

## BIRŽŲ NUOTEKŲ VALYKLOJE KOMPOSTUOTO DUMBLO NAUDOJIMO BŪDŲ ANALIZĖ

**Justina KOPŪSTIENĖ**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, el. paštas: [justina.kopustiene@vdu.lt](mailto:justina.kopustiene@vdu.lt)

### Santrauka

Straipsnyje aptariami svarbiausi ir efektyviausi dumblo panaudojimo būdai. Pagrindinis tyrimo tikslas – nustatyti, Biržų NV optimaliausią kompostuoto dumblo naudojimo būdą, atsižvelgiant į techninius, ekonominius ir aplinkosauginius veiksnius. Tikslui įgyvendinti buvo susisteminti ir įvertinti Biržų NV sukaupto dumblo kiekiai ir kokybė. Išanalizavus 2015 ir 2021 m. dumblo tyrimo ataskaitas, nustatyta, kad pagal sunkiųjų metalų koncentraciją dumblas atitinka I kategoriją, o apskaičiuotus susidariusio dumblo kiekius, nustatyta, kad nuo 2013 iki 2021 m. yra sukompustuota 3 845 t dumblo. Įvertinus dumblo kiekius ir kokybę, parinktos dumblo panaudojimo alternatyvos. Surinkti ir apibendrinti 6 potencialių dumblo naudojimo būdų techniniai, ekonominiai ir aplinkosauginiai duomenys. Uždavinys yra daugiatis, apimantis kiekybinius bei kokybinius kriterijus, todėl jam spręsti pasirinktas daugiakriterinės sprendimų analizės metodas. DAM programa buvo nustatyta, kad iš pasirinktų alternatyvų tręšimas, energetinio miško auginimas ir rekultivacija yra efektyviausi dumblo panaudojimo būdai. Tręšiant energetinius miškus kompostuotu dumblo, Biržų NV patirtų mažiau nuostolių, lyginant su tyrimo nagrinėtomis alternatyvomis.

**Reikšminiai žodžiai:** nuotekų dumblas, dumblo kokybė, kompostavimas, komposto panaudojimas.

### Įvadas

Didėjant pasaulio gyventojų skaičiui, kartu didėja ir urbanizuotos teritorijos, nes žmonės linkę susitelkti dideliuose miestuose. Šie miestai suvartoja didžiulius kiekius išteklių ir gamina milijardus tonų atliekų (Kaza ir kiti, 2018) ir nuotekų. Mokslininkai prognozuoja, kad pasaulio gyventojų skaičiui iki 2030 m. padidėjus iki 8 mlrd. gali pristigti maisto, vandens ir energijos (Europos Komisija, 2009). Augant žmonių skaičiui, plečiantis pramonei ir gerinant nuotekų valymo technologijas, susidaro didesni nuotekų ir dumblo kiekiai. Europos šalyse susidariusių nuotekų kiekiai skiriasi, svyruoja nuo 0,1 kg/1GE iki 30,8 kg/1GE per metus (Kelessidis, Stasinskis, 2012). Dumblo sudėtis labai sudėtinga, jame gausu mikro- ir makroelementų, tačiau dumble gali būti ir nuodingų junginių ir patogeninių organizmų. Dumblo išvalymas iki reikiamų normų yra tik pusė darbo, kita pusė yra dumblo apdorojimas ir jo panaudojimas (Levitas ir kt., 2008). Kompostuojant nuotekų dumblą jis stabilizuojasi, sumažėja patogenų kiekis medžiagoje ir atliekų apimtis, pagerėja dumblo struktūra, iš dalies sumažėja nemalonūs kvapai (Sweco BKG, 2006). Biržų nuotekų valykloje (toliau – NV) dumblui kompostuoti naudojamos biologiškai skaidžios atliekos ir smėliagaudėse sulaikomo smėlio atliekos. Į UAB „Biržų vandenys“ eksploatuojamą nuotekų dumblo apdorojimo įrenginį specialiomis transporto priemonėmis atvežamas maždaug 86 proc. drėgnumo nusaustas dumblas, būtent tokio drėgnumo toliau ir naudojamas kompostavimo procese. Europos šalių praktika rodo, kad racionaliausia dumblą naudoti dirvoms tręšti, energijai ar biokurui gaminti.

**Tyrimo tikslas** – nustatyti efektyviausią Biržų nuotekų valykloje susidariusio kompostuoto dumblo panaudojimo būdą.

Darbe sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti Biržų nuotekų valykloje susidariusio dumblo kiekius ir kokybę;
2. Daugiakriterinės analizės metodu nustatyti optimaliausią kompostuoto dumblo panaudojimo būdą.

### Tyrimų objektas ir metodai

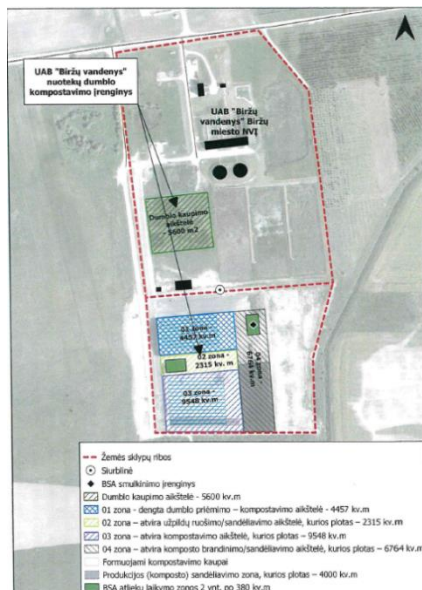
Tyrimų objektas – Biržų NV susidaręs dumblas, kuris yra sausinamas naudojant filtpresą, taip pat aikštelėse su smėlio inendrių filtru. Filtpresu nusaustas dumblas laikomas sandėliavimo aikštelėje, kur kartu ir mineralizuojasi. Vėliau susidaręs dumblas yra kompostuojamas ir kaupiamas. Tyrimui reikiama informacija apie Biržų NV buvo surinkta iš UAB „Biržų vandenys“ bei kitų viešai skelbiamų informacinių šaltinių. Gauti duomenys susisteminti, sugrupuoti ir analizuoti. Dumblo kokybės analizė atliekama pagal kadmių (Kd), šviną (Pb), chromą (Cr), nikelį (Ni), gyvsidabrį (Hg), varį (Cu) ir cinką (Zn). Duomenys susisteminti iš dviejų laboratorinių tyrimų ataskaitų – 2015 m. ir 2021 m. Įmonė dumblo tyrimus užsako vieną kartą per metus. Duomenys buvo apdoroti naudojant statistinę analizę *Microsoft Excel 2010* programa. Dumblo ir komposto kokybinius tyrimus atliko Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro žemdirbystės instituto agrocheminių tyrimų laboratorija. Nustatant analizuojamų sunkiųjų metalų kiekį, tyrimų laboratorija vadovavosi LST EN 13650:2006. Taip pat buvo taikomi tyrimo metodai, numatyti LST EN ISO 11885:009 (Pb, Cr ir Ni); LST EN ISO 15586:2004 (Cd); LST ISO 8288:2002 (Cu ir Zn) ir LST EN ISO 12846:2012 (Hg) standartuose. Susidariusio dumblo

ir komposto kiekiai apskaičiuoti nuo 2013 iki 2021 metų. Tyrime buvo pasiūlytos 6 alternatyvios priemonės, skirtos nustatyti efektyviausius dumblo naudojimo būdus. Siekiant parinkti optimaliausią priemonę, buvo pasinaudota daugiakriterės analizės programine įranga (DAM), kuri skirta bet kokiems uždaviniams spręsti taikant MAUT (*Multiattribute Utility Theory* – daugiakriterė naudos teorija) metodą (Keeney, 1976). Parenkant kriterijus buvo atsižvelgta ir įvertinta kiekybiniai bei kokybiniai veiksniai, kurie turi įtakos dumblo tolesniam naudojimui.

## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

### Biržų nuotekų valyklos kompostavimo technologija

Nuotekų dumblo apdorojimo įrenginio bendras projektinis pajėgumas 10 562 t atliekų per metus (1 pav.). Didžiausias vienu metu leidžiamas laikyti bendras atliekų kiekis yra 9 200 t. Bendrą atliekų kiekį sudaro nuotekų dumblo kaupimo aikštelėje laikomas senasis nuotekų dumblas (5 600 t). Didžiausias kompostavimo aikštelėje galimas apdoroti nuotekų dumblo kiekis – 2 700 t, biologiškai skaidžių atliekų – 850 t, bei smėliagaudžių atliekų – 50 t.



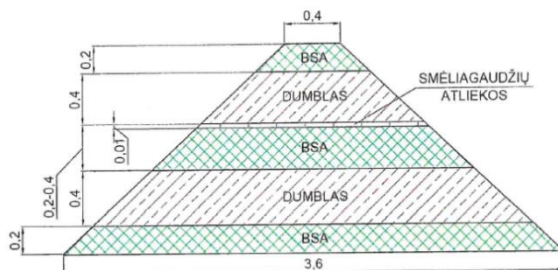
**1 pav.** Nuotekų dumblo apdorojimo įrenginio technologinio proceso schema

Šaltinis: UAB „Biržų vandenys“

**Fig. 1.** The processing of the sewage sludge scheme

Source: UAB „Biržų vandenys“

Kompostavimo procesui reikia: atliekų smulkintuvo, komposto vartytuvo, ratinio krautuvo ir sijotuvo. Atliekų smulkintuvas smulkina žaliąsias atliekas, kurios komposto vartytuvu yra maišomos. Sumaišytas dumblas yra formuojamas į kaupus (2 pav.), kad vyktų organinių medžiagų skaidymas. Kaupuose dumblas išlaikomas apie 2–3 savaites. Laikas priklauso nuo oro temperatūros, žemesnėje nei  $-7^{\circ}\text{C}$  temperatūroje organinės medžiagos neskaidomos. Po 2–3 savaičių su sijotuvu yra atskiriamos iš dumblo nesuskaidytos žaliosios atliekos ir dumblas vežamas į kompostavimo aikštelę (2 pav.).



**2 pav.** Suformuoto kaupo pjūvio principinė schema

Šaltinis: UAB „Biržų vandenys“

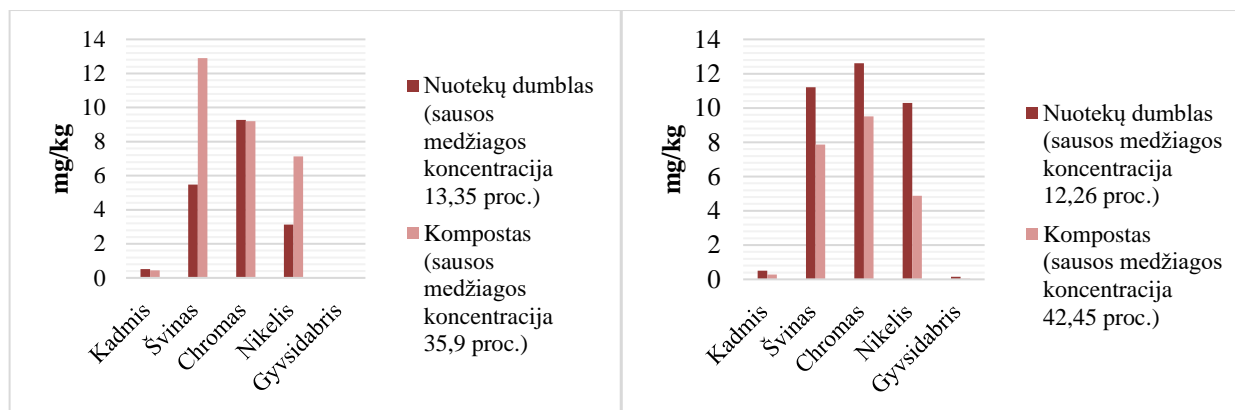
**Fig. 2.** Schematic diagram of the formed pile section

Source: UAB „Biržų vandenys“

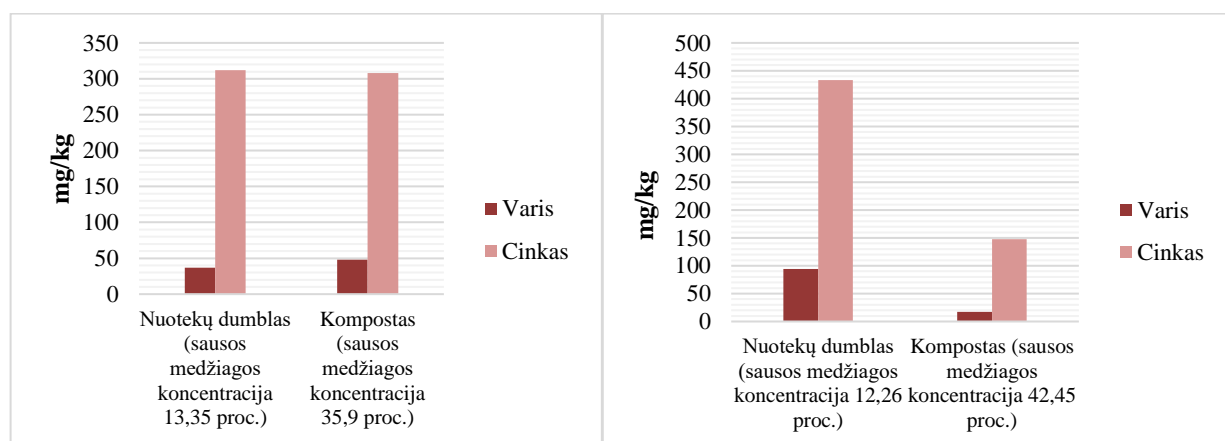
### Dumblo kokybė

Straipsnyje nagrinėjamas nuotekų dumblas ir kompostas. Vertinant nuotekų dumblo kokybę pagal jame esančius sunkiuosius metalus, matyti (4 pav.), kad per analizuojamą laikotarpį iš sunkiųjų metalų daugiausia dumble aptinkama vario ir cinko, o mažiausiai – kadmio ir gyvsidabrio. 2021 m. švino, nikelio, gyvsidabrio ir vario koncentracija buvo

didesnė komposte nei nuotekų dumble. Tam galėjo turėti įtakos mėginiuose paimtos sausosios medžiagos kiekis. 2015 m. kadmio koncentracija komposte buvo 0,29 mg/kg, o 2021 m. 0,44 mg/kg (3 pav.). Remiantis LAND 20-2005 nuostatomis, apdorotas dumblas atitinka I kategoriją ( $Cd < 1,5$  mg/kg). Vidutinis Cd kiekis dumble – 0,5 mg/kg, o komposte – 0,36 mg/kg. 2015 m. švino ir chromo koncentracija apdorotame dumble buvo atitinkamai 7,87 mg/kg – ir 9,5 mg/kg. 2021 m. vidutinis švino kiekis buvo 12,9 mg/kg, o chromo – 9,2 mg/kg. Nagrinėjamų laikotarpių kompostuotas dumblas atitinka I kategoriją ( $Pb$  ir  $Cr < 140$  mg/kg). 2015 m. nikelio ir gyvsidabrio koncentracija komposte buvo atitinkamai 4,87 mg/kg ir 0,033 mg/kg, o 2021 m. – 7,13 mg/kg ir 0,056 mg/kg. Remiantis LAND 20-2005 nuostatomis, tai pagal šiuos sunkiuosius metalus dumblas atitinka I kategoriją ( $Ni < 50$  mg/kg, o  $Hg < 1,0$  mg/kg). 2015 m. vario ir cinko koncentracija apdorotame dumble buvo atitinkamai 17,2 mg/kg ir 148 mg/kg, o 2021 m. – 48 mg/kg ir 308 mg/kg. Kompostuotas dumblas atitinka I kategorijos dumblą ( $Cu < 300$ ,  $Zn < 800$  mg/kg).



**3 pav.** Nuotekų dumбло kokybė pagal sunkiuosius metalus. Kairėje 2021 m. duomenys, o dešinėje 2015 m. duomenys  
**Fig. 3.** Sewage sludge quality in terms of heavy metals. On the left data from 2021 and on the right data from 2015



**4 pav.** Nuotekų dumбло kokybė vertinant varį ir cinką. Kairėje 2021 m. duomenys, o dešinėje 2015 m. duomenys  
**Fig. 4.** Sewage sludge quality for copper and zinc. On the left data from 2021 and on the right data from 2015

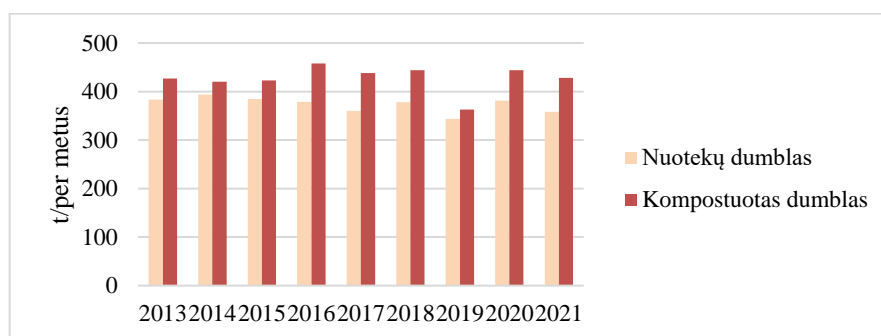
Išanalizavus Biržų NV dumбло laboratorinių tyrimų ataskaitas, nustatyta, kad valykloje susidaręs dumblas pagal sunkiųjų metalų koncentraciją atitinka I kategorijos dumblą, remiantis LAND 20-2001 reikalavimais, šiuo kompostu galima tręšti dirvožemį, naudoti karjerams rekultivuoti bei sąvartynams uždengti. Todėl buvo pasiūlytos priemonės kompostuoto dumбло tolesniam panaudojimui, nes kaupiamas dumblas kelia grėsmę aplinkai, taip pat dumбло kaupimo idėja prieštarauja darnios plėtros principams.

#### Kompostuoto dumбло panaudojimo galimybės

Susisteminius Biržų NV susidariusius dumбло kiekius, nustatyta, kad nuo 2013 iki 2021 m. yra sukompustuota **3 845 t dumбло**. Vidutinis nuotekų dumбло kiekis per metus 373,5 t, o kompostuoto – 427,2 t.

Pagrindinis uždavinys, kurio siekiama naudojant DAM programinę įrangą, iširti, koks kompostuoto dumбло panaudojimo būdas yra geriausias ir efektyviausias. Norint geriau suprasti ir išspręsti iškeltą problemą, reikia tiksliai apibrėžti kriterijus, kuriais remiantis bus priimtas sprendimas. Surinkti duomenis apie kriterijus nėra paprasta, kai jų bei pasirinkimo galimybių yra daug. Alternatyvos nagrinėjamos pagal 1 lentelėje išvardytus kriterijus. **Svarbiausia, kad įmonė nepatirtų nepalankaus ir nuostolingų dumбло panaudojimo būdų.** Kriterijų matavimo vienetai vienodi – balai [0;5], balų skalėje nustatytos jų kryptys. Keturi kriterijai buvo minimizuojami: įrenginių kaina, įrenginių priežiūra, investicijų atsiperkamumas ir priemonės estetiškumas, o trys maksimizuojami: nepalankus ir nuostolingas

dumblo naudojimas; nuotekų dumblo grąžinimo į žiedinę ekonomiką geroji praktika ir teigiamas poveikis aplinkai.



5 pav. Biržų NV susidariusio dumblo kiekis  
Fig. 5. Biržų NV the amount of accumulated sludge

1 lentelė. Dumblo panaudojimo būdų parinkimo daugiakriterės analizės duomenys  
Table 1. Data from multicriteria analysis of sludge use selection

Eil. Nr.	Kriterijai Criteria	Kryptis Direction	Pasirinkimo galimybės Possibilities					
			1	2	3	4	5	6
			Dumblo deginimas ir energijos gavyba Sludge incineration and energy	Biodegalų gamyba Biofuel production	Tręšimas Fertilization	Energetinio miško auginimas Energy forestry	Rekultivacija Recultivation	Dumblo perdavimas deginimui „Akmenės cementas“ Sludge transfer for incineration „Stone
1.	Įrenginių kaina Eur (0 – nekainuoja, 1 – maža kaina, 5 – didelė kaina); Equipment price, Eur (0-free, 1-low price, 5-high price)	Min	5	4	0	3	0	0
2.	Įrenginių priežiūra Eur (0 – nekainuoja, 1 – maža kaina, 5 – didelė kaina); Equipment maintenance, Eur (0-free, 1-low price, 5-high price)	Min	5	4	0	3	0	0
3.	Investicijų atsiperkamumas laiko atžvilgiu. Per kiek metų atsipirks investicija (0 – investicijos nėra, 1 – greitai, 5 – ilgai); Return on investment, in terms of time. How many years will the investment pay off (0-no investment, 1-fast, 5-long)	Min	5	5	0	3	0	0
4.	Nepalankus ir nuostolingas dumblo naudojimas (1 – nuostolingas, 5 – pelningas); Unfavorable and unprofitable use of sludge (1-unprofitable, 5-profitable)	Max	3	4	1	5	1	2
5.	Nuotekų dumblo grąžinimo į žiedinę ekonomiką geroji praktika (1 – negrąžinama, 5 – grąžinama); Good practice for the return of sewage sludge of the circular economy (1-non-refundable, 5-refundable)	Max	2	3	4	5	4	2
6.	Teigiamas poveikis aplinkai (1 – neigiamas poveikis, 5 – teigiamas poveikis); Positive environmental impact (1-adverse effects, 5-positive effects)	Max	1	4	3	5	2	1
7.	Priemonės estetiškumas (1 – nėra vizualinės taršos, 5 – max vizualinė tarša); Aesthetics of the measure (1-no visual pollution, 5-max visual pollution)	Min	5	4	3	1	2	5

**Nuotekų dumblo deginimas ir energijos gavyba.** Dumblas deginamas deginimo krosnyje su ardynu, kurio zonose įrengtas individualus valdymas ir oro tiekimas. Pelenai iš ardyno šalinami automatiškai (Chemava). Dumblo deginimo procese gauti pelenai gali būti vėl grąžinti į žiedinę ekonomiką. Iš ardyno dujos teka į šilumokaitį, kuris perduoda šiluminę energiją į mažos dujų turbino suslėgtą technologinį orą, o turbino gamina elektrą. Cao ir Pawłowski įvertino pirminio ir aktyviojo dumblo anaerobinio skaidymo procesų energijos vartojimo efektyvumą (Cao ir Pawłowski, 2012). Skaidant 100 kg pirminio dumblo anaerobiniu būdu, kai sunkiųjų metalų kiekis 84 proc., energijos našumas yra 1 573,2 MJ biodujų, o tuo pačiu būdu skaidant 100 kg aktyviojo dumblo, kai sunkiųjų metalų kiekis 69 proc., energijos našumas yra 629,3 MJ. Anaerobinio skaidymo metu pasigamina didesnis energijos kiekis su didesniu sunkiųjų medžiagų kiekiu (>84 proc.). Įmonėje dumblas kompostuojamas, todėl bus nedidelės sunkiųjų metalų koncentracijos, t. y.

susidarytų mažesnė nei 629,3 MJ energijos išeiga biodujų pavidalu. Priklausomai nuo dumblo sudėties, iš 1 kg sausų medžiagų galima gauti apie 0,23–0,37 m<sup>3</sup> dujų, kur metanas sudaro 60–75 proc. bendro dujų kiekio (Sweco BKG, 2006). Norint, kad UAB „Biržų vandenys“ gamintų biodujas, reikėtų pastatyti naujų įrenginių ir juos eksploatuoti. Įmonė kompostuoto dumblo turi 3 845 t, taigi galėtų pagaminti 884 350 m<sup>3</sup> dujų (0,23 m<sup>3</sup>). Vidutinis kompostuoto dumblo kiekis – 427,2 t, tai per metus galėtų pagaminti 98 256 m<sup>3</sup> dujų. Dumblo ir medžio energetinė vertė yra panaši, vidutiniškai 1 kg dumblo sudaro apie 16 GJ/t energijos (Sweco BKG, 2006), o specifinė šiluma ( $\approx 20\text{--}22$  MJ/kg SM), tačiau energijos balansas dažnai yra nulinis, nes kuro paruošimas ir deginimas reikalauja maždaug tiek pat energijos, kiek gaunama dumblo deginimo metu (Sweco BKG, 2006). Nuotekų dumblo deginimas yra brangiausias dumblo panaudojimo būdas, kuris yra vienuolika kartų brangesnis už panaudojimą laukams tręšti (Dargenis ir kiti, 2008). Pagrindinis aplinkosaugos požiūriu neigiamas dumblo deginimo aspektas yra kenksmingos medžiagos išmetamosiose dujose ir pavojingos cheminės medžiagos šlake.

**Biodegalų gamyba.** Iš nuotekų dumblo galima pagaminti antros kartos degalus, kurie yra sintetiniai iš dujų, gaunamų pirolizės ir Kocho būdais (Dr. Sendžikienė, 2006). Biodegalų gamybai yra suvartojama visa žaliava, o ne atskiri jos komponentai. Atsinaujinančios sintetinės gamtinės dujos turi daug privalumų CO<sup>2</sup> mažinimo požiūriu (ES biodegalų strategija, 2006). Lietuvoje šiuo metu biodegalų plėtra yra nedidelė, P. Janulio (2007) nuomone, tarp pagrindinių priežasčių – nepakankama valstybės parama biodegalų gamintojams. Įmonei nuotekų dumblą naudoti biodegalų gamybai būtų brangu, atsiperkamumo laikas ilgas, tačiau deginant dumblą kaip kurą, gauti pelenai gali būti vėl grąžinti į žiedinę ekonomiką.

**Tręšimas, energetinio miško auginimas ir rekultivacija.** Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui reikalavimuose nurodoma, kad tręšimui gali būti naudojamas I ir II kategorijos apdorotas dumblas. Biržų nuotekų valykloje susidaręs dumblas pagal sunkiųjų metalų koncentraciją atitinka I kategorijos dumblą. Norint tręšti laukus, svarbi maksimali tręšimo apdorotu dumblu norma, kuri užtikrina, kad į dirvožemį nepatektų: daugiau kaip 170 kg/ha per metus azoto, 40 kg/ha fosforo arba 90 kg/ha per metus fosforo (V) oksido (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Dumble esantys azoto, fosforo ir organinių medžiagų kiekiai yra reikalingi augalams augti, tačiau azotas gali didinti šilumos efektą sukeliančių dujų kiekį. Apdorotu nuotekų dumblu būtų galima tręšti energetinius augalus, taip pat žaliavinių medžių bei krūmų plantacijas, plantacinius miško želdinius. UAB „Biržų vandenys“ prie nuotekų valymo įrenginių turi didelę teritoriją, kurioje galėtų sukauptą dumblą paskleisti ir auginti greitos rotacijos medžius, kurie vėliau galėtų būti parduodami. Švedijos, Lenkijos ir kt. valstybių mokslininkai teigia, kad greito auginimo gluosnių kasmetinė medienos gamyba siekia 10–20 t ha<sup>-1</sup>, o gerai patręstuose dirvožemiuose gali siekti ir iki 30 t ha<sup>-1</sup> (Ericsson et al., 2006 ir Helby et al., 2006). Bakšienės ir kitų (2012) tyrime yra nustatyta, kad per metus tam tikrų gluosninių žilvičių tręšimas N<sub>60-90</sub> norma skatino užaugti ūglius iki 2,50 m. Tręšiant apdorotu dumblu, apytiksliai per 5 metus gluosniniai žilvičiai užaugtų iki 12,5 m. Šiuos energetinius augalus įmonė galėtų parduoti bioenergijos ar biokuro gamybai. Įmonė gali naudoti apdorotą dumblą laukams tręšti, energetiniams medžiams auginti, pažeistoms teritorijoms, miesto žaliosioms erdvėms ir pakelėms rekultivuoti, šie dumblo naudojimo būdai – tai žingsnis žiedinės ekonomikos link.

**Dumblo perdavimas deginimui į „Akmenės cementą“.** Šiuo metu „Akmenės cementas“ yra kol kas vienintelė įmonė Lietuvoje, deginanti dumblą. Įmonė į deginimo įrenginį investavo apie 2 mln. Eur. Įdiegti dumblo deginimo įrenginius Biržų vandenims būtų per brangu. Vienas iš geriausių būdų būtų dumblą perduoti Akmenės cemento gamyklai. Už džiovinto dumblo transportavimą ir sutvarkymą UAB „Šiaulių vandenys“ moka po 13,30 Eur (be PVM) už toną. Biržų vandenims išvežti visą sukompustuotą dumblą kainuotų apie 51 138,5 EUR (be PVM), o per metus susidariusiam kompostui transportuoti ir sutvarkyti – apie 5 681,76 EUR (be PVM), be kompostavimo išlaidų.

**Komposto naudojimo alternatyvų analizė, naudojant programinę įrangą DAM.** 1 lentelės duomenys buvo panaudoti analizei atlikti naudojant programinę įrangą DAM ir suformuotos šios išvados:

1. Energetinio miško auginimas yra pranašiausia alternatyva, o antroje vietoje yra tręšimas ir rekultivacija. Tai įrodė Pareto dominavimo testas.

2. Kai pagrindinis kriterijus – *nepalankus ir nuostolingas dumblo naudojimas* – tręšimas ir rekultivavimas yra dominuojančios alternatyvos, o energetinio miško auginimas yra antroje vietoje. Neefektyviausi dumblo panaudojimo būdai iš pasirinktų alternatyvų yra dumblo deginimas ir energijos gavyba. Testas su kompromisu parodė tokį pat rezultatą kaip su pagrindiniu kriterijumi.

3. Jautrumo analizė (testas „Kas būtų, jei?..“) parodė, kad tręšimas, rekultivacija ir energetinio miško auginimas išlieka pakankamai stabilūs, kai keičiamos kriterijų reikšmės.

4. Alternatyvų optimalumas atskleidė, kad iš pasirinktų alternatyvų tręšimas, energetinio miško auginimas ir rekultivacija yra efektyviausi dumblo panaudojimo būdai.

5. Remiantis LAND 20-2001 reikalavimais, norint tręšti laukus, auginti energetinius augalus ar rekultivuoti pažeistas teritorijas, turi būti parengti ir patvirtinti tręšimo planai ir rekultivacijos projektai. Dumblo tyrimų, tręšimo planų parengimo, transportavimo išlaidos tenka vandentvarkos įmonėms, o realią naudą už dumblo panaudojimą gauna trečiosios šalys. UAB „Biržų vandenys“ patirtų mažiau nuostolių ir dalis dumblo apdorojimo procesų atsipirktų tręšiant energetinius medžius ir juos vėliau realizuojant.

## Išvados

1. Biržų NV susidaręs ir kompostuotas dumblas pagal sunkiųjų metalų koncentraciją atitinka I kategorijos dumblą, kuris tinka laukams tręšti, rekultivavimui, energetinio miško auginimui, deginimui, bioenergijos ir biodegalų gamybai. Šiuo metu įmonė turi sukaupti 3 845 t komposto.



2. DAM programa nustatyta, kad Biržų NV iš pasirinktų alternatyvų tręšimas, energetinio miško auginimas ir rekultivacija yra efektyviausi dumblo panaudojimo būdai. Tačiau perdirbtas dumblas ir toliau įvardijamas kaip atlieka, o jo tolesnis panaudojimas apmokestinamas. Tręšiant kompostu energetinius miškus įmonė patirtų mažiau nuostolių, lyginant su tyrimu nagrinėjamomis alternatyvomis.

### Literatūra

1. Aplinkos apsaugos agentūra. Ataskaita „Visuomenės informavimas apie nuotekų ir dumblo tvarkymą pagal 1991 m. gegužės 21 d. Tarybos direktyvos Nr. 91/271/EEB dėl miesto nuotekų valymo 16 straipsnį“. Prieiga per internetą: [https://vanduo.gamta.lt/files/Visuomen%C4%97s%20informavimo%20ataskaita\\_20191548163196086.pdf](https://vanduo.gamta.lt/files/Visuomen%C4%97s%20informavimo%20ataskaita_20191548163196086.pdf) (žiūrėta 2021-01-20)
  2. Bakšienė E., Titova J., Nedzinskienė T., L. 2012. Įvairių gluosnių (*Salix L.*) veislių auginimo kurui tyrimai. *Žemės ūkio mokslai*. T. 19. Nr. 2 .P. 90–97.
  3. Cao Y. Pawłowski A. 2012. Sewage sludge-to-energy approaches based on anaerobic digestion and pyrolysis: brief overview and energy efficiency assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, p. 1657–1665
  4. Chemava. Nuotekų dumblo utilizavimas. Prieiga per internetą: <https://web.archive.org/web/20160620032414/http://chemava.lt/utilizavimas.html> (žiūrėta 2022-02-7)
  5. Dargenis E., Kusta A., Žibas Ž. 2008. Gyvenviečių nuotekų valyklų dumblo tvarkymo galimybių įvertinimas. *Vagos*, nr. 78 (31), p. 77–82.
  6. Dr. Sendžikienė E. 2006. *Antrosios kartos biodegalai*. Mano ūkis. Prieiga per internetą: <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2006/12/antrosios-kartos-biodegalai/> (žiūrėta 2022-02-12)
  7. Ericsson K., Nilsson L. J. 2006. Assessment of the potential biomass supply in Europe using a re-source-focused approach. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 30, p. 1–15.
  8. ES biodegalų strategija, 2006. Briuselis, 8.2.2006. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A52006DC0034> (žiūrėta 2022-02-12)
  9. Helby P., Rosenqvista H., Roos, A. 2006. *Retreat from Salix. Swedish experience with energy crops in the 1990s*. Biomass and Bioenergy. Vol. 30. P. 422–427.
  10. Janulis P. 2007. Bioenergetikos plėtros perspektyvų analizė ir būtinos priemonės, siekiant užtikrinti mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros bioenergetikoje koordinavimą. Lietuvos žemės ūkio universiteto ataskaita.
  11. Kaza S., Yao, L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. 2018. *What a Waste 2.0 A global snapshot of solid waste management to 2050*.
  12. Keeney R. L. 1979. Evaluation of Proposed Pumped Storage Sites. *Operations Research*, p. 48–64.
  13. Kelessidis A., Stasinakis A.S. 2012. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Manag.* 32, 1186–1195. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.012>
  14. LAND 20-2001 „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui reikalavimai“. 2001 m. birželio 29 d. Valstybės žinios, 2001, Nr. 61-2196. Galiojanti suvestinė redakcija 2022-01-01 – 2024-12-31. Teisės aktų registras, i.k. 101301MISAK00000349;
  15. Levitas E., Radzevičius A., Žibienė G. 2008. *Nuotekų surinkimas ir valymas*. Vadovėlis. Kaunas. Ardiva, 290 p.
- Sweco BKG. 2006. Investicinė programa dumblo tvarkymui Lietuvoje: galimybių studija. II tomas. Prieiga per internetą: <https://www.yumpu.com/lt/document/read/15735930/investicin-programa-dumblo-tvarkymui-lietuvoje> (žiūrėta 2022-02-13)

## ANALYSIS OF COMPOSTED SLUDGE AT BIRŽAI SEWAGE TREATMENT PLANT

### Summary

The article discusses the most important and efficient ways to use a sludge. The main goal of the research is to select the optimal method of sludge use in Biržai wastewater treatment plant, taking into account technical, economic and environmental factors. To achieve the goal, the quantities and the quality of a sludge accumulated at Biržai NV were systematized and evaluated. After analyzing the sludge research reports in 2015 and 2021 according to the concentration of heavy metals, the sludge has met category I and after calculating the quantities of accumulated sludge, it was found that from 2013 to 2021, 3 845 t of sludge was composted at the Biržai wastewater treatment plant. After evaluating the quantity and quality of sludge, alternatives for the use of sludge were selected. Technical, economic and environmental data on 6 potential uses of sludge have been collected and summarized, as well as other information describing the use of sludge. The task is multi-objective, covering both quantitative and qualitative criteria, therefore the method of multi-criteria decision analysis was chosen to solve it. The DAM program established that fertilization, energy forestry, and recultivation are the most efficient uses of sludge. Fertilization energy forests with compost would reduce the losses of Biržai NV compared to the alternatives examined in the study.

**Keywords:** wastewater sludge, sludge quality, composting, use of compost.