112, No. 2, 2004. p. 215-221.
3. Taraškevičius, R. Heavy metals in topsoil of Naujamiestis, Senamiestis, Šnipiškės, Žirmūnai, Žvėrynas and Antakalnis districts of Vilnius. *Aplinkos inžinerija (Environmental Engineering)*, Vol. 8, No. 3, Vilnius, "Technika", 2002. p. 137-145.
4. Taraškevičius, R., Zinkutė, R. Geohygienical evaluation of topsoil in urban territories. *Geografijos metraštis (The Geographical Yearbook)*, Vol. 36, No. 1, Vilnius, Institute of Geology and Geography, Lithuanian Union of Geographers, 2003. p. 161-170.
5. Zinkutė, R., Taraškevičius, R., Radzevičius, A. Changes of ecological-geochemical state of topsoil and river sediments in Vilnius. *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference, June 16-18, 2005*. Rezekne Higher Education Institution. Faculty of Engineering. Rezekne, 2005. p. 227-234.
6. Taraškevičius, R., Zinkutė, R. Lithuanian soil quality criteria based on the heavy metal levels, and their application in urban territories with different industrial impact. *Polish Geological Institute Special Papers*, Vol. 24, 2008. p. 117-122.
7. Taraškevičius, R., Zinkutė, R., Jankauskaitė, M. Differences of Vilnius topsoil contamination in the Neris River valley due to anthropogenic factors. *Geologija*, Vol. 50, No. 3(63), 2008. p. 135-142.
8. Chen, T.-B., Zheng, Y.-M., Lei, M., Huang, Z.-C., Wu, H.-T., Chen, H., Fan, K.-K., Yu, K., Wu, X., Tian, Q.-Z. 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, Vol. 60, No. 4, 2005. p. 542-551.
9. Zinkutė, R. Trace element technogenous associations in topsoil of urbanised territories of Lithuania. Institute of Geology and Geography, Vilnius, 2002. 200 p., 50 fig., 72 tables, 138 references.
10. Radzevičius, A., Budavičius, R., Kadūnas, V., Katinas, V., Tverkutė, Z., Zinkutė, R. Geochemical atlas of Panevėžys. Scale 1:25 000. Vilnius–Panevėžys, 1997. 18 p., 7 tables, 25 maps.
11. Taraškevičius, R., Šiaudiniene, A. Pedogeochemical accumulating and paragenetic associations in the industrial area of the Žirmūnai district in Vilnius. *Aplinkos inžinerija (Environmental engineering)*, Vol. 9, No. 3, 2001. p. 176-183.
12. Taraškevičius, R., Zinkutė, R. Temporal variability of heavy metal anomalies in topsoil of Naujamiestis district in Vilnius. The 6<sup>th</sup> International Conference "Environmental Engineering", May 26-27, 2005, Vilnius, Lithuania. Selected papers. Volume 1. Environmental Protection. Water Management and Hydraulics. Eds: D. Čygas, K.D. Froehner. VGTU press "Technika", 2005. p. 292-299.
13. Zinkutė, R., Brannvall, E., Taraškevičius, R. Variation of trace element accumulation in topsoil near the Vilnius–Kaunas highway, Lithuania. *Geologija*, Vol. 58, Vilnius, 2007. p. 1-9.
14. HN 60-2004: Lithuanian hygienic norm HN 60:2004 Maximum permitted concentrations of hazardous substances in soil (in Lithuanian). *Valstybės žinios (State news)*, No. 41-1357, 2004.
15. Golovin, A. A. Samayev, S. B. Sokolov, E. S. Experience of monitoring of soil technogenic contamination in Moscow city. International symposium of applied geochemistry in CIS (October, 29-31, 1997. Moscow, Russia). Abstracts of presentations. Moscow, IMGRE, p. 155-157.
16. Han, Y., Du, P., Cao, J., Posmentier, E.S. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. *Science of the Total Environment*, Vol. 355, No. 1-3. 2006. p. 176-186.
17. Taraškevičius, R., Zinkutė, R. Distribution of heavy metals in upper layers of soil from Vilnius sites exposed to different type of pollution. *Polish Geological Institute Special Papers*, Vol. 24, 2008. p. 111-116.



# THE MATHEMATICAL MODELING OF METALS CONTENT IN PEAT

## METĀLU SATURA KŪDRĀ MATEMĀTISKĀ MODELĒŠANA

Edmunds Teirumnieks<sup>1</sup>, Ērika Teirumnieka<sup>1</sup>, Ilmārs Kangro<sup>1</sup>, Harijs Kalis<sup>2</sup>

1- Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering, Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia

Phone/fax: +371 64625167, e-mail: edmunds@ru.lv, erika.teirumnieka@ru.lv,

ilmars.kangro@ru.lv

2- Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences and University of Latvia,

Akademijas laukums 1, LV 1524 Rīga, Latvia; e-mail: kalis@lanet.lv

---

**Abstract.** *Metals deposition in peat can aid to evaluate impact of atmospheric or wastewaters pollution and thus can be a good indicator of recent and historical changes in the pollution loading. For peat using in agriculture, industrial, heat production etc. knowledge of peat metals content is important. Experimental determination of metals in peat is very long and expensive work. Using experimental data the mathematical model for calculation of concentrations of metals in different points for different layers is developed. The values of the metals (Ca, Mg, Fe, Sr, Cu, Zn, Mn, Pb, Cr, Ni, Se, Co, Cd, V, Mo) concentrations in different layers in peat taken from Knavu peat bog from four sites are determined using inductively coupled plasma optical emission spectrometer.*

*Mathematical model for calculation of concentrations of metal has been described in the paper. As an example, mathematical models for calculation of Pb concentrations have been analyzed.*

---

**Keywords:** *peat bog, metals, 3-D boundary-value problem, finite-difference method.*

---

### Introduction

Natural peat, because of its high content of humin, humic acid and fulvic acid, generally binds metal ions strongly. Because of its high complication capacity, high cation's exchange capacity, natural moor and peat grounds have become extended sinks for metal ions transported by aquatic migration and originating from atmospheric deposition [1, 2]. The survey of the scientific literature focused on the subject "peat and metals" reveals that very many referring articles have already dealt with this theme: the investigation of depth profiles of metals in peat as historical trends in pollutant deposition [3, 4, 5, 6, 7, 8], metals in moss [9, 10, 11], soils [12] and sediments [13], mainly as a result of atmospheric depositions, reflect the impact of human growth on the accumulation of toxic metals on the global ecosystem. Other type of peat and metals studies focuses on peat use to capture dissolved metals from aquatic solution [14, 15, 16, 17, 18, 19]. It means that knowledge about metals' concentration in peat is very important. Since experimental determination of metals in peat is very long and expensive work that one can use experimental data the mathematical model for calculation of concentration of metals in different points for different layers (peat blocks) is developed.

The mathematical model is based on averaging methods along the vertical z coordinate. This method applies to mathematical simulation of the mass transfer process in multilayered underground systems [20, 21] where it was necessary to solve the 3-D boundary-value problems for elliptic type partial differential equations of second order. The considered method allows reducing the 3-D problem to a system of 2-D problems.

### Materials and methods

**Site location.** Peat sample has been carried out in Knavu peat bog in East Latvia, Rezekne district. Total area of Knavu bog is 1240.6 ha, industrial outputs are 881.7 ha and maximum depth of peat is 5.55 m. Peat layer forms hummock and hollow peat. The sampling sites in

peat bog have been chosen in natural not drained part of bog. There are four peat sampling sites in Knavu bog.

**Sampling.** The peat samples (34 cm long monoliths) were put in polyethylene film to preserve nature moisture, brought to the laboratory. The first slice (+3 to 0 cm) is corresponded to the living plant material on the bog surface. For survey of the metal concentration in the peat in the studied bog in four peat bores were sampled using a peat sampler ( $\varnothing = 8$  cm). Excess surface vegetation was removed *in situ* to facilitate penetration of the peat surface. Samples of peat were taken to a depth of 374 cm.

**Peat sample preparation and analysis of metals.** Study has been carried out using air dry peat from peat bog. Analysis has been performed using A class vessels, calibrated measuring instruments and equipment. Analytical quality reagents have been used without further purification. All chemicals used in this study were of high purity. For preparation of solutions high purity deionized water has been used throughout. Glass and quartz vessels utilized in the study have been pre-cleaned by treating with  $K_2Cr_2O_7$  and concentrated sulfurous acid mix.

All peat samples have been analyzed in triplicate.

Metals were determined after acid digestion [22]. Peat samples were digested heating 1.5 g of peat with 15 mL conc.  $HNO_3$  at  $95^\circ C$  for 2 hours. Samples were filtered through filter which previously has been washed with 0.5% conc.  $HNO_3$  solution, and then the filtrate was diluted to the volume of 65 mL with deionized water. Metal (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Co, Cr, Ni, Mo, V, Se, Sr) concentrations were measured by Inductively coupled plasma optical emission spectrometer OPTIMA 2100 DV ICP/OES from PerkinElmer.

**A mathematical model.** The process of diffusion we will consider in 3-D parallelepiped

$$\Omega = \{(x, y, z): 0 \leq x \leq l, 0 \leq y \leq L, 0 \leq z \leq Z\}.$$

The domain  $\Omega$  consists of multilayer medium. We will consider the stationary 3-D problem of the linear diffusion theory for multilayered piece-wise homogenous materials of  $N$  layers in the form

$$\Omega = \{(x, y, z): x \in (0, l), y \in (0, L), z \in (z_{i-1}, z_i)\}, i = \overline{1, N}$$

where  $H_i = z_i - z_{i-1}$  is the height of layer  $\Omega_i$ ,  $z_0 = 0$ ,  $z_N = Z$ . We will find the distribution of concentrations  $c_i = c_i(x, y, z)$  in every layer  $\Omega_i$  at the point  $(x, y, z) \in \Omega_i$  by solving the following partial differential equation (PDE):

$$D_{ix} \partial^2 c_i / \partial x^2 + D_{iy} \partial^2 c_i / \partial y^2 + D_{iz} \partial^2 c_i / \partial z^2 + f_i(x, y, z) = 0, \quad (1)$$

where  $D_{ix}, D_{iy}, D_{iz}$  are constant diffusions coefficients,  $c_i = c_i(x, y, z)$  - the concentrations functions in every layer,  $f_i(x, y, z)$  - the fixed sours function. The values  $c_i$  and the flux functions  $D_{iz} \partial c_i / \partial z$  must be continued on the contact lines between the layers  $z = z_i, i = \overline{1, N-1}$ :

$$c_i|_{z_i} = c_{i+1}|_{z_i}, D_{iz} \partial c_i / \partial z|_{z_i} = D_{(i+1)z} \partial c_{i+1} / \partial z|_{z_i}, i = \overline{1, N-1} \quad (2)$$

where  $i = \overline{1, N-1}$ .

We assume that the layered material is bounded above and below with the plane surfaces  $z_0 = 0, z = Z$  with fixed boundary conditions in following form:

$$D_{1z} \partial c_1(x, y, 0) / \partial z = 0, c_N(x, y, Z) = C_a(x, y), - \text{the boundary conditions of the second type} \quad (3)$$

$$c_1(x, y, 0) = C_0(x, y), c_N(x, y, Z) = C_a(x, y), - \text{the boundary conditions of the first type} \quad (4)$$

where  $C_0(x, y), C_a(x, y)$  are given concentration-functions.

We have two forms of fixed boundary conditions in the  $x, y$  directions:

1) the periodical conditions by  $x = 0, x = l$  in the form

$$c_i(0, y, z) = c_i(l, y, z), \partial c_i(0, y, z) / \partial x = \partial c_i(l, y, z) / \partial x, \quad (5)$$

2) the symmetrical conditions by  $y = 0, y = L$

$$\partial c_i(x, 0, z) / \partial y = \partial c_i(x, L, z) / \partial y = 0. \quad (6)$$

For solving the problem (1)-(6) we will consider conservative averaging (AV) and finite difference (FD) methods. These procedures allow to reduce the 3-D problem to some 2D boundary value problem for the system of partial differential equations with circular matrix in the  $x$ -directions.

### The AV-method with quadratic splines.

The equation of (1) are averaged along the heights  $H_i$  of layers  $\Omega_i$  and quadratic integral splines along  $z$  coordinate in following form one used [21]

$$c_i(x, y, z) = C_i(x, y) + m_i(x, y)(z - \bar{z}_i) + e_i(x, y)G_i((z - \bar{z}_i)^2 / H_i^2 - 1/12) \quad (7)$$

where  $G_i = H_i / D_{iz}$ ,  $\bar{z}_i = (z_{i-1} + z_i) / 2$ ,  $m_i, e_i, C_i$  are the unknown coefficients of the spline-function,  $C_i = H_i^{-1} \int_{z_{i-1}}^{z_i} c_i(x, y, z) dz$  are the average values of  $c_i$ ,  $i = \overline{1, N}$ .

After averaging the system (1) along every layer  $\Omega_i$ , we obtain

$$D_{ix} \partial^2 C_i / \partial x^2 + D_{iy} \partial^2 C_i / \partial y^2 + 2H_i^{-1} e_i + F_i(x, y) = 0, \quad (8)$$

where  $F_i = H_i^{-1} \int_{z_{i-1}}^{z_i} f_i(x, y, z) dz$  are the average values of  $f_i$ ,  $i = \overline{1, N}$ .

From (2),(7) follows

$$\begin{cases} 6C_i + 3H_i m_i + e_i G_i = 6C_{i+1} - 3H_{i+1} m_{i+1} + e_{i+1} G_{i+1}, & i = \overline{1, N-1} \\ D_{iz} m_i + e_i = D_{(i+1)z} m_{i+1} - e_{i+1} \end{cases} \quad (9)$$

Excluding  $m_{i+1}$  from (9) and then decreasing  $i$  and excluding  $m_{i-1}$  we obtain for determined  $e_i^j$  following system of  $N-2$  algebraic equations

$$\begin{aligned} 2e_{i-1} G_{i-1} (G_i + G_{i+1}) + e_i ((G_i + 3G_{i-1})(G_i + G_{i+1}) + (G_i + 3G_{i+1})(G_i + G_{i-1})) + \\ + 2e_{i+1} G_{i+1} (G_i + G_{i-1}) = 6(C_{i+1} - C_i)(G_i + G_{i-1}) - 6(C_i - C_{i-1})(G_i + G_{i+1}) \end{aligned} \quad (10)$$

where  $i = \overline{2, N-1}$ .

From boundary conditions (3), (4) we can obtain 2 algebraic equations for  $i = 1, i = N$ :

at first from (3) and (7) we have

$$D_{1z} m_1 - e_1 = 0 \quad C_N + m_N H_N / 2 + e_N G_N / 6 = C_a, \text{ or from (4)}$$

$$C_1 - m_1 H_1 / 2 + e_1 G_1 / 6 = C_0 \text{ and then from (2.4) for } i = 1 \text{ and } i = N \text{ from (9) we obtain}$$

$$\begin{aligned} 3m_1 D_{1z} (G_1 + G_2) + e_1 (G_1 + 3G_2) + 2e_2 G_2 = 6(C_2 - C_1) \\ 3m_N D_{Nz} (G_N + G_{N-1}) - e_N (G_N + 3G_{N-1}) - 2e_{N-1} G_{N-1} = 6(C_N - C_{N-1}). \end{aligned}$$

Therefore, excluding  $m_1, m_N$  we obtain

$$\begin{aligned} e_1 (4G_1 + 6G_2) + 2e_2 G_2 = 6(C_2 - C_1) \\ (2G_N + 4G_{N-1})e_N + 2e_{N-1} G_{N-1} = -6(C_N - C_{N-1}) + 6(C_a - C_N)(1 + G_{N-1} / G_N), \end{aligned} \quad (11)$$

from (4) we obtain

$$(2G_N + 4G_2)e_1 + 2e_2 G_2 = 6(C_2 - C_1) - 6(C_1 - C_0)(1 + G_2 / G_1).$$

We can rewrite the system of algebraic equations (10),(11) in the form  $i = \overline{1, N}$

$$A_i e_{i-1} (A_i + B_i + 1) e_i + B_i e_{i+1} = a_i (C_{i+1} - C_i) - b_i (C_i - C_{i-1}) \quad (12)$$

where  $A_i = G_{i-1} / (G_i + G_{i-1})$ ,  $B_i = G_{i+1} / (G_i + G_{i+1})$ ,  $a_i = 3 / (G_i + G_{i+1})$ ,  $b_i = 3 / (G_{i-1} + G_i)$ ,  $e_0 = b_1 = 0$ ,  $A_1 = 1$ ,  $G_{N+1} = 0$ ,  $C_{N+1} = C_a$ ,  $G_0 = 0$ .

We can seek the solution of system (12) in the form [22]:  $e_i = \sum_{k=1}^N (-1)^{k+i} \beta_{i,k} (C_{k+1} - C_k)$ , (13)

where the unknown variables  $\beta_{i,k}$  do not depend on  $C_k$  and these we can determine from monotonous finite-difference scheme by factorization method (Thomas algorithm) for tri-diagonal matrix [23]. Therefore, from (7) we obtain the systems of  $N$  partial differential equations (PDE), where the boundary conditions for  $C_i$  are determined from (5)-(6) in the  $x, y$  -directions for averaged values

$$C_i(0, y) = C_i(l, y), \partial C_i(0, y) / \partial x = \partial C_i(l, y) / \partial x, \quad (14)$$

$$\partial C_i(x, 0) / \partial y = \partial C_i(x, L) / \partial y = 0. \quad (15)$$

In the case  $N = 2$  (two layers) we have from (2.2) the following system of two PDE

$$\begin{cases} D_{1x} \partial^2 C_1(x, y) / \partial x^2 + D_{1y} \partial^2 C_1(x, y) / \partial y^2 + 2H_1^{-1} e_1(x, y) + F_1 = 0 \\ D_{2x} \partial^2 C_2(x, y) / \partial x^2 + D_{2y} \partial^2 C_2(x, y) / \partial y^2 + 2H_2^{-1} e_2(x, y) + F_2 = 0 \end{cases} \quad (16)$$

where concentration of metals of the first layer  $c_1(x, y, z)$  and the second layer  $c_2(x, y, z)$  under the formula (7) according to system (16) is calculated:

$$c_1(x, y, z) = C_1(x, y) + m_1(x, y)(z - H_1/2) + e_1(x, y) G_1 \left( (z - H_1/2)^2 / H_1^2 - 1/12 \right), z \in [0, H_1]$$

$$c_2(x, y, z) = C_2(x, y) + m_2(x, y)(z - (2H_1 + H_2)/2) +$$

$$e_2(x, y) G_2 \left( (z - (2H_1 + H_2)/2)^2 / H_2^2 - 1/12 \right), z \in [H_1, Z]$$

$$m_1(x, y) = e_1(x, y) / D_{1z}, \quad m_2(x, y) = (2e_1(x, y) + e_2(x, y)) / D_{2z},$$

or for the boundary condition (4) we have

$$m_1(x, y) = e_1(x, y) / (3D_{1z}) + 2(C_1(x, y) - C_0(x, y)) / H_1,$$

$$m_2(x, y) = -e_2(x, y) / (3D_{2z}) + 2(C_a(x, y) - C_2(x, y)) / H_2.$$

If  $N = 1$  (one layer), then from boundary conditions (3) follows  $e_1 = 1.5(C_a - C_1) / G_1$ , but from (4) follows  $e_1 = 3(C_a - C_1 + C_0 - C_1) / G_1$ .

### The FD – method for two layers.

We consider an uniform grid  $(N_x \times (N_y + 1))$ :

$$\omega_n = \{(x_i, y_j), x_i = ih_x, y_j = (j-1)h_y, i = \overline{1, N_x}, j = \overline{1, N_y + 1}, N_x h_x = l, N_y h_y = L\}.$$

Subscripts  $(i, j)$  refer to  $x, y$  indices, the mesh spacing in the  $x_i, y_j$  directions are  $h_x$  and  $h_y$ .

For two layers we can the PDEs (2.10) rewritten in following vector form:

$$D_x \partial^2 C / \partial x^2 + D_y \partial^2 C / \partial y^2 - AC + F = 0 \quad (17)$$

where  $D_x, D_y$  are the 2-nd order diagonal matrices with elements  $D_{1x}, D_{2x}$  and  $D_{1y}, D_{2y}$ .

$A$  is matrix of second order with elements  $H_1, H_2, G_1, G_2$  and  $C, F$  are the 2-nd order vectors-columns with elements  $C_1, C_2$  [23].

The equation (17) for vector function  $C$  in the uniform grid  $(x_i, y_j)$  is replaced by vector difference equations of second order approximation in 3 - point stencil

$$AA_j W_{j-1} - CC_j W_j + BB_j W_{j+1} + F_j = 0 \quad (18)$$

where  $W_j$  are vectors -column  $W_j \approx (C_{1,j}, C_{2,j}, \dots, C_{N_x,j})^T$ ,  $F_j$  are vectors-column with elements  $(F_{1,j}, F_{2,j}, \dots, F_{N_x,j})^T$ ,  $j = \overline{2, N_y}$ ,  $AA_j, CC_j, BB_j = AA_j$  are the block- matrices of second order with the elements of the circular symmetric matrix with

$N_x = M$  in the following form (the circular matrix  $A$  can be written down with the first rows in the form  $A = [a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,M}]$ ):

$$AA_j = \begin{bmatrix} [D_{1y}/h_y^2, 0, \dots, 0] & 0 \\ 0 & [D_{2y}/h_y^2, 0, \dots, 0] \end{bmatrix}, \quad CC_j = \begin{bmatrix} cc_1 & cc_2 \\ cc_3 & cc_4 \end{bmatrix},$$

where the circular matrices  $cc_1, cc_2, cc_3, cc_4$  are

1) for boundary condition (3)

$$cc_1 = [2(D_{1x}/h_x^2 + D_{1y}/h_y^2) + 12/(H_1d_1), -D_{1x}/h_x^2, 0, \dots, 0, -D_{1x}/h_x^2],$$

$$cc_2 = [-18/(H_1d_1), 0, \dots, 0], \quad cc_3 = [-18/(H_2d_1), 0, \dots, 0],$$

$$cc_4 = [2(D_{2x}/h_x^2 + D_{2y}/h_y^2) + 12(3+k)/(H_2d_1), -D_{2x}/h_x^2, 0, \dots, 0, -D_{2x}/h_x^2],$$

2) for boundary condition (4)

$$cc_1 = [2(D_{1x}/h_x^2 + D_{1y}/h_y^2) + (12 + 3k^{-1})/(H_1d_1), -D_{1x}/h_x^2, 0, \dots, 0, -D_{1x}/h_x^2],$$

$$cc_2 = [-9/(H_1d_1), 0, \dots, 0], \quad cc_3 = [-9/(H_2d_1), 0, \dots, 0],$$

$$cc_4 = [2(D_{2x}/h_x^2 + D_{2y}/h_y^2) + 12(3+k)/(H_2d_1), -D_{2x}/h_x^2, 0, \dots, 0, -D_{2x}/h_x^2].$$

The vectors –column  $W_j$  from (18) is calculated on Thomas algorithm [23] in the matrix form using program MATLAB.

## Results and Discussion

Average concentrations of the elements in the peat sections of the studied Knavu bog are shown in Fig. 1-3. The profile of concentration changes elements at first can influence their biogenic recycling and low mobility of these elements considering also the changes of the water table [24]. Changes of concentrations of studied elements in all studied points in Knavu bog have similar character: higher concentrations at upper layer are decreasing of the element concentration starting from a depth 50 cm – 100 cm.

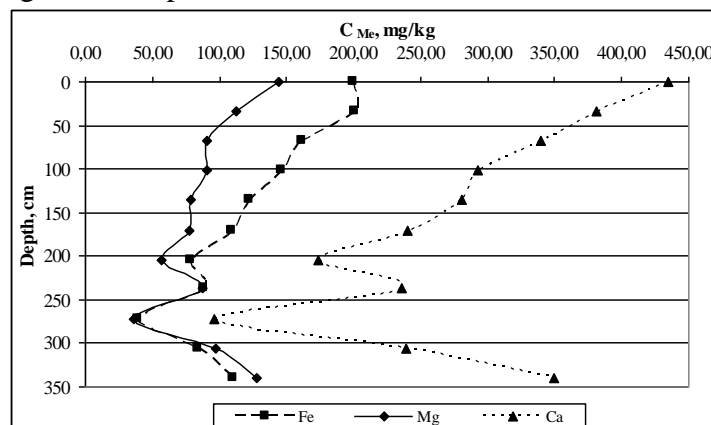


Fig. 1. Fe, Mg, Ca concentrations (mg/kg) in peat core from Knavu bog

For several elements (Fe, Sr, Zn, Mn, Ca, Mg) their concentrations again are increasing from a depth starting from 2 – 3 m most probably due to supply with ground waters. Trends of changes of concentrations of evidently anthropogenic elements (Pb, Cr, Cd and others) follow a similar trend at both sites: concentrations within the bulk of the peat section are stable, but then steeply are increasing towards the surface of the bog, again slightly decreasing at approximately 10 – 20 cm below the surface.

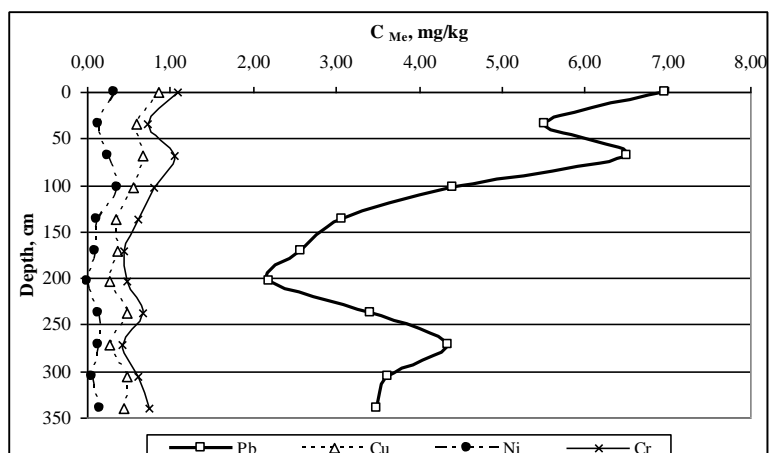


Fig. 2. Pb, Cu, Ni, Cr concentrations (mg/kg) in peat core from Knavu bog

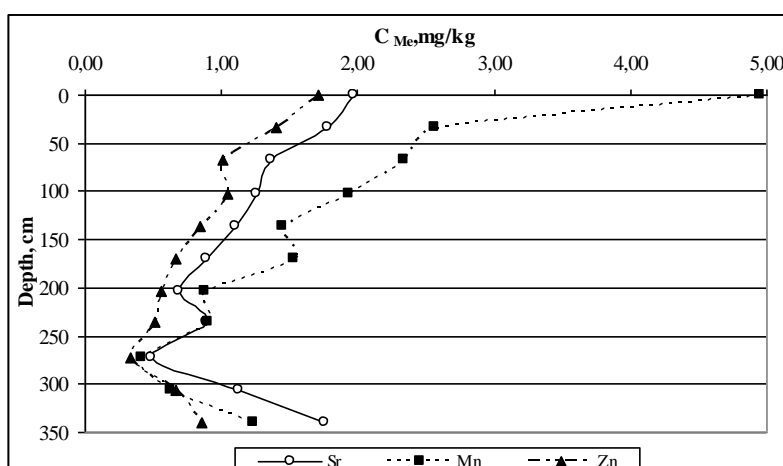


Fig. 3. Sr, Mn, Zn concentrations (mg/kg) in peat core from Knavu bog

For mathematical model experimental data has been used – concentrations of Pb in four sites in Knavu peat bog in depth from 0 cm till 340 cm.

### Numerical results

We consider the metal concentration in the 2 layered peat block - with following measure:

$$L = l = 1m, Z = H_1 + H_2 = 2.5m, H_1 = 1m, H_2 = 1.5m.$$

At the top of the earth ( $z = Z$ ) the concentration  $c$  mg/kg of metals are given in following  $(x, y)$  points:  $c(0.1, 0.2) = 0.6$ ,  $c(0.1, 0.8) = 0.5$ ,  $c(0.9, 0.2) = 0.4$ ,  $c(0.9, 0.8) = 0.7$ .

This data are smoothing by 2D interpolation with MATLAB operator, using the spline function. We use following diffusion coefficients in the layers:

$$D_{1z} = 10^{-3}, D_{2z} = 5 \cdot 10^{-4}, D_{1x} = 10^{-4}, D_{2x} = 10^{-4}, D_{1y} = 10^{-5}, D_{2y} = 10^{-5}.$$

In the Fig.4 is the graphics of metal concentration  $c$  depending of vertical coordinate  $z$  by  $x = l/2, y = L/2$  and in other points. In the Fig. 5-8 we can see the distribution of concentration  $c$  in the  $(x, y)$  plane by  $z = H_1, z = Z$  and the averaged values  $C_1, C_2$ .

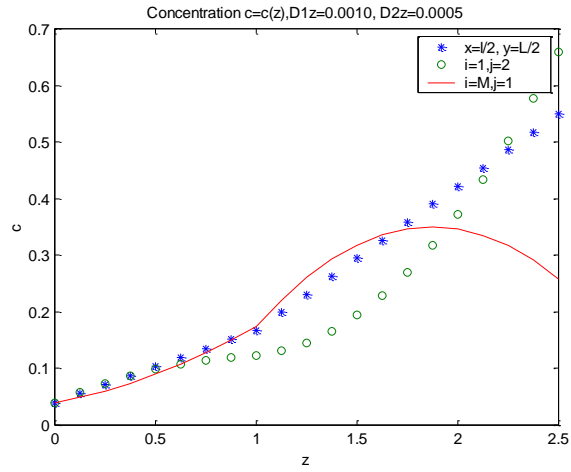


Fig. 4. The graphics of  $z = z(x)$

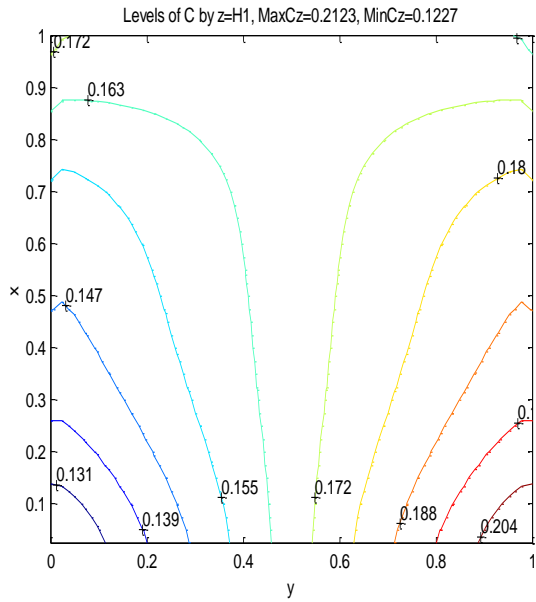


Fig. 5. Levels of  $c$  by  $z = H_1$

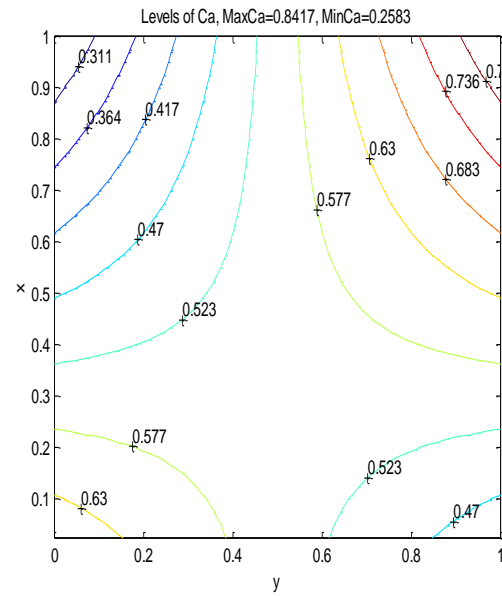


Fig. 6. Levels of  $C_a$

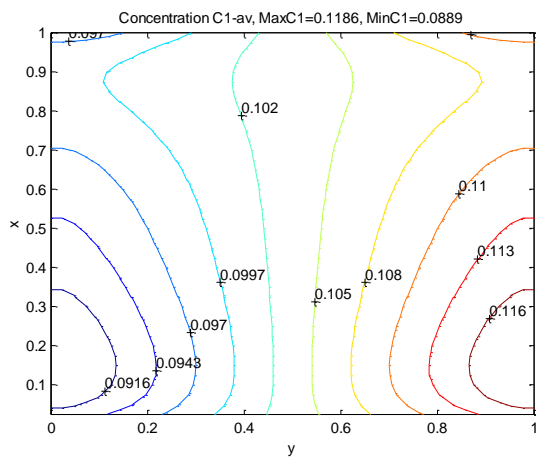


Fig. 7. Levels of  $C_1$

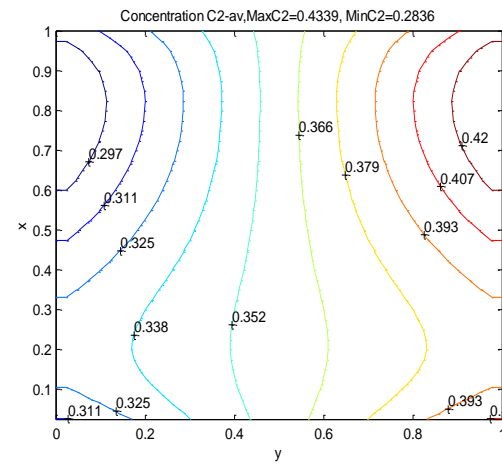


Fig. 8. Levels of  $C_2$

In the Fig. 9 and 10 are the distribution of  $c$  in the  $(z, y)$  and  $(z, x)$  plane by  $x = l/2$  and  $y = L/2$ .

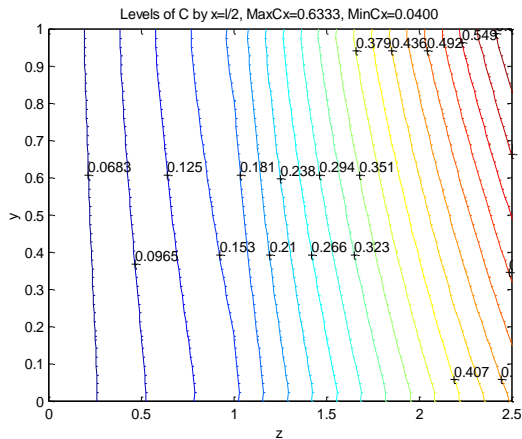


Fig. 9. Levels of  $c$  by  $x = l/2$

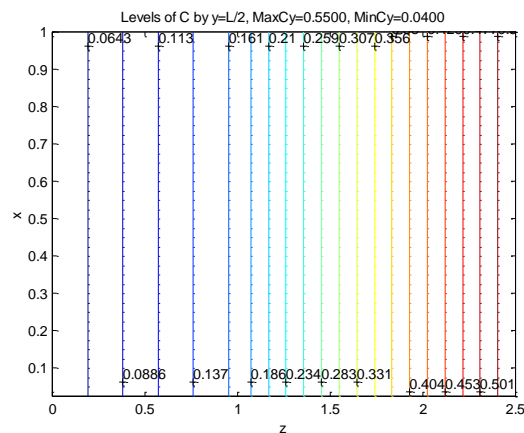


Fig. 10. Levels of  $c$  by  $y = L/2$

### Conclusions

The biggest concentrations of heavy metals are at the top layers of peat. Concentrations of trace elements are low. Metals concentration in peat profiles confirms with respect to the possibility of using metals concentration as indicator of the region and global environmental pollution. Data of metal concentration in peat bogs in different levels have been got not only by chemical analysis but using mathematical model as well. On practical analysis based mathematical model functionate. Modeling and practical data are very similar it means that model have practical application in real determination of metal concentrations.

The 3D diffusion problem in  $N$  layered domain described by a boundary value problem of the system of PDEs with piece-wise constant diffusion coefficients are approximate on the boundary value problem of a system of  $N$  PDEs.

The problem of metal concentration in the 2 layered peat block as an example of this algorithm is considered.

### References

1. Burba P., Beer A.M., Lukanov J. Metal distribution and binding in balneological paets and their aqueous extracts. *Fresenius J Anal Chem.*, 2001. 370: 419-425.
2. Vile M.A., Wieder R.K., Novak M. Mobility of Pb in Sphagnum-derived peat. *Biogeochemistry*, 1999. 45: 35-52.
3. Jennifer M.J., Hao J. Ombrotrophic peat as a medium for historical monitoring of heavy metal pollution. *Environ. Geochem. Health*, 1993. 15 (2/3), 67-74.
4. Syrovetnik K., Puura E., Neretnieks I. Accumulation of heavy metals in Oostriku peat bog, Estonia: site description, conceptual modeling and geochemical modeling of the source of the metals. *Environmental Geology*, 2004. 45, 731-740.
5. Markert, B. Inorganic chemical investigation in the Forest Biosphere Reserve near Kalinin, USSR. *Vegetatio.*, 1991. 95, 127-135.
6. Simon E.C., Thomas I. Sediments as archives of industrialization: evidence of atmospheric in coastal wetlands of Southern Sydney, Australia. *Water, Air, Soil Pollut.*, 2003. 149, 189-210.
7. Gao K., Pearce J., Jones J., Taylor C. Interaction between peat, humic acid and aqueous metal ions. *Environmental Geochemistry and Helth*, 1999. 21:13-26.
8. Rothwell J.J., Evans M.G., Allott T.E.H. In-Stream Processing of Sediment-Associated Metals in Peatland Fluvial Systems. *Water Air Soil Pollut*, 2008. 187: 53-64.
9. Castelloo M. Monitoring of airborne metal pollution by moss bags: a methodological study. *Studia Geobotanica*, 1996. 15: 91-103.
10. Adamo P., Crisafulli P., Giordano S., Minganti V., Modenesi P., Monaci F., Pittao E., Tretiacs M., Bargagli R. Lichen and moss bags as monitoring devices in urban areas. Part II: Trace element content in



- living and dead biomonitors and comparison with synthetic materials. *Environmental Pollution*, 2006. XX 1-8.
11. Culicov O.A., Yurukova L. Comparison of element accumulation of different moss and lichen-bags, exposed in the city of Sofia (Bulgaria). *Atmos.Chem.*, 2006.
  12. Shrivastav R., Mathur S.K., Shrivastav S., Shrivastav M.M., Das S., Prakash S. Bricks as historical record of heavy metals fallout: study on copper accumulation in agra soils since 1910. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1996. 40: 271-278.
  13. Benorr G., Rozan T., Patton P., Arnold C. Trace metals and radionuclides reveal sediment sources and accumulation rates in Jordan cove, Connecticut. *Estaries*, 1999. Vol.22, No 1. p.65-80.
  14. Brown P.A., Gill S.A., Allen S.J. Metal removal from wastewater using peat. *Water Res.*, 2000. 34, 3907-3916.
  15. Brown P., Gill S., Allen S.J. Determination of optimal peat type to potentially capture copper and cadmium from solution. *Water Environment Research*, 2001. 73, 351-362.
  16. Ho Y.S., John Wase D.A., Forster C.F. Batch nickel removal from aqueous solution by sphagnum moss peat. *Wat. Res.*, 1995. Vol. 29, No. 5, 1327-1332.
  17. Ho Y.S., Mckay G. Sorption of copper (II) from aqueous solution by peat. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2004. 158: 77-97.
  18. Ulmanu M., Anger I., Fernandez Y., Castrilon L., Maranon E. Batch chromium (VI) and Lead (II) removal from aqueous solutions by horticultural peat. *Water Air Soil Pollut.*, 2008. 194: 209-216.
  19. Teirumnieka E., Teirumnieks E., Klavins M. Using of peat sorbents in bivalent metals sorbtion from municipal solid waste landfills leachate. 4th International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications. The Petroleum Institute, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2009. Proceedings in CD 1-8.
  20. Bear J. Hydraulic of groundwater. Mc.Graw-Hill Inc., 1979.
  21. Buikis A. The analysis of schemes for the modeling some processes of filtration in the underground. Riga, *Acta Universitatis Latviensis*, Vol.592, 1994. 25-32.
  22. Krachler M., Shotyk W., Emons H. Digestion procedures for the determination of antimony and arsenic in small amounts of peat samples by hydride generation-atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta*, 2001. 432, 303-310.
  23. Thomas J. W. Numerical partial differential equations. Finite difference methods. Springer-Verlag, New-York, Inc., 1995.
  24. Gorres M., Frenzel B. Ash and metal concentrations in peat bogs as indicators of anthropogenic activity. *Water Air Soil Pollut*, 1997. 100, 335-365.

**OPTIMIZATION OF COMPLEX TECHNOLOGY FOR GREASE  
WASTES UTILIZATION**  
*KOMPLEKSĀS SMĒRVIELU ATKRITUMU UTILIZĀCIJAS  
TEHNOLOĢIJAS OPTIMIZĀCIJA*

**J. Aikaitė-Stanaitienė<sup>1</sup>, V. Matikevičienė<sup>1</sup>, D. Levišauskas<sup>2</sup>, S. Grigiškis<sup>1</sup>, E. Baškys<sup>1</sup>**

1- JSC "Biocentras", Graičiūno g. 10, 02241 Vilnius, Lithuania

Ph: +(370) 5 266 13 13, fax: +(370) 5 260 24 54, e-mail: biocentras@biocentras.lt

2- Kaunas University of Technology, Process Control Department

Studentų 50, 51368 Kaunas, Lithuania

---

**Abstract.** *Lipids constitute one of the major types of organic matter found in municipal wastewater. Many manufacturing, food processing and industrial facilities dispose of liquid waste into sewer lines. Liquid waste often contains fats, oils and grease and other organic contaminants which, over time, lead to clogs in pipes. The treatment of this problem is to clean pipes with caustic drain cleaners, mechanically rout the pipes or to replace the pipes completely. The second problem was the utilization of solid waste. JSC "Biocentras" suggest a very effective and innovative complex technology. Firstly, lipids from wastewater and from drain pipes surfaces are removing mechanically. Remained lipids and solid wastes were treated with a composition of active microorganisms. The novel composition is nonpoisonous, no corrosive, no caustic and ecologically advantageous. The invented technology ensures maximum results at the lowest cost in the shortest period of time.*

---

**Keywords:** *bacterial composition, biodegradation, greases, mathematical model, optimization.*

---

### **Introduction**

Sustainable technologies promote the development of green techniques and products in order to live in clean and healthy environment. New effective waste recycling and recovery technologies are introduced. Our goal is to develop an effective and affordable complex-technology for recovery of fatty pollutants from meat, fish and oil processing enterprises. At the same time, it will reduce the quantity of biodegradable waste disposed in landfills.

Lipids (characterized as oils, greases, fats and fatty acids) are one of the most important components of natural foods and many synthetic compounds and emulsions. Further, lipids constitute one of the major types of organic matter found in municipal wastewater [1]. The amount of lipid-rich wastewater increases every year due to urbanization and the development of factories. The incidence of grease in different businesses is quite considerable. These applies, for example, in slaughterhouses, sausage and meet product factories, restaurants, and fish processing plants, industrial undertakings in which oils and fats are processed and barrel-washing plants [2; 3]. Suspended lipids can be readily removed from wastewater by physical methods. Nevertheless, chemically and/or physically stabilized lipid/water emulsions should be managed in an appropriate manner. This is necessary because lipids that pass through physic-chemical treatment processes contribute to the levels of biological oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) in the effluents [4; 5; 6].

Many manufacturing, food processing and industrial facilities dispose of liquid waste into sewer lines. Liquid waste often contains grease and other organic contaminants which, over time, lead to clogs in pipes. The treatment of this problem is to clean pipes with caustic drain cleaners, mechanically rout the pipes or to replace the pipes completely. Even when grease-traps are included in a drainage system, the grease traps can form a permanent, solid grease layer over the top of the water which requires "pump-out" of the grease-trap [3; 7]. In other situations, liquid waste is disposed into septic tanks and drain-fields. High concentrations of FOG in the waste water can lead to grease build-up on rocks in the drain-field which

eventually form a seal over the rocks preventing water flowing into the drain-field. The treatment of this problem requires out the drain-field and replacing it with new materials [7]. Industrial and household fatty waste can be divided into two categories – "yellow" and "brown" fat. The first category fatty waste can be used for the secondary processing of animal feed additives, production of soaps, oils, cosmetics and skin care products. This type of waste can be composted either. The second type of fat is collected in fat catchers or generated as waste in other industrial processes, collected from pipes by mechanical. This fat is not recycled and must be handled according to the existing waste management requirements. Biodegradable organic waste of this origin can be incinerated, decayed or composted [8]. Thus biological treatment processes are commonly used to remove emulsified lipids from waste water and drain pipes. All biological methods could be grouped in two major classes: aerobic and anaerobic processes. During anaerobic treatment, fats are hydrolyzed to glycerol and long-chain fatty acids (LCFA) followed by subsequent  $\beta$ -oxidation [9; 10; 11]. Fat hydrolysis is not the rate-limiting step of treatment; however, millimolar concentrations of long-chain fatty acids are capable of inhibiting the growth of numerous microorganisms. Consequently, the occurrence of LCFA presents a serious problem for anaerobic cleanup systems [10; 12]. During aerobic treatment grease are converting into harmless solids, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. Moreover, LCFA are degraded by sequential removal of two-carbon atoms via the  $\beta$ -oxidation pathway, resulting in release of a fatty acid shorter by two carbons and acetyl-CoA, which is then subsequently oxidized to carbon dioxide by the tricarboxylic acid cycle [13].

JSC "Biocentras" suggest a very effective and innovative lipid-rich wastewater and pipelines clogged by lipids cleaning and composting of wastes rich in grease complex technology. Firstly, lipids from wastewater and from drain pipes surfaces are removing mechanically, and remaining lipids are treated with a culture of active microorganisms *Enterobacter aerogenes* E13 (a stem degrading lipids), *Arthrobacter sp.* N3 (the stem degrading aliphatic compounds) and *Bacillus coagulans* Š1 (the stem degrading complex peptide linkage). Item, this mixture of microorganisms could be using in grease traps and septic tanks, so it's able to avoid repeated cleaning of theirs. Air pollution by compounds, emitting unpleasant odors is reduced by using microorganisms. Furthermore, microorganisms compose a lively biofilm and protect the clogging of drainpipe.

Concentrated fatty waste obtained by mechanical removal, are composted in specially equipped places. These wastes are neutralized using active cultures of these microorganisms. Previous research has shown that this bacterial compositions created by JSC "Biocentras" breakdown effectively the fat in the water and soil and can therefore be applied to speed up composting. Developed technology is attractive for cleaner production/pollution prevention approach, as well as meets strict environmental and hygiene requirements.

The aim of experiments was to optimize complex grease wastes utilization complex technology, i.e. to set main optimal technological parameters of lipid-rich wastewater, drainpipes, contaminated by grease, cleaning and composting process.

### **Materials and methods**

Cultivation of bacterial composition of *Enterobacter aerogenes* E13, *Arthrobacter sp.* N3 and *Bacillus coagulans* Š1 was carried out in flasks. The 750 mL Erlenmeyer flasks containing 70 mL of complex nutrient medium were incubated at 30 °C in a rotary shaker Innova 43 (New Brunswick Scientific Co.) at 200 rpm for 16 h. All 3 cultures of microorganisms were used in the same amount.

As model fatty substrate were set the most common by composition of fatty acids fats in wastes such as porky fat, beefy suet and sunflower oil in the same amount by weight. All experiments were divided into three major groups, i.e. the selection of optimal parameters of

wastewater and pipelines biological treatments, and the determination of optimal parameters of composting process.

To set optimal biological wastewater treatment technological parameters of lipid-rich wastewater cleaning, 4 series of factorial experiments with 16 parallel tests in each were done. Factorial plans of experiments near to D-optimal experimental designs were used, invoking a methodology of reaction surface. The 750 mL Erlenmeyer flasks containing 200 mL of experimental solution were incubated at 30 °C in a rotary shaker Innova 43 (New Brunswick Scientific Co.) at 200 rpm for 48 and 72 h. Main technological parameters of cleaning process, were vary: pH (6-9), concentration of bacterial mixture (2-7 %) and concentration of fats (1-6 g/L).

For optimization of drainpipe, contaminated by grease, cleaning parameters four series of factorial experiments with 16 parallel tests in each were done. Near to D-optimal factorial plans of experiments were implemented in 750 mL Erlenmeyer flasks, placed in rotary shaker KS501 digital (Kika Labortechnik). Fatty substrate (2.0 g) was overspread on wall of plastic pipe, which interior area was 45.22 cm<sup>2</sup>. Fragments of pipes, clogged by lipids, were dipped in flasks, containing washing solution. Washing solutions were prepared using deionized water, and different hardness of water was got by using corresponding amounts of MgSO<sub>4</sub> and CaCl<sub>2</sub>. The temperature was maintained at 24 °C and main technological parameters, of cleaning process, were changed: pH (6.5-10.5), concentration of bacterial composition (2-7 %) and the hardness of water (0-3 mmol/L). The term of washing process was 1 and 3 days.

In all experiments the same mineral medium was used, prepared from water wherein salts (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> and KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), containing N, P, K elements, were dissolved in amount of 3 % of fat concentration. The pH of mineral medium was controlled by using 1 mol/l sodium hydroxide solution and 1 mol/l hydrochloric acid solution.

The fat content, humidity, pH and content of live microorganisms were assessed in compost mixtures during the composting optimization process. The composting process proceeded in 16 compost boxes with the natural ventilation, close to D-optimal (B3) factorial experimental design. The manipulated factors were: X<sub>1</sub> – percentage of fat mixture (5-20 %), X<sub>2</sub> – cell concentration of bacterial composition (10<sup>7</sup> – 10<sup>9</sup> CFU/g); X<sub>3</sub> – percentage of peat (5-15 %). For the measurement of the pH, the suspension of 1 mol/L potassium chloride solution in the ratio 1 : 2.5 (inoLab 720, Germany) was prepared [14]. Fats were biodegraded by bacterial composition. Reaction surface methodology based on factor experimental was used for optimization of technological parameters of fatty waste composting [15; 16].

In the end of experiments the amount of not-digested lipids was measured and the percentage of not-digested lipids was calculated. The amount of lipids was measured by method described Alef and Nannipieri [17] with some modification. The amount of digested lipids was given as a percentage of initial amounts of lipids in the wastewater, drainpipe or compost. The cell concentration, defined as colonies forming units per gram (CFU/g), was determined by plating diluted samples of lipids on nutrient agar (Oxoid) plates and incubating at 30 °C for 24 h [18].

### **Process optimization technique**

A new complex technology for grease wastes utilization was created (Fig.1.). During optimization procedure the optimal technological parameters of wastewater and drainpipe cleaning were determined and optimal composition of composting mixture was set. There were optimized technological processes of cleaning wastewater and drainpipes contaminated by grease parameters and composting process optimization was to determine the composition of composting mixture.

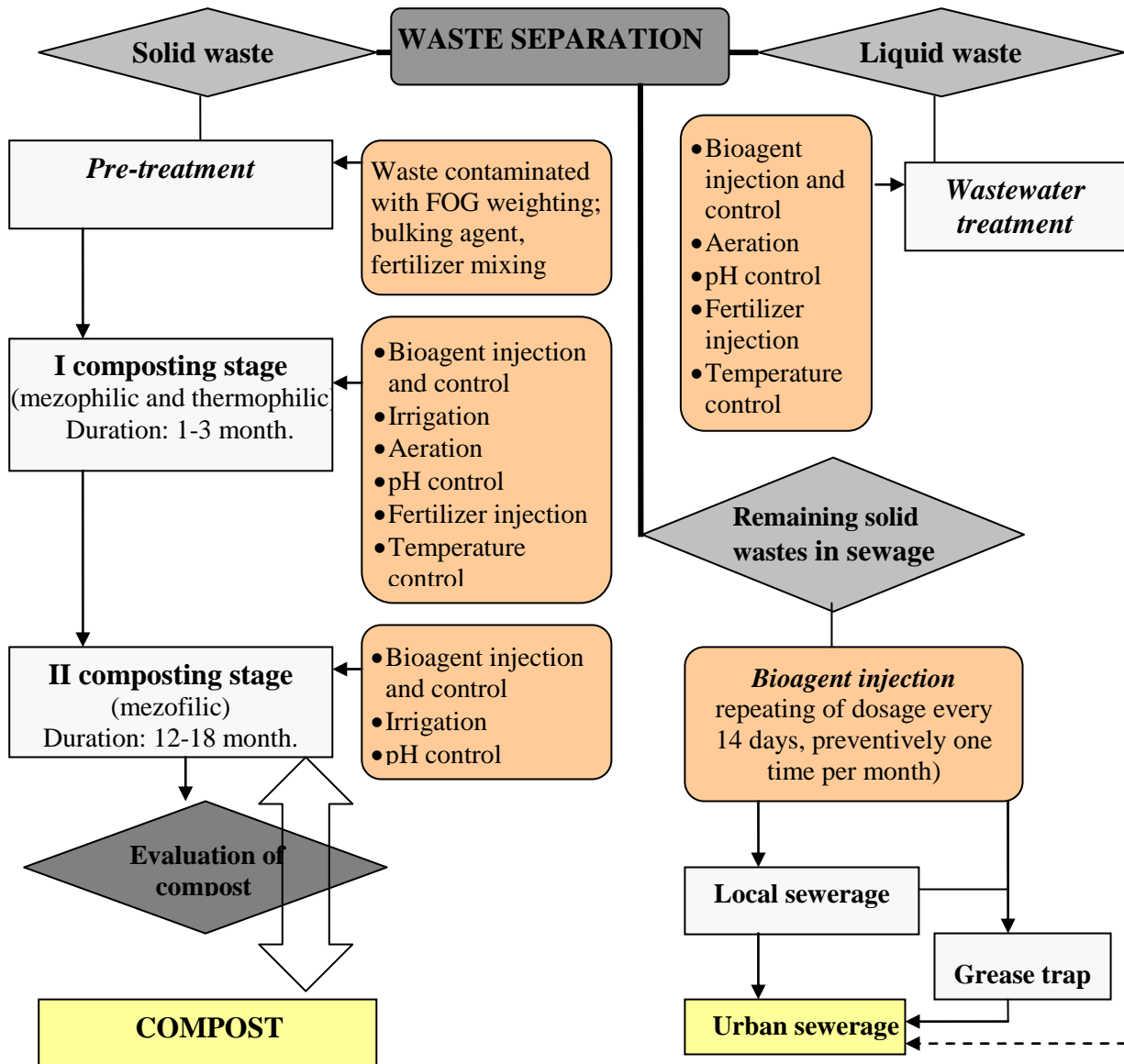


Fig.1. Complex technological for grease wastes utilization diagram

For all procedures optimization the response surface methodology was used [16, 18, 19], which includes design of factorial experiments, development of models for the response surface estimation and model-based search of optimum point.

Statistical models for approximation the desired response surfaces are developed using data of factorial experiments that were carried out according to close to D-optimal experimental designs  $B_n$  [15; 20]. Statistical test for model adequacy proved that the second order polynomial models were suitable for prediction the desired responses:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n a_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

where  $Y$  is predicted response (grease degradation/removal efficiency),  $x_i$  are independent variables (technological parameters subjected to optimization),  $a_i$  are the model parameters,  $n$  is a number of independent variables [15].

The model (1) parameters are identified using the least squares method [15].

Using the identified model (1) the point  $\mathbf{x}^* = [x_1^* \dots x_n^*]^T$  is calculated, at which the predicted response takes maximum value.

If the maximum point lies on the boundary of experimental design area, a normalized gradient vector at this point is calculated:

$$grad_n Y(\mathbf{x}^*) = \frac{\nabla Y(\mathbf{x})}{\|\nabla Y(\mathbf{x})\|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^*}}, \quad (2)$$

$$\nabla Y(\mathbf{x}) = \left[ \frac{\partial Y(\mathbf{x})}{\partial x_1} \quad \dots \quad \frac{\partial Y(\mathbf{x})}{\partial x_n} \right]^T.$$

The gradient vector (2) determines the search direction of the optimum point outside the experimental design area. Along the calculated direction, the expected location of optimum point is predicted and the new cycle of factorial experiment and response surface estimation around the predicted point is performed [16; 18]. If the calculated maximum point lies inside the experimental design area, this point is an optimum point and the test experiment is carried out at that point.

Calculations related to the statistical model identification and the response surface analyses are performed using Matlab/Simulink tools.

## Results and Discussion

### *Optimization of main technological parameters of lipid-rich wastewater cleaning*

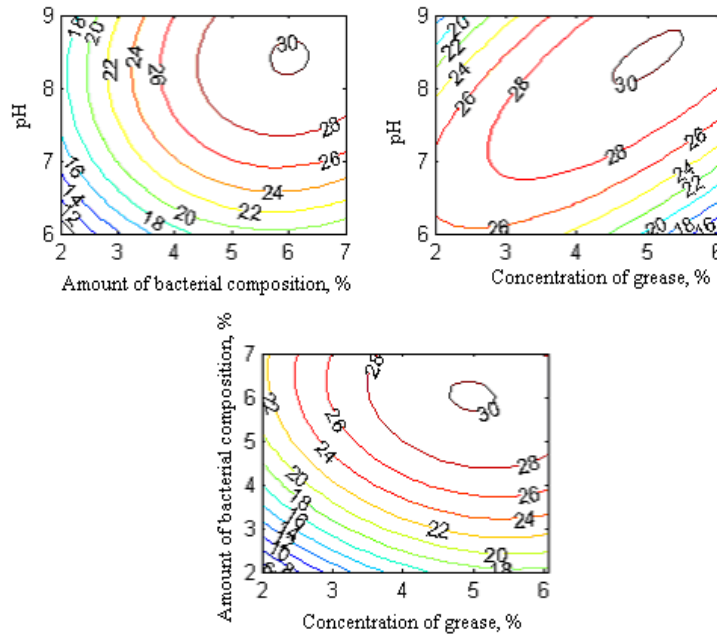
Oxidative biological processes in aqueous environments are limited by the low solubility of oxygen in water. However, lipids have detrimental effects on oxygen transfer. They reduce the rates at which oxygen is transferred to biofilms, thereby depriving the microorganisms of oxygen. This effect results in reduced microbial activity [6]. Also the presence of lipids in wastewater is related to occurrences of troublesome foam. JSC “Biocentras” suggest the modern biological treatment technology, according that the composition of microorganisms is placed in bioreactor filled of lipid-rich wastewater. To reduce the foaming problems the discontinuous aeration is used.

To use this technology in industry, it is necessary to set optimal technological parameters, such as pH, concentration of grease and amount of bacterial composition.

The response surface (amount of degraded grease depending on the technological parameters: grease concentration, amount of bacterial composition and pH) predicted by statistical model at the final stage of optimization procedure is presented by the isoresponse contour plots in Fig. 2.

The following optimal values of technological parameters are determined: concentration of grease – 4.5-6.0 g/L, amount of bacterial composition – 5.5-6.0 %, pH – 8-9. By realization the process at the optimal conditions, about 30 % of grease has been degraded in 2 days and about 60 % in 3 days. At the initial technological conditions: concentration of grease – 3.5 g/L, amount of bacterial composition – 4.5 %, pH – 7 (centre point of experimental design plan), from which the optimization procedure started amounts of degraded grease totaled 25 % and 45 %, respectively.

Due to optimization, the grease degradation (splitting) rate increased by 20-30 %.

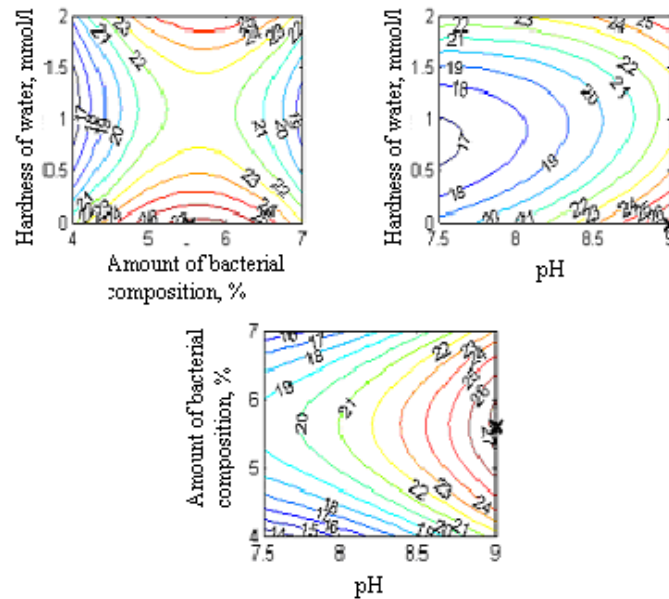


**Fig.2. Response surface of the amount of degraded grease depending on technological parameters**

**Optimization of main technological parameters of sewage pipelines, contaminated by grease**

To effectively use the developed technology in industry, it is necessary to optimize main technological parameters, such as pH and the amount of bacterial composition estimating both economically and in opinion of efficiency of grease biodegradation.

The response surface (amount of degraded grease depending on the technological parameters: hardness of water, amount of bacterial composition and pH) predicted by statistical model at the final stage of optimization procedure is presented by the isoresponse contour plots in Fig.3.



**Fig.3. Response surface of the amount of degraded grease depending on technological parameters**

The following optimal values of technological parameters were determined: hardness of water – 0.0 mmol/L, amount of bacterial composition – 5.5-6.0 %, pH – 9. At the optimal technological conditions, about 24 % of grease has been degraded in 1 day and about 40 % in 3 days.

Due to the use of tap water, whose total hardness reaches 3.5-4.0 mmol/L, for realization of biodegradation process, the grease degradation rate decreased by 15-20 % compared to rate at optimal conditions. It is advisable to equip water softening systems in factories. Using the tap water in compare with deionized water, the same efficiency of drainpipe cleaning is enriching over longer period of time.

### ***Optimization of main technological parameters of composting process***

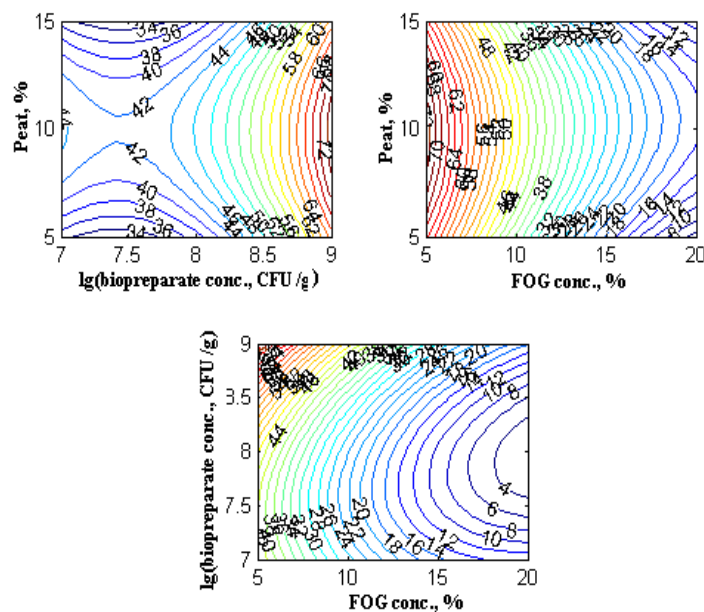
A visible reduction in the quantity of microorganisms in composting boxes, where the initial concentration of the mixture of fat was 12.5 % and 20 % was observed after 2 weeks. Microorganisms require a long adaptation period because fat is heavily degradable substrate. After the adaptation period lipolytic activity arises and fat degradation as well. The maximum fall in pH was detected in the same compost boxes.

The mathematical model for approximation the response surface (dependence of the fat degradation rate on the composition of composting mixture) was developed using data of the factorial experiment. The second-order multiple polynomial model demonstrates an adequate approximation of the response surface over the investigated region of the factor variations:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_1x_3 + a_9x_2x_3 \quad (3)$$

where Y is predicted response (percentage of degraded fat),  $x_1$  is percentage of fat mixture, %,  $x_2$  is cell concentration of bacterial composition, CFU/g,  $x_3$  is percentage of peat, %,  $a_i$  are the model parameters. The model parameters are identified using the least squares method and the statistical test for model adequacy [16] proved that the model (3) was suitable for prediction the fat degradation rate.

The calculated sectional views of the percentage of degraded fat after two weeks of composting in the vicinity of the predicted maximum percentage point are presented by isolines in Fig.4.



**Fig.4. Dependence of the degraded fat percentage (after 2 weeks) on the technological parameters: percentage of fat, inoculate cell concentration of bacterial composition and the percentage of peat in the vicinity of maximum degraded fat percentage point.**



The response surface based analysis has shown that the maximum rate of fat degradation (over 73 % within 2 weeks) was observed at the following technological conditions: the fat content – 5.0 %, cell concentration in bacterial compositions –  $10^9$  CFU/g, peat content – 9.5 %. The character of the response surface shows that the percentage degradation rate of fat increases with decreasing the initial fat concentration: by decreasing the initial concentration from 20 % to 5 % the percentage degradation rate rose over 3 times.

However, in economic terms it is reasonable to treat the compost with higher initial percentage of fat, at which the higher degradation rate over a longer period of time can be achieved in terms of absolute units. At the initial fat concentration 20 % in 6 weeks about 70 % of total fat was degraded.

### Conclusions

Developed complex greases wastes treatment technology was optimized. Firstly, lipids from wastewater and from drain pipes surfaces remove mechanically. Remaining lipids were treated with the composition of active microorganisms. Solid phase was composted using the composition grease oxidizing microorganisms.

The application of selected bacterium *Enterobacter aerogenes* E13, *Arthrobacter sp.* N3 and *Bacillus coagulans* Š1 in lipid-rich wastewater and in solid wastes composting treatment is very perspective process. The novel composition is nonpoisonous, no corrosive, no caustic and ecologically advantageous. By substantially reducing big amounts of grease which cause clogging of drainpipes, sewage pipelines was effective in deodorizing sewage/composting mixtures and eliminates clogging.

The optimal parameters for biological wastewater treatment were set: concentration of grease – 4.5-6.0 g/L, amount of bacterial composition – 5.5-6.0 %, pH – 8-9. In optimal conditions, the grease degradation process runs 20-30 % faster.

The optimal parameters for biological cleaning of pipelines clogged with grease were set: Ph – 8, amount of bacterial composition – 1.25 L/m<sup>2</sup> and harness of water – 0.0 mmol/L. At the medium hard water the rate of biodegradation process is 15-20 % less, it is recommended to equip the equipment for softening of water.

The optimal experimental composting mixture composition was determined: the initial fat content – 5 %, the concentration of bacterial composition's cells –  $10^9$  CFU/g, the quantity of structural materials – 9.5 %. Fat degradation rate slows down 3 times if the initial fat concentration increases from 5 % to 20 %.

The invented technology ensures maximum results at the lowest cost in the shortest period of time.

### Acknowledgment

This research is related to the Eureka project E!3726 supported by Agency for International Science and Technology Development Programmes in Lithuania.

### References

1. Quemeneur M., Marty Y. Fatty acids and sterols in domestic wastewater. *Water Research*, Vol. 28 No. 5, 1994. p. 1217-1226.
2. Lorenz H.E., Lang A., Lüling M., Ophardt H. Clearing waste water pipes or grease traps clogged with grease with a grease solvent. United States Patent No. 6706518 B2. 2004.03.16., 36 p.
3. Pollution Prevention Assistance Division. Georgia Department of Natural Resources [online]. 2007. Vilnius: [cited 18 December 2008]. Available from internet: <[www.p2ad.org/documents/ci\\_pubs\\_fog.html](http://www.p2ad.org/documents/ci_pubs_fog.html)>.
4. Keenan D., Sabelnikov A. Biological augmentation eliminates grease and oil in baker wastewater. *Water Environment Research*, Vol. 72, No. 2, 2000. p. 141-146.
5. Chang I.S., Chung C.M., Han S.H. Treatment of oily wastewater by ultra filtration and ozone. *Desalination*, Vol. 133, No. 3, 2001. p. 139-144.

6. Chipasa K.B., Mędrzycka K. Behavior of lipids in biological wastewater treatment processes. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, Vol. 33, No. 8, 2006. p. 635-645.
7. Dale P., Hill J.E. Composition for the treatment for municipal and industrial waste-water. United States Patent No. 5879928. 1999.03.09. 15 p.
8. Gea T., Artola A., Sánchez A. Co-composting sewage sludge and fats. Optimal ratios and process evolution. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety. Organic Waste Treatments: Safety Implications*. 2004. p. 223-228.
9. Batstone D.J., Keller J., Newell R.B., Newland M. Modelling anaerobic degradation of complex wastewater. I: model development. *Bioresource Technology*, Vol. 75, No. 1, 2000. p. 67-74.
10. Ivanov V.N., Stabnikova E.V., Stabnikov V.P., Kim I.S., Zubair A. Effects of Iron Compounds on the treatment of fat-containing wastewaters. *Applied Biochemistry and Microbiology*, Vol. 38, No. 3, 2002. p. 255-258.
11. Sousa, D. Z., Pereira, M. A., Alves, J. I., Smidt, H., Stams, A. J. M., Alves M. M. Anaerobic microbial LCFA degradation in bioreactors, in Session PP3A – Bio-electrochemical Processes 11th IWA World Congress on Anaerobic Digestion 23-27 September 2007 Brisbane, Australia, 2007, 7 p.
12. Rinzema, A., Boone, M., van Knippenberg, K., Lettinga, G. Bacterial effect of long-chain fatty acids in anaerobic digestion. *Water Environment Research*, No. 66, 1994, p. 40-49.
13. Ratledge, C. Microbial oxidation of fatty alcohols and fatty acids. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, No. 55, 1992, p. 399-400.
14. LST ISO 10390:2005. Soil quality – Determination of pH. 7 p.
15. Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley&Sons, 2001.
16. Myers, R.H., Montgomery, D.C. *Response Surface Methodology. Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. John Wiley & Sons. 2002, 798 p.
17. Ed. Alef, K., Nannipieri, P. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. London: Academic Press, Harcourt Brace& Company. 1995, 578 p.
18. Levišauskas, D., Tekorius, T., Čipinytė, V., Grigiškis, S. Experimental optimization of nutrient media for cultivation of *Arthrobacter* sp. bacteria. *Latvian Journal of Chemistry*, No. 1, 2004, p. 75-80.
19. Theodore, R., Panda, T. Application of response surface methodology to evaluate the influence of temperature and initial pH on the production of beta -1,3 glucanase and carboxymethyl cellulose from *Trichoderma harzianum*. *Enzyme and Microbial Technology*, Vol. 17, No. 12, 1995, p. 1043-1049.
20. Hartmann, K., Lezki, E., Schafer. W. *Statistische Versuchsplanung und Auswertung in der Stoffwirtschaft [Design of Experiments and Evaluation in the Material Economy]*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1974, 552 p.

# BIOLOGICAL SURFACE ACTIVE COMPOUNDS APPLICATION POSSIBILITIES AND SELECTION OF STRAIN WITH EMULSIFYING ACTIVITY

## BIOLOGIŠKO VIRSMAS AKTĪVO SAVIENOJUMU IZMANTOŠANAS IESPĒJAS

**Raimonda Celiešiūtė, Saulius Grigiškis, Vilma Čipinytė**

JSC "Biocentras"; Graičiūno 10, LT 02241, Vilnius, Lithuania

Ph: +(370-5) 266 13 13, fax: + (370-5) 260 24 54; e-mail: biocentras@biocentras.lt

---

**Abstract.** *The biological oil- polluted soil treatment method is used widely; however it is not effective enough because the microorganism's metabolism is affected by seasonal temperature fluctuation. Besides, soil remediation processes are very slow because of low solubility of oil and oil products in water. Biological surface active compounds show promising results in oil-polluted soil bioremediation. Three hydrocarbons degrading microorganisms strains, showing high emulsification activity were selected.*

**Keywords:** *surface active compounds, biosurfactants, bioremediation*

---

### Introduction

There is a public demand for environmental practices that reduce pollution and a growing demand for restoration of contaminated sites. A variety of chemical, physical and biological methods are used for oil- polluted soil remediation. The biological oil- polluted soil treatment method is used widely because it is cheap and relatively effective. However, it is not always easy to achieve desired results because microorganisms are dependent on seasonal temperature fluctuation [1], big oil concentration in oil- polluted soil [2] and on bioavailability of pollutants. The spontaneous soil remediation processes are very slow because of low solubility of oil and oil products in water [3, 4].

Surface active compounds (SAC's) are widely used wetting agents that lower the surface tension of a liquid, allowing easier spreading, and lower the interfacial tension between two liquids. Surfactants are organic molecules that usually consist of a hydrophobic and hydrophilic part. The hydrophilic part makes surfactant soluble in water, while the hydrophobic part makes them tend to concentrate at interfaces. The presence of surfactant molecules at air- water interface results in a reduction of the surface tension of aqueous solutions and leads to the stabilization of foams. Another characteristic of surfactants is the formation of micelles, small aggregates of surfactant molecules. Depending on the nature of the hydrophilic group, four types of surfactants can be distinguished: anionic, cationic, zwitterionic and non-ionic surfactants. Surfactants can be produced chemically (synthetic surfactants) and biologically (biosurfactants). The most common hydrophobic parts of synthetic surfactants are paraffins, olefins, alkylbenzenes, alkylphenols and alcohols; the hydrophilic group is usually a sulphate, sulphonate or a carboxylate group (anionic surfactants), a quaternary ammonium group (cationic surfactants), polyoxelene, sucrose or polypeptide group (non-ionic). The major classes of biosurfactants include glycolipids, phospholipids, fatty acids, lipopeptides/ lipoproteins, and biopolymeric biosurfactants. Surfactants are produced on large scale and have numerous applications, e.g., as additives in cleaning agents, food, cosmetics, in mining and road construction, detergents, fabric softeners, emulsifiers, paints, adhesives, inks, foaming agents, soil bioremediation etc. Some applications of biological surface active compounds are shown in Table 1.

Table 1.

**Biosurfactant uses and effects [5]**

<b>Use</b>	<b>Effect of surfactant</b>
<b>Metals</b>	
Concentration of ores	Wetting and foaming, collectors and frothers
Cutting and forming	Wetting, emulsification, lubrication and corrosion inhibition in rolling oils, cutting oils, lubricants, etc.
<b>Casting</b>	
Rust and scale removal	Mold release additives
Plating	In pickling and electrolytic cleaning
	Wetting and foaming in electrolytic plating
<b>Paper</b>	
Pulp treatment	Deresinification, washing
Paper machine	Defoaming, color leveling and dispersing
Calender	Wetting and leveling, coating and coloring
<b>Paint and protective coatings</b>	
Pigment preparation	Dispersing and wetting of pigment during grinding
Latex paints	Emulsification, dispersion of pigment, stabilize latex, retard sedimentation and pigment separation, rheology
<b>Waxes and polishes</b>	
	Emulsify waxes, stabilize emulsions, antistat
<b>Petroleum production/products</b>	
Drilling fluids	Emulsify oil, disperse solids, modify rheological properties of drilling fluids for oil and gas wells
<b>Worker of producing wells</b>	
Producing wells	Emulsify and disperse sludge and sediment in cleanout of wells
Secondary recovery	De-emulsify crude petroleum, inhibit corrosion of equipment
Refined products	In flooding operations, preferential wetting
	Detergent sludge dispersant and corrosion inhibitor in fuel oils crank-case oils and turbine oils
<b>Textiles</b>	
Preparation of fibers	Detergent and emulsifier in raw wool scoring; dispersant in viscose rayon spin bath; lubricant and antistat in spinning of hydrophobic filaments
Dyeing and printing	Wetting, penetration, solubilization, emulsification, dye leveling, detergency and dispersion
Finishing of textiles	Wetting and emulsification in finishing formulations, softening, lubricating and antistatic additives to finishes
<b>Agriculture</b>	
Phosphate fertilizers	Prevent caking during storage
Spray application	Wetting, dispersing, suspending of powdered pesticides and emulsification of pesticide solutions; promote wetting, spreading and penetration of toxicant
<b>Building and construction</b>	
Paving	Improve bond of asphalt to gravel and sand
Concrete	Promote air entertainment
<b>Elastomers and plastics</b>	
Emulsion polymerization	Solubilization, emulsification of monomers
Foamed polymers	Introduction of air, control of cell size
Latex adhesive	Promote wetting, improve bond strength
Plastic articles	Antistatic agents
Plastic coating and laminating	Wetting agents
<b>Food and beverages</b>	
Food processing plants	For cleaning sanitizing
Fruits and vegetables	Improve removal of pesticides, and in wax coating
Bakery and ice cream S	solubilize flavor oils, control consistency, retard staling
Crystallization of sugar	Improve washing, reduce processing time
Cooking fat and oils	Prevent spattering due to super heat and water
<b>Industrial cleaning</b>	
Janitorial supplies	Detergents and sanitizers
Descaling	Wetting agents and corrosion inhibitors in acid cleaning of boiler tubes and heat exchangers.
Soft goods	Detergents for laundry and dry cleaning
<b>Leather</b>	
Skins	Detergent and emulsifier in degreasing
Tanning	Promote wetting and penetration
Hides	Emulsifiers in fat liquoring
Dyeing	Promote wetting and penetration

Surface active compounds improve the bioavailability of highly hydrophobic pollutants. They reduce surface tension and therefore improve the solubility of oil and oil products in water and availability for the microorganisms. It is frequently observed that the rate of removal of compounds from soil is very low even though the compounds are biodegradable. Biodegradation of hydrophobic compounds may take place only in the aqueous phase. The rate at which a particular organic compound dissolves in water is critical to its biodegradability, as this governs the rate of transfer to the organism. The application of surfactants to release hydrophobic pollutants, with the objective of increasing their bioavailability and biodegradability, has mixed results [6]. In particular, surfactants vary greatly in their toxicity to humans and ecotoxicity, and their resistance to biodegradation may lead to the secondary pollution. This is one of the major barriers to the development of the technique. For soil remediation systems, another technology inhibiting observation is that the addition of surfactants to soil can form highly viscous emulsions that are difficult to remove. Large quantities of surfactants are also required [7] and in a soil system, large quantities of aqueous chemicals can ruin soil permeability. Many synthetic surfactants inhibit PAH-degrading microorganisms [7]. Introduction of a surfactant in the environment will always lead to contamination with this surfactant and is, therefore, of little use when the compound itself gives rise to environmental concern. Consequently, the toxicity of the surfactant and its potential degradation products is one of the most important criteria for the selection of surfactant in soil clean-up. Because of the use of the surfactants on large scale in detergents, the toxicity of these compounds has been tested relatively well. The toxic effect of surfactants on bacteria can be explained by two main factors: disruption of cellular membranes by interaction with lipid components and reactions of surfactant molecules with protein essential to the functioning of the cell.

Surfactants biodegradability is a factor that can have negative and positive effects in the use of surfactants for bioremediation. Negative effects can be caused by: depletion of minerals and oxygen; toxicity of surfactant intermediates, which are often more toxic than the parent compounds; or preferential degradation. Moreover, the degradation of the surfactant will reduce any bioavailability enhancing effects. The most obvious positive effect of surfactant degradation is the removal of the surfactant from the polluted site. Furthermore, the presence of a degradable surfactant may enhance the uptake rate of hydrocarbons. Another positive effect is that a degradable surfactant might be used as a primary substrate when the pollutant is degraded co-metabolically. Biologically produced surfactants occur naturally in soil, and the use of these surfactants in bioremediation processes may be more acceptable from a social point of view. In comparison with synthetic surfactants, a lower toxicity can be expected from most biosurfactants, although some biosurfactants can be as toxic as synthetic ones. The biological oil- polluted soil washing by biological surfactants is used more and more widely *in situ* and *ex situ* soil remediation. Biosurfactants may offer several advantages over synthetic surfactants; they are very effective surfactants, having about a 10 to 40 fold- lower critical micelle concentration than synthetic surfactants. Their production by microbes is widespread: in the last decade at least 13 new glycolipid producers and 13 new lipopeptide producers have been reported [7]. Biological surface active compounds are produced by a wide variety of microorganisms: *Pseudomonas* sp., *Rhodococcus* sp., *Acinetobacter* sp., *Azotobacter vinelandii* [8]. The low molecular mass biosurfactants are generally glycolipids or lipopeptides, the high molecular mass biosurfactants are polysaccharides, proteins, lipopolysaccharides, lipoproteins or complex of these biosurfactants [9]. Various biosurfactants, produced by different microorganisms are listed in Table 2.

Various biosurfactants produced by microorganisms [5]

Microorganism	Type of surfactant
<i>Torulopsis bombicola</i>	Glycolipid (sophorose lipid)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Glycolipid (rhamnose lipid)
<i>Bacillus licheniformis</i>	Lipoprotein (?)
<i>Bacillus subtilis</i>	Lipoprotein (surfactin)
<i>Pseudomonas sp.</i> DMS 2847	Glycolipid (rhamnose lipid)
<i>Arthrobacter paraffineus</i>	Sucrose and fructose glycolipids
<i>Arthrobacter</i>	Glycolipid
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Rhamnose lipid
<i>Pseudomonas sp.</i> MUB	Rhamnose lipid
<i>Torulopsis petrophilum</i>	Glycolipid and/or protein
<i>Candida tropicalis</i>	Polysaccharide-fatty acid complex
<i>Corynebacterium lepus</i>	Corynomycolic acids
<i>Acinetobacter sp.</i> HO1-N	Fatty acids, mono- and diglycerides
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Lipoheteropolysaccharide
Rag-1	(Emulsan)
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> 2CAC	Whole cells (lipopeptide)
<i>Candida lipolytica</i>	»liposan« (mostly carbohydrate)
<i>Candida petrophilum</i>	Peptidolipid
<i>Nocardia erythropolis</i>	Neutral lipids
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	Trehalose dimycolates
<i>Corynebacterium salvonicum</i> SFC	Neutral lipid
<i>Corynebacterium</i>	Polysaccharide-protein complex
<i>Hydrocarboclastus</i>	

The individual rhamnolipids are able to lower the surface tension of water from  $72 \text{ mN m}^{-1}$  to  $25\text{-}30 \text{ mN m}^{-1}$  at concentrations of  $10\text{-}200 \text{ mg l}^{-1}$ . After initial testing, rhamnolipids seem to have potential applications in combating marine oil pollution, removing oil from sand and in combating zoosporic phytopathogens [9].

The aim of this study is selection of microorganisms, producing biosurfactants, showing best results in emulsifying hydrophobic compounds.

### Materials and methods

**Microorganisms.** Forty two strains of hydrocarbon degrading microorganisms were used for the investigation. The microorganisms were isolated from the petroleum hydrocarbon polluted environment and are maintained in the cultures collection of JSC Biocentras.

**Media and cultivation conditions.** Nutrient broth (*Oxoid*, United Kingdom) was used for preparation of the inoculum. The cultures were grown in the broth for 16-18 h at  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in a rotary shaker (*Innova 43*, New Brunswick Scientific Co. Inc, USA) at 200 rpm. The submerged cultures were used as inoculum at the 2 % (v/v) level. For emulsification studies, microbial strains were cultivated in medium with following composition (g/l):  $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-}2.2$ ,  $\text{KCl-}0.1$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-}0.5$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4\text{-}0.1$ ,  $\text{CaCl}_2\text{-}0.01$ ,  $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O-}0.5$ ,  $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O-}0.05$ , Yeast extract – 0.1 and n-tridecane- 20.0. The final pH of medium was 7.2. Cultivations were performed in 750 Erlenmeyer flasks containing 100ml medium at  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in the rotary shaker at 200rpm for 48 h.

**Emulsification measurement.** Emulsification activity was measured by adding 5 ml n-hexane to 5 ml of 10 % suspension of culture liquid in 0.1 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and hand shaking for 30 s. The mixture was kept still 1 h prior to measurement. The emulsification activity was calculated by dividing the measured height of the emulsion layer by the total height and multiplying by 100.

## Results and discussion

The results are shown in Table 3. It is clearly seen three strains showing high emulsification activity: 21, Gr2 and N3 (68.2, 52.2 and 49.5 %, respectively) (Table 3.). The highest activity towards n- tridecane has strain 21 (68.2 %). These strains are selected to the future soil bioremediation technology using biological surface active compounds.

Table 3.

### Emulsification activity of culture liquid from hydrocarbon degrading microorganisms

Strain	Emulsification activity, %	Strain	Emulsification activity, %
C1	27.3	23	20.0
KM	18.7	NJ5	22.0
SM	22.4	NJ9	39.4
M1	25.6	S10	0.0
M2	20.4	S20	0.0
Maz1	0.0	NJ12	20.1
L2	0.0	S3	10.7
J1	12.0	S7	10.0
98	10.0	D1	0.0
V1	0.0	NJ1	0.0
N1	19.3	NJ11	9.7
Sv1	0.0	NJ13	0.0
Gr2	52.2	NJ2	0.0
Gr5	0.0	NJ15	12.3
K3	15.0	Isp13	19.2
E2	0.0	Isp71	22.9
T	14.7	Isp91	20.7
21	68.2	K11	21.0
PP	29.9	Isp51	24.5
P2	25.5	Isp52	22.0
N3	49.5	Z2	18.5

## Conclusions

- SAC's are applied widely in different areas, such as textile, food, inks, environment cleanup etc. Biological surfactants are more advantageous in comparison with synthetic because of lower toxicity and thus can be applied more widely.
- The method for selection of microorganisms having emulsification activity was selected and applied.
- Three strains, having high emulsification activity were selected from 42 hydrocarbons degrading microorganisms strains: 21, Gr2 and N3. The highest emulsification activity has strain 21- 68.2 %.

## Bibliography

1. Čipinytė V., Grigiškis S., Špokienė A., Baškys E. Žemos temperatūros įtaka naftos mikrobiologinio degradavimo procesui. Cheminė technologija Nr. 1, Kaunas: Technologija, 1995. p. 69-63.
2. Song H.G., Wang W. Bartha R. Bioremediation potential of Terrestrial fuel spills. Applied Environmental and Microbiology, Vol 56, No 3, Washington: American society of Microbiology, 1990. p. 652-656.
3. Beck A. J., Jones K.C. Limitations to the *in situ* remediation of soils contaminated with organic chemicals in relation to the potential to achieve clean-up criteria. Contaminated soil '95. Dordrecht: Kluwer 1995. p. 327-336.
4. Würdemann H., Lund N.C. Assessment of the biological *in situ* remediation. *In situ* aeration: air sparging, bioventing, and related remediation processes. Batelle Press, Columbus, USA, 1995. p. 237-247.
5. Kosaric N. Biosurfactants for Soil Bioremediation, Food Technol. Biotechnol. 39 (4) 2001. p. 295-304.
6. Philp J.C., Atlas R.M. Bioremediation of contaminated soils and aquifers. Bioremediation, Applied Microbial solutions for Real-world Environmental Cleanup. Washington, USA, 2005. 5. 1-49.

7. Philp J.C., Atlas R.M. Bioremediation of contaminated soils and aquifers. Bioremediation, Applied Microbial solutions for Real-World Environmental Cleanup. Washington, USA, 2005. p. 1-237.
8. Desai J.D., Banat I.M. Microbial production of surfactants and their commercial potential. Microbiol. Mol. Biol. Rev., 03, American Society for Microbiology. Vadodara, India, 1997. p. 47-64, Vol 61, No. 1.
9. Wullbrandt L.D.S. Rhamnose lipids- biosynthesis, microbial production and application potential. Appl Microbiol Biotechnol. Vol 51.1999. p. 22-32.



# GAISA VIDES KVALITĀTES MONITORINGA PILNVEIDOŠANAS IESPĒJU ANALĪZE

## THE ANALYSE OF AIR ENVIRONMENT QUALITY MONITORING IMPROVEMENT POSSIBILITIES

**Gotfrīds Noviks, Andris Skromulis**

Rēzeknes Augstskola

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

---

**Abstract.** Paper presents the results of air pollution analyses during last 8 years in Rēzekne city. There is carried out a research of atmospheric dust particles, found correlations between concentrations of different air pollutants. Is given overview about air quality measurements in other countries, pointed out air ionization importance on air quality evaluation. The aim of the research – to ground the extension of air quality monitoring indicators including parameters of the air ionisation and to work out an action program to improve an air quality in working areas and recreating zones.

**Keywords:** air pollution, air quality indicators, air ionization, air monitoring.

---

### Ievads

Gaisa kvalitāte ir viens no noteicošajiem faktoriem cilvēka pilnvērtīgas dzīves apstākļu nodrošināšanai. Vienlaikus gaisa vide ir visvairāk pakļauta piesārņojumam, bet nepārtrauktā gaisa masu pārvietošanās kā lokālajā, tā globālajā mērogā izsauc piesārņojuma izplatīšanos pa plašām teritorijām, piesārņojošo vielu koncentrācijas izmaiņas kā laikā, tā telpā. Līdz ar to gaisa piesārņojuma mērījumi, to pilnība un regularitāte kļūst par svarīgāko jebkuru monitoringa sistēmu sastāvdaļu.

Gaisa monitoringa punktu tīkls pašreiz pārklāj praktiski visu zemeslodi, bet mērāmo parametru veidi un to tehniskais nodrošinājums ir ļoti atšķirīgi. Tas dažkārt nedod iespēju veikt datu salīdzināšanu, to integrālo interpretāciju un līdz ar to gaisa kvalitātes izmaiņu prognožu izstrādi. Pēc būtības piesārņojuma izplatīšanās gaisā prognozes ir pat svarīgākas par laika prognozēm.

Neskatoties uz mērījumu daudzveidību pašlaik ir daudz maz stabilizējies mērāmo komponentu skaits.

Pilnas gaisa monitoringa shēmas realizācijas gaitā tiek mērītas 13 parametru grupas: amonjaks, oglekļa dioksīds, oglekļa oksīds, ogļūdeņraži, sērūdeņradis un kopējais sērs, slāpekļa oksīdi, ozons, suspendēto cieto daļiņu PM10 un PM2,5 koncentrācija, policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži, sēra dioksīds, kopējais suspendēto daļiņu daudzums, gaistošie organiskie savienojumi un vēja ātrums un virziens [1].

Liels izmērāmo parametru skaits neapšaubāmi dod plašāku un dziļāku informāciju par gaisa stāvokli, bet, par nožēlu, apgrūtina šo datu salīdzināšanu dažādos reģionos, to interpretāciju attiecībā pret kopējo gaisa kvalitātes raksturojumu.

Šajā sakarā tiek veidoti integrālie gaisa kvalitātes indeksi.

Tādam nolūkam Kanādā [2] ir izstrādāts gaisa kvalitātes indekss, kuru aprēķina, ņemot par pamatu tikai 5 galvenos piesārņotājus: oglekļa oksīds CO, putekļu daļiņas PM2,5, slāpekļa dioksīds NO<sub>2</sub>, ozons O<sub>3</sub> un sēra dioksīds SO<sub>2</sub>. Izmērot šos parametrus attiecīgajā punktā, tiek aprēķināti vienoti indeksi katram parametram pēc 100 ballu sistēmas. Attiecīgā mērījumu punkta gaisa kvalitātes indekss atbilst maksimālajam no šiem 5 parametriem piesārņojumam.

Latvijas lielākajās pilsētās arī ir izveidotas gaisa kvalitātes monitoringa stacijas. Rēzeknē tāda stacija darbojas kopš 2001.gada ar iespēju mērīt SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM10, PM2,5, benzolu un

toluolu. Diemžēl gandrīz nepārtraukti, sākot ar 2001.g., tika mērītas tikai SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, un O<sub>3</sub> koncentrācija gaisā.

Gaisa kvalitātes jēdziens nevar norobežoties tikai ar vielu koncentrāciju gaisā. Ideāli tīrs gaiss ir tikpat nederīgs cilvēka organismam kā destilēts ūdens. Gaiss ir vide, kurā var koncentrēties ne tikai dažādas vielas, bet arī enerģētiskie lauki, turklāt to izcelsme var būt dažāda. Tie var būt elektromagnētiskie vai elektrostatiskie lauki, kuru avots atrodas ārpus analizējamā gaisa tilpuma un nav saistīts tieši ar gaisu. Ir arī lauki, kas saistīti ar gaisa jonizāciju, kad pirmām kārtām skābekļa molekulas jonizējoties iegūst pozitīvo vai negatīvo lādiņu.

Līdzīgi kā piesārņojošās vielas, arī enerģētiskie lauki var radīt spēcīgu ietekmi uz cilvēku un dzīvo dabu. Pētot enerģētisko lauku līmeni un tā izmaiņas gaisa vidē, ir iespējams iegūt informāciju par gaisa kvalitāti un tās izmaiņām. Starp enerģētiskajiem laukiem un gaisa mehānisko un ķīmisko piesārņojumu pastāv zināmas kopsakarības.

Pozitīvo un negatīvo gaisa jonu – aerojonu – koncentrācija piezemes atmosfērā ir atkarīga no daudziem enerģētiskiem un ķīmiskiem, dabīgiem un antropogēniem iedarbības faktoriem. Svarīgi ir tas, ka aerojoni ne tikai ietekmē apkārtējo vidi, bet tie nonāk savstarpējā mijiedarbībā ar citiem ķīmiskiem piesārņojošiem komponentiem gaisā.

Gaisa jonizācija ir pozitīvo un negatīvo aerojonu veidošanās gaisā dabiskas vai mākslīgas, antropogēnas iedarbības rezultātā. Kā dabiskie jonizācijas enerģijas avoti var būt zemes garozas radioaktīvais fons, kosmiskais starojums, ūdens pilienu berze (hidroaerojonizācija), gaisa masu kustības berze, magnētiskās vētras, atklāta liesma, nokaitēti ķermeņi u.c. [3].

Aerojonus iedala pēc lādiņa zīmes un jonizēto molekulu izmēriem. Mazie joni pieder pie vienas grupas, tiem ir vienāda molekulas uzbūve un viens elementārais lādiņš, savukārt vidēja izmēra un lieli joni veidojas, apvienojoties mazajiem joniem, kā arī tiem fiksējoties uz gaisā suspendētajām daļiņām un aerosoliem.

Aerojonu iedalījums, kā arī to kustīgums atkarībā no masas atspoguļots 1.tabulā.

1.tabula

**Aerojonu īpašības zemes virsmas tuvumā [4]**

	<i>Mazie joni</i>	<i>Vidējie joni</i>	<i>Lieli joni</i>
Rādiuss r (cm)	6·10 <sup>-8</sup>	(1 - 5)·10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-5</sup>
Elementārlādiņš q	±1	±1	līdz ± 10
Kustīgums (cm <sup>2</sup> /V*s)	1,5	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>-4</sup>
Dzīves ilgums	30 - 300 sek.	minūte - stunda	diena - nedēļa
Koncentrācija cm <sup>3</sup>	100 - 1000	(1 - 10)·10 <sup>3</sup>	(1 - 100)·10 <sup>3</sup>

Aerojonu koncentrācija gaisā var mainīties ļoti lielā diapazonā. Francijas Vidusjūras piekrastē skaidrā laikā veiktie mērījumi uzrāda 200 000 līdz 400 000 negatīvo aerojonu uz 1 cm<sup>3</sup> gaisa, savukārt Parīzes metro ir tikai 3 līdz 4 negatīvie aerojoni uz 1 cm<sup>3</sup> gaisa [4].

Aerojonu ietekme uz apkārtējo vidi ir atkarīga kā no jonizācijas pakāpes, tā arī no jonu polaritātes. Jonu polaritāti parasti raksturo ar unipolaritātes koeficientu K, kas ir pozitīvo jonu koncentrācijas attiecība pret negatīvo jonu koncentrāciju 1cm<sup>3</sup> gaisa:

$$K = \frac{n^+}{n^-}$$

Kad atmosfēras gaisa sastāvā esošās gāzu molekulas tiek uzlādētas negatīvi, pirmām kārtām negatīvi uzlādējas skābekļa molekulas. Turpretī oglekļa dioksīda molekulas uzlādējas pozitīvi.

Daudzkārtīgie pētījumi pierāda, ka kopumā cilvēka veselību labvēlīgi iespaido negatīvie aerojoni, bet pozitīvie – nelabvēlīgi [5; 6; 7]. Negatīvie skābekļa joni, uzņemti organismā caur elpceļiem, nekavējoties ņem daļību skābekļa parciālā spiediena organismā veidošanā, līdz ar to ietekmējot dzīvības procesus visā organismā. Paaugstinot skābekļa parciālo spiedienu

asinīs, paaugstinās arī organisma spēja izvadīt CO<sub>2</sub>. Negatīvo aerojonu inhalācija ietekmē sirdsdarbību [4], palīdz ārstēt elpošanas orgānu slimības, kalpo kā dabiskais antidepressants utt. [5].

Vienlaikus paliek daudzi neizpētīti jautājumi, saistīti ar aerojonu veidošanās apstākļiem un to ietekmi uz aerojonu koncentrāciju un veidiem, to mijiedarbību ar gaisā suspendētām cietām daļiņām un gāzēm u.c.

Ņemot vērā iepriekš teikto, kļūst skaidrs, ka aerojonu pētījumi ir svarīgs solis gaisa kvalitātes uzlabošanā nepārtrauktas industriālās slodzes uz gaisu palielināšanās apstākļos.

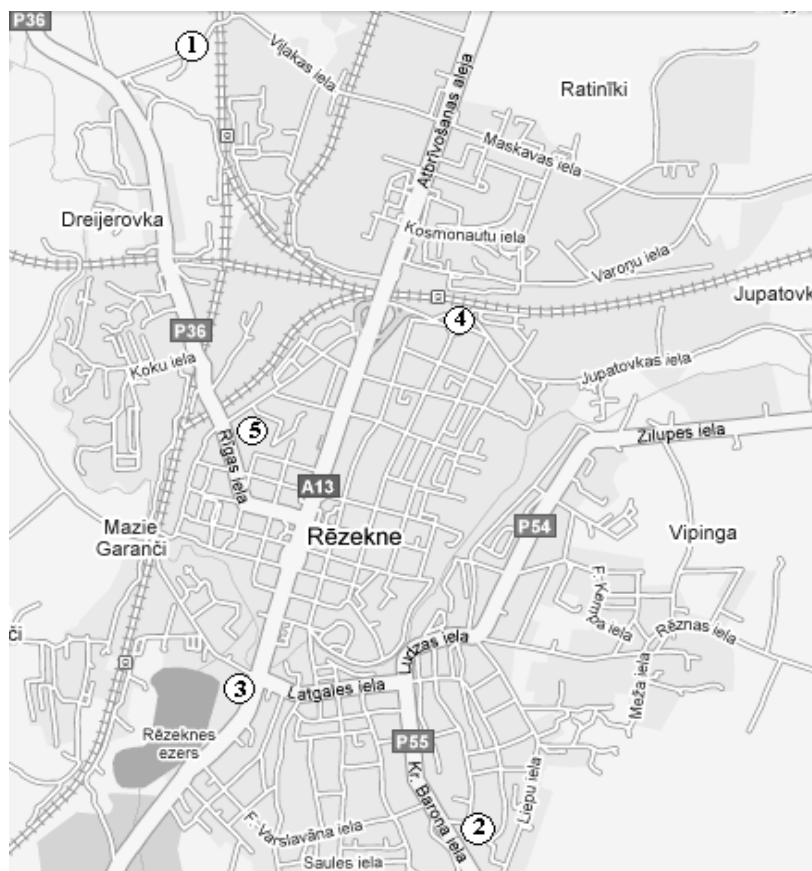
Pētījuma mērķis ir izanalizēt datus par gaisa kvalitātes izmaiņām Rēzeknē, izpētīt gaisa putekļainības līmeņus, aerojonu koncentrāciju izmaiņu dinamiku Rēzeknes pilsētā un izstrādāt priekšlikumus gaisa monitoringa sistēmas pilnveidošanai. Šajā darbā tiek izklāstīti pirmie pētījuma rezultāti.

### Pētījumu objekti un metodes

Pētījuma objekts – Rēzeknes pilsētas gaisa piesārņojuma līmenis un tā izmaiņas laikā.

Lai spriestu par gaisa kvalitātes līmeni un tā izmaiņām Rēzeknes pilsētā, tika apkopoti visi pieejamie dati, kas iegūti gaisa kvalitātes monitoringa stacijā 8 gadu garumā.

Papildus tika veikta putekļu sastāva kvalitatīvā analīze. Putekļu paraugu savākšanas vietas izvēlētas, balstoties uz iepriekš veikto Rēzeknes Augstskolas gaisa kvalitātes rajonēšanu pilsētā pēc lihenoindikācijas metodes. Tika izvēlētas 2 vietas salīdzinoši tīrā pilsētas vidē ar labiem gaisa kvalitātes rādītājiem un 3 vietas, kur sagaidāma lielāka piesārņojošo vielu klātbūtne (1.attēls).



1.att. Putekļu paraugu ņemšanas punktu izvietojums Rēzeknes pilsētā

1.paraugu ņemšanas punkts – Viļakas iela – atrodas pie Rēzeknes pilsētas robežas. Tai blakus ir Ančupānu mežs un nav intensīvas apbūves.

2.paraugu ņemšanas punkts – privātmāju dzīvojamais rajons iepretim Miera ielas kapiem – ir kluss. Tajā nav intensīvas satiksmes.

3.paraugu ņemšanas punkts – Atbrīvošanas alejas un Latgales ielas krustojums – ir pats dzīvākais krustojums Rēzeknes pilsētā. Satiksmes intensitāte ir augsta. Rītos un vakaros šajā krustojumā mēdz veidoties sastrēgumi. Automašīnu rinda centra virzienā var sasniegt vairākus desmitus transporta vienību.

4.paraugu ņemšanas punkts – Dzelzceļa stacijas Rēzekne-2 apkārtnē tiek uzskatīta par vienu no piesārņotākajām ne tikai gaisa, bet arī augsnes un ūdeņu ziņā. Stacijā norit aktīva pasažieru un preču vilcienu kustība. Gar staciju ir izvietota viena no nozīmīgākajām pilsētas ielām – Stacijas iela. Šīs teritorijas putekļu sastāvā sagaidāms samērā augsts auto un sliežu transporta radītais piesārņojums.

5.paraugu ņemšanas punkts – Rēzeknes gaļas kombināta apkārtnē līdz šim nav uzskatīta par īpaši piesārņotu, tomēr te bieži ir jūtama specifiska smaka.

Paraugi tika iegūti, savācot sakrājušos putekļus no rūpīgi notīrītas stikla plāksnes, kas tika atstāta uz noteiktu laiku iespējami tuvu nepieciešamajai putekļu paraugu ievākšanas vietai. Paraugi tika pakļauti analīzei zem mikroskopa. Stikla plāksnes atrašanās ilgums konkrētā vietā bija izvēlēts tāds, lai savāktu putekļu daudzums būtu pietiekams mērījumiem un reprezentatīvs. Šis laiks atkarībā no vietas bija 2-8 stundas. Putekļu paraugi tika savākti 2007.gada oktobrī – novembrī diennakts laikā no 13.00 līdz 17.00.

Putekļu paraugu analīze tika veikta ar digitālo gaismas mikroskopu „BMBA300” Rēzeknes Augstskolas Lietišķās ekoloģijas un dabas resursu laboratorijā. Tā okulāru palielinājums ir 10x. Tika iegūti un ar datorprogrammu apstrādāti putekļu attēli ar 40x, 100x un 400x palielinājumu.

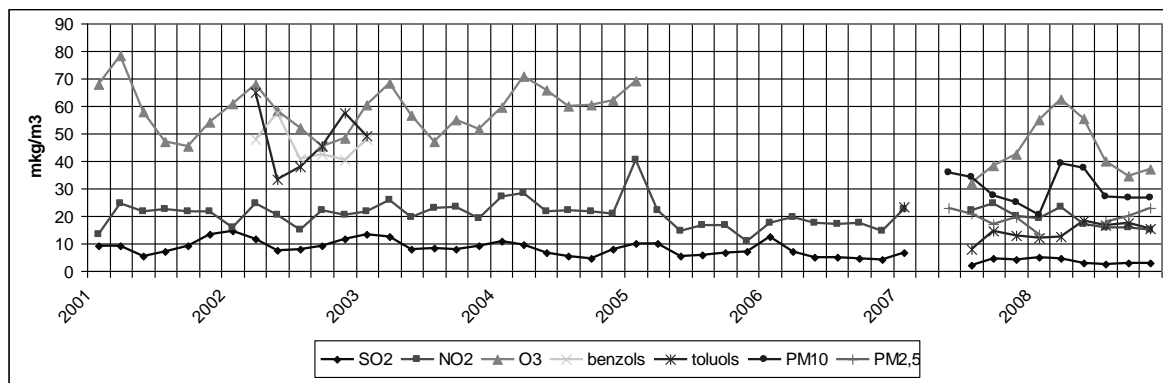
Lai izvērtētu aerojonu līmeni un to izmaiņu dinamiku, tika veikti arī vieglo aerojonu koncentrācijas mērījumi dažādās Rēzeknes pilsētas vietās. Tika izmantots portatīvais aerojonu skaitītājs „Сапфир-3м” ar minimālo izšķirtspēju 10 joni uz  $\text{cm}^3$ . Paralēli pozitīvo un negatīvo aerojonu koncentrācijai tika noteikta arī temperatūra, relatīvais gaisa mitrums, atmosfēras spiediens, vēja ātrums un virziens. Mērījumi tika veikti 1 nedēļas laikā katru dienu plkst. 8.00 un 17.00. Vienā no nedēļas dienām tika veikti mērījumi katru stundu no plkst. 8.00 un 17.00 ar mērķi sekot līdzi jonu koncentrācijas un pārējo mērāmo parametru izmaiņām darba dienas garumā. Katrā mērīšanas reizē tika aprēķinātas vidējās pozitīvo un negatīvo jonu koncentrācijas no 10 mērījumiem.

### Rezultāti un to izvērtējums

Apkopojot Rēzeknes pilsētas gaisa monitoringa stacijas mērījumu rezultātus laika posmā no 2001.g. līdz 2008.g. [8; 9] diagrammā, redzams, ka septiņu gadu garumā piesārņojuma līmenis ir bijis diezgan stabils. Nosakāmo vielu koncentrācija ar retiem izņēmumiem ir bijusi pieļaujamās koncentrācijas robežās. Gandrīz nepārtraukti mērījumi ir pieejami tikai par  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  un  $\text{O}_3$ . Praktiski visu piesārņotāju koncentrācijai ir vērojamas cikliskas svārstības atkarībā no gadalaika. Ozona koncentrācijas maksimumi novērojami martā – aprīlī. Ziemas mēnešos pieaug arī  $\text{SO}_2$  un  $\text{NO}_2$  koncentrācija, bet 2008.gadā tas vairs neizpaužas tik izteikti. Šīs koncentrācijas svārstības izskaidrojamas galvenokārt ar izmešiem apkures sezonā. Pavasara mēnešos ir novērojams arī putekļainības (PM 10) pieaugums, kas izskaidrojams galvenokārt ar pilsētas ielās no ziemas palikušajām izbērtajām smiltīm, kuras vēja iedarbībā tiek paceltas piezemes atmosfērā (2.attēls).

$\text{SO}_2$  vidējā koncentrācija 8 gadu laikā ir  $7,46 \text{ mkg/m}^3$ . 2007.gada augustā ir reģistrēta mēneša minimālā koncentrācija –  $2,1 \text{ mkg/m}^3$ . Tā maksimāli pieļaujamā diennakts vidējā koncentrācija (Rd)  $125 \text{ mkg/m}^3$  un maksimāli pieļaujamā stundas koncentrācija (Rh)  $470 \text{ mkg/m}^3$  8 gadu laikā nekad nav pārsniegtas. Lielākā diennakts vidējā koncentrācija 51

mkg/m<sup>3</sup> sasniegta 2002.gada janvārī, bet lielākā stundas koncentrācija 176 mkg/m<sup>3</sup> 2001.g. martā.

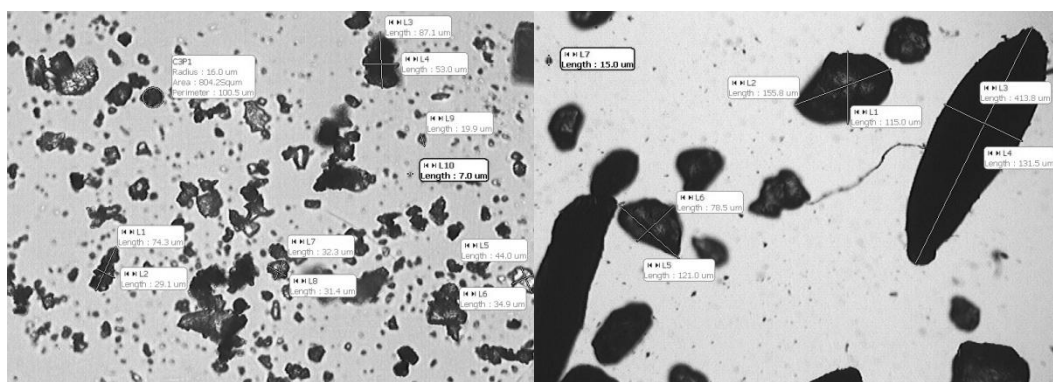


2.att. Gaisa kvalitātes monitoringa datu apkopojums Rēzeknē 2001.-2008.g.

NO<sub>2</sub> vidējā koncentrācija 8 gadu laikā ir 20,65 mkg/m<sup>3</sup>. Minimālā mēneša koncentrācija 11 mkg/m<sup>3</sup> ir bijusi 2005.g. novembrī un decembrī, bet maksimālā 51 mkg/m<sup>3</sup> tā paša gada februārī. NO<sub>2</sub> tiek normēta tikai maksimāli pieļaujamā stundas koncentrācija (Rh) 290 mkg/m<sup>3</sup>. Tā nav sasniegta ne reizi, bet 2005.g. februārī tika sasniegta Rh 223 mkg/m<sup>3</sup>, kas pārsniedz iedzīvotāju informēšanas rādītāju veselības aizsardzībai.

O<sub>3</sub> vidējā koncentrācija 8 gadu laikā ir 54,97 mkg/m<sup>3</sup>. Minimālā mēneša koncentrācija 31,5 mkg/m<sup>3</sup> ir bijusi 2007.g. augustā, bet maksimālā 82 ir reģistrēta 2001.g. martā. Maksimālā stundas vidējā koncentrācija 124 mkg/m<sup>3</sup> reģistrēta 2003.g. martā, taču tā ne reizi nav sasniegusi iedzīvotāju informēšanas rādītāju veselības aizsardzībai 180 mkg/m<sup>3</sup>.

Veiktie putekļu kvalitatīvā sastāva pētījumi parādīja, ka Viļakas ielā pie Ančupānu meža putekļu sastāvā dominē smilšu graudiņi ar vidējiem vai salīdzinoši lieliem izmēriem, kā arī putekļi, kas veidojušies no ceļmalā augošo augu daļām. Kā putekļu izcelsmes avots šajā vietā var būt neasfaltētā Viļakas iela. Pūšot A vai DA vējam, ir iespējama arī piesārņojuma pārnese no pilsētas industriālā Ziemeļu rajona, it sevišķi no Ziemeļu rajona katlumājas (Rēzeknes TEC). Smilšu graudiņu ekvivalentais diametrs ir 99,8÷135 un vairāk mkm, augu palieku – 270 mkm un vairāk. Nedaudz ir sastopama arī smalkāka putekļu frakcija ar d = 10÷15 mkm (3.attēls). Šajos putekļu paraugos praktiski nemaz nav samanāmi kvēpi, kas liecina, ka gaiss ir tīrs no ogļūdeņražu nepilnīgas sadegšanas produktiem. Paraugu ņemšanas laiks sakrīt ar laiku, kad Rēzeknes pilsētas Ziemeļu rajonā vēl nebija uzsākta apkures sezona.

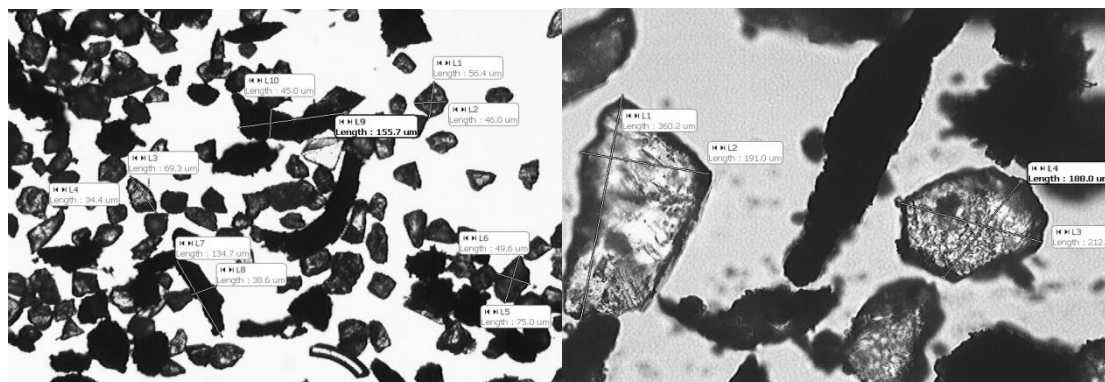


3.att. Putekļi Viļakas ielā pie Ančupāniem un Miera ielā simtkārtīgā palielinājumā

Otrā sākotnēji par salīdzinoši tīru uzskatītajā paraugu ņemšanas vietā – Miera ielā iepretim kapiem – tipiski ievērojami mazāku smilšu graudiņu (aptuveni 40 mkm) sajaukums ar ne visai lieliem kvēpiem, kas tomēr nereti ir lielāki par smilšu graudiņiem (aptuveni 70 mkm).

Krišjāņa Barona iela, kas ir viena no Rēzeknes maģistrālajām ielām, atrodas aptuveni 300m attālumā no parauga ņemšanas vietas, turklāt uz to laiku satiksme šajā ielā bija apturēta remontdarbu veikšanas dēļ. Lielākais gaisa piesārņotājs šajā rajonā varētu būt privātmāju skursteņi. Smilšu un kvēpu savstarpējās attiecības ir līdzīgas (50/50). Praktiski nevar pamanīt augu u.c. izcelsmes putekļus. Salīdzinoši lielo kvēpu saturu var izskaidrot ar to, ka laikā, kad Rēzeknes pilsētā vēl nebija pieslēgta centrālā apkure, privātmājās jau darbojās krāšņu apkure, kurās tiek sadedzināta ne vien malka, bet arī akmeņogles. Salīdzinoši daudz ir arī smalko daļiņu ar izmēriem 1÷20 mkm.

Latgales ielas un Atbrīvošanas alejas krustojuma putekļu sastāvs ir ļoti daudzveidīgs. Tajā dominē smilšu graudiņi ar ekvivalento diametru 50÷60 mkm un īpatnējas, iegareni izliektas formas kvēpi ar garumu 130÷150 mkm un platumu 35÷40 mkm, tātad ekvivalento diametru 82,5÷95 mkm. Ir sastopami arī cita veida kvēpi, kuri ir apaļāki un izmēru ziņā līdzinās smilšu graudiņiem. Tas liek domāt, ka šie kvēpi nāk no dažādiem avotiem. Kopējais kvēpu daudzums varētu būt aptuveni vienāds ar smilšu graudiņu daudzumu. Nelielā daudzumā ir sastopami arī no augu paliekām veidojušies putekļi un citas nenosakāmas daļiņas, kurām varētu būt tehniska izcelsme. Domājams, ka lielākā daļa kvēpu un melnas krāsas daļiņu izcelsme ir no autotransporta izplūdes gāzēm un, ļoti iespējams, atmosfērā ar vēju tiek paceltas arī riepu dilšanas procesā radušās smalkās gumijas paliekas (4.attēls).



4. att. Putekļi Atbrīvošanas alejas un Latgales ielas krustojumā simtkārtīgā un pie dzelzceļa stacijas Rēzekne-2 četrsimtkārtīgā palielinājumā

Visdaudzveidīgākie izmēru ziņā ir putekļi, kas ievākti dzelzceļa stacijas Rēzekne-2 rajonā. Šajos putekļu paraugos dominē ļoti plaša izmēru spektra un formas kvēpu daļiņas. To izmēri var variēt no dažiem mikrometriem līdz dažiem simtiem mikrometru. Smilšu komponente ir samērā vienvēidīga ar ekvivalento diametru 80÷100 mkm. Nedaudz ir sastopamas augu izcelsmes paliekas un īsti nenoskaidrojamas izcelsmes putekļi. Domājams, ka lielais kvēpu saturs putekļos izskaidrojams ar dzelzceļa transporta darbību, kā arī ar Stacijas ielu, kas kalpo kā smagā transporta apvedceļš (4.attēls).

Autostāvvietā pie Rēzeknes Gaļas kombināta saskaņā ar lihenoindikācijas datiem atrodas vidēji stipri piesārņotā teritorijā. Kombināta apkārtne bieži ir jūtama specifiska smaka, kas nāk no ražošanas cehiem un lopkautuves. Kombināts atrodas divu nozīmīgu ielu – Dzelzceļnieku un Rīgas – krustojumā, uz kurām vērojama salīdzinoši liela kravu automobiļu, kas apbrauc pilsētas centru, un autobusu, kuri dodas uz autoostu, plūsma. Gaļas kombināts atrodas netālu no dzelzceļa. Pūšot D, DR vējiem, šajā teritorijā iespējama piesārņojuma nokļuve no pilsētas centrālās katlumājas. Putekļu paraugu ņemšanas laiks sakrita ar apstākli, kad dažādu iemeslu dēļ Rēzeknes centrālā katlumājā par kurināmo uz laiku tika izmantots mazuts. Bija redzams, ka nosēdušos putekļu krāsa mainās atkarībā no kurināmā izmantošanas: laikā, kad centrālajā katlumājā kurināja mazutu, putekļu paraugu krāsa kļuva krietni tumšāka. Tas pierāda katlumājas izmešu ietekmi uz šo rajonu. Šajos paraugos sastopamas smilšu un

kvēpu daļiņas aptuveni vienādās proporcijās ar ļoti mainīgiem izmēriem, turklāt ir konstatētas citas komponentes – samērā daudz organisku palieku, domājams, no gaļas kombināta ventilācijas sistēmas – ādas plēksnītes, apmatojuma daļas, arī augu izcelsmes paliekas.

Kā redzams, putekļu sastāvs dažādās pilsētas teritorijās ir pietiekami atšķirīgs un raksturo konkrēto pilsētas daļu piesārņojošos avotus. Aptuvenais vizuāli noteiktais putekļu sastāvs procentos no daļiņu skaita ar tipiskiem izmēriem visās paraugu ņemšanas vietās apkopots 2.tabulā.

2.tabula

**Putekļu daļiņu procentuālais sastāvs**

<i>Parauga ņemšanas punkts</i>	<i>Smilšu graudiņi, %</i>	<i>Kvēpi, %</i>	<i>Organiskās paliekas, %</i>	<i>Citas daļiņas, %</i>
1.	90	0	10	0
2.	50	50	0	0
3.	49	49	1	1
4.	55	40	3	2
5.	40	40	5	15

Svarīgs ir ne tikai kopējās situācijas vispārīgs apraksts, bet arī katra konkrētā piesārņotāja tendenču analīze un piesārņotāju koncentrācijas korelācija savā starpā. Tā kā Rēzeknē putekļainības mērījumi ir veikti neilgu laika posmu, lai noskaidrotu tās korelāciju ar citiem parametriem, tika izmantoti LVĢMA gaisa monitoringa dati Rīgā novērojuma punktos Brīvības un Valdemāra ielā. Pētot dažādu piesārņotāju koncentrācijas korelāciju, redzams, ka starp tiem pastāv zināmas sakarības. Visnozīmīgākā tālākai analīzei ir visu parametru korelācija ar putekļainību (PM10 daļiņām), jo, pateicoties jonizēšanai, gaisu iespējams atītīt no putekļiem un līdz ar to arī no citiem piesārņotājiem, kuri uz tiem adsorbējušies. 3.tabulā ir apkopoti katras piesārņojošās vielas korelācijas koeficienti ar PM10 5 gadu laikā Valdemāra ielā [10].

3.tabula

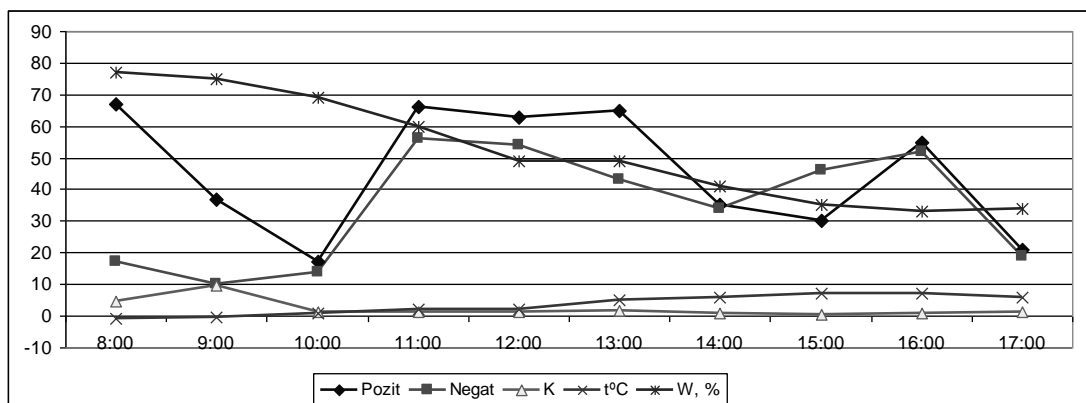
**Parametru korelācija ar PM10 Valdemāra ielā**

Parametrs	2003.g.	2004.g.	2005.g.	2006.g.	2007.g.	2003. – 2007.g.
NO <sub>2</sub>	0,82	0,63	0,84	0,51	0,79	0,46
Ozons	- 0,16	- 0,25	0,02	0,60	- 0,52	- 0,02
Benzols	0,89	0,15	- 0,70	0,28	- 0,11	0,24
CO	0,38	0,51	0,48	0,40	0,86	0,36

Visspēcīgākā korelācija ilgākā laika posmā putekļainībai pastāv ar NO<sub>2</sub>, taču ar CO un benzolu tā ir vājāka. Tomēr, apskatot korelācijas koeficientu pa atsevišķiem gadiem, redzams, ka var pastāvēt arī ļoti spēcīga korelācija, piemēram, NO<sub>2</sub> un PM10 2005.gadā tā bijusi pat 0,84. Taču ilgākā laika posmā korelācijas izmaiņas savā starpā ievērojami kompensējas. PM10 korelācija ar ozonu pārsvarā ir negatīva. Palielinoties PM 10 un citu piesārņotāju koncentrācijai, ozona koncentrācija samazinās.

Aerojonu pētījumu rezultātā noteikts, ka to koncentrācija darba dienas griezumā ir stipri mainīga. Unipolaritātes koeficients vairākas reizes dienā maina savu vērtību. Plkst. 8.00 tas ir 4,63, bet plkst. 15.00 tā vērtība ir 0,65, kas liecina par negatīvo jonu pārsvaru. Gaisa temperatūra darba dienas laikā pieauga no -1°C līdz +6°C, bet relatīvais gaisa mitrums samazinājās no 77% līdz 34%. Domājams, ka vairāk par visiem pieminētajiem faktoriem aerojonu koncentrāciju objektā pie *Hanzas Maiznīcas* ir ietekmējis vēja ātrums un virziens. Ap plkst. 14.00 vēja virziens bija mainījies no ZR ar ātrumu 2m/s uz R, un ap plkst. 15.00 tas kļuva brāzmaināks un sasniedza 4m/s. Acīmredzot gaisa jonu migrāciju spēcīgi ietekmē gaisa

masu pārvietošanās. Aerojonu koncentrācijas straujās izmaiņas dienas laikā liecina, ka turpmāk ir nepieciešami detalizēti pētījumi par to ietekmējošiem faktoriem un likumsakarībām.



5.att. Aerojonu koncentrācijas, unipolaritātes koeficienta, temperatūras un relatīvā gaisa mitruma izmaiņas darba dienas laikā Rēzeknē pie *Hanzas Maiznīcas*

Lai šo uzdevumu sekmīgi realizētu, ir lietderīgi paplašināt monitoringa stacijā mērāmo parametru klāstu, pirmām kārtām nodrošinot ozona, benzola, toluola un putekļainības (PM10 un PM2,5) regulārus mērījumus. Esošās stacijas darbs jāpapildina ar CO un CO<sub>2</sub> mērāparatūru, jo tās ir galvenās sadegšanas procesus raksturojošas gāzes. Tādā veidā ir iespējams labāk kontrolēt un novērtēt satiksmes intensitātes radīto piesārņojumu, kā arī visu ar dedzināšanas procesiem saistītās saimnieciskās darbības radīto gaisa piesārņojumu. Monitoringa stacijā ir jāiekļauj arī gaisa jonizācijas mērījumi, kas ietver vieglo pozitīvo un negatīvo aerojonu koncentrācijas mērījumus, no kuriem iespējams aprēķināt kopējo aerojonu koncentrāciju un unipolaritātes koeficientu. Vieglo aerojonu koncentrācija gaisā ir parametrs, kuru ietekmē ļoti daudzi faktori, un tas ir laikā stipri mainīgs, tomēr tam ir liela ietekme uz iedzīvotāju labsajūtu un veselību. Izmaiņas aerojonu koncentrācijā vai sastāvā var kalpot kā indikators piesārņojuma draudiem, kura cēlonis vēl nav identificēts.

Viena monitoringa stacija nespēj reģistrēt gaisa kvalitātes izmaiņas dažādos pilsētas rajonos. Ir iespējama piesārņojuma pārnese starp dažādiem pilsētas rajoniem, kā arī situācija, kad būtisks piesārņojums netiek reģistrēts. Izveidot speciālu monitoringa staciju tīklu, kas aptver visu pilsētu, būtu efektīvs solis gaisa kvalitātes kontroles uzlabošanā, taču tas prasa lielus kapitālieguldījumus. Pasaules pieredze rāda, ka daudz lietderīgāk ir izveidot ar nepieciešamo aparatūru aprīkotu mobilu monitoringa staciju. Tā Kanādā, ASV un citās valstīs tiek ekspluatētas mobilās gaisa monitoringa laboratorijas – automašīnas, speciāli aprīkotas ar aparatūru 12 ķīmisko piesārņotāju koncentrācijas mērījumiem, kā arī meteoroloģisko datu ieguvei (6.attēls, 4.tabula).

Iekļautā aprīkojumā GPS sistēma fiksē mērījumu vietas koordinātes. Šāda laboratorija ir spējīga īsā laikā apkalpot lielas teritorijas un iegūt datus gaisa stāvokļa noteikšanai un tā izmaiņu dinamikas izvērtēšanai visā teritorijā tādā līmenī, ko nekādi nevar realizēt ar stacionārajām iekārtām. Latvijas apstākļos viena šāda laboratorija būtu spējīga nepārtraukti dot atjaunotu informāciju par lielu (ja ne visu) Latvijas teritorijas daļu.

Paveiktā analīze liecina, ka Latvijas apstākļiem atbilstošā gaisa monitoringa laboratorijā jāiekļauj šādu parametru mērījumi.

Gaisa mitrums, temperatūra, vēja ātrums un virziens ir vispārīgi meteoroloģiskie faktori, kas parasti tiek reģistrēti paralēli visiem gaisa piesārņojuma mērījumiem. Informācija par vēja virzienu un ātrumu ir nepieciešama, lai būtu iespējams prognozēt piesārņojuma izplatīšanos vai citu gaisa kvalitātes parametru izmaiņas.





6.att. Luiziānas Štatā ASV izveidotā gaisa kvalitātes monitoringa mobilā stacija „MAML” [11]

4.tabula

**Mobilajā gaisa monitoringa stacijā nosakāmie parametri**

NO <sub>2</sub>	aerojonu koncentrācija
SO <sub>2</sub>	elektrostatiskie lauki
O <sub>3</sub>	radioaktīvais fons
CO	relatīvais gaisa mitrums
CO <sub>2</sub>	temperatūra
benzols (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	vēja virziens un ātrums
putekļainība (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> )	

**Secinājumi**

Cilvēka veselībai nepieciešams ne tikai tīrs gaiss bez piesārņojošām vielām, bet arī ar vieglajiem aerojoniem bagāts gaiss – ideāli 3000-5000 negatīvo jonu uz cm<sup>3</sup> un 1500-3000 pozitīvo jonu uz cm<sup>3</sup> (sanitārā norma Krievijas Federācijā attiecīgi ir 600 un 400 jonu uz cm<sup>3</sup>). Vieglo aerojonu koncentrācija pilsētas vidē un dzīvokļos bieži nesasniedz pat sanitāro normu. Gaisa jonizācija ne tikai uzlabo cilvēka pašsajūtu un veselību, bet veicina arī gaisa attīrīšanu no smalkajiem putekļiem un tā dezinfekciju.

Putekļu paraugu analīze no dažādām Rēzeknes pilsētas vietām apstiprina agrāk veikto gaisa kvalitātes novērtējumu ar lihenoindikācijas metodi – pilsētas daļās ar vismazāko ķērpju apaugumu konstatēts arī vislielākais kvēpu saturs putekļos. No putekļu paraugu analīzes izriet, ka vistīrākais gaiss ir rajonā pie Ančupānu meža, bet Latgales ielā un pie dzelzceļa stacijas „Rēzekne-2” ievāktie putekļi ir ar vislielāko kvēpu saturu.

Gaisa piesārņojums Rēzeknes pilsētā 8 gadu laikā ir bijis pieļaujamo koncentrāciju normas robežās, tam nav īpašas tendences samazināties, tomēr ir izteiktas sezonālās svārstības, piemēram, ozona koncentrācijas maksimums novērojams martā – aprīlī. Ziemas mēnešos pieaug arī SO<sub>2</sub> un NO<sub>2</sub> koncentrācija. 8 gadu laikā koncentrācijas vidējās vērtības ir 7,46 mkg/m<sup>3</sup> (SO<sub>2</sub>), 20,65 mkg/m<sup>3</sup> (NO<sub>2</sub>) un 54,97 (O<sub>3</sub>).

Jonu koncentrācija gaisā ir atkarīga no daudziem gaisa stāvokļa parametriem, tajā skaitā enerģētiskajiem, tāpēc aerojonu koncentrācijas lielumu var uzskatīt par gaisa enerģētiskā stāvokļa kompleksu raksturotāju.

Gaisa kvalitātes monitoringa stacijās dažādās Latvijas pilsētās tiek veikti atsevišķu gaisa piesārņotāju koncentrācijas mērījumi, taču paralēli praktiski netiek kontrolēti gaisa enerģētiskie parametri. Tajās būtu jāiekļauj arī gaisa jonizācijas mēraparāti.

Pilnvērtīgai gaisa kvalitātes novērtēšanai un kontrolei ir jāizveido mobilā gaisa monitoringa laboratorija, kura iekļauj arī vieglo aerojonu koncentrācijas mēriekārtu.

### Summary

The quality of air is the most important factor for human beings healthy life.

It demands continuous observation of air composition and it's changes in time and space. Nowadays air monitoring stations are spreaded over the whole world.

Complete air quality analyse includes about 13 groups of parameters – carbon monoxide and dioxid, nitric oxides, ammonia, hydrogen sulphide, sulphar dioxide, hydrocarbons, volatile organic compounds, aromatic hydrocarbons, ozone, suspended particles PM10 and PM2,5, and meteorological data.

In Latvia the largest cities have monitoring stations, but except Riga there is mainly only one station in city and these stations do not measure all characteristics of air. So it is in Rezekne.

The data of air monitoring in Rezekne show that regular measurements during last 8 years were performed only for SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>. Average air pollution level was approximately changeless. During all this period the concentration of SO<sub>2</sub> was about 7,46 mkg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> – 20,65 mkg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> – 54,97 mkg/m<sup>3</sup>. More considerable changes were between seasons (SO<sub>2</sub> – from 2,1 – to 176 mkg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> 11-223 mkg/m<sup>3</sup>, O<sub>3</sub> 31,5-124 mkg/m<sup>3</sup>).

Only from year 2007 started measurings of benzol, toluol and suspended solid particles' (PM10 and PM2,5) concentration.

On purpose to obtain information about composition of dust particles in Rezekne were chosen 5 observation points in the city streets with different pollution level from different pollution sources. The particles were studied in microscope and visually determinate their composition and size.

Were established that dust contains particles 80-100 mkm in size and consists mainly of sand and dross in different proportions.

It is important that the air quality is not depended from pollution with matter substances only. Must be considered that air is saturated with different energetic fields – some of them are external, some –internal, depended on state of air molecules – their ionization level.

It is proved that air ionization substantially influences human health as well as other living organisms in nature

At the same time the measurements of air ionization is not widespread.

To realize the situation about Rezekne city air ionization were carried out measurements of positive and negative aeroions concentration in different parts of Rezekne. The results showed signficiant changes of ionization during daytime. For example – the unipolarity coefficient varies in the diapason 0,65-4,63.

It means that cosidering the importance of ionization for human health must be recommended to complement standard measured data at the monitoring stations with air ionization parameters (concentration of anjons, cations and between them – light, middle and heavy ions).

The world experience shows that most appropriated for large scale measurements of air parameters in many points of city or region almost simultaneously with the less difference in measures time it is better to employ mobile air monitoring laboratories. In the Latvia such 3-4 laboratories would be able to provide necessary daily information about all country.

The mobile laboratory must include equipment to determine NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, benzol, dust particles, concentration of aeroions, radioactivity, electrostatical fields and meteorological data: moisture, temperature, wind velocity and direction at least.

#### Literatūra

1. Air monitoring: what we look for. Sk. Internet (30.04.2009.) <http://environment.alberta.ca/620.html>
2. Air Quality Index. Sk. Internet (30.04.2009.) <http://environment.alberta.ca/617.html>
3. Туктагулов А. Ионизация воздуха в природе. Sk. Internet (16.10.2007.) [www.ionozation.ru/articles/](http://www.ionozation.ru/articles/)
4. Danze J.M. L'ionisation de l'oxygene. Sk. Internet (16.08.2007.) <http://www.delvaux-danze.be/ioniation.htm>
5. Air ion effects on human performance. Sk. Internet (20.08.2007.) <http://www.static-sol.com/library/articles/air%20ion%20effects.htm>
6. Tkachenko Y. Magnetic ion shield. Sk. Internet (16.08.2007.) <http://www.magneticcast.com/ecology/shield.html>
7. Vergessene Faktoren – die Ionen der Atemluft. Sk. Internet (16.08.2007.) <http://www.novolution.de/Informationen/Semmelweiss-Ionen.pdf>
8. Npublicēti Rēzeknes domes Vides departamenta materiāli, 2008.
9. Npublicēti LVĢMA materiāli, 2009.
10. Gaisa piesārņojuma mērījumu rezultāti Rīgā 2003.-2004., 2005., 2006. un 2007.gadā. Rīga: Rīgas domes Vides departamenta Gaisa aizsardzības nodaļa, 2008.
11. Mobile Air Monitoring Lab (LAML) . Sk. Internet (30.04.2009.) <http://deq.louisiana.gov/portal/tabid/2693/Default.aspx>

# DEGRADATION OF KERATIN CONTAINING WASTES BY BACTERIA WITH KERATINOLYTIC ACTIVITY

## KERATĪNU SATUROŠO ATKRITUMU DEGRADĒŠANA AR BAKTĒRIJU

Veslava Matikevičienė, Danutė Masiliūnienė, Saulius Grigiškis

JSC "Biocentras", Graičiūno g. 10, 02241 Vilnius, Lithuania

ph.: +(370-5) 266 13 13, fax: +(370-5) 260 24 54, e-mail: biocentras@biocentras.lt

---

**Abstract.** *The aim of this study was to select keratin-degrading bacteria from JSC "Biocentras" collection and poultry processing plant wastewater, and to study their ability to degrade chicken feathers. Isolated from poultry processing plant wastewater bacteria was grown in basal media with feathers meal and showed high keratinolytic activity and protein content throughout the cultivation time. Bacterial strains B. licheniformis 511, B. subtilis 11, B. subtilis 717, and B. subtilis 103 suggested strongly of bacteria that produces keratinolytic activity in the cell free culture supernatants. The obtained results showed that maximum activity of keratinase is a function of cultivation time by the bacteria tested. B. subtilis 103 reached to its maximum level of keratinase production (152 U/mL) after 24 hrs, when over bacteria (148-242 U/mL) after 48 hrs. The good ability of selected bacteria to degrade feathers was detected. The best biodegradation of feathers was obtained using B. subtilis I-1. Over bacillus good degraded feathers as well.*

**Keywords:** *Feather, feather degrading bacterium, keratins, keratinolytic activity, poultry wastes.*

---

### Introduction

Keratins are the most abundant proteins in epithelial cells of vertebrates and represent the major constituents of skin and its appendages such as nail, hair, feather, and wool. The protein chains are packed tightly either in  $\alpha$ -helix ( $\alpha$ -keratins) or in  $\beta$ -sheet ( $\beta$ -keratins) structures, which fold into final 3-dimensional form [1; 2; 3]. Keratins are grouped into hard keratins (feather, hair, hoof and nail) and soft keratins (skin and callus) according to sulphur content [4]. These proteins belonging to the scleropeptides group are compounds that are extremely resistant to the action of physical, chemical and biological agents. One of the main characteristics of keratins is that they have high mechanical stability and resistance to proteolytic degradation, which depends on the disulfide and hydrogen bonds, salt linkages and other crosslinkings [5; 6]. Therefore, keratinous material is water insoluble and extremely resistant to degradation by common proteolytic enzymes such as trypsin, papain and pepsin [4; 6; 7].

The leather and fur plants as well as slaughterhouses throw away considerable amounts of materials containing keratin; such as wool, bristle, horns, feathers, hoof, etc. Until recent years, these materials along with other animal wastes were treated at high temperatures and then milled in order to produce the so called "animal flour" and used as "protein supplement" into the feed mixtures of domestic animals. However, it was established that this flour is the carrier of the enigmatic cause (Called prion) of some related disease (mad cow, swine fever, bovine spongiform encephalopathy, Creutzfeldt-Jacob disease, etc.) [8; 9].

World-wide poultry processing plants produce millions of tons of feathers as a waste product annually, which consists of approximately 90% keratin. Feathers represent 5-7% of the total weight of mature chickens. These feathers constitute a sizable waste disposal problem. Several different approaches have been used for disposing of feather waste, including land filling, burning, natural gas production and treatment for animal feed [8; 10; 11]. Most feather waste is land filled or burned which involves expense and can cause contamination of air, soil and water [10; 11]. Feathers hydrolysed by mechanical or chemical treatment can be converted to feedstuffs, fertilizers, glues and foils or used for the production of amino acids and peptides [5]. An alternative to decrease this pollution is the utilisation of feather constitutes that can use as animal feed, preventing accumulation in the environment and the

development of some types of pathogens. Traditional ways to degrade feathers such as alkali hydrolysis and steam pressure cooking may not only destroy the amino acids (methionine, lysine, histidine) but also consume large amounts of energy [12; 13]. Utilizing poultry feathers as a fermentation substrate in conjunction with keratin-degrading microorganism or enzymatic biodegradation may be a better alternative to improve nutritional value of poultry feathers and reduce environmental waste.

A group of proteolytic enzymes which are able to hydrolyze insoluble keratins more efficiently than other proteases are called keratinases produced by some microorganisms [7; 12]. Keratinase properties depend upon its producers. It is usually a serine protease [7; 13]. Occasionally, it has been found to be a serine protease with a cysteine protease [13; 14] and a metallo protease [13; 15]. Keratinolytic enzymes have important utilities in biotechnological processes involving keratin-containing wastes from poultry and leather industries, through the development of non-polluting processes. After hydrolysis, the feathers can be converted to feedstuffs, fertilizers, glues, films and as the source of rare amino acids, such as serine, cysteine and proline [4; 12; 16].

Many keratinases from species of *Bacillus* [5; 6; 11; 12; 13; 17], fungi [1; 18; 19] and *Actinomycetes* [2; 7] has been reported and some of them were purified and characterized.

The aim of this study was to select keratin-degrading bacteria from JSC “Biocentras” collection and poultry processing plant wastewater, and to study their possibility to degrade chicken feathers.

### Materials and methods

**Organisms.** Bacterial strains (*Bacillus licheniformis* 511, *Bacillus subtilis* I-1, *Bacillus subtilis* 717, and *Bacillus subtilis* 103) screened for extracellular keratinolytic activity were obtained from JSC “Biocentras” collection. Also microorganism from poultry processing plant wastewater from JSC “Vilniaus paukštynas” showing keratinolytic activity was isolated.

**Microorganism isolation.** Water sample was collected from a local poultry industry. The sample were flooded in saline solution 0.9 %, suspension up to  $10^{-6}$  were made and used to streak milk agar plates (5 g/L peptone, 3 g/L yeast extract, 100 mL/L sterile non-fat milk, and 12 g/L agar) which were incubated at 30 °C for 24 hrs for primary screening of proteolytic activity. Strains that produced clearing zones in this medium were selected.

**Growth conditions.** Two mediums (pH 7.4) used for keratinase production contained the following constituents (g/L): NaCl 0.5,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.7,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  1.4,  $\text{MgSO}_4$  0.1 and feather meal 10 (Medium 1) or soy flour 10 (Medium 2). Cultivation was performed using 500 mL Erlenmeyer flasks containing 100 mL medium for 24 hrs at 37°C with constant shaking at 200 r/min. As inocula, 4% (v/v) bacteria grew in Oxoid Nutrient broth for 20 hrs. Culture supernatants obtained after centrifugation at 8000×g for 20 min were used for further study.

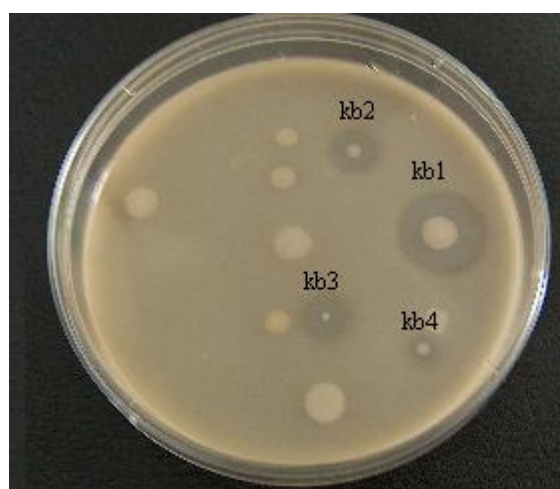
**Keratinolytic activity.** Keratin azure (Sigma-Aldrich, USA) was used as the substrate. The 5 mg keratin azure was suspended in 1 mL 50 mmol/L Tris-HCl buffer (pH 8.0). The reaction mixture contained 1 mL keratin azure suspension and 1 mL appropriately diluted enzyme. The reactions were carried out at 50°C with constant agitation of 200 r/min for 1 hr. After incubation, the reactions were stopped by adding 2 mL 0.4 mol/L trichloroacetic acid (TCA) and followed by filtration to remove the substrate. The filtrate was spectrophotometrically measured for release of the azo dye at 595 nm. One unit (U) of keratinase activity was defined as the amount of enzyme causing 0.01 increases in absorbance between sample and control at 595 after one hour under the conditions given. The result was taken as an average of three replicates.

**Protein determination.** Protein concentration was determined by Lowry *et al.* [20], methodology. Bovine serum albumin was used as a standard.

**Degradation of keratin wastes.** The capacity of degradation of keratin substrates was tested on medium containing 0.5 g/L NaCl, 0.3 g/L K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.4 g/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> and 10 g/L of raw feathers. Degradation of substrate was visually inspected.

### Results and discussion

Ten isolates selected from poultry processing plant wastewater were able to grow on medium containing feather meal as sole carbon and nitrogen source. After being incubated for 24 hrs, a plate containing milk and agar showed the growth of several colonies. The strains produced clearing zones in milk agar plates characterize by proteolytic activity. Only four strains designated as kb1, kb2, kb3, kb4 were characterized by proteolytic activity (Fig. 1). Selected microorganisms weren't identified and it will be done in further study. The largest clearing zone was observed for isolate kb1. This strain was selected and used for keratinolytic activity assay.



**Fig.1. Production of clearing zones in milk agar plates by keratinolytic bacteria**

Keratinolytic activity of selected bacteria: *Bacillus licheniformis* 511, *Bacillus subtilis* I-1, *Bacillus subtilis* 717, *Bacillus subtilis* 103 and kb1 was monitored during grow in Medium 1 after 24, 48 and 72 hours.

*Table 1.*

#### **Keratinase production is a function of cultivation time by different bacteria species on feather meal**

Bacteria	Growth time, h					
	24		48		72	
	Protein content, mg/mL	Keratinase activity, U/mL	Protein content, mg/mL	Keratinase activity, U/mL	Protein content, mg/mL	Keratinase activity, U/mL
<i>B. licheniformis</i> 511	1.13	102	1.32	242	1.17	86
<i>B. subtilis</i> I-1	0.85	96	1.05	198	1.23	76
<i>B. subtilis</i> 717	0.98	89	1.15	180	1.16	70
<i>B. subtilis</i> 103	0.69	152	0.82	136	1.05	38
kb1	1.28	112	1.63	146	1.41	138

All bacteria were grown in basal medium with feather meal as a sole source of carbon, nitrogen and sulphur at 37 °C, pH 7.4. All microorganisms showed good growth and protein synthesis with a varying level of keratinolytic activity (Table 1) on feather meal. The high activity was demonstrated by the most of the bacillus after 24 hrs of cultivation on feather

meal. The highest activity of keratinase was observed after 48 hrs after cultivation on feather meal, except *B. subtilis* 103, which maximum keratinolytic activity was reached after 24 hrs. After 72 hrs keratinolytic activity was strongly decreased by all species of bacillus. Especially *B. subtilis* 103 showed the lowest keratinolytic activity after 72 hrs and the lowest protein content during cultivation on feather meal. Only the strain kb1 isolated from poultry processing plant wastewater showed high keratinolytic activity and protein content throughout the cultivation time.

Strains *B. licheniformis* 511 and *B. subtilis* I-1 were cultivated in Medium 2, where the source of carbon, nitrogen and sulphur was soy flour, and the keratinolytic activity was monitored during cultivation (after 48 and 72 hrs). The obtained results are presented in Table 2. Soy flour as an inducer displayed relatively contradictory results. *B. subtilis* I-1, using soy flour as substrate in basal medium, showed the higher keratinolytic activity as compare with feather meal, while *B. licheniformis* 511 showed the extremely lower keratinolytic activity.

Table 2.

**Effect of soy flour in the basal medium on the synthesis of keratinolytic enzymes**

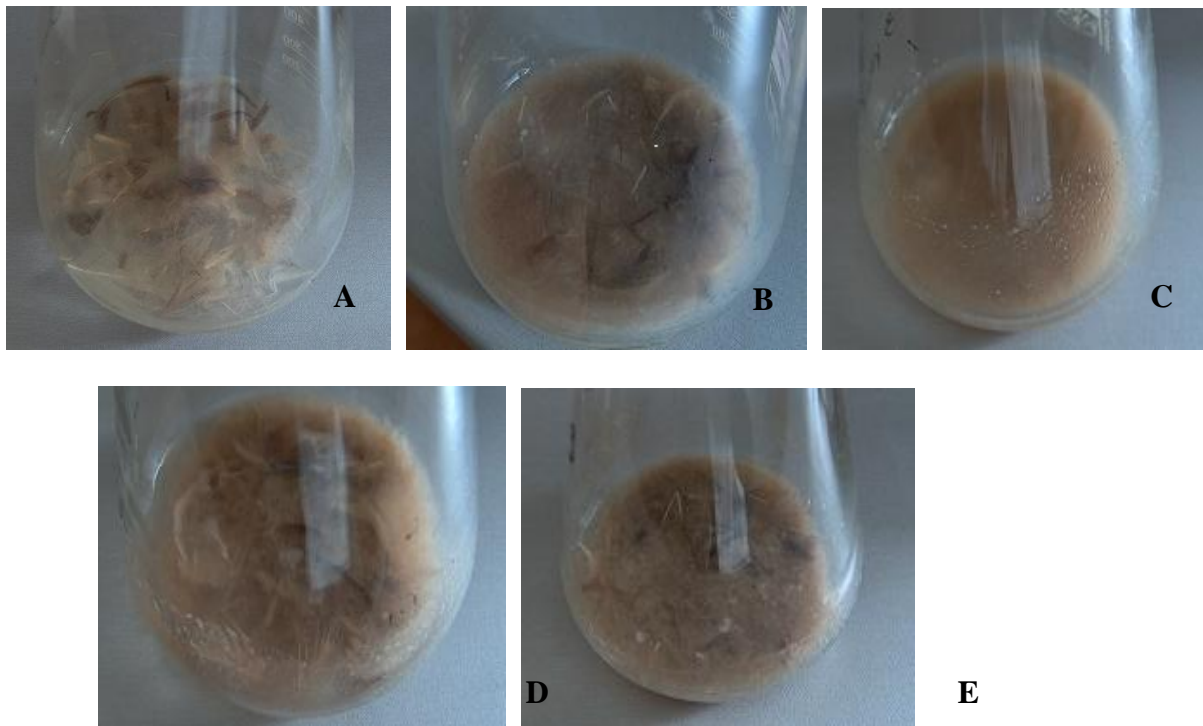
Bacteria	Growth time, h			
	48		72	
	Protein content, mg/mL	Keratinase activity, U/mL	Protein content, mg/mL	Keratinase activity, U/mL
<i>B. licheniformis</i> 511	1.14	82	0.49	58
<i>B. subtilis</i> I-1	1.14	216	1.17	118

The selected and isolated cultures suggested strongly of bacteria that produces keratinolytic activity in the cell free culture supernatants. Demonstration of keratinase enzymes on keratinous substrate as the sole source of carbon and nitrogen by *Bacillus* species was also evidenced by other works [5; 6; 8; 10; 12; 15]. In the present study, the all strains of bacillus seem to be promising for keratinase production. However, the maximum activity as obtained here is a function of cultivation time by the bacteria tested. Even all strains of selected bacteria produced maximum amount of enzyme under varied cultivation times. *B. subtilis* 103 reached to its maximum level of keratinase production after 24 hrs, when over bacteria after 48 hrs. The karatinase activity was reduced drastically after 72 hrs in all bacillus species, but in kb1 strain – fractionally. Hence, further studies on the optimization of factors affecting enzyme production by individual bacterium will reveal their real potential as the enzyme producer.

The good ability of selected bacteria to degrade feathers was detected using the cell free culture supernatants (Fig. 2). The visual studies showed the evident degradation of feathers. The best biodegradation of feathers was obtained using *B. subtilis* I-1. The strain *B. subtilis* I-1 grew well and completely degraded feathers in the medium after 72 hrs. Over bacillus good degraded feathers as well, but not all feathers in the medium were digested through. Feathers contains mostly  $\beta$ -keratin and as was described in other works, *Bacillus* species mostly produces  $\beta$ -keratins degrading keratinases [5; 6; 13]. Solubilization of native poultry feathers by the cell free culture supernatants showed the biotechnological potential involving keratin hydrolysis in the processing poultry waste industries.

This work, however, further elucidated that for the evaluation of biotechnological application of the keratinolytic protease from selected bacteria requires more detailed understanding of the factors that enable this enzyme for complete degradation of native keratinous substrates. Therefore, additional researches will be done for the purification and characterization of keratinase, studying the kinetics of enzyme, testing for the range of substrates, effect of

inhibitors, enhancing the activity of keratinase, submerged state fermentation and large scale production of keratinase, immobilization of keratinase.



**Fig.2. Feather treatment with the bacteria at 37 °C for 72 hrs:** A – control, B – *B. licheniformis* 511, C – *B. subtilis* I-1, D – *B. subtilis* 717, E – *B. subtilis* 103

### Conclusions

A feather-degrading bacterium was isolated from poultry processing plant wastewater. This bacterium was grown in basal media with feathers meal as its primary source of carbon, nitrogen, sulphur and energy. This strain showed high keratinolytic activity and protein content throughout the cultivation time

Bacterial strains (*Bacillus licheniformis* 511, *Bacillus subtilis* I1, *Bacillus subtilis* 717, and *Bacillus subtilis* 103), obtained from JSC “Biocentras” collection, were screened for extracellular keratinolytic activity. The selected cultures suggested strongly of bacteria that produces keratinolytic activity in the cell free culture supernatants. The maximum activity as obtained here is a function of cultivation time by the bacteria tested. *B. subtilis* 103 reached to its maximum level of keratinase production (152 U/mL) after 24 hrs, when over bacteria (148-242 U/mL) after 48 hrs.

The good ability of selected bacteria to degrade feathers was detected. The best biodegradation of feathers was obtained using *B. subtilis* I-1. Over bacillus good degraded feathers as well.

Selected bacteria strains have biotechnological potential for degradation and utilization of feather keratin.

### References

1. Kim J.D. Purification and Characterization of a Keratinase from a Feather-Degrading Fungus, *Aspergillus flavus* Strain K-03. *Microbiology*, No.35(4), 2007. p. 219-225.
2. Esawy M.A. Isolation and Partial Characterization of Extracellular Keratinase from a Novel Mesophilic *Streptomyces albus* AZA. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, No.3(6), 2007. p. 808-817.
3. Krempak L., Doucet J., Briki F. New aspects of the  $\alpha$ -helix to  $\beta$ -sheets transition in stretched hard  $\alpha$ -keratin fibers. *Biophysics Journal*, No.87, 2004. p. 640-647.



4. Gupta R., Ramnani P. Microbial keratinases and their prospective applications: an overview. *Applied Microbiology and Biotechnology*, No.70, 2006. p. 21-33.
5. Korkmaz H., Hür H., Dinçer S. Characterization of alkaline keratinase of *Bacillus licheniformis* strain HK-1 from poultry waste. *Annals of Microbiology*, No.54(2), 2004. p. 201-211.
6. Hoq M.M., Siddiquee K.A.Z., Kawasaki H., Seki T. Keratinolytic activity of some newly isolated *Bacillus* species. *Journal of Biological Sciences*, No.5(2), 2005. p. 193-200.
7. Gradišar H., Friedrich J., Križaj I., Jerala R. Similarities and Specificities of Fungal Keratinolytic Proteases: Comparison of Keratinases of *Paecilomyces marquandii* and *Doratomyces microsporus* to some Known Proteases. *Applied and Environmental Microbiology*, No.71(7), 2005. p. 3420-3426.
8. Tapia D.M.T., Contiero J. Production and partial characterization of keratinase produced by a microorganism isolated from poultry processing plant wastewater. *African Journal of Biotechnology*, No.7(3), 2008. p. 296-300.
9. Gousterova A., Braikova D., Haertle T., Nedkov P. Degradation of keratin and collagen containing wastes by newly isolated thermoactinomycetes or by alkaline hydrolysis. *Letters in Applied Microbiology*, No.40, 2005. p. 335-340.
10. Brutt E.H.; Ichida J.M. 2001.04.10. Bacteria useful for degrading Keratin. United States Patent No. 6, 214, 576 B1. 7 p.
11. Joshi S.G., Tejashwini M.M., Revati N.; Sridevi R., Roma D. Isolation, identification and characterization of a feather degrading bacterium. *International Journal of Poultry Science*, No.6(9), 2007., p. 689-693.
12. Cai C., Lou B., Zheng X. Keratinase production and keratin degradation by a mutant strain of *Bacillus subtilis*. *Journal of Zhejiang University Science B*, No.9(1), 2008. p. 60-67.
13. Cortezi M., Contiero J., Lima C.J.B., Lovaglio R.B., Monti R. Characterization of a feather degrading by *Bacillus amyloliquefaciens* protease: A new strain. *World Journal of Agricultural Sciences*, No.4(5), 2008. p. 648-656.
14. Sangali S., Brandelli A. Isolation and characterization of a novel feather-degrading bacterial strain. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, No.87, 2000. p. 17-24.
15. Lee H., Suh D.B., Hwang J.H., Suh H.J. Characterization of a keratinolytic metalloprotease from *Bacillus* sp. SCB-3. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, No.97, 2002. p. 123-133.
16. Cao Z.-J., Zhang Q., Wei D.-K., Chen L., Wang J., Zhang X.-Q., Zhou M.-H. Characterization of a novel *Stenotrophomonas* isolate with high keratinase activity and purification of the enzyme. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, No.36, 2009. p. 181-188.
17. Macedo A.J., Beys da Silva W.O., Gava R., Driemeier D., Henriques J.A., Termignoni C. Novel keratinase from *Bacillus subtilis* S14 exhibiting remarkable dehairing capabilities. *Applied and Environmental Microbiology*, No.71(1), 2005. p. 594-596.
18. Friedrich J., Gradišar H., Mandin D., Chaumont J.P. Screening fungi for synthesis of keratinolytic enzymes. *Letters in Applied Microbiology*, No.28, 1999. p. 127-130.
19. Soomoro I.H., Kazi Y.F., Zardari M., Shar A.H. Isolation of keratinophilic fungi from soil in Khairpur city, Sindh, Pakistan. *Bangladesh Journal of Microbiology*, No.24(1), 2007. p. 79-80.
20. Lowry O.H., Roserbrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, No.193, 1951. p. 265-275.

## AUTORU SARAKSTS LIST OF AUTHORS

<b>Adamovičs Aleksandrs</b>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Agrobiotehnoloģijas institūts Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001, Latvija e-pasts: Aleksandrs.Adamovics@llu.lv	LATVIA
<b>Agafonova Ludmila</b>	LLU Zemkopības zinātniskais institūts Zemkopības institūts 7, Skrīveru pag., Latvija, LV 5125 Tālr.: +371 5197529, e-pasts: ljucerna@inbox.lv	LATVIA
<b>Aikaitė-Stanaitienė Jolanta</b>	JSC "Biocentras" Graičiūno g. 10, 02241 Vilnius, Lithuania Ph: +(370) 5 266 13 13, fax: +(370) 5 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA
<b>Aleksandrowicz Oleg</b>	Zakład Zoologii. Akademia Pomorska ul. Arciszewskiego 22 b, 76-200 Słupsk e-mail: oleg.aleksandrowicz@apsl.edu.pl	POLAND
<b>Augule Sintija</b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Latgale Sustainable Development Research Institute Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167, e-mail: sintija.augule@ru.lv	LATVIA
<b>Auziņa Aija</b>	Institute of Biology, University of Latvia Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169	LATVIA
<b>Baškys E.</b>	JSC "Biocentras" Graičiūno g. 10, 02241 Vilnius, Lithuania Ph: +(370) 5 266 13 13, fax: +(370) 5 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA
<b>Belicka Ina</b>	Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts Dižstende, Lībagu pag., Talsu raj., LV 3258 Tālr.: +371 632 91288, fakss: +371 632 91289 e-pasts: stende.selekcija@apollo.lv	LATVIA
<b>Berezko Aleksandr</b>	Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН) ул. Молодежная, 3, Москва, 119296, Россия тел.: +(7)4959300546, факс: +(7)4959300506 e-mail: a.berezko@gcras.ru	RUSSIA
<b>Bērziņa – Cimdiņa Līga</b>	Riga Technical University, RBIAC 3/3 Pulka street, Riga, LV 1045, Latvia Phone :(+371) 67089275 e-mail : liga.berzina-cimdina@rtu.lv	LATVIA
<b>Bērziņa Līga</b>	Rīgas Tehniskā universitāte Āzenes 14/24, Rīga, LV 1048, Latvija Tālr. +371 67089211	LATVIA
<b>Bērziņš Andris</b>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV 3001 Tel.: +371 63005632	LATVIA
<b>Borovko Lilija</b>	LLU aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts Zemkopības inst. 7, Skrīveri, Aizkraukles raj., Latvija E-pasts: borovko@inbox.lv	LATVIA
<b>Celiešiūtė Raimonda</b>	JSC "Biocentras" Graičiūno 10, LT 02241, Vilnius, Lithuania Ph: +(370-5) 266 13 13, fax: + (370-5) 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA

<b>Čipinytė Vilma</b>	JSC "Biocentras" Graičiūno 10, LT 02241, Vilnius, Lithuania ph: +(370-5) 266 13 13, fax: + (370-5) 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA
<b>Čubars Edgars</b>	Rēzeknes Augstskolas Inženieru fakultāte Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, Latvija Tāl. +371 28342580, +371 64625264; e-pasts: gitaedgars@inbox.lv	LATVIA
<b>Dinaburga Gundega</b>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV 3001 Tel.: +371 63005632, e-pasts: Gundega.Dinaburga@llu.lv	LATVIA
<b>Dmitriev Alexei</b>	Moscow State Mining University 6, Leninsky pr., Moscow, 119991, Russia Ph: +(495)2373278	RUSSIA
<b>Dreijers Ilo</b>	Rīgas Tehniskā universitāte Āzenes 14/24, Rīga, LV 1048, Latvija Tāl. +371 67089211	LATVIA
<b>Ganoulis J.</b>	Department of Civil Engineering Aristotle University of Thessaloniki Gr-54006 Thessaloniki, Macedonia, GREECE Tel.: +30 2310 995682, Fax: +30 2310 995681, E-mail: iganouli@civil.auth.gr	GREECE
<b>Grabiec Ewelina</b>	Zakład Zoologii, Akademia Pomorska ul. Arciszewskiego 22 b, 76-200 Słupsk e-mail: oleg.aleksandrowicz@apsl.edu.pl	POLAND
<b>Grauda Dace</b>	Institute of Biology, University of Latvia Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169 e-mail: dace@email.lubi.edu.lv Agriculture Science Centre of Latgale Kulturas sq. 1, Vilani, Rezekne distr., Latvia, LV 4650	LATVIA
<b>Grigiškis Saulius</b>	JSC "Biocentras" Graičiūno 10, LT 02241, Vilnius, Lithuania ph: +(370-5) 266 13 13, fax: + (370-5) 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA
<b>Gruzdevienė Elyra</b>	Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų 3, Upytė, Panevėžys district, LT-38 294, Lithuania; Ph: +(370) 45 555413, fax: +(370) 45 555573 e-mail: soja@upyte.lzi.lt	LITHUANIA
<b>Jankauskaitė Margarita</b>	Vilnius University M.K. Čiurlionio 21, LT-03101, Vilnius, Lithuania	LITHUANIA
<b>Jankauskienė Zofija</b>	Upytė Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture Linininkų 3, Upytė, Panevėžys district, LT-38 294, Lithuania; Ph: +(370) 45 555413, fax: +(370) 45 555573 e-mail: soja@upyte.lzi.lt	LITHUANIA
<b>Jansone Biruta</b>	Research Institute of Agriculture Latvia University of Agriculture Skriveri, Latvia, LV 5125	LATVIA
<b>Jansone Zaiga</b>	Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts Dižstende, Lībagu pag., Talsu raj., LV 3258 Tāl.: +371 632 91288, fakss: +371 632 91289 e-pasts: stende.selekcija@apollo.lv	LATVIA

<b>Jansons Aldis</b>	LLU Zemkopības zinātniskais institūts Zemkopības institūts 7, Skrīveru pag., Latvija, LV 5125 Tāl.: +371 5197529, e-pasts: ljucerna@inbox.lv	LATVIA
<b>Kaķītis Aivars</b>	Institute of Mechanics, Faculty of Engineering, Latvia University of Agriculture J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, LV 3001, Latvia E-mail: Aivars.Kaķītis@llu.lv	LATVIA
<b>Kalis Harijs</b>	Institute of Mathematics Latvian Academy of Sciences University of Latvia Akademijas laukums 1, LV 1524 Rīga, Latvia e-mail: kalis@lanet.lv	LATVIA
<b>Kampare Ruta</b>	Riga Technical University, Institute of Applied Chemistry Azenes St 14/24, LV 1048, Riga, Latvia Ph: +(371)67089224; fax: + (371)67615765 e-mail: ruta.kampare@gmail.com	LATVIA
<b>Kampars Jānis</b>	Riga Technical University Institute of Information Technology Meza St 1/3, Room 417, Riga, Latvia Ph: +(371) 67494592, fax: +(371) 67089513 e-mail: janis.kampars@rtu.lv	LATVIA
<b>Kampars Valdis</b>	Riga Technical University, Institute of Applied Chemistry Azenes St 14/24, LV 1048, Riga, Latvia Ph: +(371)67089224; fax: + (371)67615765, e-mail: kampars@ktf.rtu.lv	LATVIA
<b>Kangro Ilmārs</b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167, e-mail: ilmars.kangro@ru.lv	LATVIA
<b>Kārkiņš Aldis</b>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001; e-pasts: aldis.karklins@llu.lv	LATVIA
<b>Kolodinska Bratestam Agnese</b>	Institute of Biology, University of Latvia Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169	LATVIA
<b>Komlajeva Ļubova</b>	Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes rajons, LV 4650 Tāl.: +371 64628140, e-pasts: strzin@apollo.lv	LATVIA
<b>Krasnoperov Roman</b>	Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН) ул. Молодежная, 3, Москва, 119296, Россия тел.: +(7)4959300546, факс: +(7)4959300506	RUSSIA
<b>Kronbergs Ēriks</b>	Latvijas Lauksaimniecības universitātes Tehniskā fakultāte Mehānikas institūts J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV 3001 E-pasts: Eriks.Kronbergs@llu.lv	LATVIA
<b>Lakevičs Vitālijs</b>	Riga Technical University, RBIAC Address: 3/3 Pulka street, Riga, LV 1045, Latvia Phone :(+371) 67089275e-mail : lakevich@gmail.com	LATVIA
<b>Lapiņš Dainis</b>	Latvijas Lauksaimniecības universitāte Augsnes un augu zinātņu institūts Lielā iela 2, Jelgava, Latvija, LV 3001 Tel.: +371 63005632, e-pasts: Gundega.Dinaburga@llu.lv	LATVIA
<b>Lejiņa Biruta</b>	LLU Aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts Skrīveri, Aizkraukles rajons, Latvija, LV 5125 Tel. +371 65197531,+ 371 26046292	LATVIA

<b>Lejiņš Andris</b>	LLU Aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts Skrīveri, Aizkraukles rajons, Latvija, LV 5125 Tel. +371 65197531,+ 371 26046292 e-pasts: andrislejins@inbox.lv	LATVIA
<b>Lemešenoka Natālija</b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Latgale Sustainable Development Research Institute Department of Nature and Engineering sciences Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167, e-mail: natalija@ru.lv	LATVIA
<b>Levišauskas D.</b>	Kaunas University of Technology Process Control Department Studentų 50, 51368 Kaunas, Lithuania	LITHUANIA
<b>Linužs Andris</b>	AS „Latvijas Kuģniecība”, Elizabetes iela 1, Rīga, LV 1807, Latvija e-pasts: andris.linuzs@yahoo.com	LATVIA
<b>Lita Lapiņa</b>	Institute of Biology, University of Latvia Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169 e-mail: lita@email.lubi.edu.lv	LATVIA
<b>Ļebedeva Gaļina</b>	LV Koksnes ķīmijas institūts Dzērbenes 27, Rīga, LV 1006, Latvija Tālr.: +(371)67555916, fax: +(371)67550635 e-pasts: ligno@edi.lv	LATVIA
<b>Māliņš Kristaps</b>	Riga Technical University, Institute of Applied Chemistry Azenes St 14/24, LV 1048, Riga, Latvia Ph: +(371)67089258; fax: + (371)67615765, e-mail: kristaps@ktf.rtu.lv	LATVIA
<b>Maļceva Marija</b>	Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1586; Tālr.: +371 67034864	LATVIA
<b>Mankevičienē Audronē</b>	Институт земледелия Литвы ал. Института 1, LT-58344, Академя, Кедайняйский район, Литва; e-mail: audre@lzi.lt	LITHUANIA
<b>Masiliūnienē Danutē</b>	JSC “Biocentras” Graičiūno g. 10, 02241 Vilnius, Lithuania. Ph: +(370) 5 266 13 13, fax: +(370) 5 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA
<b>Matikevičienē Veslava</b>	JSC “Biocentras” Graičiūno g. 10, 02241 Vilnius, Lithuania. Ph: +(370) 5 266 13 13, fax: +(370) 5 260 24 54 e-mail: biocentras@biocentras.lt	LITHUANIA
<b>Matisovs Ivars</b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Latgale Sustainable Development Research Institute Department of Nature and Engineering sciences Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167, e-mail: Ivars.Matisovs@ru.lv	LATVIA
<b>Medne Olita</b>	Rīgas Tehniskā universitāte Āzenes 14/24, Rīga, LV 1048, Latvija Tālr. +371 67089211, e-pasts: omedne@gmail.com	LATVIA
<b>Miglāne Viktorija</b>	Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts Dižstende, Lībagu pag., Talsu raj., LV 3258 Tālr.: +371 632 91288, fakss: +371 632 91289 e-pasts: stende.selekcija@apollo.lv	LATVIA
<b>Miklašēvičs Ziedonis</b>	Rēzeknes augstskola Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601 E-pasts: Z.Miklasevics@lvm.lv, tālr.26473397	LATVIA

<b><i>Miķelsone Andra</i></b>	Institute of Biology, University of Latvia Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169	LATVIA
<b><i>Nikitin Oleg</i></b>	Eesti Põlevkivi Ltd., Department of Development 10 Jaama Str., Jõhvi, 41533, Estonia e-mail: oleg.nikitin@ep.ee	ESTONIA
<b><i>Noviks Gotfrīds</i></b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Latgale Sustainable Development Research Institute, Department of Nature and Engineering sciences Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167; e-mail: novik@ru.lv	LATVIA
<b><i>Nulle Imants</i></b>	Institute of Mechanics, Faculty of Engineering Latvia University of Agriculture J. Čakstes bulv. 5, Jelgava, LV 3001, Latvia E-mail: Imants.Nulle@llu.lv	LATVIA
<b><i>Pakula Brygida</i></b>	Zakład Zoologii. Akademia Pomorska ul. Arciszewskiego 22 b, 76-200 Słupsk	POLAND
<b><i>Pastarus Jyri-Rivaldo</i></b>	Department of Mining Tallinn University of Technology 5 Ehitajate tee Str., Tallinn, 19086, Estonia E-mail: pastarus@cc.ttu.ee	ESTONIA
<b><i>Pelšs Juris</i></b>	Latvian Institute of Organic Synthesis 21 Aizkraukles street, Riga, LV 1006, Latvia. Phone: (+371) 2911-2851, e-mail: jura@osi.lv	LATVIA
<b><i>Poiša Liēna</i></b>	Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes raj., LV 4650, Latvija; e-pasts: lienapoisa@inbox.lv, strzin@apollo.lv	LATVIA
<b><i>Rancāne Sarmīte</i></b>	LLU Zemkopības zinātniskais institūts Zemkopības institūts 7, Skrīveru pag., Latvija, LV 5125 Tāl.: +(371)65197524, fax: +(371)65197954	LATVIA
<b><i>Rashal Isaak</i></b>	Institute of Biology, University of Latvia Miera Street 3, Salaspils, Latvia, LV 2169 e-mail: izaks@email.lubi.edu.lv	LATVIA
<b><i>Ribkina Alona</i></b>	Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН) ул. Молодежная, 3, Москва, 119296, Россия тел.: +(7)4959300546, факс: +(7)4959300506	RUSSIA
<b><i>Ruplis Augusts</i></b>	Riga Technical University Distance Education Study Centre 12 Azenes street, Riga, LV 1048, Latvia Phone: (+371) 2933 4332, e-mail: auruplis@latnet.lv	LATVIA
<b><i>Rusakova Tatjana</i></b>	Riga Technical University Institute of Applied Chemistry Azenes St 14/24, LV 1048, Riga, Latvia Ph: +(371)29596654; fax: + (371)67615765, e-mail: tavinja@inbox.lv	LATVIA
<b><i>Ruža Līga</i></b>	LLU aģentūras Zemkopības zinātniskais institūts Zemkopības inst.7, Skrīveri, Aizkraukles raj., Latvija E-pasts: liga@latraps.lv	LATVIA
<b><i>Sabanov Sergei</i></b>	Department of Mining, Tallinn University of Technology 5 Ehitajate tee Str., Tallinn, 19086, Estonia E-mail: sergei.sabanov@ttu.ee	ESTONIA
<b><i>Sawidis T.</i></b>	Department of Botany, Aristotle University of Thessaloniki Gr-54006 Thessaloniki, Macedonia, Greece; tel.: +30 2310 998294, fax: +30 2310 998389; e-mail: sawidis@bio.auth.gr	GREECE

<b><i>Selecka Māra</i></b>	Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1010 Tāl.: +371 67034864, +371 29364133	LATVIA
<b><i>Shestakova Jekaterina</i></b>	Department of Mining, Tallinn University of Technology 5 Ehitajate tee Str., Tallinn, 19086, Estonia E-mail: katja.shestakova@gmail.com	ESTONIA
<b><i>Shpirt Mikhail</i></b>	Fossil Fuel Institute 29.Leninsky pr., Moscow, 117910, Russia Ph: +(495)955-45-96, e-mail: shpirt@mail.ru	RUSSIA
<b><i>Skromulis Andris</i></b>	Rēzeknes Augstskola Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601 e-pasts: andris.skromulis@filter.lv	LATVIA
<b><i>Solovjov Anatolij</i></b>	Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН) ул. Молодежная, 3, Москва, 119296, Россия тел.: +(7)4959300546, факс: +(7)4959300506	RUSSIA
<b><i>Sprūžs Jāzeps</i></b>	LLU LF Agrobiotehnoloģijas institūts Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001	LATVIA
<b><i>Stalažs Arturs</i></b>	Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1010 Tāl.: +371 67034864	LATVIA
<b><i>Stramkale Veneranda</i></b>	Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes raj., LV 4650, Latvija; e-pasts: strzin@apollo.lv Rēzeknes Augstskola, Latgales ilgspējīgās attīstības pētnieciskais institūts Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4601 Tāl. 646 25145; e-pasts: dabkat@ru.lv	LATVIA
<b><i>Stramkalis Aldis</i></b>	Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes raj., LV 4650, Latvija; e-pasts: strzin@apollo.lv Rēzeknes Augstskola, Latgales ilgspējīgās attīstības pētnieciskais institūts Atbrīvošanas aleja 76, Rēzekne, LV 4601 Tāl. 646 25145; e-pasts: dabkat@ru.lv	LATVIA
<b><i>Suchkova Nataliia</i></b>	Department of Environmental Engineering and Management, National Academy of Municipal Economy Kharkiv, 61002, Revolutsii Str.12, Ukraine Tel.: +30 2310 995682, Fax: +30 2310 995681, Email: Suchkova_Natasha@ukr.net	UKRAINE
<b><i>Surikova Valentīna</i></b>	Latvijas Valsts Augļkopības institūts Graudu iela 1, Dobele, LV 3701; e-pasts: valentina.surikova@lvai.lv	LATVIA
<b><i>Šeļgovska Elīta</i></b>	LLU LF Agrobiotehnoloģijas institūts Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001 e-pasts: elita.seļgovska@llu.lv	LATVIA
<b><i>Šmits Mareks</i></b>	Latvijas Lauksaimniecības universitātes Tehniskā fakultāte Mehānikas institūts J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, Latvija, LV 3001 E-pasts: Mareks.Smits@llu.lv	LATVIA
<b><i>Taraškevičius Ričardas</i></b>	Institute of Geology and Geography, T. Ševčenkos 13, Vilnius, LT-03223, Lithuania Ph: +(370)2104708, fax: +(370)2104695 e-mail: taraskevicius@geo.lt	LITHUANIA

<b><i>Teirumnieka Ērika</i></b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Latgale Sustainable Development Research Institute, Department of Nature and Engineering sciences Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167 e-mail: Erika.Teirumnieka@ru.lv	LATVIA
<b><i>Teirumnieks Edmunds</i></b>	Rezeknes Augstskola, Faculty of Engineering Latgale Sustainable Development Research Institute, Department of Nature and Engineering sciences Atbrivosanas aleja 76, LV 4601, Latvia Phone/fax: +371 64625167; e-mail: edmunds@ru.lv	LATVIA
<b><i>Teliševa Gaļina</i></b>	LV Koksnes ķīmijas institūts Dzērbenes 27, Rīga, LV 1006, Latvija Tālr.: +(371)67555916, fax: +(371)67550635 e-pasts: ligno@edi.lv	LATVIA
<b><i>Tiltiņa Līvija</i></b>	LLU Zemkopības zinātniskais institūts Zemkopības inst. 7, Skrīveri-1, Aizkraukles raj., LV 5125, Latvija; tālr.: +(371)65197524, fax: +(371)65197954, e-pasts: tilivija@inbox.lv	LATVIA
<b><i>Velykienė Daiva</i></b>	Kaunas University of Technology, Department for Environmental Engineering Faculty of Chemical Technology Radvilėnų pl. 19-C504, LT-50254 Kaunas, Lithuania Ph: +(370)37300183, fax: +(370)37300152, e-mail: daiva.velykiene@stud.ktu.lt	LITHUANIA
<b><i>Vikmane Māra</i></b>	Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte Kronvalda bulvāris 4, Rīga, LV 1586 Tālr.: +371 67034864; e-pasts: mara.vikmane@lu.lv	LATVIA
<b><i>Zilbersmidt Mikhail</i></b>	Moscow State Mining University 6, Leninsky pr., Moscow, 119991, Russia Ph: +(495)2373278, e-mail: zilberchmidt@msmu.eu.org	RUSSIA
<b><i>Zinkutė Rimantė</i></b>	Institute of Geology and Geography T. Ševčenkos 13, Vilnius, LT-03223, Lithuania Ph: +(370)2104708, fax: +(370)2104695, e-mail: zinkute@geo.lt	LITHUANIA