



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, koksnes 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 komplekss 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 m². 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 vidējie paraugi un vidējotais paraugs no Kovšu ezera. Paraugi savākti un uzglabāti ārā 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 atdzēsēts 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±15°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 ± 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

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

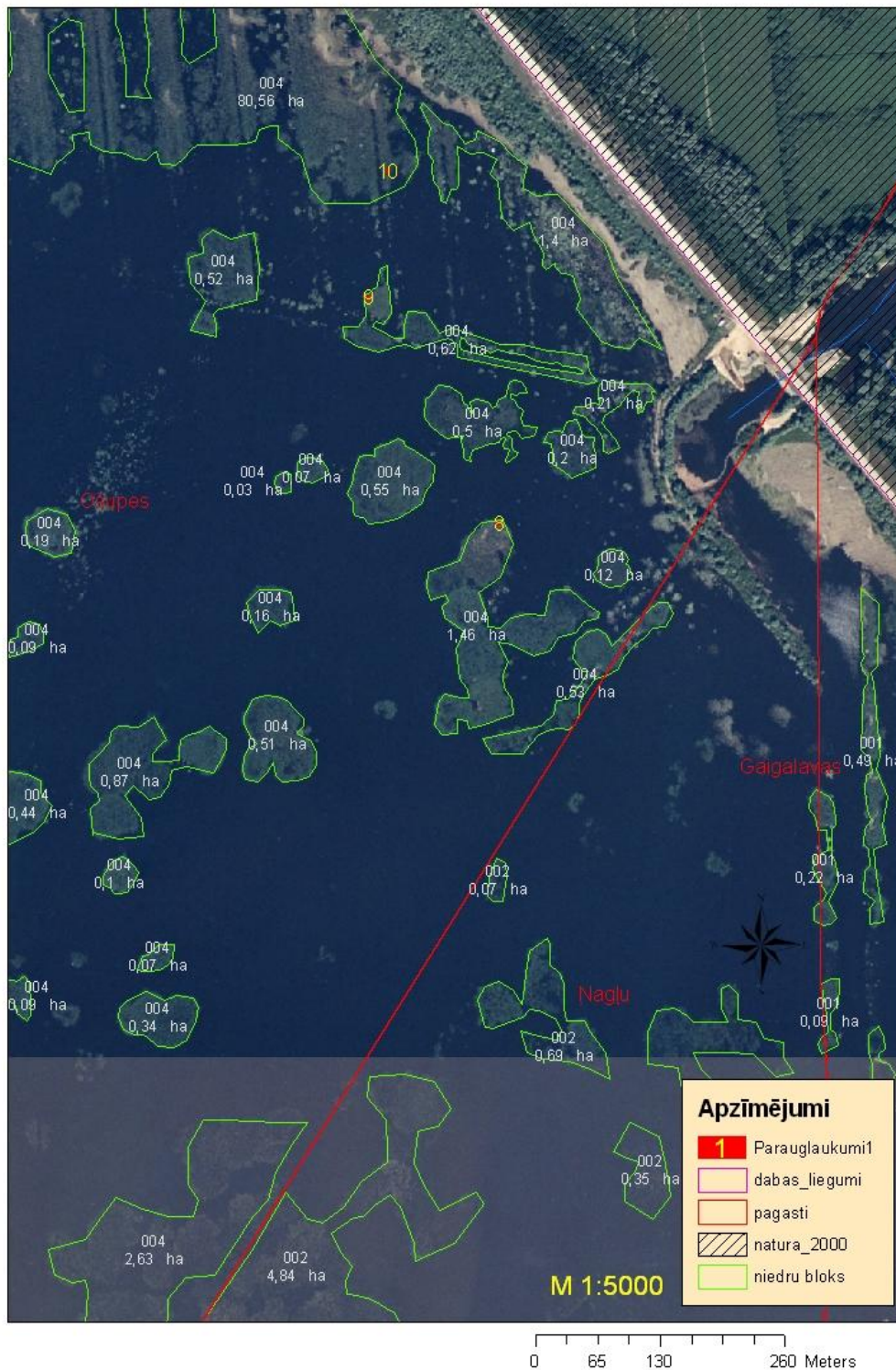
Dažāda veida fosilo resursu ietaupījums, izmantojot niedres kā energoresursu dots 2.tabulā.

2.tabula

Fosilo kurināmo ietaupījums gadā

Fosilais kurināmais, ko var aizstāt ar niedrēm	Fosilā kurināmā ietaupījums, t
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

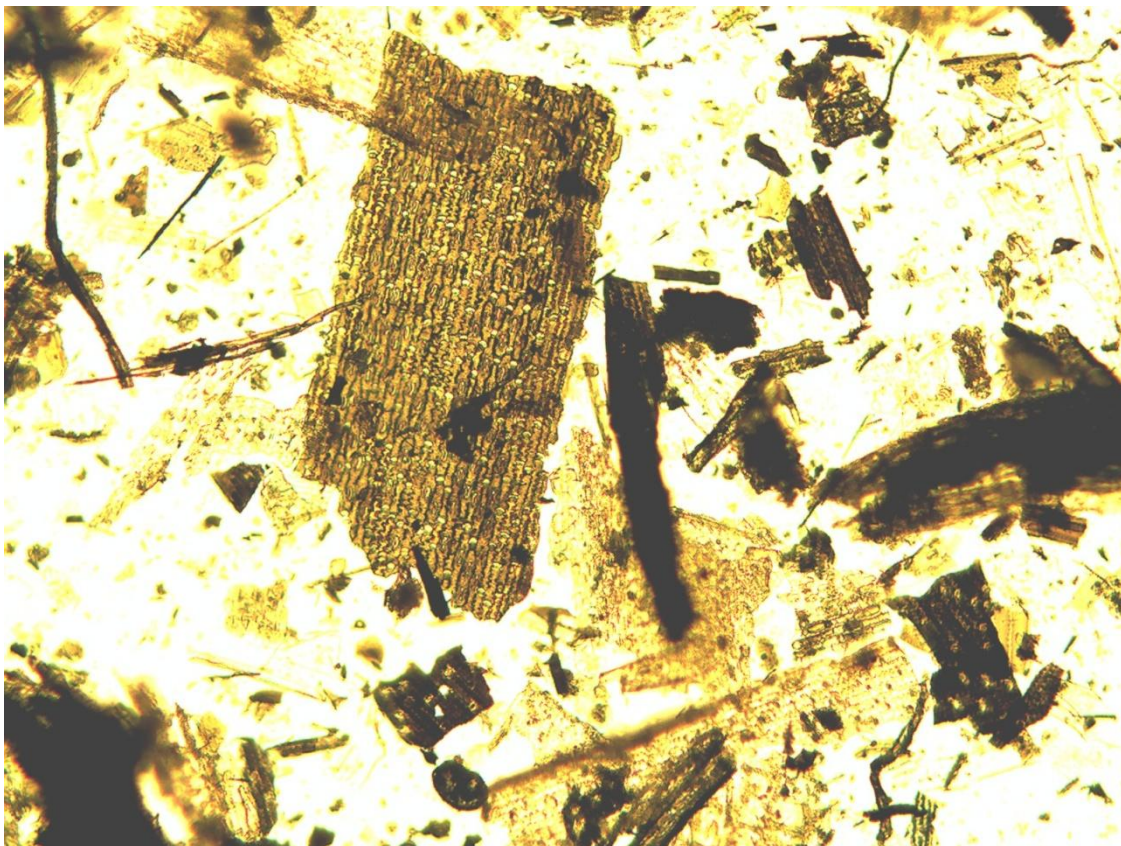
Niedru dabiskais mitrums sastāda 8-12%. Izmantojot niedres kā kurināmo, nav nepieciešama izejvielas žāvēšana, mitrums atbilst granulu ražošanas prasībām. Oglekļa saturs niedrēs ir 41,9-43,8%. Nav atšķirības oglekļa saturā niedrēs no dažādiem ezeriem. Oglekļa saturs nemainās atkarībā no parauga ņemšanas vietas. Pēc oglekļa satura niedres ir līdzvērtīgs kurināmais koksnei un kūdrai (3.tabula).

Oglekļa saturs kurināmajā

<i>Kurināmais</i>	<i>Oglekļa saturs, %</i>
Niedres	41,9-43,8
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
Egļe (koksne)	41,0-42,0
Egļe (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 950⁰C.



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 koksne 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, μS	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 ± 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 granulū ražošanas izejvielu prasības un tās nav jāžāvē.
9. Niedru degšana parastajā krāsni 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 izvilkmā, salīdzinot ar papīra un koksnes pelnu izvilkiem, 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 ± 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 (20.01.2009.)

Čubars E., Noviks G. Evaluation of reed recourses in the Lubans lake and substantiation of their use in energy production

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 (23.03.2007.)
8. <http://www.diena.lv/lat/politics/regions/niedres-un-salmi-katlumajai-lauj-ietaupt> (08.03.2009.)
9. 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-
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.)
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 (24.03.2009.)