

## Biomasės pelenų sudėtis ir jų panaudojimo galimybės

Deividas Maldaris, Valdas Paulauskas

Aleksandro Stulginskio universitetas

Baltijos jūros šalių katilinėse yra deginamas įvairus biomasės kuras. Naudojama ne tik tradicinė malkinė mediena, bet ir medienos skiedros, pjuvenos, šiaudai, miškininkystės ir kitos celiuliozės turinčios atliekos. Visos šios biomasės kuro rūšys laikomos atsinaujinančiais energijos ištekliais, ir pagal tarptautinį susitarimą CO<sub>2</sub>, išsiskyręs deginant šį kurą, nėra laikomas šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis. ES narės yra pasirašiusios tarptautinius susitarimus iki 2020 m. padidinti atsinaujinančių išteklių naudojimą energetikoje, kas dar labiau paskatins biokuro naudojimą. Biomasės deginimo metu neišvengiamai susidaro šio proceso atliekos - pelenai. Biomasės katilinių pelenai priskiriami prie nepavojingų atliekų ir gali būti tvarkomi vadovaujantis nepavojingųjų atliekų tvarkymo reikalavimais. Biomasės pelenų panaudojimas ateityje taps vis aktualesnis dėl sparčiai didėjančio šios atliekos kiekio. Biomasės pelenų panaudojimas žemės ar miškų ūkyje gali būti naudingas dėl juose esančių augalų makro- ir mikroelementų. Tačiau pelenų sudėtyje esantiems mikroelementams ir sunkiesiems metalams yra nustatytos didžiausios leistinos koncentracijos, kurių negalima viršyti, siekiant pelenus panaudoti žemės ar miškų ūkyje.

Šio darbo tikslas ištirti biomasės katilinės, kurioje deginamos medienos skiedros, pelenų elementinę sudėtį. Didžiausios cinko, vario, kadmio ir boro koncentracijos nustatytos 2014 m. degintos biomasės pelenuose, tuo tarpu švino, chromo, arseno, vanadžio ir nikelio daugiausia turėjo 2013 m. degintos biomasės pelenai. Kai kurie iš šių išvardintų elementų viršijo didžiausias leistinas koncentracijas, todėl tokių pelenų panaudojimas žemės ar miškų ūkyje keltų grėsmę aplinkos komponentams.

*Biomasės pelenai, atliekų panaudojimas, mikroelementai, makroelementai, tręšimas, kalkinimas*

### Įvadas

Biomasės kuras – viena iš didžiausių energijos potencialą turinti atsinaujinančio kuro rūšis. Labiausiai tikėtina, jog ateityje biomasė sudarys daugiau nei pusę ar net du trečdalius visos Lietuvoje pagaminamos energijos iš atsinaujinančių išteklių (Aukštuolytė, 2015).

Biokuro katilinėse gali būti deginama įvairi biomasė – naudojama ne tik tradicinė malkinė mediena ar šiaudai, bet ir kitos biomasės rūšys. Visos šios kuro rūšys laikomos atsinaujinančiais energijos ištekliais. Pagal tarptautinį susitarimą CO<sub>2</sub>, išsiskyręs deginant tokį kurą, nėra laikomas šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis.

Iš atsinaujinančių energijos šaltinių Europos Sąjungoje pagaminama tik apie 8 % visos suvartojamos energijos. ES darnaus vystymosi strategijoje nustatyta, kad 2020 metais 20 % energijos turi būti gaminama iš atsinaujinančių šaltinių. Lietuva savo išpareigojimus pasiekė 2014 m. – iš atsinaujinančių energijos šaltinių bendras gaunamos energijos kiekis sudarė 23,9 % (tikslas 23 %) kai ES vidurkis siekia vos 16 % (Europos statistikos..., 2013; 2014).

Europos komisijos narys A. Piebalgs (2007) pabrėžia, kad tokie procesai kaip augalų kultivavimas ir biomasės ar biodegalų gamyba taip pat išskiria į aplinką CO<sub>2</sub>, todėl negalima viso biomasės gyvavimo ciklo metu išsiskyrusio CO<sub>2</sub>, laikyti šiltnamio efektą nesukeliančiomis dujomis.

Kita problema – biomasės deginimo proceso atliekos. Didėjant biomasės kuro sąnaudoms, deginimo metu bus neišvengiamai generuojami vis didesni kiekiai pelenų (Nunes et al., 2016). Ateityje galime susidurti su šių pelenų disponavimo ir utilizavimo problema. Šiuo metu medienos pelenai yra įvardijami kaip nepavojingos atliekos, todėl jiems galioja tokio tipo atliekų tvarkymo normos, taisyklės ir kiti ES bei LT teisės aktai. Šiuo metu energiją gaminančios įmonės biomasės kuro pelenus dažniausiai šalina vietiniuose sąvartynuose.

Dėl pelenuose esančių augalams reikalingų makro- ir mikroelementų didelio kiekio, taip pat dėl aukšto šarmingumo, jų paskleidimas žemės paviršiuje tręšimo ar kalkinimo tikslais labai skatinamas. Biomasės pelenų

panaudojimas miškų ir žemės ūkyje, apibrėžtas medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklėse (Lietuvos Respublikos..., 2011). Šiame dokumente pateiktos potencialiai pavojingų cheminių elementų didžiausios leistinos koncentracijos (DLK), kurios negali būti viršytos, kai pelenai naudojami miškų ūkyje (MŪ), žemės ūkyje (ŽŪ) ar pažeistų teritorijų rekultivavimui (1 lentelė). Didžiausios leistinos koncentracijos nustatytos vadovaujantis Lietuvos Agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijos atliktų tyrimų rezultatais. Dėl 1 lentelėje išvardintų ribojančių cheminių elementų, pelenus naudoti galima tik atlikus elementinę analizę ir vadovaujantis LR įstatymais.

**1 lentelė.** Didžiausios leidžiamos cheminių medžiagų koncentracijos pelenuose, naudojamuose miškų ūkyje, žemės ūkyje, pažeistų teritorijų rekultivavimui

*Table 1. The maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in the ash used in forestry, agriculture, rehabilitation of damaged areas*

Panaudojimo sritis <i>Application area</i>	Miškų ūkis <i>Forestry</i>	Žemės ūkis/pažeistų teritorijų rekultivavimas <i>Agriculture / rehabilitation of damaged areas</i>
Rodiklis <i>Indicator</i>	DLK, mg/kg sausojoje masėje <i>MPC, mg/kg dry matter</i>	
Boras (B)	200	250
Vanadis (V)	150	150
Nikelis (Ni)	20	30
Chromas (Cr)	20	30
Kadmis (Cd)	3	5
Švinas (Pb)	40	50
Varis (Cu)	100	200
Cinkas (Zn)	1000	1500
Arsenas (As)	3	3

Mokslininkų (Ozolinčius 2009; Nunes, 2016.) nustatyta, kad dėka pelenuose esančių gyvagai gamtai

reikalingų makro- ir mikroelementų jų panaudojimas galimas ir net pageidautinas įvairiose ekosistemose bei antropogeninėje aplinkoje. Barrows (2011) teigia, kad pavojų aplinkai ir žmogui gali kelti pelenuose esantys nebiogeniniai elementai, tokie kaip kadmis, švinas, gyvsidabris, arsenas, nikelis ir kt. Šių elementų net ir mažos koncentracijos gali būti kenksmingos ir neigiamai paveikti ekosistemos komponentus.

Šio tyrimo tikslas – ištirti biomasės deginimo metu susidarančių pelenu makro- ir mikroelementinę sudėtį, taip pat sudėties kitimus 2013-2015 metų laikotarpyje bei įvertinti šių atliekų panaudojimo galimybes žemės ir miškų ūkyje.

## Tyrimų metodika

Biomasės pelenai tyrimams buvo paimti iš Jonavos biokuro katilinės, kurioje energija gaunama deginant medienos skiedras (1 pav.). Darbe taip pat buvo panaudoti 2013-2015 metų pelenu cheminės analizės duomenys.



1 pav. Pelenu mėginių paėmimo vieta  
Fig. 1. Ash sampling location

Pelenai iš bunkerio buvo imami į 1000 ml talpos plastikinius indus taikant voko principą – jungtinis ėminis suformuojamas iš 5 atskirų ėminių, paimtų iš skirtingų bunkerio vietų; po to paženklinti ir atvežti į laboratoriją tyrimams.

Tyrimams naudoti pelenai nebuvo stabilizuoti ar kitaip apdoroti. Pelenu drėgnumas nustatytas gravimetriniu metodu drėgnomačio DBS 60-3 (Kern) pagalba. Pelenu pH išmatuotas su jonometru Orion (Thermo Scientific). Makroelementų Ca, Mg, K, ir P bei mikroelementų Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, V, As ir B instrumentinė analizė buvo atlikta indukuotos plazmos optinės emisijos spektroskopijos metodu (ICP-OES) naudojant Perkin-Elmer Optima 8000 ICP-OES spektrometrą prieš tai mineralizavus mėginius aukštame slėgyje „šlapiuoju“ metodu mikrobangų mineralizatoriuje CEM Mars 5.

Stikliniai indai ir kitos priemonės, naudotos metalų tyrime, buvo tinkamai plaunamos ir džiovintos. Viso eksperimento metu buvo naudoti tik gryni, cheminei analizei skirti reagentai. Rezultatų patikimumui užtikrinti buvo atliekama žinomas koncentracijos mėginių analizė. Katilinės pateikti tyrimai atlikti LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje.

Elementų koncentracija, spektrofotometriškai išmatuota mineralizatuose, buvo perskaičiuota į SM

koncentraciją sausojoje masėje (mg/kg sm). Visi tyrimai atlikti trimis pakartojimais, elementų analizės rezultatai pateikiami kaip šių pakartojimų vidutinė reikšmė ± standartinė paklaida. Microsoft Office Excel programa apskaičiuotas ir įvertintas statistinis rezultatų patikimumas; vertės  $p < 0,05$  laikytos statistiškai reikšmingomis.

## Rezultatai ir aptarimas

Tirtuose biomasės pelenuose buvo nustatyti 4 cheminiai makroelementai, kurie priklauso pagrindinių augalų maisto elementų grupei – kalcis, magnis, fosforas ir kalis. Azoto tyrimai nebuvo atliekami, nes dėl aukštos degimo temperatūros azoto junginių kiekis pelenuose būna minimalus. Pelenu cheminė sudėtis priklauso ne tik nuo žaliavos, bet ir degimo proceso (Barrows 2011). Katilinių degimo proceso stabilumui įvertinti buvo tiriamas biomasės pelenuose esanti organinė anglis.

2 lentelė. Organinės anglies ir makroelementų kiekis biomasės pelenuose  
Table 2. Organic carbon (OC) content and macroelement concentration in biomass ash

Metai Year	Makroelementai, % Macroelements, %				
	OC	Ca	Mg	P	K
2013	1,14	18,20	2,05	0,91	3,87
2014	0,82	27,08	2,90	1,93	5,18
2015	0,57	18,74	1,73	1,09	5,00
Vidurkis Mean value	0,84	21,34	2,23	1,31	4,68

Didžiausios makroelementų koncentracijos

Apibendrinus tirtų biomasės pelenu cheminės analizės duomenis su 95 % tikimybe, galima daryti išvadą, kad pasirinktoje katilinėje kuras sudega kokybiškai ir likęs organinės anglies kiekis pelenuose neviršija rekomenduojamos 10 % ribos (Campbell, 1990). 2014 m. pelenu mėginyje buvo nustatytos didžiausios visų makroelementų koncentracijos: kalcio – 27,08 %, magnio – 2,90 %, fosforo – 1,93 % kalio 5,18 %.

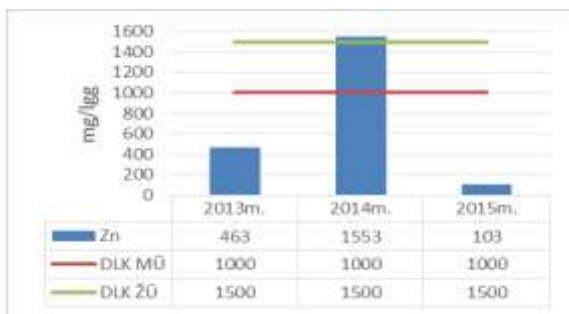
Kalcis būtinas augalų medžiagų apykaitos procesams – fotosintezai, angliavandenių susidarymui, organinių rūgščių neutralizavimui. Esant jo trūkumui augalai užaugina smulkesnius lapus, prasčiau vystosi šaknų sistema, jos būna silpnesnės, todėl sumažėja maisto medžiagų įsisavinimas, prasčiau apsirūpina vandeniu. Esant magnio trūkumui dirvožemyje, augalų lapai pagelsta ir nukrenta, tačiau dėl jo pertekliaus, simptomai panašūs kaip ir kalcio trūkumo – pasireiškia žaliųjų organų pašviesėjimu (chlorozė), jie pasidaro šviesiai žalsvi arba gelsvi, ūglių viršūnės vysta, sulėtėja augalo augimas. Fosforas naudingas augalų augimui ir fiziologiniam vystymuisi. Esant šio elemento trūkumui augalų vystymasis sulėtėja, gali atsirasti vystymosi pakitimų. Dėl kalio trūkumo augalo lapuose susikaupia mineralinio azoto, augalai būna mažiau atsparūs aplinkos pokyčiams ypač sausroms, anksčiau nuvyta, sutrinka medžiagų apykaita, ko pasėkoje nukenčia derlius (Brazienė, 2007).

Mūsų tyrimas parodė, kad biomasės pelenai gali būti naudojami tręšiant augalus kaip efektyvus visų šių

makroelementų šaltinis. Ypatingai didelis kiekis tirtuose pelenuose buvo kalcio ir kalio, trijų metų vidurkis 21,34 ir 4,68 % atitinkamai. Remiantis Švedijos tręšimo pelenais rekomendacijomis (Quideline..., 2008), minimalus kalcio kiekis miškų ūkyje naudojamuose pelenuose neturėtų būti mažesnis nei 12,5 %, kalio – 3,0 %, magnio – 1,5 %, fosforo – 0,7 %, o cinko – 0,05 % (arba 500 mg/kg). Visų keturių makroelementų koncentracija tirtuose pelenuose buvo gerokai aukštesnė nei rekomenduojama šiame dokumente. Lietuvos įstatymai minimalaus makroelementų kiekio pelenuose nereglamentuoja.

Be makroelementų buvo ištirta ir pelenų mikroelementinė sudėtis. Mikroelementų augalams reikia labai nedaug, tačiau augalams žalingas ne tik mikroelementų trūkumas, bet ir jų perteklius (Pekarskas ir kt., 2004), o nebiogeninių cheminių elementų (Pb, Cd, Hg, As ir kt.) net ir mažos koncentracijos daro neigiamą poveikį aplinkos komponentams.

Biomasės pelenuose nustatyta cinko koncentracija svyruoja nuo 103 iki 1553 mg/kg. 2014 m. pelenų mėginyje Zn koncentracija viršijo LR medienos pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklėse nurodytas DLK, tiek skirtas MŪ, tiek ir ŽŪ (2 pav.).



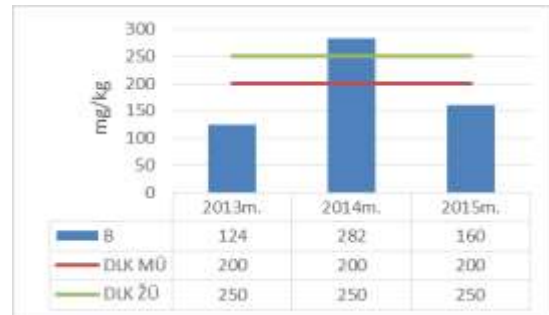
2 pav. Cinko koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 2. Zinc concentration in biomass ash samples

Cinkas yra būtinas augalo augimui bei vystymuisi, jis svarbus angliavandenių transformacijos procesuose. Taip pat cinkas sustiprina chlorofilo gamybos energiją bei reguliuoja cukrų gamybą, veikia kaip katalizatorius bei dalyvauja ląstelėse vykstančiuose oksidacijos procesuose (www.kustodija.lt).

Šio mikroelemento augalams reikia daugiausia; palygint aukštos ir gamtinės foninės Zn koncentracijos dirvožemyje.

Pagal Švedijos rekomendacijas ribinė cinko DLK miškų ūkiui skirtuose pelenuose gali siekti net 7000 mg/kg (Quideline..., 2008).

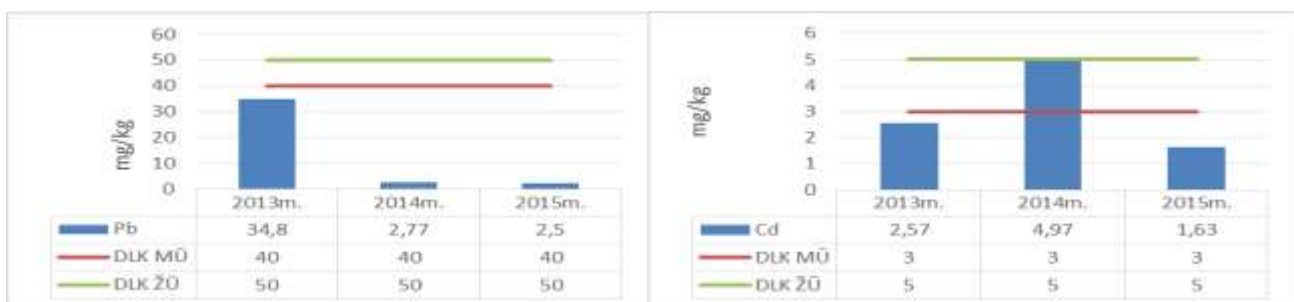
Boro koncentracija tirtuose biomasės pelenuose svyravo intervale nuo 124 iki 282 mg/kg. Boro kiekis 2014 metų pelenų mėginyje viršijo šio elemento DLK MŪ ir ŽŪ, nurodytą LR pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklėse (3 pav.).



3 pav. Boro koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 3. Boron concentration in biomass ash samples

Boras labai svarbus augalų mikroelementas, darantis įtaką vandens patekimui į ląsteles, žiedadulkių vystymuisi bei sėklų sudygimui, vaisių bei lapijos susidarymui. Taip pat jis svarbus angliavandenių pernešimui augalo viduje, kas užtikrina tinkamą augalo augimą. Trūkstant boro, augale įvyksta stiprūs metabolizmo pakitimai, pavyzdžiui augalo augimo deformacijos (Kregždys ir kt., 2006). Beje pagal Danijos ir Suomijos normatyvus boro kiekis pelenuose nėra ribojamas (Quideline..., 2008). Švedijoje borui taikoma ribinė koncentracija pelenuose siekia net 800 mg/kg (naudojant miškų ūkyje).

Iš mikroelementų grupės sunkieji metalai švinas ir kadmio yra bene patys toksiškiausi cheminiai elementai, kurių net maža koncentracija gali sukelti neigiamą poveikį aplinkos komponentams. Švino ir kadmio kiekis tirtuose pelenuose svyruoja atitinkamai, nuo 2,5 iki 34,8 mg/kg, ir nuo 1,63 iki 4,97 mg/kg. Švino kiekis visuose mėginiuose neviršijo Lietuvos taisyklėse nurodytą DLK, tačiau kadmio kiekis 2014 m. pelenuose viršijo DLK MŪ, bet neviršijo DLK ŽŪ, nors koncentracija ir buvo artima ŽŪ taikomai ribinei vertei (5 mg/kg) (4 pav.). Vėlgi, reiktų paminėti, kad Skandinavijos šalyse reikalavimai šioms metalams nėra tokie griežti kaip Lietuvoje. Pavyzdžiui, ribinė koncentracija švinui svyruoja nuo 100 iki 300 mg/kg priklausomai nuo pelenų panaudojimo srities (ŽŪ ar MŪ).



4 pav. Švino ir kadmio koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 4. Lead and cadmium concentration in biomass ash samples

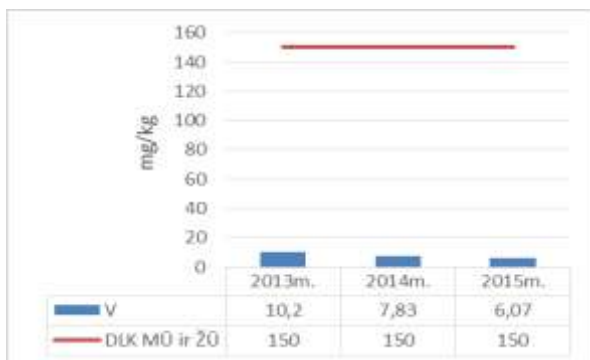
Švino ir kadmio junginiai per maisto grandinę patekę į žmogaus organizmą jame kaupiasi. Pastebėta, kad šie junginiai pažeidžia vaikų centrinę nervų sistemą, o suaugusiųjų – inkstus ir kepenis. Apsinuodijimai švinu gali būti ūminiai ir lėtiniai. Jie vienodai kenkia visam žmogaus organizmui, nes sutrikdo ląstelėse vykstančius procesus (Urbiene ir kt., 2011).

Sunkiųjų metalų chromo ir nikelio LR galiojančios DLK vertės sutampa. Nikelio koncentracija tirtuose biomasės pelenų mėginiuose kito nuo 9,67 iki 20,1 mg/kg ir 2013 metais šiek tiek viršijo DLK MŪ. Chromo koncentracija svyravo nuo 10,5 iki 21,1 mg/kg ir 2013 metų pelenų mėginyje taip pat nežymiai viršijo DLK MŪ (5 pav.).



5 pav. Nikelio ir chromo koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 5. Concentration of nickel and chromium in bioash samples

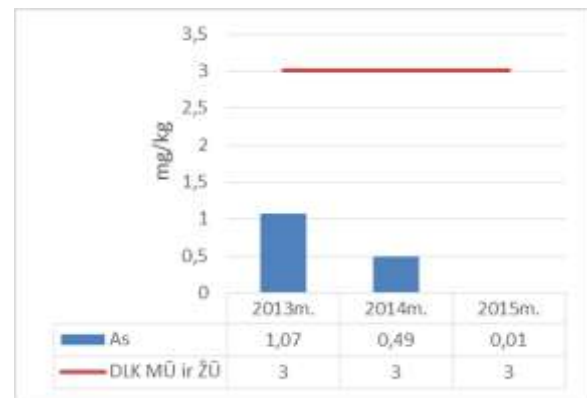
Vanadžio kiekis nuo 10,2 mg/kg (2013 m.) sumažėjo iki 6,07 mg/kg (2015 m.). DLK MŪ ir ŽŪ yra 150 mg/kg, todėl visuose tirtuose mėginiuose vanadžio kiekis buvo 15 ir daugiau kartų mažesnis už ribinį (6 pav.).



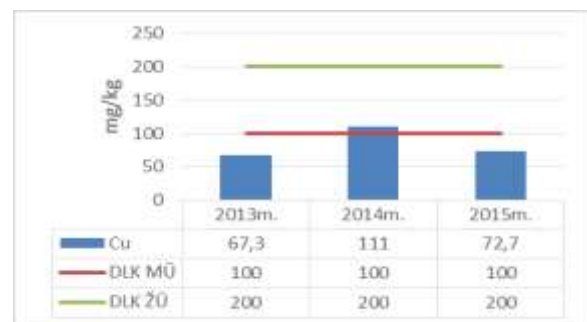
6 pav. Vanadžio koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 6. Vanadium concentration in biomass ash samples

Arseno koncentracija trijų metų bėgyje svyravo intervale nuo 0,01 iki 1,07 mg/kg. Didžiausia nustatyta arseno koncentracija buvo beveik 3 kartus mažesnė nei DLK MŪ ir ŽŪ (7 pav.).

Vario koncentracija tirtuose biomasės pelenų mėginiuose kito nuo 67,3 iki 111 mg/kg. Tik 2014 metais vario kiekis pelenuose nežymiai viršijo LR taisyklėse nurodytą DLK MŪ, tuo tarpu DLK ŽŪ nebuvo viršyta (8 pav.).



7 pav. Arseno koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 7. Arsenic concentration in biomass ash samples



8 pav. Vario koncentracija biomasės pelenų mėginiuose  
Fig. 8. Copper concentration in biomass ash samples

Makro- ir mikroelementinės biomasės pelenų sudėties tyrimai parodė itin didelius skirtumus tarp kai kurių elementų skirtinguose mėginiuose. Pavyzdžiui, švino koncentracija skyrėsi daugiau kaip 10 kartų, cinko - 15 kartų, o arseno koncentracijos skirtumas siekė net 100 kartų. Makroelementams šie skirtumai buvo mažesni, bet taip pat siekė apie 2 kartus, tiek fosforui, tiek ir kalciui. Tai rodo didelę pelenų kokybinių rodiklių priklausomybę nuo deginamos biomasės sudėties ir užterštumo. Todėl kiekvienu konkrečiu pelenų naudojimo žemės ir miškų ūkyje atveju, būtina atlikti elementinę analizę ir įsitikinti, kad pelenų kokybė atitinka LR taisyklėse keliamus reikalavimus. Mūsų tyrimo atveju, naudojimui tiek žemės ir miškų ūkyje, tiek ir pažeistų teritorijų rekultivacijai tinkami buvo tik 2015 metų biomasės pelenai. Iš kitos pusės, platesnį pelenų panaudojimą apriboja Lietuvoje galiojantys itin griežti kokybiniai reikalavimai (t.y. mažos DLK vertės). Pagal Skandinavijos šalyse (Danijoje, Suomijoje, Švedijoje) galiojančius reikalavimus, visus šiame darbe tirtus pelenus be jokių apribojimų galima būtų naudoti tiek miškų, tiek ir žemės ūkyje. Galima numatyti, kad ribinės koncentracijos, atsiradus daugiau mokslinių duomenų, bus keičiamos. Naudojant biomasės pelenus, labiau reiktų atsižvelgti ir į tręšimo pelenais normas, galimą elementų akumuliaciją dirvožemyje, taip pat ir į paties tręšiamo dirvožemio mikroelementinę sudėtį.

## Išvados

1. Tiriamoje Jonavos biokuro katilinėje biomasė sudeginama kokybiškai ir efektyviai.

2. Makroelementų – magnio, fosforo ir, ypač, kalcio bei kalio koncentracijos buvo didžiausios 2014 metų biomasės pelenų mėginyje. Tokie pelenai gali būti naudojami kaip efektyvi kalio trąša ir kaip kalkinimo priemonė.

3. Aukštos mikroelementų (Cd, Cu, Zn, B) koncentracijos 2014 metų pelenuose gerokai viršija Lietuvoje galiojančias DLK, ir užkerta kelią pelenų panaudojimui. Be apribojimų tiek žemės, tiek ir miškų ūkyje galima būtų naudoti tik 2015 metų pelenus.

4. Sunkiųjų metalų prognozavimas pelenuose sunkiai įmanomas. Dideli koncentracijų skirtumai skirtingų metų mėginiuose rodo didelę pelenų kokybinių rodiklių priklausomybę nuo deginamos biomasės sudėties ir užterštumo. Todėl kiekvienu konkrečiu pelenų naudojimo žemės ir miškų ūkyje atveju, būtina atlikti elementinę analizę ir įsitikinti, kad pelenų kokybė atitinka LR taisyklėse keliamus reikalavimus.

#### Literatūra

- AUKŠTUOLYTĖ, R. (2015). Jau kitą žiemą du trečdaliai šilumos bus iš vietinio kuro. *Verslo žinios*, 2015-01-12.
- BARROWS, B. (2011). Management of wood ash generated from biomass combustion facilities. *Department of Environmental Quality*, State of Oregon.
- BRAZIENĖ, Z. (2007). Cheminių elementų reikšmė cukrinių runkelių augimui. *Mano ūkis*, 2007/2.
- CAMPBELL, A. G. (1990). Recycling and disposing of wood ash. *Tappi Journal*, 73(9), 141-146.
- DOE (1987). Interdepartmental Committee on the redevelopment of contaminated land: Guidance on the assessment and redevelopment of contaminated land, *Guidance Note 59/83*. Department of the Environment, London.
- KREGŽDYS, Ž., DAUGĖLIENĖ, N. (2006). Mikroelementų efektyvumas sėjomainoje. *Žemdirbystė*, 93(2), 40-53.
- Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro įsakymas. Dėl medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklių patvirtinimo. 2001.Vilnius. Nr. D1-14.
- NUNES, L. J. R., MATIAS, J. C. O., CATALÃO, J. P. S. (2016). Biomass combustion systems: A review on the physical and chemical properties of the ashes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 235-242.
- PEKARSKAS, J., PETRAUSKAS, E. (2004). Mikroelementų reikšmė augalams. Metodinė priemonė. Lietuvos žemės ūkio universitetas, UAB „Agrokonzernas, Suplo Sp. zo. o.
- PIEBALGS, A. (2007). Renewables make the difference. Luxembourg : *Office for Official Publications of the European Communities*, 2007.
- Prieiga per internetą:*  
<http://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2016>
- Prieiga per internetą:*  
<http://www.kustodija.lt/lt/208/Mikroelementu+tyrimas>
- OZOLINIUS, R., GEDIMINAS, A. (2009). Pelenai miške, arba kodėl trešiam miškui. *Lietuvos miškų institutas*. *Naturales Scientiae Omnibus*, 2009.
- Guideline for classification of ash from solid biofuels and peat utilised for recycling and fertilizing in forestry and agriculture*. Technical report TR 613, Nordic Innovation Centre – 2008.
- URBIENĖ, S., KEMEŽIENĖ, G. (2011). Sunkiųjų metalai: švino ir kadmio toksiškumas, *Mano ūkis*, 2011/7.

Deividas Maldaris, Valdas Paulauskas

#### Composition and Utilization Possibilities of Biomass Ash

##### Summary

Baltic sea countries are burning various types of biomass fuel. Not only traditional firewood, but also wood chips, sawdust, straw, forestry and other cellulose-containing wastes are being used as biofuel. All of these biomass fuels are to be considered as renewable energy sources, because in accordance with the international agreement CO<sub>2</sub> resulting from the combustion of such type of fuel is not referred as a greenhouse gas. EU member states according to the international agreement have undertaken by 2020 to significantly increase the use of renewable energy sources, which will further encourage the usage of biofuels. Biomass burning generates huge amounts of incineration waste - biomass ash. Biomass boiler ash is classified as non-hazardous waste and can be managed according to non-hazardous waste management requirements. Biomass ash safe utilisation and recycling in future will become more and more important due to the rapid increase of the volume of ash generated. Biomass ash utilization in agriculture or forestry may be beneficial due to high concentrations of plant macro- and micronutrients in the ash. However, of great importance are maximum allowable concentrations for heavy metals, which should not be exceeded in the ashes to be used in agriculture or forestry.

The aim of this work is to investigate the macro- and microelemental composition of the ash from biomass boiler fuelled on wood chips. The highest zinc, copper, cadmium and boron concentrations were determined in biomass ashes of 2014, while lead, chromium, arsenic, vanadium and nickel concentration was higher in biomass ash samples from year 2013. Concentration of some of the elements listed above was higher than maximum permissible values, so recycling of such biomass ash in agriculture or forestry would pose threat to the environment.

*Biomass ash, waste recycling, trace elements, macroelements, fertilisation, liming*

*Gauta 2017 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2017 m. balandžio mėn.*

**Deividas MALDARIS.** Aleksandro Stulginskio universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Taikomosios ekologijos III kurso studentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. 8(631) 00150, el. paštas: [deividasmaldaris@gmail.com](mailto:deividasmaldaris@gmail.com)

**Valdas PAULAUSKAS.** Aleksandro Stulginskio universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto gamtos (chemijos) mokslų daktaras, profesorius. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel (+370) 37 752 215, el. paštas: [valdas.paulauskas@asu.lt](mailto:valdas.paulauskas@asu.lt)

**Deividas MALDARIS.** Aleksandras Stulginskis University Faculty of Forestry and Ecology Institute of Environment and Ecology, MSc student of Applied Ecology. Address: Studentu 11, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370) 631 00150, E-mail: [deividasmaldaris@gmail.com](mailto:deividasmaldaris@gmail.com).

**Valdas PAULAUSKAS.** Aleksandras Stulginskis University Institute of Environment and Ecology, Doctor of Natural (Chemistry) Sciences, Professor. Address: Universiteto str. 10, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370) 37 752 215, E-mail: [valdas.paulauskas@asu.lt](mailto:valdas.paulauskas@asu.lt)