



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**PRAMONINĖS EKOLOGIJOS METODŲ TAIKYMAS
SPRENDŽIANT BIOKURO PELENŲ TVARKYMO
PROBLEMĄ**

Baigiamasis magistro projektas

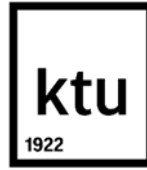
Povilas Šūmakaris

Projekto autorius

Doc. dr. Irina Kliopova

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**PRAMONINĖS EKOLOGIJOS METODŲ TAIKYMAS
SPRENDŽIANT BIOKURO PELENŲ TVARKYMO PROBLEMĄ**
Baigiamasis magistro projektas

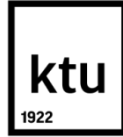
Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Povilas Šumakaris
Projekto autorius

Doc. dr. Irina Kliopova
Vadovė

dr. Giedrius Kaveckis
Recenzentas

Kaunas, 2019



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Povilas Šūmakaris

(Studento vardas, pavardė)

Darnaus valdymo ir gamybos studijų programa, 6213EX001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

PRAMONINĖS EKOLOGIJOS METODŲ TAIKYMAS SPRENDŽIANT BIOKURO PELENŲ TVARKYMO PROBLEMĄ

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 19 m. Birželio 04 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Povilo Šūmakario**, baigiamasis projektas tema „**Pramoninės ekologijos metodų taikymas sprendžiant biokuro pelenų tvarkymo problemą**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas
Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Magistro projekto užduotis

Projekto tema Pramoninės ekologijos metodų taikymas sprendžiant biokuro pelenų tvarkymo problemą

Reikalavimai ir sąlygos

Šiuo metu nemaža dalis pelenų iš biokurą deginančių įrenginių (atliekų kodai: 10 01 03 - lakieji durpių ir neapdorotos medienos pelenai ir 10 01 01 - dugno pelenai, šlakas ir garo katilų dulkės) perduodama mišrių komunalinių atliekų tvarkytojams ir šalinama sąvartynuose, mažinant kurą deginančių įrenginių aplinkosauginį veiksmingumą ir didinant šilumos energijos gamybos kaštus.

Magistrantas darbe turi detaliai išanalizuoti biokurą deginančių įrenginių pelenų fizines ir chemines savybes, šių savybių priklausomybę nuo deginamo biokuro, įvertinti galimybę šias atliekas naudoti kitų biologškai skaidžių atliekų (BSA) biologinio apdorojimo procesuose komposto ar anaerobinio raugo gamybai. Taip pat magistrantas gali pasiūlyti kitus pelenų naudojimo metodus, jas nešalinant sąvartynuose.

Darbe turi būti atlikta detali mokslinės ir praktinės literatūros analizė kietojo kuro pelenų tvarkymo srityje; pasiūlyta biokuro pelenų aplinkos valdymo sistema, įsk. parametrų apribojimus, valymo sprendimus, galimus trikdžius ir jų kompensavimo galimybes, integruojant įvairius pramoninės ekologijos elementus. Taip pat darbe turi būti atlikta siūlomų alternatyvų įvykdomumo analizė.

Vadovas / Vadovė

doc. dr. Irina Kliopova

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Povilas Šūmakaris, Pramonės ekologijos metodų taikymas sprendžiant biokuro pelenų tvarkymo problemą. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas; mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Aplinkos inžinerija (E03) – pagrindinė, Gamybos inžinerija (E10), Verslas (L01) Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: biomasės pelenai, medienos pelenų atliekos, biomasės katilų atliekos, pelenų perdėbimo galimybės, integruota medienos pelenų atliekų vadyba;

Kaunas, 2019. p. 47

SANTRAUKA

Remiantis Nacionaline energetikos nepriklausomybės strategija, Lietuvoje iki 2030 metų atsinaujinančios energijos ištekliai galutiniame energijos balanse turės pasiekti 45 proc. Dėl šios priežasties padidės ir biokuro suvartojimas bei susidaranti medienos kuro pelenų. Pagal statistinius duomenis Lietuvoje virš 30 proc. medienos biokuro pelenų yra pašalinami sąvartynuose, taip neišnaudojant pelenuose esančių mikroelementų potencialo pridėtinės vertės.

Darbe analizuojama mokslinė, praktinė literatūra ir teisės aktai, susiję su biokuro pelenų susidarymu ir tvarkymu. Taip pat išanalizuoti plačiausiai taikomi Lietuvoje ir naujai siūlomi pelenų tvarkymo būdai, ypatingai jų antrinio panaudojimo galimybes.

Tyrimo metodikoje sukurta ir pasiūlyta integruoto valdymo sistema (uždaroji trikdžio kompensavimo), kuri įmonėms, deginančioms biokurą, ar atliekų tvarkytojams, padėtų sumažinti sąvartynuose šalinamų pelenų kiekį.

Tyrimui parinktai įmonei - UAB „Litesko“ padalinys Biržų šiluma biokuro pelenų tvarkymui pasiūlytos pramoninės ekologijos priemonės (prevencinės ir pramoninės simbiozės), atlikta jų įvykdomumo analizė. Šios analizės rezultatai padeda suprasti, kokios pramonės šakos gali bendradarbiauti tarpusavyje, siekiant užtikrinti kuo didesnę biokuro pelenų atliekų kiekio panaudojimą naujų produktų gamybai.

Pavyzdžiui, darbe analizuojama alternatyva, kurios įdiegimu siekiama pagerinti nuotekų dumblo komposto kokybę, kompostuojant jį su biokuro pelenų atliekomis, dėl šiuose pelenuose esančių tręšimui tinkamų ir naudingų organinių ir neorganinių medžiagų.

Diegiamos pasiūlytos aplinkos valdymo sistemos prevencinės priemonės gali prisidėti prie aplinkos oro taršos mažinimo, išteklių (biokuro, dyzelinio kuro) naudojimo efektyvumo didinimo ir ekonominės naudos gavimo.

Povilas Šūmakaris, Applying Industrial Ecology Methods to Decision of Biofuel Ash Management Problems. Master's thesis / supervisor assoc. prof. dr. Irina Kliopova; Institute of Environmental Engineering and Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology. Study field and area (study field group): Environmental Engineering (E03) – main study field, Production and Manufacturing Engineering (E10), Business (L01), Engineering Sciences.

Key words: biomass ash, wood ash waste, biomass boiler waste, ash recycling methods, integrated wood ash waste management;

Kaunas, 2019. 47 p.

SUMMARY

According to the National Energy Independence Strategy, renewable energy sources in Lithuania will have to reach 45 % of final energy balance by 2030. This will also increase the consumption of biofuel and in result generated ash quantity from wood fuel. According to the statistics in Lithuania, more than 30 % wood biofuel ash (waste codes 10 01 01 and 10 01 03) are disposed of in landfills, thus not exploiting the potential of the trace elements contained in wood ash to produce value-added products.

The paper analyzes scientific, practical literature and legislation related to the formation and management of wood biofuel ash. Also, the most widely used ash handling methods in Lithuania and newly proposed ways of handling ash, especially their secondary uses.

In research methodology developed and proposed an integrated management system (closed interference compensation) that would help companies burning wood biofuels or waste managers to reduce the amount of ash disposed of in landfills.

Industrial ecology tools (prevention and industrial symbiosis) were proposed for the selected company – UAB “Litesko” company department Biržų šiluma wood biofuel ash management, and their feasibility analysis was performed. The results of this analysis help to understand which industries can interact with each other in order to maximize the use of biofuel ash for new products.

For example, the work analyzes an alternative that aims to improve the quality of sewage sludge compost by composting it with wood biofuel ash waste due to the presence suitable for fertilization and useful organic and inorganic materials in these ashes.

Proposed preventive measures of the proposed environmental management system can contribute to the reduction of environmental air pollution, increase of efficiency of use of resources (biofuel, diesel fuel) and gain economic benefit.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	8
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	9
PRIEDŲ SĄRAŠAS.....	10
SUTRUMPINIMŲ SĄRAŠAS	11
ĮVADAS	12
1. TEISĖS AKTŲ, LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ ANALIZĖ	15
1.1. Biokuro energetikos plėtra Lietuvoje.....	15
1.2. Biokuro pelenų susidarymas ir tvarkymas Lietuvoje: statistinė duomenų analizė	15
1.3. Biokuro pelenų cheminės ir fizikinės savybės.....	18
1.4. Pramoninės ekologijos elementai ir jų taikymas integruotoje atliekų vadyboje.....	19
1.4.1 Materialiųjų srautų dematerializavimas	19
1.4.2 Pramoninis metabolizmas	20
1.4.3 Politikos formavimas.....	21
1.4.4 Sąveikos su biosfera harmonizavimas.....	23
2. TYRIMO METODIKA	27
3. PRAMONINĖS EKOLOGIJOS METODŲ TAIKYMAS, MAŽINANT PELENŲ SUSIDARYMĄ BOKURO KATILINĖSE	31
3.1. Detalesnei analizei pasirinkto objekto pirminis aplinkosauginis vertinimas.....	31
3.2. Dematerializavimo (atliekų prevencijos) metodų taikymas biokuro katilinės pelenų valdyme.....	33
3.3. Pramoninės simbiozės metodų taikymas biokuro pelenų valdyme	35
4. REKOMENDACIJOS DĖL PELENŲ KIEKIO MAŽINIMUI IR SUSIDARIUSIŲ PELENŲ NAUDOJIMUI NAUJO PRODUKTO GAMYBAI	39
IŠVADOS.....	42
LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACINIŲ ŠALTINIŲ SĄRAŠAS	43
PRIEDAI.....	47
1 priedas. Lietuvoje biokuro pelenus tvarkančios įmonės.....	47

LENTELIŲ SĄRAŠAS

Lentelės Nr.	Pavadinimas	Puslapis
1 lentelė	Lietuvoje susidarančių biokuro pelenų kiekio ir jų sutvarkymo statistika, 2010 – 2017 m.	17
2 lentelė	Lietuvos katilinėse susidariusių pelenų cheminė sudėtis	18
3 lentelė	Medienos biokuro rūšių kokybės reikalavimai	21
4 lentelė	Biokuro pelenų susidarymą ir tvarkymą/naudojimimą reglamentuojantys teisės aktai	22
5 lentelė	Reikalavimų KD išmetimas į aplinkos orą, deginant biokurą	23
6 lentelė	NDK gaminančios įmonės, kurių kompostai buvo analizuojami studijoje	24
7 lentelė	Lietuvos katilinėse susidariusių pelenų, nuotekų dumblo komposto cheminės sudėties palyginimas su RV	24
8 lentelė	Biržų šiluma medžiagų ir energijos srautai, 2017 metais	31
9 lentelė	1 alternatyvos aplinkos apsaugos efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas	34
10 lentelė	Kondensacinio ekonomizerio įdiegimo investicinė analizė	34
11 lentelė	Analizuojamų NDK ir pelenų kriterijai	35
12 lentelė	NDK ir pelenų mišinio kokybės ir užterštumo kriterijai	36
13 lentelė	2 alternatyvos aplinkos apsaugos efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas	37
14 lentelė	Siūlomi pakeitimai teisės aktui Nr. D1-14	39

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

Paveiklo Nr.	Paveiklo pavadinimas	Puslapis
1 paveikslas	Kietojo kuro komponentai	16
2 paveikslas	Drėgno kuro degimo zonos ant pasvirojo ardyno	16
3 paveikslas	Tyrimo etapai	27
4 paveikslas	Siūloma pelenų valdymo sistema biokuro katilinėse	29

PRIEDŲ SĄRAŠAS

Priedo Nr.	Pavadinimas	Puslapis
1 priedas	Lietuvoje biokuro pelenus tvarkančios įmonės	47

SUTRUMPINIMŲ SĄRAŠAS

AAA – aplinkos apsaugos agentūra
AAI – aplinkos apsaugos indikatorius
AAIs – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius
AAV – aplinkos apsaugos veiksmingumas
AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai
AM – aplinkos ministerija
ATVR – atliekų tvarkytojų valstybinis registras
BSA – biologiškai skaidžios atliekos
CŠT – centralizuotas šilumos tiekimas
DLK – didžiausia leistina koncentracija
DKDĮ – didelis kurą deginantis įrenginys
ES – Europos sąjunga
EVRK – ekonominės veiklos rūšių klasifikatorius
GK – garo katilas
KD – kietosios dalelės
KDĮ – kurą deginantis įrenginys
LAND – Lietuvos aplinkos normatyvinis dokumentas
LR – Lietuvos Respublika
n.k – naudingumo koeficientas
NDK – nuotekų dumblo kompostas
PAV – poveikio aplinkai vertinimas
PŪV – planuojama ūkinė veikla
RAAD – regiono aplinkos apsaugos departamentas
RV – ribinė vertė
SAZ – sanitarinės apsaugos zona
SM – sausoji masė
ŠG – švaresnė gamyba
TIPK – taršos integruota prevencija ir kontrolė
TL – taršos leidimas
tne – tonų naftos ekvivalentų
VKDĮ – vidutinis kurą deginantis įrenginys
VŠK – vandens šildymo katilas

ĮVADAS

Siekiant užtikrinti švaresnę energijos gamybą, mažinti jos poveikį aplinkai, ieškoma galimybių pakeisti neatsinaujinančius energijos išteklius atsinaujinančiais. Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2017 metais atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) dalis bendrame šalies energijos balanse buvo 25,8%; elektros sektoriuje – 18,3%; šildymo ir aušinimo sektoriuje – 46,5%; transporto sektoriuje – 3,7%. Remiantis Nacionaline Lietuvos energetikos plėtros strategija, iki 2050 m. iš AEI gaunamos energijos kiekis galutiniame energijos suvartojimo balanse turi padidėti net iki 80 proc.

Pagrindinis AEI Lietuvoje – biomasė, įsk. mediena, kuri vadinama kietuoju biokuru. 2017 metais iš biokuro buvo pagaminta 1259,4 tūkst. tne energijos – virš 80 proc. nuo energijos, pagamintos iš AEI. Biokuro katilinių, kurios gamina centralizuotą šilumą, plėtra prasidėjo dar 2000 metais. Šiuo metu daugiausiai biokuro Lietuvoje sunaudojama būtent šiluminės energijos gamybai – paruošiant termofikacinį vandenį namų ūkiams ir pramonei. Didėjant biokuro katilinių skaičiui ir griežtėjant reikalavimams oro teršalų išmetimams, įskaitant kietąsias daleles (KD), neatsiejamai didėja ir didės biokuro pelenų atliekų kiekis. Tai yra vienas svarbiausių biokuro katilinių ir elektrinių aplinkos apsaugos aspektų.

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos duomenimis, 2017 metais centrinių šilumos tiekėjų (CŠT) įmonėse susidarė apie 19 tūkst. tonų pelenų, iš kurių net 37 proc. buvo panaudoti civilinėje inžinerijoje arba keliams tiesti, tik 25 proc. – žemės ūkyje tręšimui, kiti 38 proc. – perduoti atliekų tvarkytojams, kurie dažniausiai veža šias atliekas į sąvartynus šalinimui.

Atsižvelgiant į biokuro pelenų savybes, šiame darbe ieškoma būdų, kaip tinkamai panaudoti susidariusias biokuro pelenų atliekas, taikant integruotos atliekų vadybos principus: nuo prevencijos, diegiant Švaresnės gamybos projektus iki perdirbimo ir antrinio panaudojimo, iš atliekų regeneruojant tam tikras medžiagas ar energiją. Taikant šiuos pramoninės ekologijos metodus, būtų siekiama sumažinti biokuro pelenų atliekų susidarymo kiekius ir tinkamai juos panaudoti

Darbo objektas – biokurą deginančiuose įrenginiuose susidarantys pelenai.

Darbo tikslas – įvertinti biokuro pelenų mažinimo ir panaudojimo galimybę, taikant pramoninės ekologijos metodus.

Tyrimui parinktas objektas – UAB „Litesko“ padalinio Biržų šilumos biokuro katilinė, kurioje susidariusi pelenai nukreipiami šalinimui į sąvartyną.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti naujausią mokslinę ir praktinę literatūrą ir teisės aktus, susijusius su biokuro pelenų susidarymo mažinimu ir antrinio panaudojimo galimybėmis;
2. Išanalizuoti reikalavimus naudojamam biokurui, įvertinti biokuro pelenų susidarymo aspektus ir esamus pelenų tvarkymo būdus;
3. Pasiūlyti biokuro pelenų integruoto valdymo sistemą, kurioje numatyti prevencijos ir pramoninės simbiozės galimybės;
4. Tyrimui parinktam objektui pasiūlyti pelenų valdymo alternatyvas ir atlikti jų įvykdomumo ir lyginamąją analizę, įsk. aplinkosauginį ir ekonominį įvertinimą;

5. Pateikti rekomendacijas dėl integruotos biokuro pelenų vadybos taikant pramoninės ekologijos metodus.

Temos aktualumas:

Remiantis nacionaline energetinės nepriklausomybės strategija atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas Lietuvoje turi didėti [1]. Didėjant biokuro panaudojimui bendrame energijos balanse, didės ir biokuro pelenų atliekų kiekis. Dėl didesnio biokuro panaudojimo iki 2050 m., išvežamų į sąvartyną pelenų atliekų kiekis gali dar labiau išaugti. Kadangi pelenai yra laikomi medienos deginimo atliekomis, šiuo metu virš 30 proc. biokuro pelenų atliekų išvežama į sąvartynus [2]. Taigi, analizuoti kylančią problemą aktualu, nes nėra kryptingos strategijos ir kyla klausimas, kaip mažinti pelenų atliekų kiekio susidarymą, ir kaip spręsti kylančius pelenų atliekų tvarkymo sunkumus.

Siekiant pereiti prie žiedinės ekonomikos būtina atliekas paversti ištekliais ir taip sukurti uždarą produktų gyvavimo ciklą [2]. Bet svarbu dėl to nepadaryti dar didesnę poveikį aplinkai. Dėl šios strategijos įgyvendinimo didėja ir pelenų atliekų tvarkymo problemos aktualumas. Tad svarbu tirti, kaip pašalinti pelenus iš atliekų srauto ir paversti juos produktu, kurį būtų galima panaudoti dar kartą, arba, kaip paversti pelenus tinkamu produktu naudoti tolimesniems produktams kurti.

Darbo mokslinis naujumas:

Šis darbas yra naujas remiantis keliais aspektais:

Biokuro pelenų atliekos, jų tvarkymo ir panaudojimo galimybės yra analizuojamos gana ilgą laiką. Yra tirta, kaip panaudoti biokuro pelenų atliekas statybų sektoriuje, pažeistų žemės plotų rekultivavimui, tiesioginiam tręšimui žemės ir miškų. Vis dėlto trūksta informacijos apie netiesioginį pelenų, kaip trąšos panaudojimą. Šiame darbe į kylančią problemą žvelgiama kitu aspektu ir tiriama, kad pelenų atliekos gali būti natūralus mineralų šaltinis, netiesiogiai juos naudojant trąšų gamybai ir kaip stabilizatorius kompostų gamyboje, ypatingą dėmesį skiriant problematiniam nuotekų dumblo kompostui. Šiuo darbu siekiama išanalizuoti, ar yra teorinė galimybė kompostuoti šias atliekas kartu ir, ar pagaminto komposto užterštumo vertės neviršys Lietuvoje nustatytų DLK normų.

Antra, nors mokslinės literatūros apie biokuro pelenų atliekų panaudojimo galimybes netrūksta, tačiau pastebima, kad trūksta mokslinių duomenų apie jų susidarymo mažinimo galimybes. Šiame darbe bus siekiama plėsti mokslines žinias siūlant alternatyvą minėtu aspektu ir, tokiu būdu, taikant integruotos atliekų vadybos principus nuo prevencijos iki antrinio panaudojimo.

Darbo praktinė nauda:

Tyrimui parinktai įmonei – UAB „Litesko“ padaliniui „Biržų šiluma“ pasiūlytos pelenų prevencijos ir antrinio panaudojimo alternatyvos. Jų įdiegimas leistų eliminuoti pelenų šalinimą sąvartyne. Kadangi pirmoje alternatyvoje taikomas vienas iš taršos prevencijos metodų – procesų optimizavimas, didinant biokuro katilinės n.k., todėl šio projekto įdiegimas liestų, visų pirma, padidinti išteklių (biokuro) naudojimo efektyvumą ir kasmet bendrovei taupyti iki 91,6 tūkst. EUR/m.

Taip pat darbe pasiūlytos rekomendacijos dėl teisės akto „Dėl medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo. Tikimasi, kad šie pakeitimai pagerins situaciją dėl biokuro pelenų naudojimo kompostavimui ir tręšimui.

1. TEISĖS AKTŲ, LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ ANALIZĖ

1.1. Biokuro energetikos plėtra Lietuvoje

Pastaraisiais metais Lietuvoje sunaudojama vis daugiau biokuro. Pagal Nacionalinę Lietuvos energetikos plėtros strategiją buvo numatyta, kad iki 2020 m. Lietuva turi pasiekti tikslą tapti energetiškai saugia valstybe ir AEI dalis galutiniame energijos suvartojimo balanse turi siekti 30 proc. Minėtas tikslai šiuo metu yra pasiektas, tačiau Lietuvoje numatyti energetikos vystymo tikslai ir tolimesniems laikotarpiams [1].

Remiantis Nacionaline Lietuvos energetikos plėtros strategija, 2030 m. AEI dalis gautiniame energijos suvartojimo balanse turėtų siekti 45 proc., o Lietuva įsipareigoja vystyti konkurencingą energetiką. Taip pat iki 2050 m. iš AEI gaunamos energijos kiekis galutiniame energijos suvartojimo balanse turi kilti iki 80 proc. bei siekti energetiškai darnios ir savarankiškos valstybės statuso [1].

Kadangi Lietuva įsipareigoja vis didesnę energijos kiekį gauti iš atsinaujinančių energijos išteklių, kils ir biokuro sunaudojimas. Nors deginant biokurą išsiskiria CO₂ dujos, jos laikomos neutraliomis klimato kaitos atžvilgiu arba biogeninės kilmės (Ambrulevičius, 2010). Dėl biokuro, kaip AEI, naudojimo Lietuvoje didės ir susidarančių pelenų kiekis.

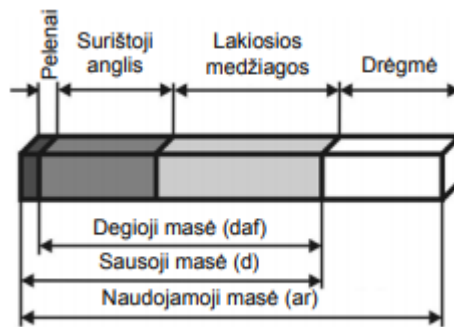
1.2. Biokuro pelenų susidarymas ir tvarkymas Lietuvoje: statistinė duomenų analizė

Pelenų atliekos Lietuvoje daugiausia susidaro biokuro katilinėse, tiksliau, centralizuotose šilumos gamybos ir tiekimo įmonėse. Šiose įmonėse per 2017 m. susidarė 18,97 tūkst. tonų pelenų atliekų [2], tai sudaro 60,73% Lietuvoje bendrai susidariusių pelenų atliekų [3].

2004 m. Lietuvai įstojus į Europos sąjungą (ES) Komisijos sprendimu 2000/532/EB [4,3] buvo pasiūlytas pavojingų ir nepavojingų atliekų sąrašas, galiojantis visose ES šalyse narėse. Sąrašas perkeltas į visų ES šalių atliekų tvarkymo taisyklės [3]. Medienos pelenų atliekos yra priskiriamos atliekų sąrašo 10 skyriui: „Terminių procesų atliekos“, ir joms yra priskiriami šie atliekų kodai [3]:

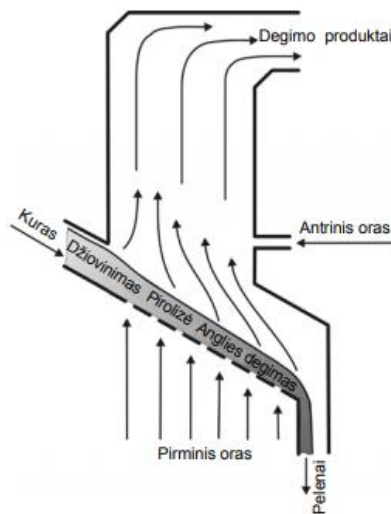
- 10 01 01 kodas: dugno pelenai, šlakas ir garo katilų dulės (išskyrus garo katilų dulkes, nurodytas 10 01 04);
- 10 01 03 kodas: lakieji durpių ir neapdorotos medienos pelenai.

Minėtose katilinėse yra deginamas kietasis biokuras, kurio naudojamąją masę sudaro degioji masė, sausoji masė (SM) ir drėgmė. Kiekviena iš šių dalių turi specifines savybes, kurios siejamos su kuro naudingumu ir biokuro pelenų atliekų susidarymu (1 pav.). Degioji kietojo biokuro masė yra sudaryta iš surištosios anglies ir lakiųjų medžiagų: sieros (S), azoto (N), deguonies (O) ir vandenilio (H). Tik ši biokuro dalis išskiria šilumą deginant biokurą ir yra naudinga. Deginant biokurą, visų pirmą išgaruoja drėgmė, ir lieka SM. Sausąją biokuro masę sudaro anksčiau aprašyta degioji medžiaga ir pelenai, kurie susidaro dėl biokuro naudojamose masėse esančių nedegusių elementų [5].



1 pav. Kietojo kuro komponentai [5]

Drėgno biokuro deginimas pereina tris degimo zonas. Esant ardyniniam deginimui, visi trys degimo etapai vyksta ant degimo ardyno – tai ketaus grotelės krosnyje. Pirmoje degimo zonoje vyksta biokuro džiovinimas ant ketaus grotelių. Į krosnį paduodamas biokuras pradeda šilti, ir biokure esanti drėgmė yra pašalinama vandens garų pavidalu, kurie kartu su dūmais yra išmetami per dūmtraukį. Vėliau, biokurui pasiekus $100^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$, pradeda skirtis lakiosios medžiagos. Antroje degimo zonoje išsiskiriančios minėtos lakiosios medžiagos pradeda degti, ir degimo krosnyje pakyla oro temperatūra. Trečiojoje degimo zonoje vyksta surištosios anglies degimas, o po šio proceso iš biokuro lieka tik pelenai (2 pav.) [5]. Taigi, drėgnasis biokuras perėjęs tris degimo zonas išskiria šilumą ir šalia to, kaip atlieka, susidaro pelenai.



2 pav. Drėgno kuro degimo zonos ant pasvirojo ardyno [5]

Biokuro pelenų atliekų kiekis gali tiesiogiai ar netiesiogiai priklausyti nuo to, kokių parametru biokuras yra deginamas katilinėse. Analizuojant biokuro ir pelenų kiekio sąsajas, svarbus parametras yra kuro peleningumas, kuris tiesiogiai susijęs su pelenų kiekiu. Biokuro drėgnis yra biokuro parametras, kuris netiesiogiai susijęs su susidarantiu biokuro pelenų atliekų kiekiu. Būtent dėl biokuro didesnio drėgno sudegintas didesnis biokuro kiekis ir lemia didesnę kiekį susidarantių biokuro pelenų atliekų.

Ne tik tam tikri biokuro parametrai tiesiogiai ar netiesiogiai yra susiję su susidarantiu biokuro pelenų atliekų kiekiu, tai gali priklausyti ir nuo parinktos deginimo technologijos, kurą deginančio įrenginio (KDI) bei įdiegtų efektyvumo didinimo priemonių. Didesnis pelenų kiekis gali susidaryti dėl neefektyviai veikiančių KDI.

Pavyzdžiui, žemas katilo naudingumo koeficientas (n.k.), neautomatizuotas kuro padavimas, netinkamai parinkta technologija, kt. lemia didesnę kuro kiekio sunaudojimą reikalingam energijos kiekiui pagaminti.

Lietuvoje veikiančios CŠT katilinės susidariusius pelenus tvarko keliais būdais. Pavyzdžiui, 2017 metai iki 25 proc. biokuro pelenų CŠT katilinės perdavė žemės ūkiui tręšimui, iki 37 proc. – kelininkams kelių tiesimui arba kitiems civilinės inžinerijos darbams atlikti, net iki 38 proc. pelenų perduota atliekų tvarkytojams (didžioji dalis šių atliekų – išvežama į sąvartynus šalinimui).

Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros (AAA) duomenimis, Lietuvoje biokuro pelenų atliekos yra tvarkomos trimis būdais:

1. Pelenų atliekų, jas šalinant sąvartyne, išvertimas ant žemės arba po žeme (D1 atliekų šalinimo veikla pagal Atliekų tvarkymo taisykles) [6];
2. Organinių medžiagų, nenaudojamų kaip tirpikliai, perdirbimas ir (arba) atnaujinimas (įskaitant kompostavimą ir kitus biologinio pakeitimo procesus) (R3 atliekų naudojimo veikla) [6];
3. Apdorojimas žemėje, naudingas žemės ūkiui ar gerinantis aplinkos būklę (R10 atliekų naudojimo veikla) ir atliekų, gautų vykdant bet kurią iš R1– R10 veiklų, panaudojimas (R11 atliekų naudojimo veikla) [6].

Lietuvoje biokuro pelenų atliekas tvarko įvairios įmonės. Pagal Atliekų tvarkytojų valstybės registrą, didžioji dalis įmonių yra atskirų miestų regioniniai atliekų tvarkymo centrai, taip pat įmonės, susijusios su atliekų surinkimu iš juridinių ir fizinių asmenų, ir kelios gamybinės įmonės (visų įmonių sąrašas pateikiamas priede Nr. 1) [7]. Lietuvoje susidariusių ir sutvarkytų pelenų statistika periodui nuo 2010 iki 2017 metų pateikiama 1 lentelėje.

1 lentelė. Lietuvoje susidarančių biokuro pelenų kiekio ir jų sutvarkymo statistika, 2010 – 2017 m.

Metai	¹Susidarė pelenų, t	¹Perdirbta (R3-R10 būdu), t	¹Pašalinta sąvartyne, t (% nuo susidarymo)
2010	7703,03	4676,84	2941,78 (38,2 %)
2011	8761,62	5307,81	3396,91(38,8 %)
2012	18681,77	10211,77	8052,27 (43,1 %)
2013	18644,91	11226,33	6657,77 (35,7 %)
2014	15584,82	8705,91	6186,22 (39,7 %)
2015	27147,91	17960,82	8124,38 (29,9 %)
2016	34357,03	22970,87	11430,84 (33,3%)
2017	31234,35	22080,96	9765,76 (31,3%)

¹Pastaba: informacijos šaltinis [3]

Lietuvoje susidarančių pelenų kiekis 8 metų laikotarpyje padidėjo nuo 7703 tonų iki 31234 tonų, t. y. apie 4 kartus. Pastebėta, kad didžiausias pelenų kiekis susidarė 2016 metais – 34357 tonos. Be to, remiantis statistiniais duomenimis, tais pačiais metais buvo ir perdirbtas didžiausias pelenų kiekis – 22971 tonos. Mažiausias pelenų kiekis susidarė 2010 m., tais pačiais metais ir perdirbtų pelenų kiekis buvo mažiausias (atitinkamai 2942 ir 4677 tonų). Atliekant statistinių duomenų analizę apie pelenų pašalinimo kiekį pastebima,

kad procentinė šalinamų pelenų dalis svyruoja nuo 29,9 % 2015 m. iki 43,1 % 2012 m. Ataskaitiniame laikotarpyje sąvartyne buvo pašalinama vidutiniškai 36,2 %. Taip pat pelenai ne tik šalinami, bet ir perdirbami, o ataskaitiniame laikotarpyje perdirbtas pelenų kiekis svyruoja nuo 54,7 % 2012 m. iki 70,7 % 2017 m. Šiuo laikotarpiu vidutiniškai buvo perdirbama apie 62%. Nors pelenų perdirbimo ir panaudojimo galimybių daugėja, nepriklausomai nuo susidariusio pelenų kiekio, 36,2% pelenų vis dar šalinama sąvartynuose.

1.3. Biokuro pelenų cheminės ir fizikinės savybės

Biokuro pelenų sudėtį sudaro makroelementai ir mikroelementai. Šių elementų koncentracijos pelenuose svyruoja nuo deginamo medienos kuro rūšies – spygliuočiai ar lapuočiai medžiai, bei kuro sudėties: kuras su žieve, kirtimo atliekos, medienos granulės ir kt. Pelenų pH reikšmė svyruoja 9 – 13,5, vidutiniškai 10,4 ribose (Maldaris, 2017), [8]. Biokuro katilinių pelenai dalinasi į dugno ir lakiuosius pelenus, o jų cheminė sudėtis ir užterštumas sunkiaisiais metalais skiriasi. Pavyzdžiui, Maldaris 2017 m. atliko tyrimą, kuriame analizavo biokuro pelenų iš Jonavos, Kėdainių, Panevėžio, Anykščių, Pasvalio biokuro katilinių ir grūdų perdirbimo įmonės „Amilina“ biokuro katilinės, sudėtį: makroelementų (Ca, Mg, K, ir P) bei mikroelementų (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, V, As ir B) kieki. Taip pat palyginimui buvo analizuota sudėtis atskirai grūdų perdirbimo įmonės „Amilina“ biokuro katilinės lakiųjų ir dumblo pelenų. Nustatyta, kad Ca, Mg ir P kiekis lakiuosiuose pelenuose yra didesnis nei dugno pelenuose, K kiekis – mažesnis. Visų mikroelementų, įskaitant sunkiuosius metalus, kiekis lakiuosiuose pelenuose, išskyrus As, yra gerokai didesnis nei dugno pelenuose (Maldaris, 2017).

1.1 poskyryje aptarto ardydinio deginimo metu 70 – 80 proc. visų susidarantių pelenų sudaro dugno pelenai, o lakieji pelenai sudaro likusius 20 – 30 proc [9]. Pelenų cheminė sudėtis Lietuvos katilinių pelenuose pateikiama 2 lentelėje.

2 lentelė. Lietuvos katilinėse susidariusių pelenų cheminė sudėtis [8]

Elementai	Koncentracija SM
Makroelementai, g/kg	
Organinė C	1,3 – 382
Ca	22 – 268
K	1 – 32
Mg	4 – 34
P	0,3 – 15
N	< 0,28
Mikroelementai, mg/kg	
Cd	0,03 – 9,6
Cr	7,8 – 35
Cu	4,8 – 24,1
Pb	0,7 – 40
Zn	4 – 820
Ni	7 – 8,6
B	22 – 225

2 lentelės tęsinys.

^{137}Cs , kBq /kg	<5
-----------------------------	----

Pelenų sudėties didžiąją dalį sudaro Ca junginiai, taip pat organinė anglis (C). Daugiau nei 10 proc. organinės C pelenų sudėtyje parodo, kad degimo procesas KDI nėra optimalus ir jį reikia keisti [8] arba optimizuoti (Staniškis et al., 2010). Kalio (K) ir fosforo (P) kiekis pelenuose irgi svarbus, nes šie makroelementai yra svarbi augalų maistinė medžiaga, o jų kiekis pelenuose numato tinkamumą pelenus panaudoti tręšimui (Pitman R. M., 2006). Azoto (N) kiekis pelenuose yra nežymus (Demeyer et al., 2001).

Be naudingų elementų pelenuose neretai aptinkama ir sunkiųjų metalų: Cd, Pb, Zn ir kitų, kurių per didelės koncentracijos gali pakenkti dirvožemio organizmams, augalams, užteršti gruntinius vandenis (Nieminen et al., 2005). Boras svarbus augalų ląstelėms, šio elemento trūkumas sukelia šaknų pailgėjimą, indoloacto rūgšties oksidazės aktyvumą, sutrinka cukraus pernešimas, pažeidžia angliavandenių metabolizmą ir kitus gyvybiškai svarbius augalui procesus. Dėl šių procesų sulėtėja augalų augimas, vandens pasisavinimas, azoto fiksacija, augalų lapai pradeda vysti. Tačiau per dideli kiekiai šio elemento gali būti augalams toksiški, sumažėja šaknų ląstelių pasiskirstymas, chlorofilo kiekis lapuose, taip pat sumažėja fotosintezės efektyvumas, lignino ir suberino kiekis (Camacho-Cristobal et al., 2008). Aptinkami radioaktyvaus ^{137}Cs pėdsakai pelenuose primena apie 1986 metais įvykusio Černobylio atominės elektrinės avariją, kurios metu į aplinkos orą buvo išmesti dideli kiekiai radioaktyvių medžiagų, ir ši tarša pasklido po Europą, tarp jų ir ^{137}Cs izotopas (Yablakov et al., 2009). Šio elemento aptikimas biokuro pelenų atliekų sudėtyje galimas dėl naudojimui importuojamo medienos kuro iš trečiųjų šalių: Baltarusijos, Ukrainos, Rusijos [10].

Alkemade ir kitų teigimu (1999), pjuvenų pelenų dalelių dydis svyruoja nuo 15 μm iki 30000 μm , tūrinis tankis vidutiniškai siekia 662 kg/m³, traiškytos medienos dalelių dydis svyruoja nuo 15 μm iki 15000 μm , tūrinis tankis vidutiniškai 960 kg/m³. Galima teigti, kad pelenų dalelių dydis priklauso nuo deginamo kuro rūšies. Taip pat pelenų lydymosi temperatūra priklauso nuo naudojamo kuro rūšies. Naudojant skiedras, kirtimo atliekas, pjuvenas be žievės pelenai pradeda lydėtis 1150°C – 1210°C temperatūroje, tačiau, jeigu naudojamas kuras buvo su žieve, pelenų lydymosi pradžios taškas pakyla iki 1340°C – 1405°C temperatūros. Kuro pelenų lydymas yra svarbus faktorius, kadangi, prasidėjus pelenų lydymuisi formuojasi šlakas, kuris gali tiesiogiai turėti neigiamos įtakos katilo darbui [5]. Pelenai turi savybę kietėti, dėl to pelenus suliejus vandeniui ir atitinkamai sandėliuojant, esant tinkamai temperatūrai, prasideda įvairios cheminės reakcijos, kurios trunka nuo 7 iki 14 dienų. Dėl įvykusių cheminių procesų pelenai pradeda kietėti (angl. harden) (Vesterinen, 2003).

1.4. Pramoninės ekologijos elementai ir jų taikymas integruotoje atliekų vadyboje

1.4.1 Materialiųjų srautų dematerializavimas

Darnios plėtros taryba 1995 m. priėmė formalų darnaus vartojimo apibrėžimą, kuris apima paslaugų ir gaminių vartojimą, naudojant mažiau natūralių medžiagų ir toksinių medžiagų, atliekų ir teršalų kiekio mažinimą per visą būvio ciklą (Staniškis ir Kriaučionienė, 2008).

Materialiųjų srautų dematerializavimas – plati sąvoka, apimanti medžiagų srautų mažinimo ar jų pakeitimo kitomis medžiagomis principus. Bendrąja prasme ši sąvoka apibrėžiama kaip gamybai sunaudojamų

medžiagų, gaminių naudojimo ir atliekų susidarymo sumažinimas (Oers et al., 2002). Tai susiję su medžiagų panaudojimo efektyvumo didinimu, jų kokybės gerinimu, neatsinaujinančių medžiagų pakeitimu į atsinaujinančias, pavojingų medžiagų pakeitimu į nepavojingas medžiagas ir pan. (Juknys, 2002). Minėta sąvoka gali būti suprantama kaip strategija arba vertinama darnaus vystymosi indikatorius (Oers et al., 2002; Staniškis et al., 2010).

Dematerializacijos strategiją galima pritaikyti įvairiais mastais. Visų pirma, ji gali būti pritaikoma skirtinguose geografiniuose lygiuose: regionams ar miestams. Tuo pačiu, jis gali būti matuojamas ir įvairiuose pramonės sektoriuose ar net namų ūkiuose (Oers et al., 2002).

Materialiųjų srautų dematerializavimas vertinamas absoliučiu arba santykinu dydžiu. Dematerializacija pastebima tada, kai mažėja bendras materialinių sąnaudų kiekis visuomenėje – tai absoliuti (stipri) dematerializacija. Santykinė arba silpna dematerializacija griežtai nenustato, kad turi sumažėti medžiagų kiekis, atvirkščiai, medžiagų kiekis nemažėja, bet laikui bėgant medžiagų sąnaudos ir BVP santykis turi sumažėti. Vadinasi santykinė dematerializacija būna tada, kai išteklių naudojimas būna lėtesnis nei ekonominis augimas (Behrens, 2004; Oers et al., 2002). Siekiant įvertinti ekologinį efektyvumą, svarbu vertinti materialiųjų srautų dematerializavimą.

Materialiųjų srautų dematerializacijos strategijos principai gali būti taikomi kietojo biokuro pelenų atliekų susidarymo prevencijai. KDI lygmenyje, materialiųjų srautų dematerializavimas, diegiant taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodus, apima (Staniškis et al., 2010):

- *įėjimų pakeitimo priemonės:*
 - mažesnio peleningumo biokuro naudojimą (sumažėja pelenų susidarymas);
 - sausesnio biokuro naudojimą (mažiau biokuro sunaudojama tam pačiam energijos kiekiui pagaminti);
- *procesų optimizavimą* (pavyzdžiui, šiluminės energijos gamybos procesų optimizavimas, didinant šiluminės energijos gamybos efektyvumą biokurą deginančiuose įrenginiuose).

1.4.2 Pramoninis metabolizmas

Pramonės lygmenyje *pramoninė simbiozė* – kai vieno ūkio sektoriaus atliekos tampa žaliava kito ūkio sektoriaus naujo produkto gamybai, pavyzdžiui, biokuro pelenų atveju – komposto, statybinių medžiagų, kelių tiesimui, pažeistų teritorijų rekultivavimui, biodujų išėigos gerinimui, fermentuojant BSA ir kt.

Vienas iš pramoninės simbiozės pavyzdžių gali būti UAB „Vilniaus vandenys“ ir UAB „Biastra Plus“ bendradarbiavimas. Po anaerobinio apdoravimo UAB „Vilniaus vandenys“, išgaunant biodujas, gautasis raugas kaip žaliava naudojamas komposto gamyboje UAB „Biastra Plus“. Šioje įmonėje raugas kompostuojamas kartu su žaliosiomis atliekomis (ŽA), surinktomis iš miesto viešųjų teritorijų, taip pat su pjuvenomis, durpėmis. Gaminamame komposte žymiai mažesnė sunkųjų metalų koncentracija (neviršija ribinių verčių (RV) II kategorijai pagal LAND 20-2005), lyginant su dumblu, žymiai didesnis kiekis organinės medžiagos (OM), lygintant su ŽA (Staniškis et al., 2017). Šiuo metu ŽA ir dumblo kompostuotojai svarsto galimybes naudoti kitų ūkio šakų atliekas ar šalutinius produktus kaip „pagerintojus“ tikslu didinti gaminamo komposto vertinimo kriterijus ir mažinti užterštumą.

Remiantis S. Chowdhury ir kitais (2015), statybų sektoriaus plėtrą lemia daugiau statomų pastatų, dėl to didėja cemento – betono naudojimo mastai. Pagrindinė betono sudedamoji dalis yra cementas, taigi cemento gamybos pramonė suvartoja didelius kiekius iškastinių žemės resursų, taip pat turi didelį poreikį energijai. Autorių teigimu, cementą betono gamyboje gali pakeisti biokuro pelenai, juos pridedant į mišinį įvairiomis proporcijomis. Taigi, naudodami biokuro pelenus kaip cemento pakaitalą, galime išspręsti pelenų tvarkymo problemą ir sumažinti daromą poveikį aplinkai gaminant cementą.

Taip pat biokuro pelenus galima naudoti biologiškai skaidžių atliekų (BSA) frakcijos iš komunalinių atliekų srauto kompostavimo proceso pagerinimui. C. Asquer ir kitų teigimu (2017), biokuro pelenų maišymas su minėta BSA frakcija mažina dulkių – kietųjų dalelių (KD) išlakų kiekį į aplinkos orą, padidina biologinį stabilumą. Kartu gerėja humifikacijos procesas komposte, padidėja maistinių medžiagų kiekis, ypač fosforo (P) ir kalio (K) (Asquer et al., 2017). Biokuro pelenai kompostui gali būti naudojami kaip šarminė medžiaga, padidinanti komposto pH reikšmę, be to, dėl pelenų naudojimo gali sumažėti blogo kvapo patekimas į aplinkos orą. Autoriai pastebėjo, kad pelenų naudojimas komposte padidina kompostavimo temperatūrą ir pagreitina mineralizacijos procesą (Kurola et al., 2011).

Su Lin Lim ir kitų teigimu (2016), kompostuojant žemės ūkio BSA kartu su pelenais, mažėja ŠESD kiekis. Pavyzdžiui, kompostuojant galvijų mėšlą su šiaudais, CO₂ susidaro 165 g /kg BSA, N₂O – 10,2 g/kg BSA, CH₄ – 187,3 g /kg BSA; kompostuojant galvijų mėšlą su biokuro pelenais CO₂ sumažėja daugiau nei 4 kartus, N₂O – daugiau nei 5 kartus, CH₄ – iki 0,73 g /kg BSA.

1.4.3 Politikos formavimas

Lietuvoje parduodamam ir naudojamam biokurui yra taikomi kietojo biokuro kokybės reikalavimai [11]. Kietasis biokuras pagal kilmę yra skirstomas į 5 grupes: medienos biomasė, žolinių augalų biomasė, vaisių biomasė, vandens augalų biomasė, dariniai ir mišiniai. Daugiausia energijai gauti sunaudojama medienos biomasės, kurią sudaro miško ir želdynų mediena, medienos ir kitų pramonės šakų šalutiniai produktai, naudota mediena. Šioms rūšims keliami kokybės reikalavimai nurodyti 3 lentelėje.

3 lentelė. Medienos biokuro rūšių kokybės reikalavimai [11]

Biokuro rūšis	Drėgmė (%)	Pelenai, (%)	Apatinė šilumingumo vertė, MJ/kg	Chloras
Pjuvenų briketai	$M^1 \leq 15$	$A \leq 6^2$ $A > 6$	$Q^3 \geq 14,5$	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$
Pjuvenų granulės	$M^1 \leq 15$	$A \leq 6^2$ $A > 6$	$Q^3 \geq 16,5$	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$
Traiškyta mediena ir skiedra	$M^1 \leq 25^2$ $M^1 > 25$	$A \leq 3^2$ $A \leq 10$	Nurodyta minimali vertė.	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$
Rąstinė mediena ir malkos	$M^1 \leq 25^2$ $M^1 > 25$	—	—	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$
Pjuvenos	$M^1 \leq 25^2$ $M^1 > 25$	$A \leq 6^2$ $A \leq 10$	Nurodyta minimali vertė.	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$
Drožlės	$M^1 \leq 25^2$ $M^1 > 25$	$A \leq 6^2$ $A \leq 10^2$	Nurodyta minimali vertė.	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$

3 lentelės tęsinys.

Žievės	$M^1 \leq 25^2$ $M^1 > 25$	$A \leq 6^2$ $A \leq 10$	Nurodyta minimali vertė.	$Cl \leq 0,1^4 \%$ $Cl \leq 0,3 \%$
--------	-------------------------------	-----------------------------	--------------------------	--

Pastabos:

- ¹ Masė drėgmės kiekio, kaip gauta (drėgnoji būseną), žymuo (% masės);
- ² Buitiniam energijos vartotojams parduodamos arba jų naudojamos medienos rūšies drėgmė;
- ³ Apatinės šilumingumo vertės gautame (pagamintame) kure žymuo (MJ/kg ar kWh/kg);
- ⁴ Mažesniame nei 120 kW nominalios galios KDĮ.

Kaip ir kitoms pramonės šakoms taip ir biokuro gamybai, naudojimui ir biokuro pelenų atliekų tvarkymui yra taikomi įvairūs LR ir ES aplinkos apsaugą reglamentuojantys teisės aktai. Medienos biokuro, kaip žaliavos, kokybės reikalavimai buvo nurodyti 2 lentelėje, tačiau tiek buitiniams vartotojams, tiek pramonei yra taikomi ir kiti reikalavimai, susiję su aplinkos oro tarša, atliekų tvarkymu, antriniu atliekų panaudojimu. Susisteminta susijusių teisės aktų analizė pateikiama 4 lentelėje.

4 lentelė. Biokuro pelenų susidarymą ir tvarkymą/naudojimą reglamentuojantys teisės aktai

Teisės aktai	Aprašymas	Pastabos
Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2017-12-06 įsakymas Nr. 1-310 „Dėl kietojo biokuro kokybės reikalavimų patvirtinimo“	Šiame teisės akte apibrėžiami kokybės reikalavimai naudojamam biokurui buitiniuose ir pramoniniuose katiluose [11]	Teisės aktas, kuriame nurodomą kokios galimos kuro rūšys yra medienos biokuras, nurodyta kokio peliningumo kuras gali būti naudojamas, koks galimas drėgmės kiekis, sunkiųjų metalų koncentracijos
Lietuvos Respublikos Planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas 1996 m. rugpjūčio 15d. Nr. I-1495	Šis įstatymas reglamentuoja planuojamos ūkinės veiklos (PŪV) dėl atrankos ir PŪV veiklos poveikio aplinkai vertinimo (PAV) procesus [12]	Pagal PAV įstatymo 2 priedo 11.4 punktą, biologiškai apdorojant ≥ 10 t/d. BSA, visų pirma reikia atlikti dokumentų atranką dėl PAV
Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 1999-07-14 įsakymas Nr.217 „Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“	Šiame teisės akte apibrėžiami reikalavimai atliekų rūšiavimui, pavojingų atliekų tvarkymui, laikinajam laikymui, apskaitos dokumentų pildymui [6]	Nurodomi atliekų kodai medienos pelenams, pateikti reikalavimai BSA tvarkymui, techninio reglamento rengimo taisyklės, prieš pradėdant veiklą reikalinga parengti ir suderinti atliekų naudojimo veiklos nutraukimo planą.
Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013-07-15 įsakymas D1-528 „Dėl taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidimų išdavimo, pakeitimo ir galiojimo panaikinimo taisyklių patvirtinimo“	Šiose taisyklėse nurodyta kokioms veikloms vykdyti reikalingas taršos leidimas [13]	Pagal taisyklių 1 priedo 5.3.1 ir 5.3.4 punktą biologiškai apdorojant ir šlako bei pelenų apdorojimą ≥ 50 t/d. reikalinga gauti taršos leidimą
Lietuvos respublikos aplinkos ministro 2011-01-05 įsakymas Nr. D1-14 „Dėl medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklių patvirtinimo“	Šiose taisyklėse nustatoma medienos kuro pelenų naudojimo dirvožemio tręšimui žemės ūkyje, pažeistų teritorijų rekultivavimui naudojimo, auginant energetinius augalus, miškų ūkyje bei civilinėje inžinerijoje tvarką [14]	Taisyklėse pateikta informacija apie reikalingus laboratorinius tyrimus tiesioginiam pelenų naudojimui, apie didžiausius leistinus pelenų kiekius miško augaviečių tipams, dirvožemio tręšimui
Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013-03-12 įsakymas Nr. V-250 „Dėl medienos ir durpių, importuojamų iš trečiųjų valstybių į Lietuvos rinką, užterštumo ¹³⁷ CS radionuklidų bei medienos ir durpių kuro pelenų, užterštų ¹³⁷ CS radionuklidų, naudojimo ir tvarkymo tvarkos aprašo patvirtinimo“	Šiame teisės akte pateikiamas naudojimo, tvarkymo tvarkos aprašas remiantis radiacinės saugos reikalavimais, reglamentuoja pelenų radiologinių tyrimų atlikimo tvarką [15]	Jeigu ¹³⁷ Cs aktyvumas pelenuose < 1 Bq/g, šiuos pelenus galima naudoti be jokių apribojimų tręšimui, rekultivavimui, energetinių augalų auginimui, civilinėje inžinerijoje. Jeigu ¹³⁷ Cs aktyvumas pelenuose ≥ 1 Bq/g, tokius pelenus galima naudoti tik rekultivuojant pažeistas teritorijas, civilinėje inžinerijoje arba šalinti sąvartynuose

Biokurą deginantiesiems įrenginiams (dideliems – DKDĮ, vidutinėms – VKDĮ ir tiesiog KDĮ), yra taikomos į aplinkos orą išleidžiamų KD ribinės vertės. VKDĮ ir KDĮ nuo 2013 m. balandžio 10 d. didžiausias leistinas ribines vertes reglamentavo LAND 43-2013 [16]. Tačiau 2017 m. rugsėjo 18 d. Lietuvos Respublikos aplinkos ministras išleido įsakymą Nr. D1-788 „Dėl Išmetamų teršalų iš vidutinių kurą deginančių įrenginių normų patvirtinimo“ [17], kuriame reikalavimai visiems naujiems ir esamiems VKDĮ tapo griežtesni. Minėti reikalavimai visiems naujiems katilams pradėjo galioti nuo 2018 m. gruodžio 20 d., esamiems katilams – nuo 1 iki 5 MWh – nuo 2030 m., virš 5 MWh esamiems katilams – nuo 2025 m. Lentelėje Nr. 5 pateikiamos esamos ir nuo 2025 m. ir 2030 m. įsigaliosiančios didžiausios leistinos išmetimų KD į aplinkos orą koncentracijų normos. Be to, DKDĮ didžiausios leistinos KD išmetimų normos, kurios reglamentuojamos Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakyme Nr. 486 „Dėl specialiųjų reikalavimų dideliems kurą deginantiesiems įrenginiams patvirtinimo“ [18].

5 lentelė. Reikalavimų KD išmetimas į aplinkos orą, deginant biokurą

Instaliuota nominali katilo galia	DKDĮ normos, [Nr.484] mg/Nm ³	LAND 43-2013 [Nr. D1-244] mg/Nm ³	Reikalavimai VKDĮ [Nr. D1-778], mg/Nm ³		
			Nauji VKDĮ	Esami VKDĮ, 1-5 MW	Esami VKDĮ, >5 MW
0,12 MW – 1 MW	Nereglamentuoja	800	Nereglamentuoja		
1 MW - 5 MW	Nereglamentuoja	700 ¹ – 400 ²	50	50	Nereglamentuoja
5 MW – 20 MW		500 ¹ – 300 ²	30	Nereglamentuoja	50
20 MW – 50 MW		500 ¹ – 300 ²	20	Nereglamentuoja	30
>50 MW	20	Nereglamentuoja			

Pastabos:

¹ Esamiems įrenginiams

² Naujai diegiamiems įrenginiams

Naujiems katilams maksimalios ribinės KD išmetimų vertės sumažėjo nuo 8 iki 25 kartų, esamiems katilams – nuo 8 iki 16,6 karto. Sugriežtėjus reikalavimams VKDĮ KD atžvilgiu, galima tikėtis didesnių susidarančių pelenų kiekių, kadangi naujos ir jau veikiančios katilinės turės diegti efektyvesnius KD surinkimo – valymo įrenginius, taip nukreipiant anksčiau su išmetamu oru į aplinką patekusias KD į pelenų srautą.

1.4.4 Sąveikos su biosfera harmonizavimas

Taikant pramoninės simbiozės metodus atliekų valdyje galima ne tik sumažinti poveikį aplinkai įmonių ir net regiono mastu, bet ir gaminti aukštesnės pridėtinės vertės produktą, kurio naudojimas taip pat mažina poveikį aplinkai. Pavyzdžiui, sumažėjusi užterštumo rizika sunkiaisiais metalais ar mikrobiologiniu užterštumu gerina gaminamo produkto kokybės kriterijus. Analizuojant tokias atliekas kaip BSA, kurios naudojamos, pavyzdžiui, komposto – dirvožemį geriančios medžiagos gamybai, tai būtų sąveikos su ekosistemomis harmonizavimas.

Nuotekų dumblo kompostas (NDK) pasižymi dideliu kiekiu sausųjų ir organinių medžiagų, dideliu kiekiu fulvo rūgščių, vidutiniu kiekiu huminių rūgščių. Taip pat NDK turi daug suminio azoto, sulfatų, vidutiniškai kalio, bei daug fosforo. Staugaičio ir kitų studijoje (2016) tarp kitų kompostų, kurie gaminami iš Lietuvoje

susidariusių BSA, buvo tiriami NDK kokybės rodikliai bei taršos rodikliai. Tyrimui buvo pasirinktos 7 įmonės, kuriose iš susidariusio komposto buvo imami ėminiai ir formuojama po 3 mėginius laboratorinėms tyrimams, taip bandant išvengti atsitiktinių tyrimo rezultatų. Įmonės, kurios dalyvavo tyrime, ir jose naudojamos technologijos pateiktos 6 lentelėje.

6 lentelė. NDK gaminančios įmonės, kurių kompostai buvo analizuojami studijoje (Staugaitis et al., 2016)

Įrenginių pavadinimas	Naudojama technologija	Regionas
UAB „Jonavos vandenys“	Atviras nepūdyto nusausinto dumblo kompostavimas su žaliosiomis atliekomis, naudojant vartytuvus; sijojimas, brandinimas. Keliose aikštelėse įrengtos stoginės.	Kauno
UAB „Ukmergės vandenys“		Vilniaus
UAB „Kelmės vanduo“		Šiaulių
UAB „Druskininkų vandenys“		Alytaus
UAB „Kaišiadorių vandenys“		Kauno
UAB „Biastra Plus“	Pūdyto dumblo kompostavimas kartu su žaliosiomis atliekomis, biokuro pelenais, kitomis medžiagomis, įskaitant kitas BSA, naudojant vartytuvus; pagaminto pirminio komposto sijojimas ir brandinimas.	Vilniaus

Sunkiųjų metalų koncentracijos komposte buvo tiriamos naudojant 5 galiojančius standartus: LST EN 13650:2006, LST EN ISO 15586:2004, LST EN ISO 11885:2009, LST EN ISO 8288:2002, LST EN ISO 12846:2012. Šiuose standartuose nurodomi kompostuose ir anaerobiniuose rauguose tiriami 7 sunkieji metalai: Cd, Pb, (Hg, Cr, Zn, Cu, Ni, kitose šalyse dar nurodomas Arsenas (Ar) (Staugaitis et al., 2016) [19].

Toliau šiame poskyryje analizuojama Lietuvoje biokuro katilinėse susidariusių pelenų ir nuotekų dumblo komposto (NDK) cheminė sudėtis. Palyginimui paimta literatūros šaltiniuose (Staugaitis et al., 2016) [8] pateikta informacija apie atliktus tyrimus ir palyginta su DLK teisės aktuose [14; 19]. 7 lentelėje pateikta NDK, biokuro pelenų cheminė sudėtis, bei jos palyginimas su DLK.

7 lentelė. Lietuvos katilinėse susidariusių pelenų, nuotekų dumblo komposto cheminės sudėties palyginimas su RV (Staugaitis et al., 2016) [8; 14; 19]

Cheminės sudėties parametrai	NDK	Biokuro pelenų	DLK pelenų naudojimui		DLK NDK naudojimui		Vertingo komposto (produkto) rodikliai	
			MU	ŽU /PTR	Mažo vertingumo	Labai didelio vertingumo	Mažo vertingumo	Labai didelio vertingumo
Kokybės parametrai (naudojimui kaip trąša)								
Sausos medžiagos, %	38,4-56,5	n**					<21	> 50
Organinės medžiagos, % SM	33,6-66,7	n**					16	>45
Org. C, % SM	13,8-26,3	1,3 – 38,2						
Suminis azotas (N), % SM	1,3-3,43	<0,028					< 0,5	>2,0
Suminis fosforas (P), % SM	0,9-1,77	0,03 – 1,5					<0,21	>0,8
Suminis kalis (K), % SM	0,26-2,57	0,1 – 3,2					<0,6	>2,5
Kalcis (Ca), % SM	n**	2,2-26,8						
Magnis (Mg), % SM	n**	0,4 – 3,4						
Elektrinis laidis, mS/cm	1,7-2,09	n**					<0,6	>2,0*
Vandenyje tirpus azotas, mg/l NDM	1767-4551	n**					<51	>200

7 lentelės tęsinys.

Vandenyje tirpus fosforas (P), mg/l NDM	72-2370	n**					<26	>100
Vandenyje tirpus kalis (K), mg/l NDM	1147-6250	n**					<91	>300
Sulfatai (SO ₄), mg/l NDM	673-1857	n**					<51	>300*
Chloridai (Cl), mg/l NDM	0,43-3675	n**					<51	>300*
C:N santykis	7-10,8	n**					<11	>25
pH	5,1-8,3	11-13					<5,6	>8,5
Biologinis skaidumas (stabilumas)	360-1098	n**					Pvz., ištirpusios organinės anglies koncentraciją ≤ 4000 mg/kg SM	
Užterštumas sunkiaisiais metalais					I kateg.	II kateg.	1 klasė, DLK	2 klasė, DLK
Kadmis (Cd), mg/kg SM	0,24-2,19	0,03-9,6	3	5	<1,5	1,5 - 5	1	2
Švinas (Pb), mg/kg SM	8,27-47,1	0,7-40	40	50	<120	120-150	50	100
Gyvsidabris (Hg), mg/kg SM	0,002-0,436	n**	0,2	0,2	<1,0	1 – 1,5	0,4	1
Chromas (Cr), mg/kg SM	10,8-37,5	7,6-35	20	30	<100	100-130	70	100
Cinkas (Zn), mg/kg SM	287-1330	4-820	1000	1500	<800	800-1500	400	600
Varis (Cu), mg/kg SM	49,3-253	4,8-24,1	100	200	<300	300-500	100	200
Nikelis (Ni), mg/kg SM	8,6-28,5	7-8,6	20	30	<50	50-70	40	60
Kitas užterštumas								
Boras (B), mg/kg SM	n**	22-225	200	250	n**	n**	n**	n**
Vanadis (V), mg/kg SM	n**	n**	150	150	n**	n**	n**	n**
Arsenas (As), mg/kg SM	n**	n**	3	3	n**	n**	n**	n**
Benz(a)pirenas, µg/kg SM	n**	n**	0,5	0,5	n**	n**	n**	n**

Pastabos:

*gali kenkti jautriems augalams;

**n – nenurodyta analizuojamame literatūros šaltinyje;

Sutrumpinimai šioje lentelėje: NDK – nuotekų dumblo kompostai; SM – sausoje medžiagoje; NDM – natūralaus drėgni medžiagoje; DLK – didžiausia leidžiama koncentracija; MU – miškų ūkyje; ŽŪ – žemės ūkyje; PTR – pažeistų teritorijų rekultivavimui

Staugaičio ir kitų studijos (2016) metu buvo siekiama išanalizuoti Lietuvoje gaminamo kompostų kokybinius rodiklius ir taršą sunkiaisiais metalais, pasiūlyti kompostų kaip trąšos kokybės kriterijus, sunkiųjų metalų DLK, kad NDK būtų galima naudoti kaip produktą, be tręšimo planų kaip atlieką. Taip pat šios studijos metu buvo pasiūlytos maksimalios koncentracijos sunkiųjų metalų, pagal kurias kompostus būtų galima skirstyti į I ir II klases, šie pasiūlymai buvo perkelti į LAND 20-2005 projekcinį dokumentą [19].

NDK pagal beveik visus rodiklius gali būti priskiriamas prie labai didelio vertingumo komposto, išskyrus C:N santykio rodiklius ir pH rodiklius. Taip pat lyginant maksimalias rastos koncentracijas sunkiųjų metalų NDK su siūlomomis DLK I klasės kompostui, nuotekų dumblo kompostas neatitinka kriterijų pagal Zn, Cu, Hg ir Cd.

Lyginant biokuro pelenų sunkiųjų metalų koncentracijas su galiojančiais DLK pelenų naudojimui, pastebimi griežtesni reikalavimai naudojimui miškų ūkyje, nei žemės ūkyje, tik benz(a)pireno, As, V ir Hg DLK yra vienodos. Akivaizdžiai matoma įsivėlusį klaidą.

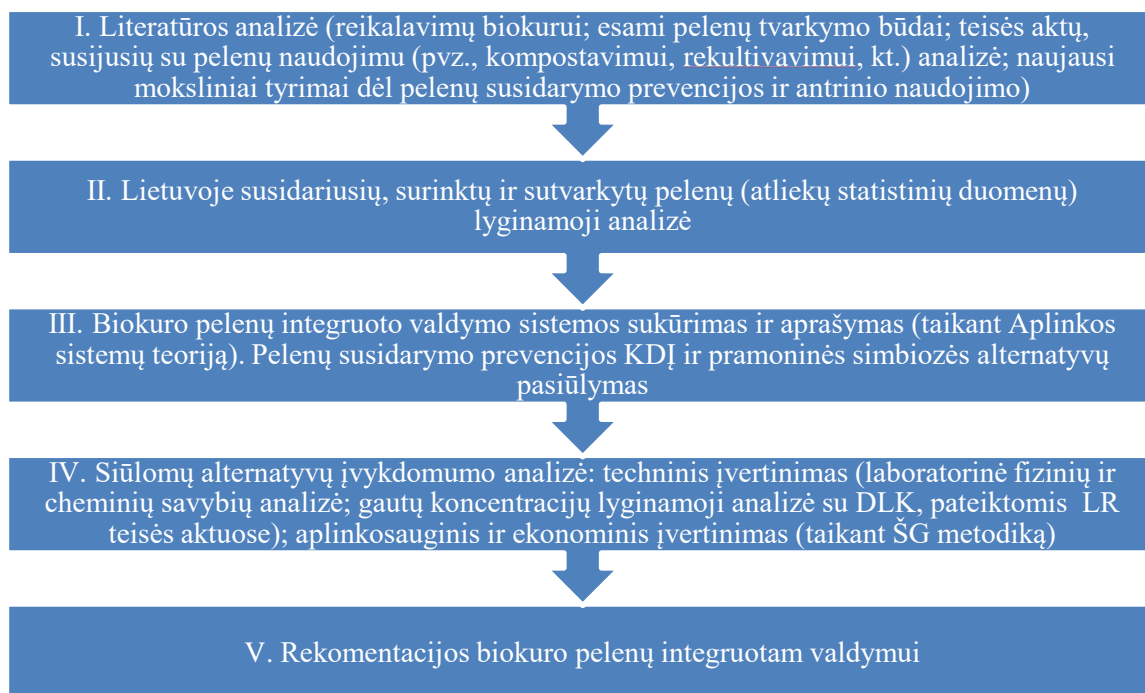
Remiantis Lietuvoje galiojančiais teisės aktais ir rekomendacijomis bei atsižvelgiant į esamą biokuro pelenų atliekų tvarkymo situaciją Lietuvoje, šiuo darbu susidarančių biokuro pelenų atliekų tvarkymui siekiama biokuro katilinėms pasiūlyti integruoto atliekų valymo sistemą, kuri aplinkos valdymo teorijoje būtų vadinama Prevencinė (trikdžio kompensavimo) ir kontrolės (grįžtamojo ryšio) valdymo sistema (Kliopova 2002, Staniškis et al., 2010).

2. TYRIMO METODIKA

Tyrimo metodikoje biokuro katilinėms bus siūdomi šie pramoninės ekologijos metodai:

- remiantis švaresnės gamybos koncepcija bus taikomas procesų optimizavimas – išmetamuosiuose dūmuose esančios šilumos regeneravimas, taip didinant katilinės n.k.;
- pramoninės simbiozės metodas, kai vienos pramonės šakos atliekos tampa kitos pramonės šakos žaliava.

Darbo pagrindiniai etapai pateikiami 3 paveiksle.



3 pav. Tyrimo etapai

Tyrimui atlikti pasirinkta įmonė – UAB „Litesko“ padalinys „Biržų šiluma“.

Darbe aplinkosaugos problemų identifikavimui naudojama Švaresnės gamybos (ŠG) diegimo pramonės įmonėse metodika. Šios metodikos diegimo pagrindiniai įrankiai: medžiagų ir energijos srautų procesų įėjime ir išėjime analizė, medžiagų ir energijos arba kuro ir energijos balansai; aplinkos apsaugos indikatorių lyginamoji analizė (Staniškis et al., 2002, 2010).

Darbe siūlomų alternatyvų vertinimui naudojamas ŠG diegimo pramonės įmonėse metodikos projektų įvykdomumo analizės metodas, kuriame atliekamas alternatyvų techninis, aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas (Staniškis et al., 2002, 2010). Atliekant aplinkosauginį ir ekonominį įvertinimą, lyginami procesų įvedinių absoliutus aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI, vnt./m. arba EUR/m.) prieš ir po siūlomos inovacijos įdiegimo (Staniškis et al., 2002, 2010).

Vertinant įdiegto projekto veiksmingumą, naudojami santykiniai AAI_s (Kliopova, 2002, Staniškis et al., 2010, Kliopova et al., 2016).

Techninis įvertinimas – įvertinama ar siūloma prevencinė priemonė yra techniškai galima: ar nereikės naujų statinių, nepakis gaminamas produktas, jo kokybė.

Aplinkosauginis įvertinimas – atliekamas tikslu nuspręsti, ar aplinkos apsaugos indikatorius (pavyzdžiui, susidariusių atliekų kiekis tonomis per metus) įdiegus pasiūlymą (AAI_{po}) yra mažesnis nei prieš įdiegiant pasiūlymą (AAI_{iki}).

Ekonominio įvertinimo metu palyginami tiesioginiai procesų kaštai (EUR/metus) prieš ir po inovacijos įdiegimą. ŠG projekto įgyvendinimas laikomas pavykšiu, jeigu pasiūlytos alternatyvos atsipirkimo trukmė yra mažesnė nei 3, esant didesnėms investicijoms – 4 metai, kitu atveju prevencinis projektas laikomas netinkamu įgyvendinimui ir atidedamas vėlesniam papildomam vertinimui.

Be AAI, naudojami ir santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI_s). Šie indikatoriai apibūdina, kiek žaliavų tenka produkciniam vienetui, kiek išlakų susidaro, pagaminus produkcijos vienetą ir pan.

Aplinkos apsaugos veiksmingumo (AAV) vertinimo metu palyginamos AAI_s reikšmės prieš ir po pasiūlymo įdiegimo, naudojant formulę (1) (Kliopova, 2002; Staniškis et al., 2010):

$$AAV = AAI_{s\ iki} - AAI_{s\ po}, \quad (1)$$

čia:

$AAI_{s\ iki}$ – kg/t arba kg/vnt. gaminamos produkcijos;

$AAI_{s\ po}$ – kg/t arba kg/vnt. gaminamos produkcijos.

KDI gaminamos šiluminės energijos kiekis nustatomas pagal formulę (2) (Staniškis et al., 2010):

$$Q = (Q_z \times B / 3,6) \times \eta, \quad (2)$$

čia:

Q – gaminamos energijos kiekis, MWh;

Q_z – kuro žemutinis šilumingumas, GJ/t;

B – kuro kiekis, t;

η – katilo naudingumo koeficientas.

Tuo atveju, jeigu yra žinomas energijos kiekis ir reikia įvertinti, kiek sudeginti kuro, naudojama formulė (3) (Staniškis et al., 2010):

$$B = Q \times 3,6 / (Q_z \times \eta), \quad (3)$$

čia:

B – kuro kiekis, t;

Q – šiluminės energijos kiekis, MWh;

Q_z – kuro žemutinis šilumingumas, MJ/kg;

η – katilo naudingumo koeficientas.

Pelenų kiekis sausojoje biokuro masėje nustatomas pagal formulę (4):

$$A = B \times A_s / 100 \quad (4)$$

čia:

A – pelenų kiekis kure, t;

B – kuro kiekis, t;

A_s – peleningumas sausojoje masėje, %.

Kiekis oro teršalų (KD, CO, NO_x), kurie susidaro deginant kurą KDĮ nustatomas pagal formulę (5) [20]:

$$E = AR \times EF \times 10^{-6} \quad (5)$$

čia:

E – teršalo kiekis, t/metus;

AR – sudeginto kuro energetinė vertė, GJ;

EF – teršalo emisijos faktorius pagal [20] (EF_{KD} = 150g/GJ; EF_{CO} = 600 g/GJ; EF_{NO_x} = 91g/GJ).

Deginant gamtines dujas, į aplinkos orą išsiskiria ŠESD: CO₂, CH₄, N₂O. Lietuvoje katilinės vertina tik CO₂ išsiskyrimą. Metodika CO₂ kiekiui įvertinti pateikta 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ 2-me skyriuje (IPCC, 2006) [21]:

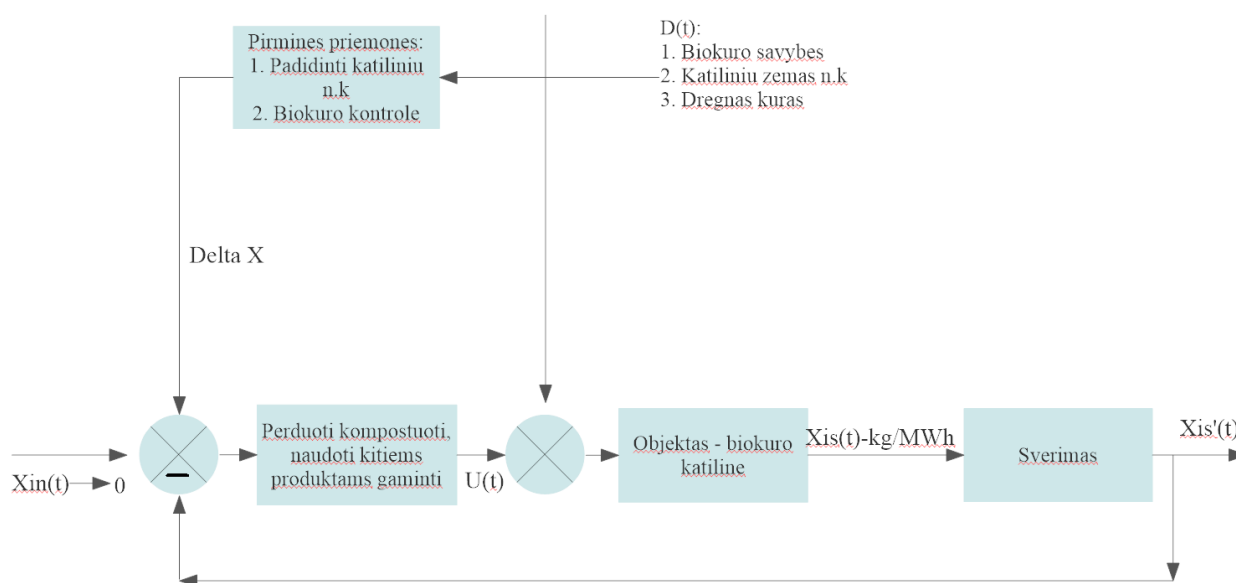
$$E_{CO_2} = AR \times EF_{CO_2} \times 10^{-3}, \quad (6)$$

čia

AR – sudeginto kuro energetinė vertė, TJ;

EF_{CO₂} – CO₂ taršos faktorius pagal sudeginto kuro tipą (kg/TJ), pvz., deginant gamtines dujas - 56100 kg/TJ.

Pelenų tvarkymui siūloma grįžtamojo ryšio ir trikdžio kompensavimo aplinkos valdymo sistema, kurioje integruoti dematerializavimo arba pelenų prevenciniai metodai bei pramoninės simbiozės metodai. Valdymo sistema pateikta 4 paveiksle.



4 pav. Siūloma pelenų valdymo sistema biokuro katilinėse

Šioje sistemoje objektas yra katilinė, kurioje deginamas biokuras ir gaminama šiluminė energija. Sistemos trikdžiai D(t) yra biokuro peleningumas, kurį galima sumažinti (naudojant mažiau peleningą kurą), tačiau jo išeliminuoti neįmanoma. Antras trikdys yra žemas katilinių n.k., kurį galima padidinti atnaujinant seną katilą nauju, katilinėje įdiegiant dūmų kondensacinį ekonomizerį ir kitos n.k. didinimo alternatyvos. Tai yra prevenciniai metodai, padedantys sumažinti susidarančių pelenų kiekį. Pelenų visiškai išeliminuoti iš gamybinių atliekų neįmanoma, tačiau juos galima nukreipti ne į atliekų srautą, kuris keliauja į sąvartyną, o panaudoti pelenus kaip žaliavą kito produkto gamybai. Pelenai gali būti panaudojami komposto gamyboje, civilinėje inžinerijoje ar tiesiogiai tręšiant, jeigu sunkiųjų metalų koncentracijos pelenuose neviršija leistinų normų. Šios

valdymo sistemos tikslas, $X_{in}(t) \rightarrow 0$ (pelenų kaip atliekos) artėtų ar būtų lygus nuliui, tai reikštų, kad pelenų atliekos yra pašalinamos iš atliekų srautų ir panaudojamos pakartotinai.

Tikslu atlikti darbe siūlomo pramonės simbiozės metodo techninį įvykdomumą, tyrimui parinktoje įmonėje (UAB „Litesko“ padalinyje Biržų šiluma) buvo imami keli biokuro pelenų emininai, suformuoti 2 mėginiai ir nukreipiami tyrimui į akredituotą laboratoriją – LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorija. Laboratorijoje tiriami biokuro pelenų parametrai:

- kokybės rodikliai: org. C, % sausoje medžiagoje (SM), suminis azotas (N), fosforas (P), kalis (K), % SM, kalcis (Ca), % SM, magnis (Mg), % SM, pH;
- užterštumo rodikliai: sunkiųjų metalų koncentracijos, mg/kg SM;
- kiti pelenams būdingi rodikliai: boro (B), vanadžio (V) ir arseno (As) koncentracijos, mg/kg SM.

Darbe nebuvo galimybių atskirai analizuoti UAB „Biržų vandenys“ NDK, pagaminto iš nuotekų dumblo ir žaliųjų atliekų, kokybės ir užterštumo kriterijų. Analizei NDK cheminės ir fizikinės savybės bus priimtos iš mokslinėje studijoje (Staugaitis et al., 2016) aprašytų mažųjų miestų valymo įrenginių NDK cheminių ir fizikinių savybių.

Pelenų ir NDK, pagaminto iš nuotekų dumblo ir žaliųjų atliekų, bei jų teorinio mišinio kokybės ir užterštumo rodikliai bus palyginti su ribinėmis vertėmis (RV) ir DLK pagal teisės aktus: galiojantį LAND 20-2005 „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui bei rekultivavimui reikalavimai“; projektiniu dokumentu LAND 20-2005 ir RV bei DLK produktams (ne atliekoms), kurie pateikti studijoje Staugaitis et al., 2016 ir pernešami į projektinius pakeitimus LAND 20-2005.

3. PRAMONINĖS EKOLOGIJOS METODŲ TAIKYMAS, MAŽINANT PELEŅŲ SUSIDARYMĄ BIOKURO KATILINĖSE

3.1. Detalesnei analizei pasirinkto objekto pirminis aplinkosauginis vertinimas

UAB „Litesko“ padalinys Biržų šiluma (toliau – Biržų šiluma) eksploatuoja 9 katilines, 14,2 km šilumos perdavimo tinklą, centralizuotai perduoda šilumą 98 daugiabučiams, turi 2827 vartotojus. Biržų šiluma instaliuotų vandens šildymo katilų (VŠK) ir garų katilo (GK) bendra nominali šiluminė galia – 51,6 MW, iš kurių – 8 MW biokuro VŠK, 12,3 MW – mazuto ir 31,3 MW – gamtinių dujų VŠK. Tačiau 23,9 MW galios katilai yra užkonservuoti, tai reiškia, kad veikianti nominali šiluminė galia – 27,7 MW (VŠK). Šildymo sezonu maksimalus apkrovimas – 10,4 MW, vidutinis – 5,1 MW; nešildymo sezonu maksimalus apkrovimas – 2,1 MW, vidutinis – 1,4 MW. Pagrindinėje Biržų šilumos katilinėje (Kaštonų katilinė), įrengtas nuolat veikiantis biokuro katilas, kurio nominali šiluminė galia – 8 MW [1].

Biržų šiluma 2017 m. pagamino 31,3 tūkst. MWh šiluminės energijos, įskaitant tik 0,2 tūkst. MWh – dėl regeneravimo iš dūmų kondensaciniu ekonomazeriu. Šiam tikslui sudeginta 3182,74 tne kuro, įskaitant 92,45 proc. – biokuro. 2017 m. 92% energijos pagaminta deginant būtent biokurą [1]. Biržų šiluma medžiagų ir energijos srautai pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. Biržų šiluma medžiagų ir energijos srautai, 2017 metais [1]

Eilės Nr.	Įvediniai ir išvediniai	Mato vnt.	AAI	¹ AAI _s
			Vnt./m.	Vnt./MWh
1	2	3	4	5
1	Įvediniai:			
1.1	Biokuras	² tne (MWh)	2942,5 (34221,275)	1,183 MWh/MWh
1.2	Gamtinės dujos	² tne (MWh)	240,24 (2793,991)	
1.3	Vanduo	m ³	400,00	0,013 m ³ /MWh
1.3.1	vanduo techninėm reikmėms	m ³	100	
1.3.2	vanduo tinklų papildymui	m ³	300	
1.4	Elektros energija	MWh	486,40	15,540 kWh/MWh
1.4.1	techninėm reikmėms	MWh	377,1	
1.4.2	šiluminės energijos tiekimui	MWh	109,3	
2	Išvediniai:			
2.1	Šiluminė energija	MWh	31300	0,183 MWh/MWh
2.1.1	pagaminta, deginant biokurą	MWh	28800	
2.1.2	pagaminta, deginant gamtines dujas	MWh	2500	
2.2	Šiluminės energijos nuostoliai	MWh	5715,266	3,990 kg/MWh (deginant biokurą)
2.2.1	deginant biokurą	MWh	5421,275	
2.2.2	deginant gamtines dujas	MWh	293,991	
2.2	Biokuro pelenai	T	114,9	2,331 kg/MWh
2.3	Oro tarša	T	69,825	
2.3.1	KD	T	4,933	
2.3.3	CO	T	37,261	
2.3.3	NO _x	T	26,273	
2.3.4	SO ₂	T	1,358	
2.4	ŠESD (CO ₂)	T	564,254	18,027 kg/MWh

Pastabos:

¹AAI_s - santykiniai aplinkosaugos indikatoriai: įvedinių (kuro, vandens, elektros energijos, kt.) sąnaudos pagaminti 1 MWh šiluminės energijos, susidariusių išvedinių (nuostolių, oro teršalų, atliekų) kiekis pagaminti 1 MWh šiluminės energijos, pvz.,

- deginant biokurą, jo sąnaudos – 1,188 MWh/MWh pagaminti, t.y. biokuro katilo n.k. – 84,15 proc.;
- deginant gamtines dujas, jų sąnaudos – 1,118 MWh/MWh pagaminti, t.y. biokuro katilo n.k. – 89,48 proc.;

²tne ≡ 11,63 MWh

Biržų šiluma kuro – energijos balanso analizė parodė, kad bendras šiluminės energijos gamybos efektyvumas yra nedidelis ir siekia tik 84,6 proc. Dėl to 2017 m. susidarė net 5715,266 MWh šiluminės energijos nuostolių.

2017 m. analizuojamame objekte deginant biokurą (iki 34221,275 MWh/m), pagaminta 28800 MWh/m. šiluminės energijos, susidarė 5421,275 MWh/m. nuostolių, iki 114,9 t/m. pelenų. Visi pelenai buvo perduoti atliekų tvarkytojams šalinimui sąvartyne.

Tuo atveju, jeigu biokuro VŠK veiktų su 100 proc. n.k., kas įmanoma pasiekti, diegiant šiuolaikines technologijas, būtų sudeginta mažiau – 28800 MWh/m. (2476,4 tne) biokuro, pelenų kiekis sumažėtų iki 96,7 t/m., 15,85 proc. sumažėtų elektros energijos sąnaudos techninėms reikmėms (iki 317,330 MWh), taip pat sumažėtų oro teršalų kiekis.

Oro teršalai, deginant biokurą, vertinami naudojant 5 formulę ir metodikoje EMEP/EEA [20] skyriuje 1.A.4. „Small combustion / deginimas mažuose KDI“ 3.45 lentelėje (VŠK, medienos biokuras, >1 MW, bet <50 MW) pateiktus emisijų faktorius:

$$E_{CO} = 123196,59 \text{ GJ} \times 300 \text{ g/GJ} / 10^6 = 36,959 \text{ t/m.},$$

$$E_{NOx} = 123196,59 \text{ GJ} \times 210 \text{ g/GJ} / 10^6 = 25,871 \text{ t/m.},$$

$$E_{KD} = 123196,59 \text{ GJ} \times 40 \text{ g/GJ} / 10^6 = 4,928 \text{ t/m.},$$

$$E_{SOx} = 123196,59 \text{ GJ} \times 11 \text{ g/GJ} / 10^6 = 1,355 \text{ t/m.},$$

čia

sudeginto biokuro energetinė vertė – 34221,275 MWh = 123196,59 GJ;

emisijų faktoriai, kai deginamas biokuras komercinės paskirties nedideliuose KDI: $EF_{CO} - 300 \text{ g/GJ}$, $EF_{NOx} - 210 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 40 \text{ g/GJ}$, $EF_{SOx} - 11 \text{ g/GJ}$.

Oro teršalai, deginant gamtines dujas, vertinami naudojant 5 formulę ir metodikoje EMEP/EEA [20] skyriuje 1.A.4. „Small combustion“ 3.27 lentelėje (KDI, gamtinės dujos, >1 MW, bet <50 MW) pateiktus emisijų faktorius:

$$E_{CO} = 10058,367 \text{ GJ} \times 30 \text{ g/GJ} / 10^6 = 0,302 \text{ t/m.},$$

$$E_{NOx} = 10058,367 \text{ GJ} \times 40 \text{ g/GJ} / 10^6 = 0,402 \text{ t/m.},$$

$$E_{KD} = 10058,367 \text{ GJ} \times 0,45 \text{ g/GJ} / 10^6 = 0,005 \text{ t/m.},$$

$$E_{SOx} = 10058,367 \text{ GJ} \times 0,30 \text{ g/GJ} / 10^6 = 0,003 \text{ t/m.},$$

čia

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 2793,991 MWh = 10058,367 GJ;

Emisijų faktoriai, kai deginamas biokuras komercinės paskirties nedideliuose KDI: $EF_{CO} - 30 \text{ g/GJ}$, $EF_{NOx} - 40 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 0,45 \text{ g/GJ}$, $EF_{SOx} - 0,30 \text{ g/GJ}$.

ŠESD (CO₂) kiekis, deginant gamtines dujas, vertinamas pagal 6 formulę.

$$E_{CO_2} = 10,058 \text{ TJ} \times 56100 \text{ kg/TJ} \times 10^{-3} = 564,254 \text{ t}$$

čia

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 2793,991MWh = 10,058 TJ;

CO₂ emisijų faktorius, deginant gamtines dujas – 56100 kg/TJ.

Toliau pateikiama 2-jų alternatyvų įvykdomumo analizė:

- UAB „Litesko“ padalinys Biržų šiluma biokuro katilinės efektyvumo didinimas ir pelenų susidarymo mažinimas, įdiegiant kondensacinį ekonomaizerį;
- UAB „Litesko“ padalinys Biržų šiluma biokuro katilinės pelenų naudojamas UAB „Biržų vandenys“ nuotekų dumblo kompostavime, taip didinant NDK vertingumo kriterijus.

3.2. Dematerilizavimo (atliekų prevencijos) metodų taikymas biokuro katilinės pelenų valdyje

Susidarančiam pelenų kiekiui sumažinti yra keletas būdų. Vienas iš jų – biokuro sandėlio pastatymas su natūralia ventiliacija. Sumažėjusi biokuro drėgmė didina kuro šilumingumą, dėl to būtų sunaudojama mažiau biokuro. Kitas būdas, tinkamas sumažinti pelenų kiekį, tai dūmų kondensacinio ekonomaizerio įdiegimas. Dūmų kondensacinio ekonomaizerio pagalba bus didinamas katilo n.k. (Staniškis et al., 2010). Taip pat katilo n.k galima padidinti, optimizuojant degimo procesą arba įdiegiant valdymo sistemas, taip sumažinant biokuro sąnaudas pagaminti 1 MWh šiluminės energijos (Staniškis et al., 2010). Analizuojamam objektui siūloma įdiegti 2 MW kondensacinį ekonomaizerį.

Techninis įvertinimas

Kondensacinis ekonomaizeris – vertikalus cilindras su nerūdijančio plieno vamzdeliais. Tekėdami dūmai vamzdelių vidumi yra aušinami tarpvamzdeline ertme tekančiu termofikaciniu iš miesto tinklų grįžtančiu vandeniu. Taip vanduo yra pašildomas, o dūmai atvėsunami. Šio proceso metu susidaro kondensatas, kuris nusodinamas ir neutralizuojamas iki neutralaus, kondensate esančios kietosios dalelės pasilieka filtre, o išvalytas kondensatas išleidžiamas į katilinės nuotekų sistemą (Staniškis et al., 2010). Dūmų kondensacinį ekonomaizerį galima įdiegti tiek jau veikiantiems katilams, tiek naujiems katilams. Taip pat kondensacinį ekonomaizerį galima statyti vienam ar keliams katilams.

Aplinkosauginis įvertinimas

Aplinkos apsaugos efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas pateiktas 9 lentelėje. Vertinimui priimta, kad katilinėje reikia pagaminti tą patį šiluminės energijos kiekį – 28800 MWh/m., bet katilinės n.k. padidėja iki 100 proc. (Staniškis et al., 2010). Elektros energijos sąnaudos dėl kondensacinio ekonomaizerio veikimo padidės iki apytikriai 18 kWh/MWh.

9 lentelė. 1 alternatyvos aplinkos apsaugos efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas

Proceso medžiagų ir energijos srantai	vnt.	Absoliutūs aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) i		(+/-) Sutaupoma/sumažėja (-) Padidėja		
		Esama situacija	Planuojama situacija			
		Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.	³ EUR/vnt.	³ EUR/m.
Šiluminė energija	MWh	28800	28800	-	-	-
Šiluminės energijos nuostoliai	MWh	5421,275	0	5421,275	-	-
¹ Biokuras	MWh (tne)	34221,275 (2942,5)	28800 (2476,4)	5421,275 (466,10)	209	97414,9
Elektros energija	MWh	447,550	518,400	-70,85	110,80	-7850,18
Pelenai	t	114,90	96,70	18,20	51,12	930,38
² Oro teršalai:		69,083	54,224	14,859		
CO	t	36,959	31,104	5,855	4,00	23,42
NOx	t	25,841	21,773	4,068	196,00	797,33
SOx	t	1,355	1,140	0,215	104,00	22,36
KD	t	4,928	0,207	4,721	61,00	287,98
Viso būtų sutaupyta:						91,6 tūkst.

Pastaba:

¹Biokuro kaina Panevėžio apskrityje: www.regula.lt [22]; oro teršalų kaina – pagal Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymą (Žin., 2000 Nr.90-2774; TAR 2014 Nr. 14128; 2017 Nr. 07680)[23].

²Oro teršalų kiekis po projekto įdiegimo:

$$E_{CO} = 103680 \text{ GJ} \times 300 \text{ g/GJ} / 10^6 = 31,104 \text{ t/m.},$$

$$E_{NOx} = 103680 \text{ GJ} \times 210 \text{ g/GJ} / 10^6 = 21,773 \text{ t/m.},$$

$$E_{KD} = 103680 \text{ GJ} \times 40 \text{ g/GJ} \times (1 - 0,95) / 10^6 = 0,207 \text{ t/m.},$$

$$E_{SOx} = 103680 \text{ GJ} \times 11 \text{ g/GJ} / 10^6 = 1,140 \text{ t/m.},$$

čia

- planuojamo sudeginti biokuro energetinė vertė – 28800 MWh = 103680 GJ;
- emisijų faktoriai, kai deginamas biokuras komercinės paskirties nedideliuose KDI: $EF_{CO} - 300 \text{ g/GJ}$, $EF_{NOx} - 210 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 40 \text{ g/GJ}$, $EF_{SOx} - 11 \text{ g/GJ}$;
- dėl kondensacinio ekonomizerio išsiskiriančių KD koncentracija sumažės 95 proc.

³Nurodytos kainos be PVM.

Šios alternatyvos įdiegimas UAB „Litesko“ padalins Biržų šiluma leidžia ne tik sumažinti biokuro sąnaudas virš 466 tne/metus, oro taršą iki 21,5 procento, bet ir sumažinti pelenų susidarymą: **18.20 t/m. pelenų nebus pašalinta sąvartyne**. Pelenų kiekis sumažės nuo 3,99 kg/MWh iki 3,36 kg/ MWh šiluminės energijos pagaminimui, deginant biokurą (arba 15,8 proc.).

Ekonominis įvertinimas

10 lentelė. Kondensacinio ekonomizerio įdiegimo investicinė analizė

Nr.	Perkama įranga / paslaugos	¹ Vnt. kaina	Vnt.	Viso, be PVM
1	Projektavimo darbai	7 400,00	1	7 400,00
2	Kondensacinis ekonomizeris (2 MW)	74 000,00	1	74 000,00
3	Montavimo – derinimo darbai (E / A)	10 000,00	1	10 000,00
				91 400,00 EUR

¹Pastaba: tai preliminari kaina remiantis praktine patirtimi, dirbant projektinę veiklą.

Šios alternatyvos įdiegimas leis kasmet taupyti apie 91,6 tūkst. EUR/m. Laukiama investicijų atsipirkimo trukmė - <1 metų.

3.3. Pramoninės simbiozės metodų taikymas biokuro pelenų valdyje

UAB „Biržų vandenys“ toliau (Biržų vandenys) pagrindinė veikla – vandens tiekimas, nuotekų šalinimas, valymas ir išvežimas Biržų mieste bei seniūnijoje. Šiuo metu vandens tiekimas ir nuotekų tvarkymas yra teikiamas 21 gyvenvietei. Biržų vandenys turi 6138 vartotojus (namų ūkiai), iš kurių 4240 tiekiamas geriamo vandens ir nuotekų surinkimo paslaugos, 596 tiekiamas tik geriamas vanduo, 1302 surenkamos tik nuotekos. Įmonė taip pat aptarnauja 295 įmones. Įmonė eksploatuoja 78 km vandens tiekimo tinklų ir 101 km nuotekų tinklų. Nuotekų dumblo projektinis pajėgumas – 8000 m³ per metus, faktinis pajėgumas – 2800 m³ per metus. [24]

2018 metais susidarė apie 2800 m³ nuotekų dumblo (SM 5 %) arba 700 t po nusausinimo (SM 20 %). Bendrovės kompostavimo aikštelėje nusausintas nuotekų dumblas kompostuojamas kartu su žaliosiomis atliekomis (nuo miesto viešųjų teritorijų) (ŽA – iki 280 m³ per metus). Galutinis produktas – NDK, kurio per metus susidarė 444 t.

NDK, pagaminto iš nuotekų dumblo ir ŽA bei biokuro pelenų cheminės sudėties vertinimo / analizės rezultatai pateikta 11 lentelėje.

11 lentelė. Analizuojamų NDK ir pelenų kriterijai

Cheminės sudėties parametrai	¹ NDK	² Biokuro pelenai
1	2	3
Sausos medžiagos, %	38,4 – 56,5	n*
Organinės medžiagos, % SM	33,6 – 66,7	Labai mažai
Org. C, % SM	13,8 – 17,8	1,5–1,7
Suminis azotas (N), % SM	1,3 – 3,43	0,1 – 0,15
Suminis fosforas (P), % SM	0,91–1,74	0,9 – 1,1
Suminis kalis (K), % SM	0,71– 2,57	5,0 – 5,2
Kalcis (Ca), % SM	n**	22– 23
Magnis (Mg), % SM	n**	1,9-2
pH	5,1– 6,8	10-11
Užterštumas sunkiaisiais metalais		
Kadmis (Cd), mg/kg SM	0,24 – 1,18	1,7 – 1,8
Švinas (Pb), mg/kg SM	8,27– 47,1	2,5 – 3,0
Gyvsidabris (Hg), mg/kg SM	0,002– 0,436	n*
Chromas (Cr), mg/kg SM	10,8– 17,7	15 – 25
Cinkas (Zn), mg/kg SM	287– 450	190-200
Varis (Cu), mg/kg SM	49,3–109	50-55
Nikelis (Ni), mg/kg SM	8,6 –18,9	5-7
Kitas užterštumas		
Boras (B), mg/kg SM	n**	90-100
Vanadis (V), mg/kg SM	n**	8-9
Arsenas (As), mg/kg SM	n**	1,3-,14

*n – nenurodyta analizuojamame literatūros šaltinyje;

Informacijos šaltiniai:

¹Kriterijai, kurie nustatyti nuotekų dumblo kompostams, kurie gaminami nedideliuose miestuose (t.y. ne regionų centruose) pagal (Staugaitis et al., 2016). Tai buvo 4 mėginių NDK laboratorinės analizės rezultatai.

²Analizuojamos biokuro katilinės pelenų ėminių laboratorinių turimų rezultatų (2018 m., Agrocheminių tyrimų laboratorijos protokolas).

11-oje lentelėje pateikiamos minimalios ir maksimalios cheminių elementų koncentracijos analizuojamame NDK ir biokuro pelenuose.

12-je lentelėje pateikiamos teoriškai perskaičiuotos minimalios ir maksimalios cheminių elementų koncentracijos, sumaišius visą kiekį biokuro pelenų su gaminamu NDK (pagal proporciją sausojoje medžiagoje (SM)). Priimama prielaida, kad biokuro pelenų SM yra 100 %.

12 lentelė. NDK ir pelenų mišinio kokybės ir užterštumo kriterijai

Cheminės sudėties parametrai	¹ NDK ir biokuro pelenų mišinys	Pastabos dėl gautojo mišinio	Pastabos dėl komposto vertingumo
1	2	3	4
Kokybės kriterijai			
Sausos medžiagos, %	51,06 – 65,44	>50	padidės
Organinės medžiagos, % SM	20,07 – 45,75	>45– labai didelio vertingumo rodiklis	sumažės, bet liks arti labai didelio
Org. C, % SM	8,85 – 12,74		
Suminis azotas (N), % SM	0,82 – 2,44	RV sumažinimui >2,0	Sumažės, bet liks labai dideliu
Suminis fosforas (P), % SM	0,91 – 1,54	>0,8	liks labai dideliu
Suminis kalis (K), % SM	2,44 – 3,4	>2,5	padidės
Kalcis (Ca), % SM	8,86 – 10,05		padidės
Magnis (Mg), % SM	0,76 – 0,63		padidės
pH		taps neutralėsiu	padidės
Užterštumas sunkiaisiais metalais			
Kadmis (Cd), mg/kg SM	0,83 – 1,37	iki 2 mg/kg SM	sumažės iki 2 klasės
Švinas (Pb), mg/kg SM	5,95 – 33,24	<50 mg/kg SM	Padidės (1 klasė)
Gyvsidabris (Hg), mg/kg SM	0,001 – 0,3	<0,4 mg/kg SM	Padidės (1 klasė)
Chromas (Cr), mg/kg SM	12,49 – 19,99	<70 mg/kg SM	Sumažės (1 klasė)
Cinkas (Zn), mg/kg SM	247,95 – 371,46	sumažės Zn koncentracija iki <400 mg/kg SM	Padidės nuo 2 iki 1 klasės
Varis (Cu), mg/kg SM	49,58 – 92,04	sumažės Zn koncentracija iki <100 mg/kg SM	
Nikelis (Ni), mg/kg SM	7,15 – 15,16	<40	Padidės (1 klasė)
Kiti parametrai			
Boras (B), mg/kg SM	36,23 – 31,41		Sumažės
Vanadis (V), mg/kg SM	3,22 – 2,83		
Arsenas (As), mg/kg SM	0,52 – 0,44		

Kompostuojant nuotekų dumblą su žaliosiomis atliekomis ir biokuro pelenais arba maišant pirminį NDK su pelenais, komposto kaip trąšos vertingumas padidės pagal visus kokybės ir užterštumo rodiklius, išskyrus:

- organinių medžiagų (OM) kiekį, kuris sumažės, bet kompostas liks vertingu, kai OM nuo 17 iki 35 proc. SM, aukšto vertingumo, kai OM nuo 36 iki 45 proc. SM arba labai aukšto vertingumo, kai OM >45 proc. SM dėl didelio OM kiekio nuotekų dumble;
- suminio azoto (N) kiekio, kuris sumažės, bet svyruos tarp vertingo (0,5 – 1,6 proc. SM), aukšto vertingumo (1,6 – 2,0 proc. SM) arba labai aukšto vertingumo (>2 proc. SM) dėl didelio N kiekio nuotekų dumble;

- kadmio (Cd) koncentracija padidės, tačiau gali svyruoti tarp I ir II klasės komposto, kadangi analizuojamoje katilinėje biokuro pelenuose Cd koncentracija – iki 1,8 mg/kg SM;
- Boro (B), vanadžio (V) ir arseno (Ar) koncentracijos sumažės.

Beveik visi biokuro pelenai pasižymi aukšta kadmio (Cd) koncentracija (mg/kg SM). Todėl biokuro pelenų kiekiui nustatyti verta analizuoti būtent pagal šį rodiklį.

Literatūros analizės rezultatai parodė, kad būtent lakiuose pelenuose yra daugiausiai sunkiųjų metalų (žr. 1.3 paragrafą). Pavyzdžiui, Maldaris 2017 m. savo darbe nustatė, kad Cd koncentracija lakiuose pelenuose siekia iki 12,87 mg/kg SM, o dugno pelenuose – neviršija ir 1 mg/kg SM.

Todėl šioje alternatyvoje siūloma toliau analizuoti situaciją, kad tik dugno pelenai bus transportuojami į UAB „Biržų vandenys“ sumaišymui su NDK prieš brandinimą.

Alternatyvos aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas

Analizuojamos alternatyvos AAI lyginamoji analizė bei aplinkosauginio ir ekonominio vertinimo rezultatai pateikiami 13 lentelėje. Kaip buvo minėta aukščiau, priimama prielaida, kad į UAB „Biržų vandenys“ nuotekų dumblo kompostavimo įrenginius bus vežami tik dugno pelenai – 10 konteinerių per metus arba 57,50 t (vidutinė 1 konteineriu išvežama pelenų masė 5,75 t/10 m³). Vieno konteinerio išvežimo kainą - iki 25 EUR be PVM. Tokiu būdu 1 biokuro dugno tonos sutvarkymo kainą būtų 4,35 EUR be PVM.

Darbe papildomai analizuojamas netiesioginis poveikis aplinkai dėl pelenų transportavimo iki regiono sąvartyno (atstumas – 78,4 km) ir iki UAB „Biržų vandenys“ (atstumas – 6,6 km): dyzelinio kuro sąnaudos biokuro transportavimui ir dėl poveikis aplinkos orui dėl mobilios taršos susidarymo.

Esamoje situacijoje vertinamas, kad 1 kartą per mėnesį šildymo periodu ir 1 kartą per 2 mėnesius nešildymo metu vienu reisų iš biokuro katilinės teritorijos išvežami 2 pelenų konteineriai: 1 – lakiųjų pelenų ir 1 - dugno pelenų. Per šildymo sezoną išvežama 7 konteineriai lakiųjų ir 7 konteineriai dugno pelenų; nešildymo sezonu – 3 lakiųjų ir dugno pelenų. Per metus susidaro 20 pelenų išvežimo į sąvartyną reisų. Priimamos dyzelinio kuro vidutinės sąnaudos – iki 20 l/100 km. Dyzelinio kuro tankis – iki 0,84 kg/l. Tuomet dyzelinio kuro sąnaudos važdavimui sudaro 263,4 kg/metus (20 reisų x 78,4 km x 20 l/100 km x 0,84 kg/l = 263,4 kg).

Dyzelinio kuro sąnaudos važdavimui į dumblo aikštelę – 11,1 kg/metus (10 reisų x 6,6 km x 20 l/100 km x 0,84 kg/l = 11,1 kg). Dyzelinio kuro sąnaudos važdavimui į sąvartyną, vežant tik lakiuosius pelenus – 131,7 kg (10 reisų x 78,4 km x 20 l/100 km x 0,84 kg/l = 131,7 kg).

13 lentelė. 2 alternatyvos aplinkos apsaugos efekto ir sutaupomų lėšų vertinimas

Medžiagų ir energijos srautai	vnt.	Absoliutūs aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI)		(+ Sutaupoma/sumažėja sąnaudos (-) padidėja)		
		Esama situacija	Planuojama situacija	(-) padidėja		
		Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.	⁴ EUR/vnt.	⁴ EUR/m.
Pelenai (atliekos)	t	114,90	57,40	57,50	51,12	2939,40
Pelenai (žaliava arba pagerintojas komposto gamybai)	t	0	57,50	-57,50	4,35	-250,13
Netiesioginis poveikis: dyzelinio kuro sąnaudos pelenų transportavimui ir (vežėjų)	kg	iki sąvartyno 263,4	iki dumblo aikštelės 11,1 iki sąvartyno 131,7	120,6	Ne katilinės išlaidos	

13 lentelės tęsinys.

² Oro teršalai iš mobilių taršos šaltinių:	t	0,847	0,459	0,388	-	-
<i>NO_x</i>	kg	8,8	4,77	4,03	-	-
<i>CO</i>	kg	1,99	1,08	0,91	-	-
<i>NMLOJ</i>	kg	0,5	0,27	0,23	-	-
<i>KD</i>	kg	0,25	0,13	0,12	-	-
<i>NH₃</i>	kg	0,003	0,0019	0,0011	-	-
² ŠESD – CO ₂	t	0,835	0,453	0,382	-	-
Sąnaudos laboratoriniams tyrimams, nustatant sunkiųjų metalų koncentraciją	EUR	-	10 tyrimų	-10	43,81	-438,10
Viso būtų sutaupyta:						2,25 tūkst.

Pastabos:

¹Įvertinta tik transportavimo paslaugos iki dumblo aikštelės kainą (EUR/t pelenų);

²Oro teršalų kiekis, deginant dyzelinį kurą vertinamas pagal EMEP/CORINAIR / Combustion / Road transport, 2018. Oro teršalų emisijų faktoriai, dyzelinį kurą deginant sunkvežimių (*Angl. - HDV - Heavy Duty Trucks*) vidaus degimo varikliuose: EF_{NO_x} - 33,37 g/kg; EF_{CO} - 7,58 g/kg; EF_{NMLOJ} - 1,92 g/kg; EF_{KD} - 0,94 g/kg; EF_{NH₃} - 0,013 g/kg, pavyzdžiui, sunaudojant 263,40 kg dyz. kuro:

$$E_{NOx} = 33,37 \text{ g/kg} \times 263,40 \text{ kg/m.} / 10^3 = 8,8 \text{ kg/m.},$$

$$E_{CO} = 7,58 \text{ g/kg} \times 263,40 \text{ kg/m.} / 10^3 = 1,99 \text{ kg/m.},$$

$$E_{NMLOJ} = 1,92 \text{ g/kg} \times 263,40 \text{ kg/m.} / 10^3 = 0,5 \text{ kg/m.},$$

$$E_{KD} = 0,94 \text{ g/kg} \times 263,40 \text{ kg/m.} / 10^3 = 0,25 \text{ kg/m.},$$

$$E_{NH3} = 0,013 \text{ g/kg} \times 263,40 \text{ kg/m.} / 10^3 = 0,003 \text{ kg/m.},$$

³ŠESD (CO₂) emisijų faktorius, dyzelinį kurą deginant sunkvežimių vidaus degimo varikliuose: EF_{CO} - 3,169 kg/kg:

$$E_{CO2} = 3,169 \text{ kg/kg} \times 263,40 \text{ kg/m.} / 10^3 = 0,835 \text{ t/m.}$$

⁴Nurodytos kainos be PVM.

Pramoninės simbiozės alternatyvos įdiegimas UAB „Litesko“ padalinio Biržų šiluma biokuro katilinei įgalins iki 50 proc. sumažinti sąvartyne šalinamų pelenų kiekį, tai sudaro net 57,5 tonų per metus. Šios alternatyvos įdiegimas be papildomų investicijų kasmet leistų taupyti iki 2.25 tūkst. EUR.

Aplinkosauginis efektas regiono mastu: iš 3-ijų Biržų savivaldybėje susidariusių BSA būtų gaminamas II arbe net I klasės (kategorijos) kompostas, kurio vertingumas dėka biokuro dugno pelenų tik padidės.

Pagal šiuo metu galiojančius reikalavimus biokuro pelenų naudojimui, analizuojamos biokuro katilinės pelenai dėl juose esamo kadmio (Cd) gali būti naudojami žemės (<5 mg/kg SM) ir miškų ūkiuose (<3 mg/kg SM), bet pagal LAND 20-2005, jie gali būti naudojami tik energetinių augalų auginimui arba pažeistų žemės plotų rekultivavimui, kadangi koncentracija viršija 1,5 mg/kg SM, bet neviršija 2 mg/kg SM.

Biokuro pelenų naudojimas komposto gamyboje ženkliai padidina komposto kaip trąšos vertingumą pagal tokius kokybės kriterijus kaip suminis kalis, kalcis, magnis, pH. Kompostas tampa arčiau neutralaus. Kartu kompostuojant nuotekų dumblą su mažųjų katilinių biokuro pelenais arba maišant pelenus su pirminiu NDK, gautajame komposte ženkliai sumažės cinko ir vario koncentracijos, pagal šiuos rodiklius NDK vertingumas gali padidėti nuo 2 iki 1 klasės (kategorijos – pagal LAND 20 -2005).

4. REKOMENDACIJOS DĖL PELENŲ KIEKIO MAŽINIMUI IR SUSIDARIUSIŲ PELENŲ NAUDOJIMUI NAUJO PRODUKTO GAMYBAI

(1) Rekomenduoju atlikti Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymo „Dėl medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklių patvirtinimo“ Nr. D1-14, (Žin., 2011 Nr. 5-168; TAR 2015 Nr. 13196; 2018 Nr. 09057) [14] pakeitimus, kurie patekti 14 lentelėje.

14 lentelė. Siūlomi pakeitimai teisės aktui Nr. D1-14 [14]

Teisės akto punktas	Esamas teisės aktas	Siūlomi pakeitimai																																																												
1	2	3																																																												
IV skyrius 1 lentelė	<p>Cheminių medžiagų DLK žemės ūkyje / pažeistų teritorijų rekultivavimui</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Medžiaga</th> <th>I kategorijos, mg/kg SM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Kadmio (Cd)</td><td>5</td></tr> <tr><td>Švinas (Pb)</td><td>50</td></tr> <tr><td>Gyvsidabris (Hg)</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>Chromas (Cr)</td><td>30</td></tr> <tr><td>Cinkas (Zn)</td><td>1500</td></tr> <tr><td>Varis (Cu)</td><td>200</td></tr> <tr><td>Nikelis (Ni)</td><td>30</td></tr> <tr><td>Arsenas (As)</td><td>3</td></tr> <tr><td>Boras (B)</td><td>250</td></tr> <tr><td>Vanadis (V)</td><td>150</td></tr> <tr><td>Benz(a)pirenas, µg/kg</td><td>0,5</td></tr> </tbody> </table>	Medžiaga	I kategorijos, mg/kg SM	Kadmio (Cd)	5	Švinas (Pb)	50	Gyvsidabris (Hg)	0,2	Chromas (Cr)	30	Cinkas (Zn)	1500	Varis (Cu)	200	Nikelis (Ni)	30	Arsenas (As)	3	Boras (B)	250	Vanadis (V)	150	Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5	<p>- Atskirti DLK žemės ūkyje nuo DLK pažeistų teritorijų rekultivavimui;</p> <p>- pateikti DLK žemės ūkyje pagal RV, numatytus LAND 20-2005 įsakymo projekte nuo 2021 metų I kategorijos kompostui;</p> <p>- tuo metu, jeigu pelenai naudojami pridėtinės vertės <u>produkto</u> – aukšto vertingumo komposto gamybai, gautajam produktui taikyti DLK pagal RV, numatytus LAND 20-2005 įsakymo projekte nuo 2021 metų 1 klasės kompostui (produktui).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>I kategorijos, mg/kg SM</th> <th>1 klasės (produktui), mg/kg SM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Kadmio (Cd)</td><td><1,5</td><td>≤ 1,0</td></tr> <tr><td>Švinas (Pb)</td><td><120</td><td>≤ 50</td></tr> <tr><td>Gyvsidabris (Hg)</td><td><1,0</td><td>≤ 0,4</td></tr> <tr><td>Chromas (Cr)</td><td><100</td><td>≤ 70</td></tr> <tr><td>Cinkas (Zn)</td><td><800</td><td>≤ 400</td></tr> <tr><td>Varis (Cu)</td><td><300</td><td>≤ 100</td></tr> <tr><td>Nikelis (Ni)</td><td><50</td><td>≤ 40</td></tr> <tr><td>Arsenas (As)</td><td>-</td><td>≤ 10</td></tr> <tr><td>¹Boras (B)</td><td>200</td><td>-</td></tr> <tr><td>¹Vanadis (V)</td><td>150</td><td>-</td></tr> <tr><td>¹Benz(a)pirenas, µg/kg</td><td>0,5</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> <p>¹Reikalavimus boro (B), vanadžio (V) ir benz(a)pireno DLK palikti iš esamo teisės akto IV skyriaus 1 lentelės „DLK miškų ūkyje“</p>		I kategorijos, mg/kg SM	1 klasės (produktui), mg/kg SM	Kadmio (Cd)	<1,5	≤ 1,0	Švinas (Pb)	<120	≤ 50	Gyvsidabris (Hg)	<1,0	≤ 0,4	Chromas (Cr)	<100	≤ 70	Cinkas (Zn)	<800	≤ 400	Varis (Cu)	<300	≤ 100	Nikelis (Ni)	<50	≤ 40	Arsenas (As)	-	≤ 10	¹ Boras (B)	200	-	¹ Vanadis (V)	150	-	¹ Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5	-
Medžiaga	I kategorijos, mg/kg SM																																																													
Kadmio (Cd)	5																																																													
Švinas (Pb)	50																																																													
Gyvsidabris (Hg)	0,2																																																													
Chromas (Cr)	30																																																													
Cinkas (Zn)	1500																																																													
Varis (Cu)	200																																																													
Nikelis (Ni)	30																																																													
Arsenas (As)	3																																																													
Boras (B)	250																																																													
Vanadis (V)	150																																																													
Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5																																																													
	I kategorijos, mg/kg SM	1 klasės (produktui), mg/kg SM																																																												
Kadmio (Cd)	<1,5	≤ 1,0																																																												
Švinas (Pb)	<120	≤ 50																																																												
Gyvsidabris (Hg)	<1,0	≤ 0,4																																																												
Chromas (Cr)	<100	≤ 70																																																												
Cinkas (Zn)	<800	≤ 400																																																												
Varis (Cu)	<300	≤ 100																																																												
Nikelis (Ni)	<50	≤ 40																																																												
Arsenas (As)	-	≤ 10																																																												
¹ Boras (B)	200	-																																																												
¹ Vanadis (V)	150	-																																																												
¹ Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5	-																																																												
IV skyrius 1 lentelė	<p>Cheminių medžiagų DLK miškų ūkyje</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Medžiaga</th> <th>I kategorijos, mg/kg SM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Kadmio (Cd)</td><td>3</td></tr> <tr><td>Švinas (Pb)</td><td>40</td></tr> <tr><td>Gyvsidabris (Hg)</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>Chromas (Cr)</td><td>20</td></tr> <tr><td>Cinkas (Zn)</td><td>1000</td></tr> <tr><td>Varis (Cu)</td><td>100</td></tr> <tr><td>Nikelis (Ni)</td><td>20</td></tr> <tr><td>Arsenas (As)</td><td>3</td></tr> <tr><td>Boras (B)</td><td>200</td></tr> <tr><td>Vanadis (V)</td><td>150</td></tr> <tr><td>Benz(a)pirenas, µg/kg</td><td>0,5</td></tr> </tbody> </table>	Medžiaga	I kategorijos, mg/kg SM	Kadmio (Cd)	3	Švinas (Pb)	40	Gyvsidabris (Hg)	0,2	Chromas (Cr)	20	Cinkas (Zn)	1000	Varis (Cu)	100	Nikelis (Ni)	20	Arsenas (As)	3	Boras (B)	200	Vanadis (V)	150	Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5	<p>- Energetinių miškų trešimui bei pažeistų teritorijų rekultivavimui nurodyti DLK pagal RV, numatytus LAND 20-2005 įsakymo projekte nuo 2021 metų II kategorijos kompostui;</p> <p>- Kitų miškų trešimui kompostu – produktu nurodyti DLK pagal RV, numatytus LAND 20-2005 įsakymo projekte nuo 2021 metų 2 klasės kompostui – produktui:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>I kategorijos, mg/kg SM</th> <th>2 klasės (produktui), mg/kg SM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Kadmio (Cd)</td><td>1,5-5</td><td>≤ 2,0</td></tr> <tr><td>Švinas (Pb)</td><td>120-150</td><td>≤ 100</td></tr> <tr><td>Gyvsidabris (Hg)</td><td><1,0</td><td>≤ 1,0</td></tr> <tr><td>Chromas (Cr)</td><td>100-130</td><td>≤ 100</td></tr> <tr><td>Cinkas (Zn)</td><td>800-1500</td><td>≤ 600</td></tr> <tr><td>Varis (Cu)</td><td>300-500</td><td>≤ 200</td></tr> <tr><td>Nikelis (Ni)</td><td>50-70</td><td>≤ 60</td></tr> <tr><td>Arsenas (As)</td><td>-</td><td>≤ 25</td></tr> <tr><td>¹Boras (B)</td><td>250</td><td>-</td></tr> <tr><td>¹Vanadis (V)</td><td>150</td><td>-</td></tr> <tr><td>¹Benz(a)pirenas, µg/kg</td><td>0,5</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>		I kategorijos, mg/kg SM	2 klasės (produktui), mg/kg SM	Kadmio (Cd)	1,5-5	≤ 2,0	Švinas (Pb)	120-150	≤ 100	Gyvsidabris (Hg)	<1,0	≤ 1,0	Chromas (Cr)	100-130	≤ 100	Cinkas (Zn)	800-1500	≤ 600	Varis (Cu)	300-500	≤ 200	Nikelis (Ni)	50-70	≤ 60	Arsenas (As)	-	≤ 25	¹ Boras (B)	250	-	¹ Vanadis (V)	150	-	¹ Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5	-
Medžiaga	I kategorijos, mg/kg SM																																																													
Kadmio (Cd)	3																																																													
Švinas (Pb)	40																																																													
Gyvsidabris (Hg)	0,2																																																													
Chromas (Cr)	20																																																													
Cinkas (Zn)	1000																																																													
Varis (Cu)	100																																																													
Nikelis (Ni)	20																																																													
Arsenas (As)	3																																																													
Boras (B)	200																																																													
Vanadis (V)	150																																																													
Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5																																																													
	I kategorijos, mg/kg SM	2 klasės (produktui), mg/kg SM																																																												
Kadmio (Cd)	1,5-5	≤ 2,0																																																												
Švinas (Pb)	120-150	≤ 100																																																												
Gyvsidabris (Hg)	<1,0	≤ 1,0																																																												
Chromas (Cr)	100-130	≤ 100																																																												
Cinkas (Zn)	800-1500	≤ 600																																																												
Varis (Cu)	300-500	≤ 200																																																												
Nikelis (Ni)	50-70	≤ 60																																																												
Arsenas (As)	-	≤ 25																																																												
¹ Boras (B)	250	-																																																												
¹ Vanadis (V)	150	-																																																												
¹ Benz(a)pirenas, µg/kg	0,5	-																																																												

14 lentelės tęsinys.

VII. SPECIALIEJI REIKALAVIMAI PELENŲ NAUDOJIMUI ŽEMĖS ŪKYJE	-	Numatyti teisės akte, kad tuo atveju, jeigu biokuro pelenai naudojami produkto gamybai ir produkte sunkiųjų metalų koncentracijos neviršija RV numatytus LAND 20-2005 įsakymo projekte nuo 2021 metų 1 arba 2 klasės kompostui – produktam (priklausomai nuo paskirties), tokio produkto naudotojams nereikės taikyti šių reikalavimų
---	---	---

¹Pastaba: šiuo metu DLK pelenams, kurie gali būti naudojami miškų ūkyje yra griežtesni už DLK pelenams, kurie gali būti naudojami žemės ūkyje.

Jeigu medienos kuro pelenai atitinka produkto kriterijų (I ir II klasė) naudotojams nereikėtų rengti tręšimo planų, pelenų tvarkytojams nereikėtų sandėliuoti iki 200 t pelenų, jeigu per metus susidaro mažiau pelenų – viso susidarančio kiekio. Tai padidintų pelenų naudojimo galimybes.

Anksčiau pateiktus pakeitimus detalčiau siūloma aptarti su specialistais ir Aplinkos ministerijoje Atliekų skyriuje organizuoti atskirą posėdį, nes 31 proc. pelenų atliekų patenka į sąvartynus, kurie visų pirmą skirti komunalinėms, o ne gamybos atliekoms. Grupėje turėtų dalyvauti atstovai iš Energetikos ministerijos, Agrocheminių tyrimų laboratorijos, Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro, Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos, ir kitų institucijų atstovai kurie yra suinteresuoti siūlomais pakeitimais.

Darbe atlikus pramoninės ekologijos metodų (procesų optimizavimo ir pramoninės simbiozės) taikymo biokuro pelenų susidarymo mažinimui KDI galimybių įvertinimą, siūlomos rekomendacijos biokuro naudotojams dėl integruotos pelenų atliekų vadybos:

1. Pelenų susidarymo prevencijai ir mažinimui: dematerializacijos (taršos prevencijos ir atliekų mažinimo) metodų taikymas biokuro katilinėse:
 - a. Biokuro peleningumo kontrolė (peleningumas turi įtakos biokuro žemutinei šilumingumo vertei);
 - b. Degimo proceso temperatūros kontrolė pagal biokuro peleningumą, kuris nustatomas visose biokuro katilinėse;
 - c. degimo procesų optimizavimas, didinant n.k. (sumažėja reikalingas biokuro kiekis tam pačiam energijos kiekiui pagaminti, dėl šios priežasties sumažės ir pelenų kiekis, pvz. kondensacinių ekonomiaizerio įdiegimas, oro teršalų monitoringas, naudojamo kuro drėgnio mažinimas, oro laipsniavimo technologijos);
 - d. pakuros ir lakiųjų pelenų atskiras saugojimas (nesumaišant) (dėl skirtingų cheminių savybių, pvz. sunkiųjų metalų koncentracijos dugno pelenuose žymiai mažesnės, palyginti su koncentracijomis lakiuose pelenuose); ši priemonė eliminuotų dugno pelenų patekimui į sąvartynus.
2. Pelenų naudojimas naujo produkto gamybai: pramoninės simbiozės metodų taikymas biokuro katilinėse:
 - a. pakuros ir lakiųjų pelenų cheminė sudėtis (ne tik peleningumo) įvertinimas (1-ai biokuro partijai imant ėminius iš kelių atvežtos kuro krūvos vietų ir taip formuojant tinkamą mėginį tyrimams); būtina vertinti šiuos rodiklius:
 - i. Mikroelementų kiekį pelenuose (tolimesnės panaudojimo galimybės);
 - ii. Sunkiųjų metalų koncentraciją;

- iii. Kitų cheminių elementų: B, V, As, ¹³⁷Cs koncentracijas sausojoje masėje.
- b. Pagal cheminės sudėties rezultatus analizuoti panaudojimo galimybes, pvz.
 - i. Jeigu pelenuose sunkiųjų metalų koncentracija neviršija siūlomas RV numatytus LAND 20-2005 įsakymo projekte nuo 2021 metų I ir II kategorijos kompostams, pelenai turi būti naudoti tiesiogiai trešimui (priklausomai nuo kategorijos) arba perduoti kompostavimui kartu su, pvz., nuotekų dumbliu, tokiu būdu didint gautojo komposto kokybės rodiklius (pagal K, P, pH) ir mažinant užterštumą sunkiaisiais metalais (pagal Zn, Cu, Ni, Pb). Labai svarbu ypatingą dėmesį skirti kadmio (Cd) koncentracija (mg/kg SM):
 - ii. Jeigu pelenuose esančios metalo koncentracijos neatitinka DLK naudojimui žemės ūkyje, miškų kompostavimui, pažeistų teritorijų rekultivavimui, tikrinti galimybes panaudoti civilinėje inžinerijoje, cemento pakeitimo betone galimybes.

IŠVADOS

1. 2017 metais Lietuvoje susidarė virš 19 tūkst. t biokuro pelenų, 2018 m. šis kiekis padidėjo 1,6 kartus. Virš 30 proc. pelenų buvo pašalinti sąvartyne, likusi dalis perdirbta R3-R10 būdu. Pagrindinis teisės aktas, reglamentuojantis pelenų panaudojimą – medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklės (toliau – Taisyklės) rekomenduoja pelenus naudoti tręšimui: žemės ir miškų ūkyje (prieš tai parengiant tręšimo planą), pažeistų teritorijų rekultivavimui, civilinėje inžinerijoje (kelių tiesimui, statyboje).
2. Mokslinės literatūros analizės rezultatai parodė, kad pramoninės ekologijos metodų taikymas pelenų vadyboje gali sumažinti pelenų susidarymą ir jų patekimą į sąvartynuose šalinamą srautą. Biokuro pelenai pasižymi: šarmingumu (iki pH 11), aukštomis K ir Ca koncentracijomis, dideliu P, B kiekiu. Taip pat pelenuose aptinkama sunkių metalų, bet žymiai mažiau, negu Taisyklėse pateiktos DLK naudojimui. Be to sunkiųjų metalų koncentracija lakiuose pelenuose nuo 2 iki beveik 20 kartų didesnė nei dugno pelenų.
3. Tyrimo metodikoje pasiūlytą pelenų integruoto valdymo sistema (uždara trikdžio kompensavimo), kurioje siūloma biokuro katilinėms pelenų valdymui numatyti (1) prevencinius metodus ir (2) pramoninės simbiozės metodu, kurių integracija leistų pašalinti biokuro pelenus iš atliekų srauto.
4. Biokuro katinėse prevencinių procesų optimizavimo metodų diegimas kuomet šiluminės energijos gamybos efektyvumas padidėja iki min. 100 proc., leistų pasiekti tokį aplinkosauginį efektą:
 - šilumos gamybos nuostoliai sumažėtų 100 proc.;
 - susidarančių pelenų kiekis sumažėtų apie 16 proc. (vertinant vidutinį biokuro peleningumą – 1,8 proc.);
 - oro tarša sumažėtų virš 20 proc.;
 - investicijų atsipirkimo trukmė neviršytų 3 metų (tyrimui parinkto objekto atveju investicijos atsipirktų iki 1 metų).
5. Biokuro pelenų tvarkymas tik tuomet bus optimalus, jeigu bus taikomi pramoninės simbiozės metodai. Darbe detalai analizuota galimybė pelenus tvarkyti kartu su nuotekų dumblo kompostu taip gerinant galutinio gaminamo produkto (komposto) kokybės rodiklius ir mažinant užterštumą sunkiaisiais metalais:
 - būtų pagamintas aukštesnės pridėtinės vertės produktas – kompostas, pvz., eksperimento parinktas objektas – Biržų vandenys gali gaminti pirmos klasės kompostą;
 - pagerėtų gamino komposto kokybės rodikliai: padidėtų K, Ca, Mg, SM kiekis, 20 proc. sumažėtų sunkiųjų metalų koncentracijos (išskyrus Cd ir Cr), kompostas taptų neutralusis.
6. Darbe pateiktos rekomendacijos dėl minėtų Taisyklių pakeitimo, didesnę dėmesį skiriant siūlomoms sunkiųjų metalų DLK, tiesiogiai naudojant pelenus žemės ūkyje, miškų tręšimui ar pažeistų teritorijų rekultivavimui bei atskirai sunkiųjų metalų DLK gaminamame produkte – komposte (tuo atveju, jeigu pelenai naudojami kompostų gamybai).
7. Darbe pateiktos rekomendacijos biokuro katilinėms dėl pelenų kiekio mažinimo ir susidariusių pelenų naudojimo, taikant pramoninės ekologijos metodus.

LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACINIŲ ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

- Ambrulevičius R. 2010. Biomasės deginimas mažos bei vidutinės galios katilinėse ir emisijų problemos. Energetika
- Demeyer A., Voundi Nkana J.C., Verloo M.G. 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresource Technology* 77 (2001) p.287 – 295.
- Yablokov A.V., Nesterenko V.B., Nesterenko A.V. 2009. Chernobyl consequences of the catastrophe for people and environment. *New York academy of science*, vol. 1181, p.223
- Juknys R. 2002. Aplinkotyros pagrindai. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas. ISBN 9955-12-115-7. p.332
- Kjaerheim, G. 2005. Cleaner production and sustainability. *Journal of Cleaner Production* 13 (2005) p.329 – 339.
- Kliopova, I. 2002. Procesų valdymas švaresnėje gamyboje: analizė, metodika ir diegimas. Daktaro disertacija. Kauno technologijos universitetas. p.130.
- Kliopova, I. 2005. Possibilities of waste energy utilization in Lithuanian industrial companies. *Chemical engineering transaction*. Vol. 7. p.145-150
- Kliopova, I.; Baranauskaitė-Fedorova, I.; Malinauskienė, M.; Staniškis, J.K. 2016. Possibilities of increasing resource efficiency in nitrogen fertilizer production. *Clean technologies and environmental policy*. 18(3), p. 901-914
- Maldaris D. 2017. Biomasės pelenų sudėties ir jų panaudojimo galimybių analizė. Antrosios pakopos (magistrantūros) baigiamasis darbas.
- Nieminen Mika, Piirainen Sirpa, Moilanen Mikko. 2005. Release of mineral nutrients and heavy metals from wood and peat ash fertilizers: Field studies in Finnish forest soils. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2005; 20: p.146 – 153.
- Pitman, Rona M. 2006. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. p. 26.
- Su Lin Lim, Leong Hwee Lee, Ta Yeong Wu, 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 111, p.262-278.
- Staniškis J., Stasiškienė Ž., Kliopova I. 2002. Cleaner production: Systems approach. Monografija. Kaunas: Technologija
- Staniškis J.K., Kliopova I., Stasiškienė Ž., Varžinskas V. 2010. Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas. Mokslo monografija. ISBN 978-9955-25-815-5. P. – 459;
- Staniškis, J.K., Kliopova I., Miliūtė-Plepienė, J., Kruopienė, J., Kliaugaitė, D., Uselytė R., Varžinskas V. 2017. Darni atliekų vadyba . Monografija. Kaunas: Technologija, P - 470 . Monografijos 4 skyrius: Kliopova I., Komunalinių biologiškai skaidžių atliekų vadyba: metodai ir perspektyva. P. 142-273.
- Staugaitis, G., Kliopova, Mažeika, R., Gvidlienė, K., Jurovickaja, E., 2016. Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų pagamintiems produktams rengimas. Mokslinio tiriamojo darbo galutinė ataskaita. Užsakovas - Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija (2015-10-29 sutartis Nr. VPS-2015-131-KKSP). P – 131.

Van Alkemade Ir.M.M.C., Loo In.S., Sulilatu W.F. 1999. Exploratory investigation into the possibilities of processing ash produced in the combustion of reject wood. TNO report. TNO-MEP - R 99/357.

Vesterinen, Pirkko. 2003. Wood ash recycling state of the art in Finland and Sweden. p. 52

KITI INFORMACIJOS ŠALTINIAI

1. Lietuvos Respublikos seimo 2012-06-26 nutarimas Nr. XI-2133 „Dėl nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo“ (Žin., 2012, Nr. 80-4149; TAR., 2018, Nr. 10958)
2. Šilumos tiekimo bendrovių 2017 metų ūkinės veiklos apžvalga, 2018 Vilnius
3. Oficiali atliekų suvestinė 2010-2017 metai [interaktyvus][žiūrėta 2019-01-09];
4. Europos Parlamento ir Tarybos sprendimas (EB) Nr. 532/2000 dėl atliekų kodų klasifikavimo
5. Villu Vares, Ülo Kask, Peeter Muiste, Tõnu Pihu, Sulev Soosaar. 2007. Biokuro naudotojo žinynas. Vilnius: Žara. p-165;
6. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 1999-07-14 įsakymas Nr.217 „Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“ (Žin., 1999, Nr. 63-2065; 2011, Nr. 57-2721; TAR, 2014 Nr.14562, 2018 Nr. 19783).
7. <https://atvr.am.lt/> [interaktyvus] [žiūrėta 2019-01-10]
8. Ozolinčius R., Armolaitis K., Mikšys V., Varnagirytė – Kabašinskienė I. Kompensuojamojo tręšimo miško kuro pelenais rekomendacijos. 2011.
9. Buinevičius, K., 2014. Biokuro pelenai – technologiniai ir gamtosauginiai aspektai. Pranešimas konferencijoje. Litbioma, 2014-11-04/05
10. <http://www.biokuras.lt/radiacines-saugos-centras-informuoja---pakeistas-isakymas-del-medienos-ir-durpiu-pelenu-tvarkymo> [interaktyvus] [žiūrėta 2019-04-10];
11. Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2017-12-06 įsakymas 1-310 „Dėl kietojo biokuro kokybės reikalavimų patvirtinimo“ (TAR 2017 Nr. 19830);
12. Planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas (Žin., 1996 Nr. 82-1962, TAR 2016 Nr. 10411, 2017 Nr.11562);
13. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013-07-15 įsakymas D1-528 „Dėl taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidimų išdavimo, pakeitimo ir galiojimo panaikinimo taisyklių patvirtinimo“ (Žin., 2013 Nr. 77-3901; TAR 2018 Nr. 10131);
14. Lietuvos respublikos aplinkos ministro 2011-01-05 įsakymas Nr. D1-14 „Dėl medienos kuro pelenų tvarkymo ir naudojimo taisyklių patvirtinimo“ (Žin., 2011 Nr. 5-168; TAR 2015 Nr. 13196; 2018 Nr. 09057);
15. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013-03-12 įsakymas Nr. V-250 „Dėl medienos ir durpių, importuojamų iš trečiųjų valstybių į Lietuvos rinką, užterštumo ¹³⁷CS radionuklidų bei medienos ir durpių kuro pelenų, užterštų ¹³⁷CS radionuklidų, naudojimo ir tvarkymo tvarkos aprašo patvirtinimo“ (Žin., 2013 Nr. 28-1346; TAR 2015 Nr. 11238; 2017 Nr. 1054);
16. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013-04-10 įsakymas Nr. D1-244 „Dėl išmetamų teršalų iš kurą deginančių įrenginių normų LAND 43-2013 patvirtinimo“ (Žin., 2013, Nr.39-1925, Nr. 139-7015; TAR, 2013, Nr. 00066, 2014, Nr. 02538, 2016, Nr. 28124);
17. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2017-09-18 įsakymas Nr. D1-778 „Dėl išmetamų teršalų iš vidutinių kurą deginančių įrenginių normų patvirtinimo“
18. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2001-09-28 įsakymas „Dėl specialiųjų reikalavimų dideliems kurą deginantiesiems įrenginiam patvirtinimo“ (Žin., 2001 Nr. 88-3100; Žin., 2013 Nr. 38-1871);

19. Projektinis dokumentas: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas „Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2001 m. birželio 29 d. įsakymo Nr. 349 „Dėl normatyvinio dokumento LAND 20-2005 „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui bei rekultivavimui reikalavimai“ patvirtinimo““ [žiūrėta 2019-03-14].
20. EMEP/CORINAIR Atmospheric emission inventory guidebook, 2016. 1.a. combustion [interaktyvus] [žiūrėta 2019-02-21]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
21. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 Energy // 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos gairės. 2 leidimas. Energetika. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-04-08]. Prieiga per: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
22. www.regula.lt
23. Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas Nr. VIII-1183 (Žin., 2000 Nr.90-2774; TAR 2014 Nr. 14128; 2017 Nr. 07680).
24. UAB „Biržų vandenys“ 2018 metų metinis pranešimas [interaktyvus] [žiūrėta 2019-04-20]. Prieiga per: <http://birzuvandenys.lt/wp-content/uploads/2015/09/2018-m.-metinis-prane%C5%A1imas.pdf>

1 PRIEDAS

LIETUVOJE BIOKURO PELENUS TVARKANČIOS ĮMONĖS

Eilės nr.	Įmonės pavadinimas
1	UAB „Kazlų Rūdos Komunalininkas“
2	UAB „Grigeo Baltwood“
3	UAB „Fetoksa“
4	UAB „Verslo vizijos“
5	UAB „Branda LT“
6	UAB „Ukmergės vandenys“
7	UAB „Jonavos vandenys“
8	UAB „Biodegra“
9	UAB „Ecoservice“
10	UAB „Marijampolės apskrities atliekų tvarkymo centras“
11	UAB „Kelmės vanduo“
12	UAB „Biastra Plus“
13	UAB „Gretvitos kompostas“
14	UAB „Utenos regiono atliekų tvarkymo centras“
15	UAB „VSA Vilnius“
16	UAB „VAATC“
17	UAB Paina ir ko“
18	UAB „Panevėžio regiono atliekų tvarkymo centras“
19	UAB „Alytaus regiono atliekų tvarkymo centras“
20	UAB „Klaipėdos regiono atliekų tvarkymo centras“
21	UAB „Tauragės regiono atliekų tvarkymo centras“
22	VĮ „Šiaulių regiono atliekų tvarkymo centras“
23	UAB „Toksika“
24	UAB „Telšių regiono atliekų tvarkymo centras“
25	AB „Palemono keramiko gamykla“
26	VĮ „Kauno regiono atliekų tvarkymo centras“
27	UAB „Molėtų šiluma“