



Kauno technologijos universitetas
Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Išteklų efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymas
UAB „Baltic Agro“ aplinkosaugos veiksmingumui didinti**
Baigiamasis magistro projektas

Kristina Ladygaitė
Projekto autorė

doc. dr. Irina Kliopova
Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Išteklių efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymas
UAB „Baltic Agro“ aplinkosaugos veiksmingumui didinti**

Baigiamasis magistro projektas
MSP Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Kristina Ladygaitė
Projekto autorė

doc. dr. Irina Kliopova
Vadovė

prof. dr. Žaneta Stasiškienė
Recenzentė

Kaunas, 2019



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Kristina Ladygaitė

(Studento vardas, pavardė)

Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Išteklų efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymas UAB „Baltic Agro“
aplinkosaugos veiksmingumui didinti“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 19 m. birželio 04 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Kristinos Ladygaitės**, baigiamasis projektas tema „Išteklų efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymas UAB „Baltic Agro“ aplinkosaugos veiksmingumui didinti“ 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 Išteklų efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymas didinti įmonės aplinkosaugos veiksmingumą

Reikalavimai ir sąlygos (tikslinti pavadinimą pagal poreikį)

Kiekviena apdirbamosios pramonės įmonė – atskira sistema, naudojanti išteklius bei daranti poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai. Atitinkamai atsiranda poreikis kurti šios įmonės aplinkos valdymo sistemą tikslu didinti jos aplinkosaugos veiksmingumą.

Išteklų (energetinių, žaliavinių) efektyvumas apdirbamojoje pramonėje – Lietuvai aktuali tematika. Įvairiuose Lietuvos ūkio sektoriuose atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad lyginant su ES-15 šalimis, Lietuvos apdirbamoji pramonė turi nemažą išteklių taupymo potencialą.

Magistrantas eksperimentui parinktoje apdirbamosios pramonės įmonėje (grūdų perdirbimo UAB „Baltic Agro“) naudojant Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcijos principus, poveikio aplinkai vertinimo metodus bei aplinkos sistemų teoriją turi atlikti aplinkosaugos auditą, sudaryti įmonės bei atskirų procesų medžiagų ir energijos balansus, identifikuoti reikšmingus aplinkosaugos aspektus bei jų poveikį aplinkai, nustatyti išteklių neefektyvaus naudojimo priežastis bei pasiūlyti reikšmingų aspektų aplinkos valdymo sistemą.

Darbe turi būti atlikta detali siūlomų išteklių intensyvumo mažinimo bei taršos prevencijos inovacijų įvykdomumo analizė (techninis, aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas) bei įvertintas įmonės veiksmingumas po atrinktos (-ų) inovacijos (-jų) įdiegimo.

Vadovė

doc. dr. Irina Kliopova

2019-06-04

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Kristina Ladygaitė. „Išteklių efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymas UAB „Baltic Agro“ aplinkosaugos veiksmingumui didinti“. 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: šiluminė energija, biologiškai skaidžios atliekos, švaresnė gamyba, grūdų perdirbimo pramonė, šiluminės energijos gamyba.

Kaunas, 2019. p.68

SANTRAUKA

Reikšmingi grūdų perdirbimo procesų aplinkosauginiai aspektai susieti su neefektyvia biologiškai skaidžių atliekų (BSA) vadyba, gamtinių dujų sąnaudomis šiluminės energijos gamybai (ypatingai grūdų džiovinimui), cheminių medžiagų naudojimu pagamintos produkcijos apdirbimui. Dėl to susidaro poveikis oro kokybei ir klimato kaitai dėl oro teršalų, šiltnamio efektą sukeliančių dujų; chemikaluose yra medžiagų, kurie pasižymi toksiškumu ir yra pavojingi aplinkai ir žmonių sveikatai.

Magistro baigiamojo projekto tikslas – pasiūlyti grūdų perdirbimo procesų optimizavimo galimybes, didinant išteklių naudojimo efektyvumą ir mažinant neigiamą poveikį aplinkai. Darbas buvo atliktas keliai etapais. Tyrimui parinktoje įmonėje UAB „Baltic Agro“ atlikta grūdų perdirbimo procesų, gaminamos produkcijos, gaunamų šalutinių medžiagų bei energijos srautų analizė, nustatytas daromas poveikis aplinkai ir problemų atsiradimo priežastys. Detalesniam įvertinimui parinkti šie technologiniai procesai: grūdų džiovinimas, šiluminės energijos gamyba katilinėje, biologiškai skaidžių atliekų (BSA) tvarkymas ir grūdų beicavimas. Grūdų džiovinimui sudeginama gamtinių dujų (nuo 0,7 iki 2,1 nm³ vienai tonai gaminamos produkcijos); susidaro šiluminės energijos nuostoliai – iki 87 MWh/t; grūdų perdirbimo procesuose susidaro BSA - iki 20 kg/t.

Magistro baigiamajame darbe analizuota techninė galimybė įdiegti 2 biokuro katilinės, kuriuose deginti grūdų perdirbimo procesuose gautas BSA: (1) vandens šildymo katilė, gaminant šiluminę energiją patalpų apšiltinimui ir karšto vandens gamybai bei (2) biokuro katilinėje karšto oro gamybai grūdų džiovinimui. Inovacijos įdiegimas leistų įmonei atsisakyti gamtinių dujų naudojimo.

Likusias grūdų perdirbimo procesuose susidariusias SA siūloma naudoti kaip žaliavą naujo produkto gamybai. Per metus būtų pagaminta iki 720 t naujo produkto. Šio projekto įdiegimas leistų įmonei kasmet gauti iki 431 tūkst. EUR pelno.

Tyrimo metu atliktas eksperimentas, kurio metu išdžiovintų sėklinių javų grūdų apdirbimui vietoj beico buvo naudojamos darbe siūlomos probiotinės medžiagos, kurių sudėtyje nėra cheminių medžiagų, pasižyminčių

pavojingumu. Eksperimento rezultatų analizė parodė, kad toks apdirbimas yra efektyvus, skatinantis grūdų augimą ir apsaugo juos nuo kenkėjų. Inovacijos įdiegimas leis sumažinti grūdų apdirbimo procesams naudojamą chemines medžiagas.

Trijų, darbe pasiūlytų ir detaliai išanalizuotų inovacijų, įdiegimas leis padidinti įmonės aplinkosauginį veiksmingumą (AAV) išteklių efektyvumo naudojimo srityje: galimybė visiškai atsisakyti gamtinių dujų sąnaudų, vietoj jų naudojant BSA.

Ladygaitė, Kristina. Application of Resource Efficiency and Pollution Prevention Methods to Improve the Environmental Performance of UAB „Baltic Agro“. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. doc. 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.

Keywords: biodegradable waste, cleaner production, grain processing industry, heat energy production
Kaunas, 2019. 68 pages.

SUMMARY

Significant environmental aspects of grain processing processes are associated with inefficient management of biodegradable waste (BD waste), the usage of natural gas for thermal energy production (especially for grain drying) and for the processing of chemical products. This has an impact on air quality and climate change due to air pollutants, greenhouse gases; chemicals contain substances that are toxic and dangerous to the environment and human health.

The goal of the master's final project is to propose the opportunities for optimization of grain processing processes, increasing resource efficiency and reducing negative impact on the environment. Work was done in several stages. The research company UAB Baltic Agro carried out analysis of grain processing processes, production, by-products and energy flows. The impact on the environment and causes of problems were determined. The following technological processes have been selected for more detailed assessment: grain drying, production of thermal energy in the boiler room, treatment of biodegradable waste and grain treatment. Grain drying burns natural gas (from 0,7 to 2,1 nm³ per ton of output); loss of thermal energy - up to 87 MWh / t; grain processing processes produce BSA up to 20 kg / t.

The master's thesis analyzed the technical feasibility of introducing 2 biofuel boiler plants that burn BDW obtained in grain processing processes: (1) in the water heating boiler, producing thermal energy for thermal insulation of premises and hot water production; also (2) in the biothermal boiler room to produce hot air for the grain drying purpose. The introduction of innovation would allow the company to abandon the use of natural gas.

It is proposed to use the remaining SA in the grain processing process as raw material to produce the new product. Up to 720 tons of new product would be produced per year. The implementation of this project would allow the company to receive up to 431 thousand EUR profit annually.

An experiment was carried out in the course of which the use of probiotic materials containing no chemicals with hazardous properties was used instead of mordant in order to process the dried grain cereal grains. An analysis of the results of the experiment showed that such processing method is effective in promoting grain

growth and protecting them from pests. The introduction of innovation will reduce the chemicals used in grain processing processes.

The introduction of three innovations proposed and detailed in the work will enable the company to improve its environmental performance in terms of resource efficiency: the possibility of eliminating natural gas use by using BSA instead.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	10
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	11
SANTRUMPŲ IR TERMINŲ SĄRAŠAS	12
ĮVADAS.....	13
1. MOKSLINĖS IR PRAKTINĖS LITERATŪROS ŠALTINIŲ, STATISTINIŲ DUOMENŲ IR TEISĖS AKTŲ ANALIZĖ	15
1.1 Pasaulinės grūdų perdirbimo pramonės tendencijos	15
1.2 Lietuvos grūdų perdirbimo pramonės tendencijos	16
1.3 Teisės aktų, reglamentuojančių grūdų pramonės atliekų tvarkymą, analizė	17
1.4 Darnios pramonės plėtros įrankiai, taikomi grūdų perdirbimo pramonės poveikio aplinkai mažinimui ...	20
1.4.1 Prevenciniai metodai, taikomi grūdų perdirbimo procesams	21
1.4.2 Pramoninė simbiozė	23
1.4.3 Aplinkos apsaugos indikatoriai ir jų naudojimas vertinti aplinkosauginį veiksmingumą	25
1.5 Pagrindiniai grūdų perdirbimo procesai	26
2. TYRIMO METODIKA	30
3. UAB „BALTIC AGRO“ GRŪDŲ PERDIRBIMO PROCESŲ POVEIKIS APLINKAI IR JO PRIEŽASČIŲ NUSTATYMAS.....	40
3.1 Eksperimentui pasirinkto objekto aprašymas.....	40
3.2 UAB „Baltic Agro“ aplinkosauginis įvertinimas, aplinkos apsaugos problemų ir priežasčių identifikavimas	42
4. GRŪDŲ PERDIRBIMO IŠTEKLIŲ EFEKTYVUMO DIDINIMO IR PROCESŲ OPTIMIZAVIMO GALIMYBIŲ ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ	50
4.1 Biologiškai skaidžių atliekų panaudojimo karšto oro ir termofikacinio vandens gamybai įvykdomumo analizė.....	50
4.2 Pašarų gamybos iš grūdų perdirbimo proceso metu gautų biologiškai skaidžių atliekų, įvykdomumo analizė	55
4.3 Pavojingų cheminių medžiagų pakeitimo biostimuliantais įvykdomumo analizė	58
4.4 Siūlomų alternatyvų įdiegimo UAB „Baltic Agro“ aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas.....	60
REKOMENDACIJOS GRŪDŲ PERDIRBIMO ĮMONĖMS BSA TVARKYMO SRITYJE	62
IŠVADOS.....	63
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	64
PRIEDAI	68

LENTELIŲ SARAŠAS

<u>1 lentelė. Grūdų perdirbimo statistika pasaulyje, mln. t/m</u>	13
<u>1.2 lentelė. Perdirbamų javų derlius Lietuvoje, tūkst. tonų</u>	14
<u>1.3 lentelė. Ekologiškų grūdų perdirbimo kiekiai Lietuvoje, t/m</u>	15
<u>1.4 lentelė. Granulių, iš grūdų perdirbimo procesų, BSA cheminių ir fizinių parametrų palyginimas su Lietuvoje plačiai naudojamo biokuro parametrais</u>	21
<u>1.5 lentelė. Iš grūdų atliekų pagaminto kuro klasifikavimas pagal CEN/TC 343 standartą</u>	21
<u>1.6 lentelė. Džiovyklų išmetamųjų dujų matavimų rezultatai</u>	25
<u>2.1 lentelė. Pramonės sektoriuje deginant gamtines dujas ir biokurą, išsiskiriančių oro teršalų EF</u>	29
<u>2.2 lentelė. CO2 emisijų rodikliai, deginant kurą pramonės sektoriuje, kg/TJ</u>	29
<u>2.3 lentelė. Baziniai javų kokybės rodikliai</u>	32
<u>3.1 lentelė. UAB „Baltic Agro“ Grūdų kokybės rodikliai ir sudėtis</u>	42
<u>3.2 lentelė Aplinkos apsaugos indikatoriai įmonėje UAB „Baltic Agro“, 2017 ir 2018 m.</u>	43
<u>3.3 lentelė Grūdų perdirbimo procesų ir administracinio pastato gamtinių dujų suvartojimo ir nuostolių rezultatai</u>	44
<u>3.4 lentelė. Aplinkos apsaugos aspektai ir bendras jų reikšmingumo rodiklis</u>	45
<u>3.5 lentelė. Informacija apie įmonėje naudojamų cheminių medžiagų ar preparatų sudėtį</u>	45
<u>4.1 lentelė Alternatyvos investicinės analizės rezultatai: biokuro gamyba iš BSA, jos panaudojimas įmonės reikmėms, EUR (be PVM)</u>	49
<u>4.2 lentelė. Techninės biokuro katilinės įrenginio charakteristikos</u>	51
<u>4.3 lentelė. Biokuro katilinės „Sąaštūli“ investicinė analizė</u>	52
<u>4.4 lentelė. Grūdų perdirbimo BSA naudojimo šiluminės energijos gamybai vietoj gamtinių dujų aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatai</u>	52
<u>4.5 lentelė. Visaverčių kombinuotų pašarų sudėtis, proc.</u>	53
<u>4.6 lentelė. Techniniai reikalavimai 2 alternatyvos įrenginiams ir paruošimui</u>	54
<u>4.7 lentelė. Antros alternatyvos investicijos, EUR (be PVM)</u>	55
<u>4.8 lentelė. Pašarų (iki gamybos iš biologiškai skaidžių atliekų) tiesioginių proceso kaštų įvertinimo rezultatai</u>	55
<u>4.9 lentelė. Techniniai reikalavimai 3 alternatyvos įrenginiams ir paruošimui</u>	56
<u>4.10 lentelė. Beico pakeitimo biostimuliantais, alternatyvai reikalingos investicijos, EUR (be PVM)</u>	58
<u>4.11 lentelė. Cheminių medžiagų (beico) pakeitimo probiotikais aplinkosauginio įvertinimo rezultatas</u>	58
<u>4.12 Siūlomų alternatyvų įdiegimo įmonėje aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas</u>	61

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<u>1.1 pav. Siūlomos pramoninės simbiozės galimybės grūdų perdirbimo įmonėms</u>	22
<u>1.2 pav. Grūdų valymo proceso principinė schema</u>	23
<u>1.3 pav. Grūdų džiovyklos (CIMBRIA Flow Dryer) džiovavimo proceso principinė schema</u>	24
<u>1.4 Linijinių dujų degiklio sistema grūdų džiovyklose</u>	25
<u>2.2 pav. Fizikinių ir cheminių grūdų rodiklių tyrimų prietaisai</u>	31
<u>2.3 pav. Grūdų kokybės kontrolės valdymo sistema (trikdžių kompensavimo ir grįžtamojo ryšio)</u>	34
<u>2.4 pav. Grūdų perdirbimo procesų energijos ir išteklių naudojimo efektyvumo valdymo sistema</u>	37
<u>3.1 pav. Analizuojama grūdų perdirbimo įmonė UAB „Baltic Agro“</u>	38
<u>3.2 pav. UAB „Baltic Agro“ gamybos procesų diagrama ir pagrindiniai aplinkosauginiai aspektai</u>	39
<u>3.3 pav. Pagrindiniai medžiagų ir energijos srautai grūdų perdirbimo procesuose</u>	41
<u>4.1 pav. „Ekoterm Plus 25“ kietojo kuro (įsk. grūdų pramonės BSA) pakura</u>	48
<u>4.2 pav. „Sąatötuli“ grūdų BSA deginimo įrenginys</u>	49
<u>4.3. Biokuro katilinės schema</u>	50
<u>4.4 pav. „Vertical mixer“ pašarų maišyklė su vertikaliu varžtu</u>	53
<u>4.5 pav. Pašaro gamybos iš grūdų perdirbimo BSA, medžiagų ir energijos srautai, vnt./m</u>	54
<u>4.6 pav. 3 alternatyvos įdiegimo beicavimo procese medžiagų ir energijos srautų diagrama</u>	57
<u>4.7 pav. Grūdų perdirbimo procesuose susidariusių BSA panaudojimo galimybės</u>	62

SANTRUMPŲ IR TERMINŲ SĄRAŠAS

AAA – Aplinkos apsaugos ministerija

BSA – biologiškai skaidžios atliekos

DLK – didžiausia leistina koncentracija

ES – Europos sąjunga

KAK – kietasis atgautasis kuras

SM – sausoji medžiaga

ŠESD - šiltnamio efektą sukeliančios dujos

TIPK - taršos integruota prevencija ir kontrolė

ŽA – žaliosios atliekos

ŽAK – žaliųjų atliekų kompostas

DĮ – deginimo įrenginys

KDĮ – kurą deginantys įrenginys

OM – organinė medžiaga

FAO - Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacija

VŠK – vandens šildymo katilas

SA – skaidžios atliekos

KD – kietosios dalelės

IVADAS

Grūdų perdirbimas Lietuvoje – viena svarbiausių pramonės šakų. Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis, kasmet paruošiama apie 4 mln. t javų derliaus, kurie apdirbami grūdų perdirbimo įmonėse. Perdirbant grūdus, jų džiovinimui sunaudojama nemažai energijos, kuri daugiausia gaminama, deginant gamtines dujas. Be to, džiovinant grūdus su išlakomis į aplinkos orą susidaro dideli šiluminės energijos nuostoliai. Dėl nekokybiško grūdų apdirbimo ir saugojimo procesų, kasmet patiriama ekonominių nuostolių, prarandami produkcijos kiekiai, susidaro nemažas kiekis biologiškai skaidžių atliekų. Minėtos aplinkosaugos problemos aktualios daugelyje grūdų perdirbimo įmonių ne tik Lietuvoje, bet ir kitose šalyse. Pagrindinis grūdų perdirbimo įmonių tikslas – išsaugoti gautos žaliavos kiekį, nepažeidžiant grūdų kokybinės vertės ir savybių, efektyviai panaudojant gautus šalutinius produktus (Garuckas et al., 2003).

Vienas iš Nacionalinės energetikos nepriklausomybės strategijos tikslų Lietuvoje – padidinti šilumos gamybos, perdavimo ir vartojimo efektyvumą. Lietuvos grūdų perdirbimo pramonė daro nemažą poveikį aplinkai, kuris priklauso nuo kelių veiksnių: gaminamų produktų, technologinių procesų, techninės įrenginių būklės, procesų valdymo įrangos, personalo kompetencijos ir nekontroliuojamų trikdžių – aplinkos (Staniškis et al., 2010). Pagrindinės aplinkos apsaugos problemos grūdų perdirbimo pramonėje: neefektyvi šilumos energijos gamyba (nuostoliai, neatsinaujinančių išteklių naudojimas) ir neefektyvus šalutinių produktų tvarkymas, kurie dažniausiai tampa atliekomis.

Lietuvoje, kaip ir kitose ES šalyse, aplinkosauginių problemų sprendimui parenkami darnios pramonės plėtros principai. Aukštas žmonių išsilavinimo lygis, išplėtotą energetiką, gera susisiekimo infrastruktūra, galimybė gauti finansinę paramą Švaresnės gamybos projektų diegimui sudaro sąlygas subalansuotos plėtros įrankių diegimui pramonės įmonėse (Moudry et al., 2009; Staniškis et al., 2010).

Mūsų šalyje remiamos iniciatyvos, kuriomis didinamas pirminės energijos vartojimo efektyvumas, skatinančios biomasės, įskaitant tam tinkamas biologiškai skaidžias atliekas (BSA), naudojimą energijai gaminti. Tiksliausias ir ekonomiškai naudingiausias, grūdų perdirbimo pramonės, daromo poveikio aplinkai mažinimas – tinkamas BSA tvarkymas pačiose grūdų pramonės įmonėse, išnaudojant jų medžiagines (maistines) ir energetines savybes, taip mažinant naudojamos energijos gamybą iš neatsinaujinančių energijos šaltinių (Kliopova et al., 2013; Staniškis et al., 2017). Anksčiau atliktuose tyrimuose buvo siūloma dalį grūdų perdirbimo procesų BSA naudoti biokuro gamybai, jį deginti specialiai suprojektuotoje kietojo kuro pakuroje ir taip gautą energiją naudoti įmonėse, pvz., patalpų apšiltinimui, šilto vandens paruošimui; perteklinį kurą parduoti kaip biokurą (Kliopova et al., 2013). Atliekų tvarkymo įstatymas [4] numato tinkamą BSA tvarkymą gamybinėje veikloje bei maksimalų atliekų medžiaginių ir energetinių išteklių panaudojimą.

Tyrimo tikslas – pasiūlyti grūdų perdirbimo procesų optimizavimo galimybes, didinant išteklių naudojimo efektyvumą ir tuo pačiu mažinant neigiamą poveikį aplinkai.

Eksperimentui parinktas objektas – grūdų perdirbimo įmonė UAB „Baltic Agro“.

Darbo uždaviniai:

1. Atliekant mokslinės ir praktinės literatūros apžvalgą, statistinių duomenų bei aplinkosaugos teisinių reikalavimų analizę, nustatyti aplinkosauginio veiksmingumo didinimo galimybes grūdų perdirbimo procesuose;
2. Tyrimui parinktoje įmonėje UAB „Baltic Agro“ atlikti detalią grūdų perdirbimo procesų, gaminamos produkcijos, gaunamų šalutinių medžiagų bei energijos srautų analizę, nustatyti daromą poveikį aplinkai ir aplinkos apsaugos problemų atsiradimo priežastis;
3. Pasiūlyti taršos prevencijos ir atliekų mažinimo alternatyvas, atlikti jų įvykdomumo analizę;
4. Įvertinti UAB „Baltic Agro“ planuojamą aplinkosauginį veiksmingumą po siūlomų inovacijų diegimo;
5. Pateikti rekomendacijas grūdų perdirbimo įmonėms dėl aplinkosauginio veiksmingumo didinimo, diegiant išteklių efektyvumo ir taršos prevencijos metodus.

Darbo praktinė nauda įmonei UAB „Baltic Agro“:

Įdiegta viena iš siūlomų alternatyvų: biokuro gamyba iš dalies grūdų perdirbimo procesų BSA, ir deginimas vandens šildymo katile (VŠK), gaminant šiluminę energiją patalpų apšiltinimui ir karšto vandens gamybai. Tai leis sumažinti gamtinių dujų sąnaudas įmonėje.

Darbo naujumas:

- pirmą kartą buvo analizuota techninė galimybė grūdų perdirbimo procesų BSA naudoti šiluminės energijos gamybai grūdų džiovykloms; tai leistų sumažinti gamtinių dujų sąnaudas grūdų perdirbimo procesuose iki 100 proc.;
- atliktas eksperimentas, kurio metu išdžiovintų sėklinių javų grūdų apdirbimui buvo naudojamos siūlomos probiotinės medžiagos, kurių sudėtyje nėra cheminių medžiagų, pasižyminčių pavojingumu; eksperimento rezultatų analizė parodė, kad toks apdirbimas yra efektyvus, ypač ekologiniuose ūkiuose užaugintų grūdų apdirbimo atveju;
- grūdų perdirbimo įmonėms pasiūlyta išteklių efektyvumo didinimo valdymo sistema (išankstinio numatyto ir grįžtamo ryšio), kurios valdymo sprendimų taikymas (diegimas) leistų padidinti aplinkosaugos veiksmingumą energijos naudojimo ir BSA tvarkymo srityse.

1. MOKSLINĖS IR PRAKTIKINĖS LITERATŪROS ŠALTINIŲ, STATISTINIŲ DUOMENŲ IR TEISĖS AKTŲ ANALIZĖ

Šiame skyriuje apžvelgiama Pasaulio ir Lietuvos grūdų perdirbimo pramonės vystymo dinamika, tendencijos ir problematika, pateikiami galimi sprendimai. Taip pat aptariamos Lietuvos grūdų perdirbimo pramonės svarba ir įtaka šalies pramonės konkurencingumo rodikliams.

1.1 Pasaulinės grūdų perdirbimo pramonės tendencijos

Grūdų perdirbimas – viena iš seniausių ir svarbiausių visų maisto produktų technologijų, sudaranti didelę ir svarbią maisto gamybos grandinės dalį. Daugiau kaip 50% pasaulyje suvartojamų kalorijų yra gaunamos iš grūdų ir jų produktų suvartojimo. Grūdų perdirbimo pramonė yra tokia pat įvairi, kaip ir jos asortimentas: visa maisto produkcija yra tam tikros formos grūdų produkcija, jų asortimentas kasdien didėja, keldamas perdirbimo iššūkius maisto gamintojams (Tiwari et al., 2011).

Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacijos (FAO) duomenimis, 2018 metais bendras grūdų derlius pasaulyje sudarė 2 587,5 mln. tonų. Šis kiekis yra 64,5 mln. tonų arba 2,4% mažesnis nei 2017 m. Pasaulinės grūdų perdirbimo tendencijos pateiktos 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Grūdų perdirbimo statistika pasaulyje, mln. t/m. [1]

Šalys	Kviečiai		Kiti grūdai ¹		Visi grūdai		Metų pokytis, %
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	
Šiaurės ir Pietų Amerika	103,2	110,9	584,5	563,1	720,8	708	-7,3
Europa	271,9	238,7	249,8	241,	525,6	484,2	-7,9
Pietų Amerika	25,8	29,5	173,6	151,2	224,5	205,2	-8,6
Azija	26,4	24,8	8,6	8,1	36,0	33,9	-5,8
Artimieji Rytai	44,1	42,6	21,3	21,2	71,1	68,2	-4,1
Afrika	26,9	27,5	136,6	128,4	195,1	187,6	-17,4

¹Pastaba: kitus grūdus sudaro pašariniai kviečiai, miežiai, rugiai, avižos.

Kviečių derlius 2018 metais pasaulyje sudarė 734,7 mln. tonų tai yra 1,9% mažiau nei 2017 metais ir pats mažiausias rodiklis, lyginant nuo 2013 metų. Kitų grūdų derlius pasaulyje 2018 metais sudarė 354 mln. tonų, tai yra 2,6 % mažiau, palyginti su 2017 metais. Pasaulyje perdirbama tiek ankštinių, tiek javų kultūrų. Daugiausiai produkcijos pagaminama perdirbant ankštinę kultūrą – kukurūzus, javų – kviečius. Daugiausia perdirbama kukurūzų: 2018 metais perdirbta 1 099,61 mlrd. tonų kukurūzų derliaus. Kviečių perdirbimas siekė 734,74 mln. tonų pasaulyje. Analizuojant duomenis, galima teigti, kad ES grūdų derlius buvo vienas mažiausių pastaraisiais metais. Mažiausia perdirbama rugių – 10,57 mln. tonų per metus, (FAO, 2019).

Didžiausia dalis grūdų kiekio naudojami kaip pašarai, mažesnė dalis paverčiama etanoliumi ir žmonių poreikiams patenkinti. Pastaruoju metu daug dėmesio skiriama iškastinio kuro pakeitimui biokuru, todėl padidėjo ir grūdų, naudojamų biokurui, svarba. Grūdų naudojimas etanolio gamybai pasaulyje didėja kasmet: nuo 2000 metų iki

2018 metų bioetanolio gamyba padidėjo tris kartus. Bioetanolio degalai išgaunami fermentuojant žaliavą, dažnai cukranendrių ar kukurūzų vytinius. Remiantis FAO duomenimis, grūdų derlius ES šalyse sudarė 484,2 mln. t, tai yra apie 7,9 % mažiau nei 2017 m. Labiausiai mažėjo ankštinių augalų (42,3 proc.), rugių (31,5 proc.) ir kviečių (28,8 proc.) derlius. Tokios tendencijos siejamos su nepalankiomis meteorologinėmis sąlygomis: sausomis ir karštomis vasaromis ar liūtimis. Lietuvoje, lyginant su kitomis ES šalimis, nuimtas derlius sudaro 0,3% bendro Europos šalyse nuimamo derliaus kiekio (FAO, 2019).

Intensyviai mažėjant javų derlingumui ir ateinantiems metams prognozuojami mažesni derliaus ir grūdų perdirbimo kiekiai. Nors grūdų perdirbimo kiekio mažėjimas siejamas su gamtos sąlygomis, pasaulyje vyksta daugybė technologinių pokyčių ir inovacijų grūdų panaudojimo srityje. Grūdų perdirbimo pramonės svarba siejama su žemės ūkio produktų paklausa: nuolat didėja gyventojų skaičius, pasaulyje vyksta spartus ekonominis augimas. Gyventojų skaičius nuolat auga, tačiau dirbamos žemės plotas pasaulyje yra nekintantis, todėl vis mažesnė žemės ūkiui naudojama dirbamos žemės ploto dalis tenka vienam gyventojui. Spartus demografinis gyventojų augimas pasaulyje, skatina didinti žemės ūkio pramonės efektyvumą, grūdų perdirbimo pramonės tobulėjimą (Banerjee, 2011).

1.2 Lietuvos grūdų perdirbimo pramonės tendencijos

Lietuvoje grūdų perdirbimas yra viena svarbiausių pramonės ūkio šakų. Šalyje veikia 38 įmonės, užsiimančios grūdų perdirbimo ir apdorojimo veikla. Lietuvoje kasmet sezono metu prikuliama apie 5 milijonus tonų grūdų, iš kurių eksportuojama apie 3 milijonai tonų derliaus. Grūdai Lietuvoje yra pagrindinė perdirbama žaliava, kurios produktai realizuojami tiek šalies viduje, tiek užsienyje. Grūdų auginimas šalyje orientuotas į eksporto rinkas, kadangi vidaus rinkos reikmėms tenkinti reikia iki 2,2 mln. tonų įvairių rūšių šalyje išauginamų grūdų. Daugiausia eksportuojamų grūdų dalį sudaro kviečiai (apie 80 proc.). Kviečiai eksportuojami į Latviją, Lenkiją, Vokietiją, Daniją, Olandiją, Ispaniją, Didžiąją Britaniją, Portugaliją, Norvegiją, Saudo Arabiją, Singapūrą ir Pietų Afrikos Respubliką. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2018 metais iš viso perdirbta 3 999,5 tūkst. tonų grūdų. Iš javų rūšių, pastebimas žieminių javų derliaus mažėjimas. Europos komisijos duomenimis, ES eksportas sudarė 12,6 mln. tonų grūdų arba 18% mažiau nei 2017 metais. Tokie rodikliai siejami su pakitusiomis klimatinėmis sąlygomis: gausėjantys sausų ar liūčių sezonai [2].

Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis, Lietuvos grūdų perdirbimo įmonėse dirba 3690 darbuotojų. 2018 metais grūdų perdirbimo sektoriaus įmonėse pardavimo pajamos siekė 2,3 milijardus eurų. Eksportuojama apie 60% pagaminto salyklo ir 20% kitų grūdų produktų. Su grūdų perdirbimo pramone susijusios įmonės veikia visoje Lietuvoje, jų veiklos spektras platus: grūdų supirkimas, paruošimas, pirminis ir tolimesnis perdirbimas, grūdų bei grūdinių žaliavų prekyba. 2018 m. javų grūdų derlius buvo 24,3 proc. mažesnis negu 2017 m. ir sudarė 4 379,4 tūkst. tonų. Derliaus sumažėjimą lėmė menkesnis žieminių javų (38,3 proc.) ir ankštinių augalų (46,3 proc.) derlius, nors vasarinių javų derlius padidėjo 19 % (FAO, 2019). 1.2 lentelėje pateikiami 2016 – 2018 metų perdirbamų javų derliaus kiekiai.

1.2 lentelė. Perdirbamų javų derlius Lietuvoje, tūkst. tonų [2]

Perdirbamų javų derlius, tūkst. tonų			
	2016 m.	2017m.	2018m.
Kviečiai	3 844,5	3 917,4	2 838,9
Kvietrugiai	331,4	247,5	153,3
Rugiai	77,5	63,1	44
Miežiai	545,2	519,7	619,6
Avižos	155,1	195,9	184,2

Lyginant 2017 ir 2018 metus, matomas grūdų perdirbimo kiekio mažėjimas. Pastebimas vasarinių ir žieminių miežių derliaus augimas – 16,1% didesnis lyginant su 2017 m. Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje, pastebimos grūdų derliaus ir perdirbamų grūdų kiekių mažėjimo tendencijos. Grūdų perdirbimo augimą stabdo riboti pasėlių plotai, sumažėję derlingumo augimo tempai.

Lietuvoje pastebimos ekologiškų grūdų perdirbimo kiekių augimo tendencijos. Vis daugiau ūkių šalyje savo veiklą sieja su ekologija. Šalyje veikia 1 178 sertifikuoti ekologiški ūkiai, užimantys 42 955 ha plotą. Ūkiuose daugiausia auginama rugių – 37 proc., miežių – 19, kviečius – 17, avižų – 11 proc. (žr. 1.3 lentelę). Ekologiškų grūdų derlius sudaro 1 proc. viso šalies grūdinių pasėlių ploto.

1.3 lentelė. Ekologiškų grūdų perdirbimo kiekiai Lietuvoje, t [3]

	2017	2018	Pokytis, %
Kviečiai, spelta	24 114,95	25 438,17	-49,37
Rugiai	2 634,81	3 657,79	15,96
Miežiai	83,29 ¹	2 271,31	- ¹
Avižos	5 122,24	20 529,98	262,91
Kvietrugiai	1 093,37	1 519,64	2,74

¹Pastaba: kai kurie duomenys yra konfidencialūs, todėl tikslus perdirbtų grūdų kiekio apskaičiavimas yra neįmanomas.

Ekologiškų grūdinių kultūrų augimo tendencijos prognozuojamos ir ateinantiems metams. Lietuvoje žemės ūkio politika orientuojama į ūkininkavimą, kuris duotų aplinkosauginę, socialinę ir ekonominę naudą. Ekologiškų grūdų perdirbimo augimo tendencijos siejamos ir su pakitusiais vidinės rinkos įpročiais bei reikalavimais: vartotojų domėjimasis saugiais maisto produktais skatina Lietuvoje ekologinės gamybos ūkių plėtrą.

1.3 Teisės aktų, reglamentuojančių grūdų pramonės atliekų tvarkymą, analizė

Pagrindinis dokumentas, reglamentuojantis pramonės atliekų tvarkymą yra *Valstybinis atliekų tvarkymo planas* [4] Pagal planą, atliekų tvarkymo prioritetas skiriamas atliekų prevencijai, atliekų kiekiui mažinti (aplinkosaugos veikslių planų rengimas, Švaresnės gamybos principų taikymas ir taip vadinamų „mažaatliekių“ technologijų diegimas). Atliekų tvarkymo prioritetai [4]:

- atliekų prevencija – vengti atliekų susidarymo, mažinti susidarančių ir nenaudojamų atliekų kiekį medžiagose ir produktuose, pailginti jų gyvavimo ciklą;

- atliekų pakartotinis naudojimas – tinkamai panaudoti atliekomis tapusius produktus, siekiant efektyvaus jų pakartotinio panaudojimo (nedidinant poveikio aplinkai ir žmonių sveikatai);
- atliekų perdirbimas – atliekas naudoti tos pačios ar kitos paskirties produktams bei medžiagoms gaminti, mažinant gamtinių ir kitų išteklių naudojimą. Skatinama produktų ar medžiagų iš antrinių žaliavų, gamyba. Didinami antrinių žaliavų perdirbimo, BSA apdorojimo ir panaudojimo energijai gauti, pajėgumai;
- atliekų šalinimas – atliekų, kurių nepavyksta išvengti ar pakartotinai panaudoti, perdirbti, šalinimas tik atliekų šalinimo įrenginiuose, eksploatuojamuose pagal teisės aktuose nustatytus reikalavimus.

Pagrindinis gamybos sektoriuje susidarančių atliekų tvarkymo tikslas – perdirbti ir kitaip panaudoti daugiau nei 90 procentų atliekų. Analizuojant BSA, prioritetas yra neužterštų atliekų surinkimas, kompostavimas ar biodujų gamybai bei likutinio substrato (raugo) apdirbimas, pavyzdžiui, kompostavimui ir naudojimui. Tobulinant gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų tvarkymo organizavimą, atsižvelgiama į atsargumą, tvarumą, technines galimybes, ekonominį pagrįstumą, išteklių apsaugą, bendrą poveikį aplinkai, visuomenei ir socialinei aplinkai. Valstybiniame atliekų tvarkymo plane [4] rekomenduojama vengti BSA susidarymo, o susidarius, taikyti atliekų prevencijos ir mažinimo priemones, perdirbant ar deginant šiluminei energijai išgauti, kad kuo mažesnė BSA dalis būtų šalinama sąvartynuose ar kituose atliekų šalinimo įrenginiuose. Vienas iš efektyviausių BSA panaudojimo būdų, pasižyminčių šilumingumo savybėmis – deginimas energijai gauti. Strateginis įgyvendinimas – naudoti atliekas šilumos gamybai didžiuosiuose šalies miestuose ar prie jų.

Gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų susidarymo ateities tendencijos [4]:

- šalies ekonomikos augimas lems BSA atliekų didėjimą. Nuo 2013 metų, šiluminei energijai gauti, skatinama naudoti energinę vertę turinčias, po rūšiavimo likusias ir perdirbti netinkamas, komunalines ir nepavojingas gamybos atliekas;
- periodiškai atliekami atliekų srautų susidarymo bei tvarkymo statistiniai ir atliekų srautų tvarkymo sistemų efektyvumo, tyrimai;
- skatinamos priemonės žemės ūkyje naudoti produktus, pagamintus iš biologiškai skaidžių atliekų.

Reikalavimai, BSA tvarkymui, gaminant kompostą pateikiami Lietuvos Respublikos aplinkos ministro **2007-01-25 įsakyme Nr. D1-57 „Dėl biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo, anaerobinio apdorojimo aplinkosauginių reikalavimų patvirtinimo“ (Žin., 2007, Nr. 23-902; TAR, 2016, Nr. 04880)**. Jame nurodomos gamybos ir kitu ūkinės veiklos metu gautų BSA kompostavimo sąlygos, kompostavimui tinkamų BSA rūšys, reikalavimai komposto kokybei ir naudojimui. Pagrindiniai reikalavimai kompostuojant gamybos metu gautas BSA:

- apdorojant natūralias nepavojingas augalinės kilmės žemės ūkio atliekas, galima kompostuoti atviruose kaupuose, išlaikant $> 55^{\circ}\text{C}$ temperatūrą ne trumpiau kaip 2 savaites, vartant kaupus bent 3 kartus;
- kitas būdas – išlaikant $> 60^{\circ}\text{C}$ temperatūrą, ne trumpiau kaip 1 savaitę, vartant kaupus bent 2 kartus;

- apdorojant žaliąsias atliekas, natūralias nepavojingasias augalinės kilmės žemės ūkio atliekas uždaruose įrenginiuose (pavyzdžiui, intensyvaus kompostavimo įrenginiuose: konteineriuose, besisukančiuose cilindruose, tuneliuose), turi būti išlaikoma > 65 °C temperatūra ilgiau nei 3 paras;
- atliekose, iš kurių gaminamas kompostas, negali būti pavojingų radioaktyvių, toksinių medžiagų, dervų, tepalų, stiklo ar plastiko priemaišų;
- subrendusį kompostą rekomenduojama persijoti per 1–2,5 cm angų dydžio tinklą, atskiriant priemaišas.

Atsijotos kompostavimui tinkamos $>2,5$ cm priemaišos naudojamos kitam kompostui gaminti. Komposto kokybės tyrimai atliekami baigus komposto gamybos procesą. Kompostas laikomas tinkamu, kai pH yra neutralus ar silpnai šarminis (6,9-7,7), nėra neorganinių priemaišų. Jei komposto gamintojui nėra suteiktas ekologinis ženklas, kompostuojant BSA ir pateikiant kompostą rinkai, būtina išduoti pagaminto komposto kokybės pažymėjimą, kuriame nurodytos šios savybės: komposto kiekis, atliekų, iš kurių buvo pagamintas kompostas, rūšys, komposto gaminimo bei apdorojimo technologijos, sausųjų medžiagų (SM) kiekis, organinių medžiagų (OM) kiekis, pH, bendrojo azoto (N_b) ir bendrojo fosforo (P_b) kiekiai, taip pat turi būti pateiktos rekomendacijos komposto naudojimui.

2016 - 2017 metais LT aplinkos ministerijos užsakymu buvo vykdomas mokslinis projektas „**Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų pagamintiems produktams**“ parengti. Parengto projekto ataskaitoje pirma kartą Lietuvoje pateikti pasiūlymai dėl komposto, gaminamo iš BSA, kokybės ir užterštumo kriterijų. Mokslinio projekto metu paimti komposto, gaminamo iš įvairių BSA bei anaerobinių raugų, ėminiai; atlikti mėginių kokybės ir užterštumo tyrimai; pasiūlytos gaminamiems kompostams užterštumo ribos ir kokybės kriterijai; įvertinta įvairių BSA apdorojimo metu, taikant skirtingas technologijas, įtaka aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai dėl į orą išmetamų teršalų bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) (Staugaitis et al., 2016). Gaminamas kompostas pagal sunkiųjų metalų koncentraciją gali būti suskirstytas į 3 klases, ik 1 klasės kompostas gali būti naudojamas žemės ūkyje, pvz., grūdų auginimui. Atlikus mokslinį projektą, pateiktos šios pagrindinės išvados ir rekomendacijos (Staugaitis et al., 2016):

- daugelis Lietuvoje gaminamo komposto ir anaerobinio raugo atitinka kokybės ir užterštumo rodiklių reikalavimus;
- rekomenduojama tinkamai naudoti kompostavimo procesui naudojamas žaliavas, atsižvelgiant į jų cheminę sudėtį, fizikines savybes, laikantis technologinių reikalavimų;
- pagal daugelį kriterijų, aukštos kokybės kompostas, nepasižymintis užterštumu, gaminamas tik iš atskirai surinktų maisto atliekų (pramonės įmonės, maitinimų įstaigų, komunalinių atliekų srauto);
- MBA įrenginiuose gaminami kompostai ir raugai neatitinka nurodytų reikalavimų pagal sunkiųjų metalų (Pb, Zn, Cu, Cr, Ni), organinio teršalo (PAH_s) koncentracijas; nustatytas nedidelis OM kiekis, bei dideli sulfatų ir chloridų kiekiai;
- didžioji dalis skystų, nusausintų ir džiovintų raugų, pagamintų iš pūdyto dumblo, komunalinių nuotekų valymo įrenginiuose pasižymi didelėmis sunkiųjų metalų (Cd, Pb, Zn, Cu) koncentracijomis. Šio komposto

mėginiuose aptinkama mikrobiologinė tarša, didelis sulfatų, chlorido, amoniako azoto kiekis, kuris kenkia augalams (Staugaitis et al., 2016).

Nustatytas BSA naudojimo komposto ir anaerobinio raugo gamybai poveikis klimato kaitai dėl ŠESD susidarymo:

- mažiausias poveikis aplinkai daromas, fermentuojant maisto atliekas ir komunalines BSA MBA įrenginiuose ir toliau kompostuojant raugą (dėl perteklinės alternatyvios energijos gamybos ir naudojimo kituose technologiniuose procesuose);
- didžiausias poveikis aplinkai - kompostuojant pūdytą ir nepūdytą gyvūnų mėšlą;
- biofiltrų įtaka ŠEŠD mažinimui yra labai didelė: CH₄ sumažėjimas nuo 50 iki 82 %, N₂O – iki 90 %;
- klimato kaitai didelį poveikį daro ŠESD išlakos iš dumblo anaerobinio tvarkymo įrenginių, atvirai kompostuojant pūdytą dumblą (Staugaitis et al., 2016).

Remiantis mokslinio tyrimo duomenimis ir atliktos studijos rezultatais, taisomas ir pildomas 2007-01-25 įsakymas Nr. D1-57 „Dėl biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo, anaerobinio apdorojimo aplinkosauginių reikalavimų patvirtinimo“ [5].

Svarbus taršos integruotos prevencijos ir kontrolės tikslas yra mažinti pramoniniuose objektuose susidarančią taršą, efektyviai naudojant žaliavas ir išteklius. Viena iš alternatyvų BSA tvarkymui yra atliekų, pasižyminčių geromis šilumingumo savybėmis, naudojimas kietojo atgautojo kuro (KAK) arba biokuro gamybai. Gaminamas KAK, turi atitikti Lietuvos standarte LST EN 15359:2012 „Kietasis atgautasis kuras. Techniniai reikalavimai ir klasės“ nustatytus reikalavimus [15]. Pagal kaloringumo parametrus: gautoje medžiagoje (MJ/kg natūralaus drėgnio medžiagoje (NDM)), chloro kiekis sausoje medžiagoje (proc.), gyvsidabrio kiekis gautoje medžiagoje (mg/MJ NDM), KAK skirtoms į 5 klases. Pavyzdžiui, jeigu KAK kaloringumas tarp 10 ir 15 MJ/kg NDM, jis priskiriamas tik 4 klasei pagal šį rodiklį, 1 klasės turi būti ≥ 25 MJ/kg NDM [15].

1.4 Darnios pramonės plėtros įrankiai, taikomi grūdų perdirbimo pramonės poveikio aplinkai mažinimui

ES šalyse vis dažniau skatinamas darnios pramonės plėtros technologijų diegimas, siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Daugelis įmonių, siekdama diegti darnios gamybos ir vartojimo būdus, susiduria su problema – kaip tinkamai naudoti metodus ir priemones, kurios pradėtų išspręsti konkrečias aplinkos apsaugos problemas. Iššūkiu tampa tinkamiausių darnumo vertinimo rodiklių pasirinkimas, efektyvi darnumo vertinimo sistema. Įmonės numato investicijas į įrenginius, technologijas, kurias įdiegus mažėja neigiamas ūkinės veiklos poveikis aplinkai. Skatinama pramoninė simbiozė ir užtikrinamas tęstinis aplinkos apsaugos efektas, įskaitant ir investicijas į Švaresnės gamybos inovacijų įdiegimą, kuriose taikomi išteklių naudojimo ir taršos prevencijos metodai (Jonkutė, 2015). Šiame skyriuje aptariami pagrindiniai grūdų pramonėje naudojami technologinių

procesų optimizavimo įrankiai, kurių taikymas labiausiai mažina neigiamas grūdų perdirbimo proceso pasekmes aplinkai ir didina racionaliausias išteklių naudojimo galimybes.

1.4.1 Prevenciniai metodai, taikomi grūdų perdirbimo procesams

Švaresnė gamyba (ŠG) – pažangi koncepcija, kuri taikoma pramonėje, siekiant išspręsti vartojimo ir gamybos ekonominės sistemos ekologines problemas. Taikant ŠG koncepcijoje siūlomus taršos ir atliekų prevencijos bei mažinimo metodus, mažinamas ne tik poveikis aplinkai, bet ir neefektyvus energijos, išteklių naudojimo kiekiai. Švaresnės gamybos koncepcijos diegimas leidžia pasiekti ne tik aplinkosauginę, bet ir ekonominę naudą. Vienas informatyviausių šaltinių aplinkos apsaugos problemų įvertinimui – medžiagų ir energijos balansas. Juo remiantis surenkami duomenys apie sunaudojamų ir į gaminių patenkančių žaliavų kiekius, nustatomi taršos mastai, energijos nuostoliai. Šiuo būdu apžvelgiami gamybiniai procesai, įvertinamas medžiagų ir susidarantių atliekų poveikis sveikatai ar aplinkai. Tikslus reikšmingų medžiagų kiekio ir sudėties įvertinimas padeda suprasti taršos susidarymo priežastis (Staniškis et al., 2004, 2010)

Pramonės sektoriuje šis metodas itin efektyvus. Dažniausiai taikomas procesas – taršos prevencija jos atsiradimo vietoje: gamybos procese, išvengiama taršos atsiradimas, optimizuojamas technologinis procesas, sumažinant jo neigiamą įtaką aplinkai, viso būvio ciklo metu. Remiantis literatūros šaltiniuose pateikta informacija, analizuojamame pramonės sektoriuje, optimizuojant grūdų išvalymo procesą, BSA kiekis tik auga. Pagrindinis nekontroliuojamas trikdys BSA prevencijai – oro sąlygos. Grūdų perdirbime taikomi šie ŠG taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodai (Kliopova, Petraškie, 2009; Kliopova et al., 2013).

1. **Antrinis atliekų panaudojimas:** grūdų apdirbimo procesuose susidarantių BSA panaudojimas pašarų, ir/arba kietojo kuro, ir/arba šiluminės energijos gamybai (deginant BSA be papildomo apdorojimo);
2. **Įėjimų pakeitimas:** kietojo kuro iš BSA deginimas VŠK vietoj gamtinių dujų, gaminant šiluminę energiją patalpų apšildymui ir karšto vandens paruošimui;
3. **Procesų optimizavimas:** grūdų džiovinimo proceso optimizavimas: naujose džiovyklose numatomas karštų dūmų reciklas, t.y. antrinis panaudojimas, nukreipiant atgal į procesą.

BSA panaudojimo galimybės grūdų perdirbimo įmonėse, siekiant optimaliai išnaudoti jų medžiagines ir energetines savybes pateikiamas rekomendacijose (žr. 4.7 pav.).

2009 – 2010 m. KTU Aplinkos inžinerijos instituto (APINI) mokslininkai atliko tyrimą, analizuojant grūdų perdirbimo pramonės aplinkosaugos veiksmingumo didinimui, optimizuojant BSA tvarkymo procesus (Petraškie & Kliopova, 2010, Kliopova et al., 2011, 2013). Tyrimo eksperimento metu, iš analizuojamos grūdų perdirbimo įmonės, dviejų rūšių kietų BSA, buvo pagamintos 6 mm diametro ir 1,5 – 2,0 cm ilgio granulės. Granulių gamybai buvo naudotas 1,1 t/h našumo presas. Papildomas drėkinimas arba produkcijos džiovinimas nebuvo reikalingas. Pagamintų granulių drėgmė neviršijo 15 proc. Laboratorinei analizei atlikti buvo pateiktos granulės, pagamintos iš 2 BSA ėminių:

- mišrių grūdų perdirbimo procesų BSA ;

- subproduktų (sėlenų) (Petraškienė & Kliopova, 2010, Kliopova et al., 2011, 2013).

Toliau mėginiai buvo tirti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijoje, nustatant grūdų perdirbimo atliekų chemines ir fizikines savybes, kurios naudotos siūlomų alternatyvų įvykdomumo analizei. Rezultatų palyginimas su Lietuvoje plačiai naudojamu biokuru – pjuvenomis (spygliuočių ir lapuočių mišinys). pateiktas 1.4 lentelėje.

1.4 lentelė. Granulių, iš grūdų perdirbimo procesų, BSA cheminių ir fizinių parametrų palyginimas su Lietuvoje plačiai naudojamu biokuro parametrais (Kliopova at al., 2013)

Tirti parametrai	Granulės iš mišrių grūdų perdirbimo procesų BSA	Granulės iš subproduktų	Medienos biokuras (pjuvenos: spygliuočių ir lapuočių mišinys)
Drėgmė %	14,040	15,76	10,5
Apatinė šilumingumo vertė MJ/kg	13,532	12,869	15,790
Pelenų kiekis sausoje medžiagoje (SM), %	9,640	10,06	1
Sieros (S) kiekis SM, %	0,184	0,219	0,042
Azoto (N) kiekis SM, %	1,910	1,89	0,5
Anglies (C) kiekis SM, %	44,900	39,5	43,76
Chloro (Cl) kiekis SM, %	0,043	0,027	0,007
Chromo (Cr) kiekis SM, %	$0,443 \cdot 10^{-3}$	$0,793 \cdot 10^{-3}$	0,001
Gyvsidabrio (Hg) kiekis SM, %	$0,070 \cdot 10^{-5}$	$0,110 \cdot 10^{-5}$	$0,020 \cdot 10^{-5}$
Kadmio (Cd) kiekis SM, %	$0,500 \cdot 10^{-5}$	$0,600 \cdot 10^{-5}$	$0,400 \cdot 10^{-4}$
Vario (Cu) kiekis SM, %	$0,770 \cdot 10^{-4}$	$0,400 \cdot 10^{-4}$	0,001
Švino (Pb) kiekis SM, %	$0,330 \cdot 10^{-4}$	$0,103 \cdot 10^{-6}$	$0,300 \cdot 10^{-3}$
Nikelio (Ni) kiekis SM, %	$0,297 \cdot 10^{-3}$	$0,357 \cdot 10^{-3}$	0,001
Mangano (Mn) kiekis SM, %	0,004	0,005	0,003
Geležies (Fe) kiekis SM, %	0,072	0,142	0,757
Cinko (Zn) kiekis SM, %	0,005	0,005	0,002
Arseno (As) kiekis SM, %	$0,200 \cdot 10^{-4}$	$0,100 \cdot 10^{-4}$	$0,490 \cdot 10^{-4}$
Kalcio (Ca) kiekis SM, %	0,260	0,480	0,470
Magnio (Mg) kiekis SM, %	0,150	0,190	0,230
Natrio (Na) kiekis SM, %	0,042	0,026	0,030
Kalio (K) kiekis SM, %	0,680	0,094	0,022
Aliuminio (Al) kiekis SM, %	0,017	0,029	0,378

Lyginamosios BSA cheminių ir fizinių parametrų analizės rezultatai parodė, kad grūdų perdirbimo procesų BSA pasižymi dideliu anglies (C) kiekiu, kuris siekia net virš 40 proc., t.y. tiek pat, kiek yra medienos biokure. Eksperimento metu pagaminto kuro charakteristikos buvo palygintos su reikalavimais kietajam atgautajam kurui (KAK) CEN/TC 343 standarte. Rezultatai pateikti 1.5 lentelėje.

1.5 lentelė. Iš grūdų atliekų pagaminto kuro klasifikavimas pagal CEN/TC 343 standartą (CEN/TC 343 – Published standards 2006, 2011 m.) (Kliopova at al., 2011, 2013).

Grūdų perdirbimo procesų BS atliekos	Atitikimas KAK klasei pagal žemiau pateiktas savybes			
	Apatinis šilumingumas (AŠ), MJ/kg	Chloro (Cl) kiekis, proc.	Gyvsidabrio (Hg) kiekis, mg/MJ (medianas)	Gyvsidabrio (Hg) kiekis, mg/MJ 80-ies percentilis
Mišrios GP procesų BSA	4 klasė (≥ 10)	1 klasė ($\leq 0,2$)	1 klasė ($\leq 0,02$)	1 klasė ($\leq 0,04$)
Sėlenos	4 klasė (≥ 10)	1 klasė ($\leq 0,2$)	1 klasė ($\leq 0,02$)	1 klasė ($\leq 0,04$)

Norint kompostuoti BSA, jos turi būti maišomos su daug azoto turinčia medžiaga, pvz., dumblu, mėšlu (Kliopova at al., 2011, 2013).

KTU APINI doktorantė V. Petraškienė 2010-2013 m. moksliniuose darbuose, pradėjo nagrinėti galimybes naudoti grūdų perdirbimo BSA energetinėms reikmėms, gaminant KAK ir jį deginant kaip kietąjį biokurą, deginimo įrenginiuose bei gaminant šiluminę energiją, pvz., įmonės patalpų apšiltinimui, karšto vandens paruošimui. Doktorantė nenagrinėjo šio kuro naudojimo galimybių, gaminant šiluminę energiją technologinėms procesams, pvz., grūdų džiovinimui.

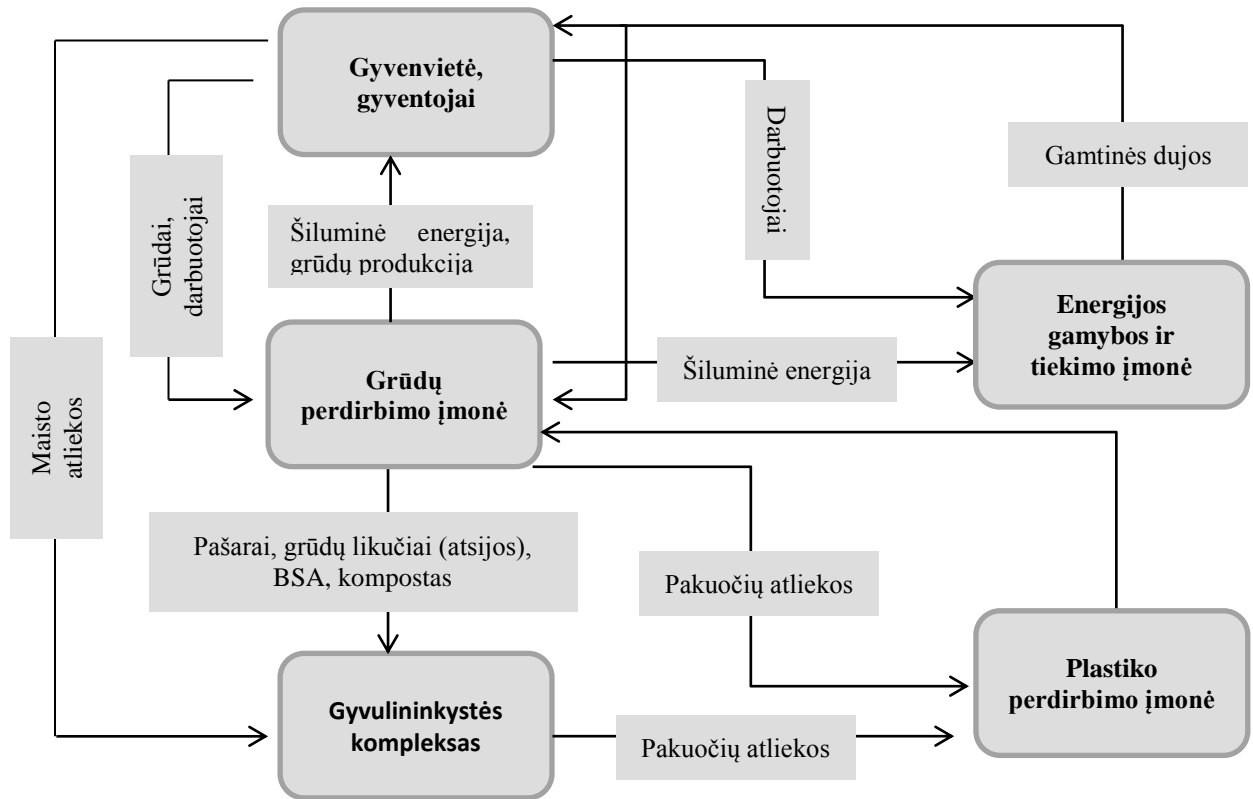
Technologinių procesų atliekamos energijos (*Angl. – waste energy*) išteklių panaudojimo galimybės yra itin perspektyvios mūsų šalies pramonėje, diegiant procesų integravimo arba pramoninės simbiozės projektus. Gaunama techninė, socialinė, ekonominė nauda. Įmonėje, naudojant atliekamos energijos išteklius, gerinamas aplinkos apsaugos veiksmingumas energijos bei oro taršos sektoriuose, efektyviau įgyvendinami Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) direktyvos reikalavimai (Kliopova ir Staniškis, 2006).

1.4.2 Pramoninė simbiozė

Žiedinės ekonomikos principų taikymas laikomas ne tik mažinančiu poveikį aplinkai, tačiau ir priemone, galinčia ženkliai sumažinti gamybos ar kitos veiklos krypties vykdymo kaštus. Vienas iš efektyviausių žiedinės ekonomikos įrankių, mažinančių aplinkosauginį reikšmingumą – pramoninė simbiozė. Tai kolektyvinis požiūris į konkurencinį pranašumą, kuriame atskiros pramonės šakos sukuria bendradarbiavimo tinklą, skirtą tarpusavyje tiekti medžiagas, energiją, šalutinius produktus. Sprendžiant problemas, susijusias su išteklių eikvojimu, atliekų tvarkymu ir tarša, pramoninė simbiozė yra efektyvus metodas, siekiant tvaraus vystymosi. Pramoninė simbiozė yra svarbus darnios pramonės plėtros įrankis, mažinant grūdų perdirbimo pramonės poveikį aplinkai: veiksmingai panaudojami šalutiniai produktai. Atskirų pramonės šakų įtraukimas, kolektyvinis požiūris į konkurencinį pranašumą, susijęs su fizinių medžiagų, energijos ir šalutinių produktų mainais, laikomas bendros ekonominės ir aplinkosauginės naudos stiprinimo procesu. Bendradarbiavimo tarp atskirų pramonės vienetų skatinimas siekiant, kad vienu gamintojų atliekos (atliekama energija) virstų žaliava (energijos šaltiniu) kitoms įmonėms (Dumoulin et al., 2017).

Žemiau pateiktoje diagramoje pavaizduoti kai kurie iš šių sinerginių ryšių, kartu su dalyvaujančiomis šalimis ir jų tarpusavio išteklių mainais (1.1 pav.). Pramoninės simbiozės pavyzdžiai, tvarkant BSA:

- įmonių atliekos (šalutiniai produktai) tampa kitų įmonių žaliavomis arba energija;
- įmonių atliekama energija tampa kitų įmonių arba namų ūkių pagrindiniu energijos šaltiniu (Baldassarre et al., 2019).



1.1 pav. Siūlomos pramoninės simbiozės galimybės grūdų perdirbimo įmonėms (sudaryta pagal Baldassarre et al., 2019).

Naudojant šį metodą, vienos įmonės perteklinė energija panaudojama kitos įmonės procesuose ir/arba vienos įmonės atliekos (šalutiniai produktai) panaudojami kai žaliava naujo produkto gamybai kitoje įmonėje. Pramoninės simbiozės taikymo galimybės, mažinant grūdų perdirbimo pramonės poveikį aplinkai:

- perteklinės šilumos energijos (arba perteklinio biokuro, pagaminto iš įmonės BSA) tiekimas šalia esančiai įmonei;
- šalia esančios įmonės perteklinės energijos panaudojimas grūdų džiovinimui (jei iš BSA pagamintos šiluminės energijos nepakanka džiovinimo procesui);
- nepavojingų plastiko pakuočių tiekimas plastiko perdirbimo įmonei;
- netinkamų grūdų (atsijų) tiekimas gyvulininkystės kompleksams arba, visų pirmą, pašarų gamybai (Baldassarre et al., 2019).

Apibendrinant galima teigti, kad pramoninės simbiozės dėka, vienos įmonės atlieka tampa žaliava kitai. Šios koncepcijos taikymas leidžia medžiagas naudoti tvariai, prisidedant prie žiedinės ekonomikos kūrimo. Perėjimas prie tokios ekonomikos didina įmonės ekonominį konkurencingumą, tvarumą. Nors pramoninė simbiozė yra

vienas iš būdų mažinti poveikį aplinkai bei gamybos vykdymo kaštus, vis dar susiduriama su iššūkiais (Dumoulin et al., 2017):

- suinteresuotųjų šalių įtraukimas, dalyvavimas tam tikruose procesuose, žinių perdavimas;
- techniškai ir ekonomiškai tinkamų technologijų diegimas - nuo planavimo iki įgyvendinimo;
- glaudus įmonių bendradarbiavimas (Dumoulin et al., 2017).

1.4.3 Aplinkos apsaugos indikatoriai ir jų naudojimas vertinti aplinkosauginį veiksmingumą

Vienas iš efektyvių būdų sistematiškai įvertinti grūdų perdirbimo pramonės tvarumą ir aplinkos apsaugos veiksmingumą yra santykinų aplinkos apsaugos indikatorių (AAI) taikymas. Šie indikatoriai leidžia parodyti aplinkosaugos situacijos kitimą, nustatyti veiklos optimizavimo galimybes ir problemas. Absoliutūs AAI yra informatyvus šaltinis, inicijuojant aplinkosauginius pokyčius ir investicijas į juos. Įmonėje vertinamos proceso metu naudojamos medžiagų ir energijos sąnaudos: žaliavos, cheminės medžiagos, papildomos medžiagos, elektros bei šiluminė energija per ataskaitinį laikotarpį, pavyzdžiui, per metus. AAI yra šių parametru kiekybinių rodiklių, per fiksuotą laiko tarpą, pagaminamos produkcijos apimtį santykis (Kliopova, 2002, Staniškis et al., 2010, Walker, 2011).

Atliekant ŠG įvykdymo analizę ir planuojant metinį aplinkosauginį ir ekonominį efektą, vertinti absoliutiniai AAI, pavyzdžiui, žaliavų sąnaudos (t/m.), šiluminės energijos sąnaudos (kWh/m.), atliekų kiekis (t/m.), sumažėja, įdiegiant inovaciją (vnt./m.), sutaupoma, įdiegiant inovaciją (EUR/m.), kt. (Staniškis et al., 2010). Analizuojant jau įdiegtos ŠG inovacijos įvertinimą, remiamasi santykiniais AAI, atsižvelgiant į per tam tikrą laiko tarpą padidėjusias ar sumažėjusias gamybos apimtis (Staniškis et al., 2010; Vetlthof, 2011).

Kitas metodas vertinti aplinkosaugos veiksmingumą įmonės lygiu – nustatyti proceso / įmonės aplinkosaugos kaštus ir palyginti esamos situacijos ir po siūlomos inovacijos įdiegimo. Šiuo atveju aplinkosaugos kaštai – įvedinių ir išvedinių kaštai, kurie nepatenka į produktą, pvz. žaliavos, papildomų medžiagų, sunaudotos energijos dalis, kuri sunaudojama atliekų „gamybai“ (Stasiškienė, 2016). Tuomet AAI būtų – EUR/metus, t.y. aplinkosaugos kaštų suma per metus; AAI būtų - aplinkosaugos kaštų suma gaminamos produkcijos vienetui.

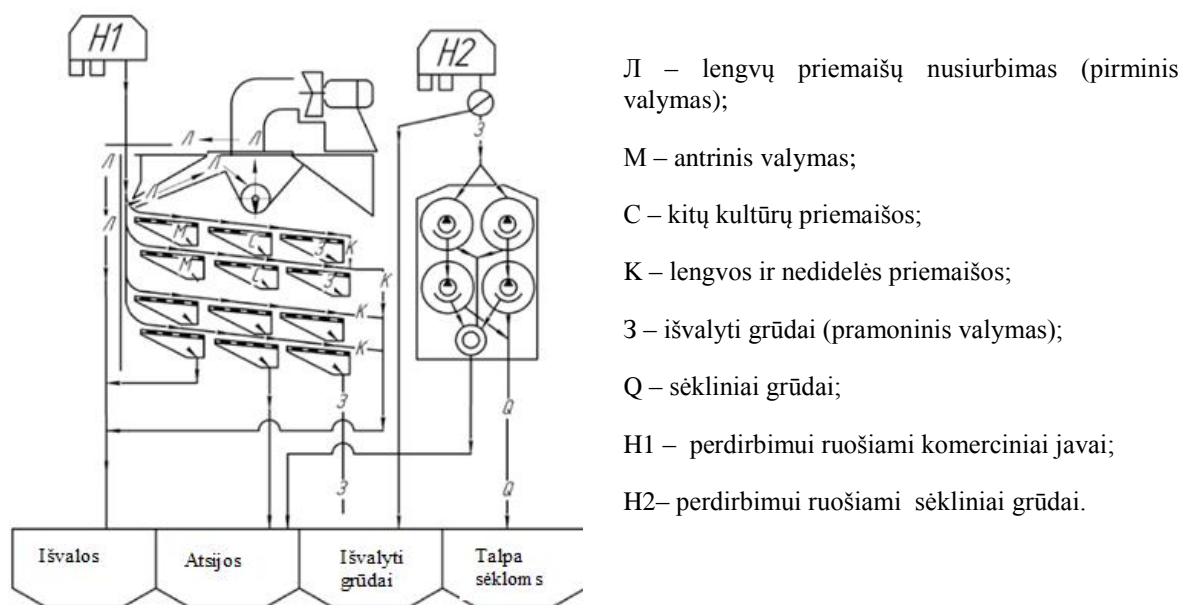
Grūdų perdirbimo įmonėje, nustatant tinkamus aplinkos apsaugos tikslus ir vertinant aplinkosauginio veiksmingumo didinimo galimybes, galima naudoti šiuos AAI (Kliopova et al., 2013):

- žaliavų sąnaudos gaminamos produkcijos vienetui (t/t);
- žaliavų sąnaudos generuojamų atliekų vienetui (kg/t arba EUR/t);
- šiluminės energijos sąnaudos gaminamos produkcijos vienetui (kWh/t);
- šiluminės energijos, pagamintos iš neatsinaujinančių energijos išteklių sąnaudos gaminamos produkcijos vienetui (kWh/t);
- oro teršalų kiekis gaminamos produkcijos vienetui (kg/t);
- atliekų kiekis gaminamos produkcijos vienetui (kg/t) (žr. 3.2 lentelė).

1.5 Pagrindiniai grūdų perdirbimo procesai

Kasmet pasaulyje užauginama apie 2,5 – 3 mln. tonų grūdų. Vienam žmogui per metus vidutiniškai tenka apie 700 kg grūdų, iš kurių 49% sunaudojama tiesiogiai maistui, 37% - galvijų pašarams gaminti, 10% - perdirbimui, 4% - sėjai. Siekiant užtikrinti grūdų kiekybinį ir kokybinį pranašumą, tenka juos apdoroti ir konservuoti. Grūdams būdingos tam tikros fizikinės ir šiluminės savybės, jos turi polinkį kaisti, kaupti šilumą. Grūdo kokybinių savybių ir gyvybingumo išsaugojimas – grūdų pramonės įmonių tikslas. Pagrindiniai ir svarbiausi grūdų apdorojimo procesai yra valymas (1.2 pav.) ir džiovinimas (1.3 pav.). Išvalius, išdžiovinus ir izoliavus, grūdus galima išlaikyti ne vienerius metus, išsaugant jų kokybę ir aukštus daigumo rodiklius (Pupinis, 2008).

Pilnas grūdų apdirbimo ciklas susideda iš grūdų priėmimo ir svėrimo, kokybės ir klasės nustatymo, panašaus tipo grūdų partijų formavimo, priemaišų pašalinimo, džiovinimo, pakartotinio grūdų valymo, aktyvaus ventiliavimo. Efektyviausia procesą vykdyti pastovaus darbo technologinėse linijose, nepertraukiant proceso iki pat grūdų paruošimo sandėliavimui (Zvicevičius, 2003).



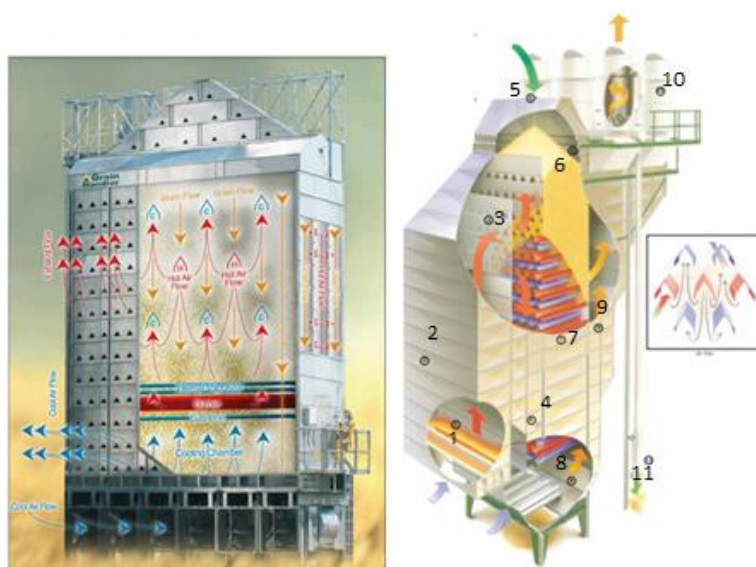
1.2 pav. Grūdų valymo proceso principinė schema (Butovchenko et al., 2018)

Valymas. Vienas svarbiausių grūdų perdirbimo procesų. Šio proceso metu atliekamas pirminis, antrinis, pramoninis grūdų, sėklinių javų ir ankštinių kultūrų, valymas. Aspiracijos sistemoje oras siurbiamas iš sietų kameros, užtikrinant lengvų priemaišų nusiurbimą. Oro srautas reguliuojamas pagal grūdų rūšį, priemaišų kiekį. Aukšto slėgio ventiliatoriaus srove stambias, smulkias ir lengvas nuovalas transportuoja ir nusodina ciklonu, vamzdyno apačioje. Vykdamas grūdų rūšiavimą, pro valymo įrenginių apačioje esančias angas, surenkamos smulkios ir stambios grūdų frakcijos. Lengvos priemaišos visuomet nusodinamos ciklonu (Butovchenko et al., 2018).

Išankstinis valymas (pirmąją parą) - svarbus tolimesnei grūdų kokybei: efektyviau įvykdomas tolimesnis apdirbimo procesas, vėlesniuose etapuose pasiekiamas produktyvesnis technologinės įrangos darbas. Atlikus

laboratorinius tyrimus, galima teigti, kad grūdų perdirbimo procesams tiekiami grūdai pasižymi 23 – 25 proc. drėgnumu, priemaišų drėgmė gali siekti net 40 – 45 proc. Neatlikus išankstinio valymo, drėgmė migruoja tarp priemaišų ir grūdų, didėja drėgmės kiekis javuose, auga grūdų džiovavimo kaštai. **Pirminis grūdų valymas** atliekamas jau išdžiovinus žaliavą. Šio proceso metu pašalinamos priemaišos, kokybės neatitinkantys grūdai. Valymo metu pašalinama apie 60% priemaišų. **Antrinis grūdų valymas** skirtas sėklinių grūdų paruošimui, sunkiai atskiriamų priemaišų pašalinimui. Šio proceso metu grūdų drėgnis neturi viršyti 3% (Pupinis, 2008; Butovchenko et al., 2018).

Grūdų džiovinimas. Tai yra pagrindinis grūdų konservavimo metodas. Džiovinimo procesu užtikrinamas standartus atitinkantis drėgmės lygis, siekiant patikimo sandėliavimo, išlaikant grūdų kokybines savybes. Dažniausiai įmonėse naudojamas grūdų džiovinimas, kai per grūdus leidžiamas pašildytas oras. Priklausomai nuo oro sąlygų ir grūdų drėgnio, oras džiovykloje pašildomas nuo 40⁰C – 80⁰C. Džiovyklos mechanizmas leidžia efektyviai valdyti procesą: matuojamos leistinos grūdų įkaitimo ir džiovinimo temperatūros. Oras pašildomas, jį leidžiant per šilumokaičius arba tiekiamas karštas iš kameros, kurioje sumontuoti gamtinių dujų degikliai (1.3 pav.). Vienam kilogramui grūdų drėgmės išgarinti sunaudojama nuo 2,5 iki 8 MJ šiluminės energijos ((Pupinis, 2008; Butovchenko et al., 2018)



1 – dujų degikliai, 2 – karšto oro kamera, 3 – žiežirbų filtras, 4 – džiovavimo/aušinimo kameros sklendės, 5 – grūdų padavimo anga, 6 – buferinė talpa, 7 – džiovavimo šachta, 8 – reguliuojamas išleidimo mechanizmas, 9 – išeinančio oro kamera, 10 – ventiliatorius – ciklonas, 11 – dulkių atskyrimo sistema.

1.3 pav. Grūdų džiovyklos (CIMBRIA Flow Dryer) džiovavimo proceso principinė schema [16]

Džiovinimas yra energijai imliausias, grūdų apdirbimo technologinėje linijoje, procesas. Grūdų džiovykloje vykdomi šie procesai: šiluminės energijos gamyba, dažniausiai deginant gamtines dujas ir šildant orą – šilumnešį, šilumnešio (karšto oro) transportavimas, grūdų džiovinimas, grūdų aušinimas, oro išvedimas į cikloną, atskiriant kietąsias daleles (KD). Šiluminės energijos gamyba vykdoma, deginant gamtines dujas degikliuose (žr. 1.3 pav.(1)) [16]. Džiovinimo proceso energijos imlumas priklauso nuo krosnies naudingumo koeficiento (n.k.), džiovykloje susidaranti šiluminės energijos nuostolių. Šie nuostoliai priklauso nuo

vamzdžių paviršius ploto, vamzdžių izoliacijos, džiovyklos konstrukcijos, oro pasiskirstymo džiovykloje ir išeinančio oro (išmetamų dujų) srauto debito bei temperatūros. Džiovykloje esantys vamzdžiai paprastai nėra gerai izoluoti. Šilumos nuostoliai vamzdžiuose gali būti nustatomi, matuojant šilumos srautą jutikliais. Išmetamų dujų srauto temperatūra kartais viršija 200 °C (žr. 1.6 lentelę) (Jokiniemi et al., 2011).

1.6 lentelė. Džiovyklų išmetamųjų dujų matavimų rezultatai (Jokiniemi et al., 2011).

Krosnies tipas	Kuro rūšis	CO ₂ / %	Išmetamų dujų temperatūra, °C	Degimo n.k., %
Šildymo katilas	Nafta	12,1	122	95
Džiovykla 1	Nafta	12,0	254	89
Džiovykla 2	Gamtinės dujos	9,3	200	91

Vis dažniau ieškoma būdų, kaip sumažinti energijos sąnaudas grūdų džiovinimui. Šiluminės energijos nuostolius iki 50 proc. galima sumažinti diegiant ŠG metodus: modernizuojant džiovyklas, keičiant džiovinimo technologinį procesą, įdiegiant šilumos regeneravimą (Jokiniemi et al., 2011).

Grūdų džiovyklose Lietuvoje populiariausia yra linijinių dujų degiklio sistema (1.4 pav.). Džiovinimo procesas valdomas automatiškai: modulyje tam tikruose lygiuose įrengti temperatūros ir drėgnio jutikliai; pagal gautąjį temperatūros ir drėgnio signalą vykdomas reguliavimas: gamtinių dujų padavimo į degiklius ir karšto oro ventiliatorių variklių apsukų (Pupinis, 2009).



1.4 Linijinių dujų degiklio sistema grūdų džiovyklose (Dotnuva Baltic).

Vieno džiovinimo proceso metu komercinių grūdų drėgnis sumažinamas 6 procentais, sėklinių – iki 4 – 5 procentų. Dideliu drėgnumu pasižymintįs grūdus džiovinama kelis kartus, pasiekiant 14% standartizuotą drėgnio ribą (Pupinis, 2009). Grūdų produktus apdirbant ir laikant, neišvengiami nuostoliai, kurie skirstomi į mechaninius ir biologinius. Mechaniniais nuostoliais laikomi produkto praradimai, pažeidimai juos perdurbant. Siekiant sumažinti nuostolius investuojama į naujus efektyvesnius įrenginius ir technologijas, pvz.: diegiant

šilumos srauto jutiklius, modernizuojant džiovyklas, keičiant džiovinimo technologinį procesą, įdiegiant šilumos regeneravimą. Biologiniais nuostoliais laikomi palankiomis sąlygomis besivystantys mikroorganizmai. Mikroorganizmai lemia didžiulius ekonominius praradimus, visišką produkto sugedimą. Biologiniai nuostoliai, kaip ir mechaniniai, atsiranda dėl netinkamo grūdų apdirbimo, konservavimo ir laikymo (Jokiniemi et al., 2011). Grūdams džiovinti sunaudojama 2-2,5 karto daugiau energijos, nei jiems užauginti. Energijos sąnaudos šiam procesui atlikti, atsižvelgiant į grūdų kokybinius parametrus (grūdų rūšis, drėgnis), siekia nuo 36 kWh/t iki 88 kWh/t (Pupinis, 2009).

Apibendrinant, galima teigti, kad grūdų valymas ir džiovinimas yra svarbiausi grūdų perdirbimo procesai. Siekiant užtikrinti gautos produkcijos kokybę, naudojami valymo ir konservavimo metodai nėra ekonomiškai ir tuo pačiu aplinkosaugini požiūriu efektyvūs: grūdams džiovinti naudojamos džiovyklos yra itin imlios energijai (dažniausiai – iš neatsinaujintų energijos šaltinių), su dūmais gaunami dideli šiluminės energijos nuostoliai; jų įdiegimas reikalauja didelių investicijų, kai džiovyklos naudojamos tik kelis mėnesius per metus. Senkantys energijos resursai ir griežtėjantys su aplinkos apsauga bei energetika susiję reikalavimai, verčia įmones tobulinti pramonės perdirbimo procesus, ieškoti ekonomiškai efektyvesnių sprendimų.

2. TYRIMO METODIKA

Darbo objektas: grūdų perdirbimo procesai.

Detalesniam tyrimui ir eksperimentui pasirinktas objektas – grūdų perdirbimo įmonė UAB „Baltic Agro“. Tyrime analizuojamas įmonės padalinys, esantis Panevėžyje – sėklų fabrikas.

Tyrimo etapai sutampa su darbo uždaviniais:

1. Mokslinės ir praktinės literatūros apžvalga, statistinių duomenų bei aplinkosaugos teisinių reikalavimų analizė, nustatant aplinkosauginio veiksmingumo didinimo galimybes grūdų perdirbimo procesuose.
2. UAB „Baltic Agro“ medžiagų bei energijos srautų analizė, nustatant daromą poveikį aplinkai, aplinkosaugines problemas ir jų atsiradimo priežastis (*taikant ŠG koncepcijos diegimo pramonės įmonėse metodiką*).
3. Taršos prevencijos ir atliekų mažinimo inovacijų pasiūlymas ir jų įvykdomumo analizė.
4. UAB „Baltic Agro“ planuojamo aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimas.
5. Rekomendacijų grūdų perdirbimo įmonėms pateikimas.

Detalesnis etapų aprašymas:

Aplinkosaugos problemų identifikavimas UAB „Baltic Agro“:

Siekiant nustatyti aplinkos apsaugos problemas ir jų susidaro priežastis įmonėje, naudoti šie ŠG koncepcijos diegimo pramonės įmonėse metodikos įrankiai:

- medžiagų ir energijos srautų analizė,
- medžiagų ir energijos balanso,
- kuro ir energijos balanso sudarymas

Laukiami rezultatai:

- procesų daromas poveikis aplinkai;
- nustatytas gamybos įrenginių darbo efektyvumas,
- įvertinti energijos nuostoliai,
- įvertinti neefektyviai sunaudotų išteklių kiekiai;
- nustatytas susidarančių BSA kiekis;
- nustatytos kitos galimos aplinkosauginės problemos, Lietuvos statistikos departamento rodiklių duomenų bazių, duomenimis;

Grūdų perdirbimo procesų pirminis aplinkos apsaugos įvertinimas ir aplinkosauginio veiksmingumo didinimo galimybių vertinimas atliktas, naudojant:

- mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus,
- konsultuojantis su KTU APINI specialistais,
- konsultuojantis su UAB „Baltic Agro“ technologais, konsultuojantis, kitais įmonės specialistais;
- naudojant asmeninę patirtį, dirbant grūdų kokybės nustatymo srityje.

Toliau pateiktos šiame etape teoriniam vertinimui naudojamos formulės:

1. Kuro ir energijos balansas įmonėje (Staniškis et al., 2010):

$$K_k \times Q_n = Q + N, \quad [1]$$

čia

K_k – sudeginto kuro kiekis, t arba 1000 m³;

Q_n – kuro žemutinė šilumingumo vertė (MWh/t arba MWh/1000 m³);

Q – per ataskaitinį laikotarpį pagamintas energijos kiekis (MWh/m.);

N – energijos nuostoliai (MWh/m.).

2. Kuro kiekis, kuri reikia sudeginti katilinėje siekiant pagaminti reikiama kiekį energijos:

$$K_k = Q \times 3,6 / (Q_n \times \eta), \quad [2]$$

čia

K_k – sudeginamas kuro kiekis (t, deginant kietąjį ar skystąjį kurą arba tūkst. m³, deginant gamtines dujas);

Q – pagamintas šilumos energijos kiekis (MWh/m.);

Q_n – kuro žemutinė šilumingumo vertė (MWh/t arba MWh/1000 m³);

η – šilumos gamybos naudingumo koeficientas.

3. Sudeginamo kuro energetinė vertė apskaičiuojama formule:

$$K_{en} = K_k \times Q_n / 3,6, \quad [3]$$

čia

K_{en} – sudeginto kuro energetinė vertė (MWh); 1 MWh = 3,6 GJ;

K_k – sudeginamas kuro kiekis (t arba 1000 m³);

Q_n – kuro žemutinė šilumingumo vertė (MWh/t arba MWh/1000 m³).

4. Kuro deginimo metu išsiskiriančių orą teršiančių išmetimams apskaičiuoti naudojama Europos aplinkos apsaugos agentūros į atmosferą išmetamų teršalų apskaitos metodika (EMER/CORINAIR, 2016) ir joje pateikta formulė:

$$E_T = K_{en} \times EF \times 10^{-6}, \quad [4]$$

čia

E_T – išsiskiriančio teršalo kiekis per ataskaitinį laikotarpį (t/m.);

K_{en} – sudeginamo kuro energetinė vertė (GJ/m.);

EF – emisijų faktorius (g/GJ) (žr. 2.1 lentelę)

2.1 lentelė. Pramonės sektoriuje deginant gamtines dujas ir biokurą, išsiskiriančių oro teršalų EF (EMEP/CORINAIR, 2016)

Deginamo kuro rūšis	Metodikos lentelės Nr.	Teršalų emisijų faktoriai (T_{ef}), g/GJ				
		CO	NO _x	SO _x	KD	NMLOJ
Gamtinės dujos	3-4	39	89	0,281	0,89	2,6
Biokuras	3-7	90	81	10,8	172	7,31

5. Deginant kurą, išmetamųjų ŠESD kiekio apskaičiavimui naudojama metodika, pateikta IPCC, 2006):

$$\dot{S}_{ESD} = K_{en} \times EF \times 10^{-3}, \quad [5]$$

čia

\dot{S}_{ESD} – išmetamųjų ŠESD kiekis (t/m.);

K_{en} –sudeginamo kuro energetinė vertė (TJ/m.);

EF – ŠESD emisijos rodiklis (kg/TJ) (CO₂ - žr. 2.2 lentelę).

2.2 lentelė. CO₂ emisijų rodikliai, deginant kurą pramonės sektoriuje, kg/TJ (IPCC, 2006)

Kuro rūšis	CO ₂
Gamtinės dujos	56 100
Biodujos	70 800
Malkos ir medienos atliekos	112 000

6. BSA kiekiui grūdų perdirbime nustatyti naudojama formulė:

$$BSA = A_{išv} + A_{ats} = \dot{Z} - P - D_{nuost} \quad [6]$$

čia

BSA – bendras BSA kiekis (t/m.);

P – pagamintos produkcijos kiekis (t/m.);

Z – sunaudotos žaliavos masė (t/m.);

$A_{išv}$ – atliekų (išvalų) kiekis (t/m.);

A_{ats} – atliekų (atsijų) kiekis (t/m.);

D_{nuost} – išgarinta drėgmė, grūdų džiovavimo proceso metu (t/m.)

Aplinkos apsaugos problemų priežasčių nustatymas

Pirmame aplinkos apsaugos įvertinimo etape bus pasiekti šie rezultatai:

- visų procesų medžiagų balanso sudarymas leis nustatyti faktinį BSA kiekį,
- kuro ir energijos balansas leis identifikuoti aplinkos apsaugos problemas šiluminės energijos srityje;
- pagrindinės neefektyvios energijos naudojimo priežastis grūdų perdirbime (Staniškis et al., 2010):
 - pasenusi džiovyklos technologija,
 - grūdų džiovykloje naudojami pasenę degikliai,
 - netinkama izoliacijos,
 - jautrumas oro sąlygoms;

Prevenicinių inovacijų pasiūlymas ir įvykdomumo analizė

Pasiūlymų įvykdomumo analizei atlikti darbe naudojami Švaresnės gamybos koncepcijoje siūlomi pagrindiniai taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodai. Lietuvos grūdų pramonėje plačiausiai diegiami procesų optimizavimo, technologijos gerinimo ir pakeitimo metodai. Analizuojant inovacijų įvykdomumo galimybes,

atliekamas jų techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas. Atliekant techninį įvertinimą, analizuojamas alternatyvos techninis įvykdomumas, situacijai po įdiegimo sudaromas grūdų perdirbimo procesų medžiagų ir energijos, kuro – energijos balansas. Atliekant ŠG įvykdomumo analizę, vertinti absoliutiniai AAI prieš ir po projekto įdiegimo, nustatant planuojamą aplinkosaugos efektą (AAE) (Staniškis et al., 2002, 2010).

Pasiūlymo ekonominiam įvertinimui naudojamos formulės (Kliopova, 2002; Staniškis et al., 2010):

$$S = K_{iki} - K_{po}, \quad [7]$$

čia

S – įdiegus pasiūlymą sutaupomos lėšos (EUR/m.);

K_{iki} – tiesioginiai procesų kaštai iki pasiūlymo įdiegimo (EUR/m.);

K_{po} – tiesioginiai procesų kaštai po pasiūlymo diegimo (EUR/m.).

$$AT = I/S \quad [8]$$

čia

AT – investicijų atsipirkimo trukmė, EUR;

I – inovacijos diegimo investicijos, EUR;

S – įdiegus pasiūlymą sutaupomos lėšos (EUR/m.) (žr. 7 formulę)

Aplinkosauginio veiksmingumo nustatymas:

Aplinkosauginis veiksmingumas (AAV) vertinamas, naudojant darbo 1.4.3 poskyryje aptartą AAI metodą (Staniškis et al., 2010):

$$AAV = AAI_{prieš} - AAI_{po} = S_{prieš}/P_{prieš} - S_{po}/P_{po}, \quad [9]$$

čia

$AAI_{prieš}$ – santykinis AAI iki pasiūlymo diegimo (vnt./t.);

AAI_{po} – santykinis AAI po pasiūlymo įdiegimo (vnt./t.).

$S_{prieš}$ – apskaičiuota sąnaudų reikšmė prieš pasiūlymo diegimą (vnt./m.);

$P_{prieš}$ – gaminamos produkcijos kiekis, prieš pasiūlymo diegimą (vnt./m.);

S_{po} – planuojama sąnaudų reikšmė po pasiūlymo įdiegimo (vnt./m.);

P_{po} – planuojamos gaminti produkcijos kiekis po pasiūlymo diegimo (vnt./m.).

Inovacijos diegimo aplinkosauginis tikslas yra pagerinti AAI (t.y. sumažinti), mažinant technologinio proceso įtaką aplinkai.

Elektros energijos sąnaudų pašaro maišyklei nustatymui naudojama formulė:

$$E_S = E_{SV} \times D_S \quad [10]$$

čia

E_{SV} – įrenginio instaliuota elektros galia, kW;

D_S – darbo valandų skaičius per metus, h/m.

E_S - elektros energijos sąnaudos, kWh/m.

Grūdų kokybės kontrolės valdymo metodika

Grūdų kokybei įtakos turi keli veiksniai: sėklos, naudojamos sėjai, kokybė, beicas, efektyvus trąšų kiekis, augalų apsaugos priemonės, perdirbimas bei sandėliavimas (Doohan, et al., 2003). Kokybės kontrolės valdymo metodika skirta reikšmingiems grūdų perdirbimo kontrolės aspektams valdyti. Identifikavus reikšmingus aplinkos apsaugos aspektus, parinkta grūdų kokybės parametrų kontrolės valdymo sistema.

Šios valdymo sistemos objektas – grūdai. Grūdų kokybės parametrai kinta atsižvelgiant į šiuos veiksnius:

- fiziniai: temperatūra, drėgmės kiekis, sandėliavimo struktūra;
- cheminiai: anglies dioksido, deguonies poveikis grūdams;
- biologiniai: grūdų parametrai, mikroorganizmų, vabzdžių sąveika (Karunakaran et al, 2003).

Grūdų kokybės parametrų kontrolė atliekama UAB „Baltic Agro“ laboratorijoje, naudojant 2.2 paveiksle pateiktus prietaisus: *Infratec 1241 Grain* analizatoriumi, *Fungal Falling Number 1500* natūrinio vieneto indu. Parametrų kontrolė susideda iš atvežamos žaliavos juslinių, fizinių, cheminių, mikrobiologinių tyrimų. Nustatoma grūdų klasė, sėklų ėminiai daiginami, siekiant nustatyti gyvybingumo ir daigumo rodiklius. Tyrimo metu bus nustatyti grūdų kokybiniai rodikliai, įtakoiantys BSA susidarymui: jusliniai (kvapas, spalva), bendras priemaišų kiekis, šiukšlinių ir grūdinių priemaišų kiekis [10].



1 - „Infratec 1241 Grain“ prietaisas (Hostivařská 538/56, 102 00 Praha),

2 - Fungal Falling Number 1500 (Perten),

3 - natūrinio vieneto indas

2.2 pav. Fizikinių ir cheminių grūdų rodiklių tyrimų prietaisai

Jusliniai rodikliai (spalva ir kvapas), nustatyti vadovaujantis standartu LST 1592:2000 Grūdai. Kvapo ir spalvos nustatymo metodai [9].

Grūdų kokybės kontrolės valdymo sistema

Pagrindinis grūdų kokybės kontrolės valdymo tikslas yra tinkamų strateginių veiksmų $U(t)$ taikymas grūdų kokybės kontrolės procesams, kurie užtikrintų sistemos tikslų įgyvendinimą $X_m(t)$ (Kliopova, Petraškienė, 2009). Svarbiausi technologinių procesų kontrolės parametrai reikiamai grūdų kokybei užtikrinti yra:

- temperatūra grūdų džiovavimo proceso metu;
- drėgmės kiekis grūdų sandėliavimo metu.

Todėl valdymo sistema kuriama šiems grūdų kokybės parametrams (būsenos kintamiesiems) valdyti (Rangarajan et al., 2011):

- $X_{is1}(t)$ – drėgmės kiekis džiovintuose grūduose, %;
- $X_{is2}(t)$ – grūdų gyvybingumas (daigumo rodiklius), %;
- $X_{is3}(t)$ – priemaišų kiekis grūduose, %;
- $X_{is4}(t)$ – užkrėtimas mikroorganizmais, vnt.

Būsenos kintamieji turi tam tikrus apribojimus, pateiktus grūdų kokybės standarte, pavyzdžiui, apribojimai miežiams (žr. 2.3 lentelę):

- $X_{in1}(t)$ – drėgmės kiekis džiovintuose grūduose <14%;
- $X_{in2}(t)$ – gyvybingų grūdų kiekis >85%;
- $X_{in3}(t)$ – bendras priemaišų kiekis grūduose <3%;
- $X_{in4}(t)$ – šiukšlinių priemaišų kiekis grūduose <1%;

2.3 lentelė. Baziniai javų kokybės rodikliai

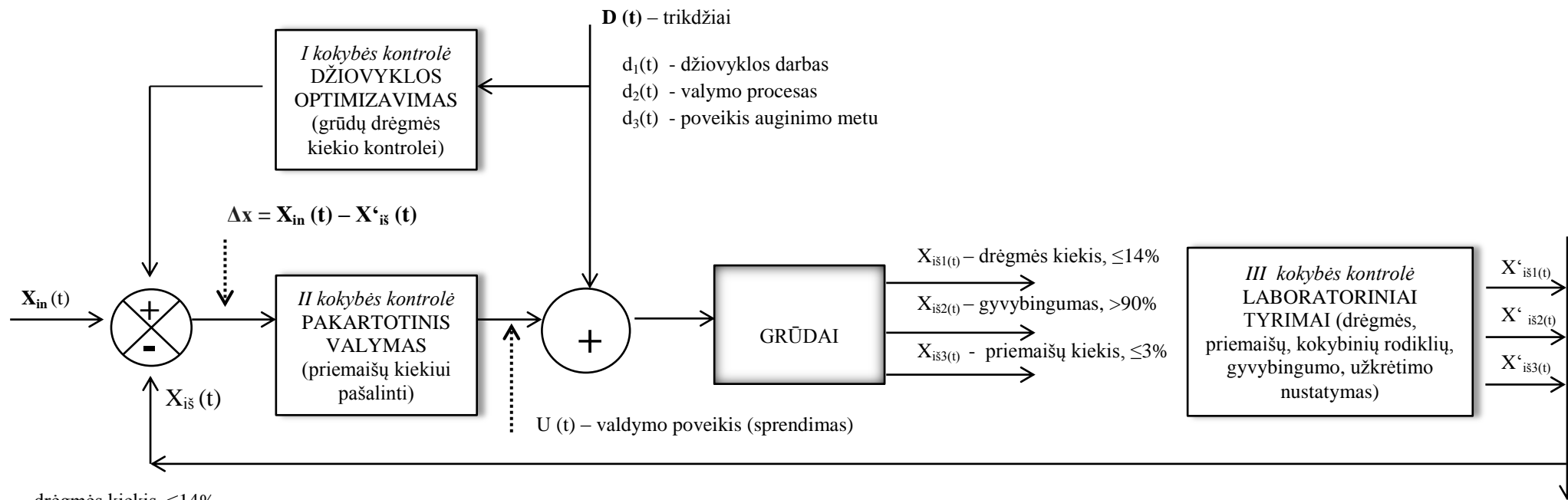
Rodiklio pavadinimas	Kviečiai [10]	Miežiai[11]	Rugiai[12]	Kvietrugiai[13]
Drėgnis, %	14,0	14,0	14,0	14,0
Bendras priemaišų kiekis, ne daugiau kaip, %	6,0	3,0	9,0	12,0
Šiukšlinių priemaišų kiekis, ne daugiau kaip%	1,0	1,0	1,0	1,0
Grūdinių priemaišų kiekis, ne daugiau kaip %	5,0	8,0	8,0	9,0
Daigumas, %	95,0	85,0	95,0	90,0

Šie apribojimai valdymo sistemoje vertinami kaip valdymo tikslai, o nuokrypis nuo tikslų (ΔX)-atsiranda dėl kontroliuojamų ir nekontroliuojamų trikdžių $D(t)$ poveikio (Kliopova ir Petraškienė, 2013).

Siūlomoje valdymo sistemos trikdžių $D(t)$ pavyzdžiai:

- $d_1(t)$ – grūdų džiovintos neefektyvus darbas (sena technologija, kt.);
- $d_2(t)$ – nepakankamas grūdų išvalymo procesas;
- $d_3(t)$ – poveikis auginimo metu.

Klimatinės sąlygos, tręšimas, derliaus nuėmimo laikas, turi įtakos grūdų kokybei, tačiau negali būti kontroliuojamas valdymo sistemoje. Nektroliuojamieji kintamieji (trikdžiai) lemia grūdų kokybę ir stimuliuoja valdymo sistemos veikimą. Drėgmės kiekiui grūduose valdyti siūlomas trikdžio $d_1(t)$ kompensavimo sprendimas – optimizuoti džiovintos darbas; priemaišų kiekiui grūduose valdyti siūlomas grįžtamo ryšio sprendimas: atlikti kokybės parametrų kontrolę ir, esant poreikiui, pakartotinai atlikti grūdų valymą. Grūdų kokybės kontrolės valdymo sistema pateikta 2.3 paveiksle.



$X_{in1}(t)$ – drėgmės kiekis, $\leq 14\%$

$X_{in2}(t)$ – gyvybingumas, $> 90\%$

$X_{in3}(t)$ - priemaišų kiekis, $\leq 3\%$

2.3 pav. Grūdų kokybės kontrolės valdymo sistema (trikdžių kompensavimo ir grįžtamojo ryšio)

Grūdų perdirbimo procesų energijos ir išteklių efektyvumo valdymo sistema

Remiantis Lietuvos Statistikos Departamento duomenimis, grūdų pramonės įmonėse kasmet pateikiama apie 2 mln. tonų įvairių rūšių šalyje išauginamų grūdų ir pagaminama apie tonų įvairių grūdų pramonės produktų. Dauguma šia veikla užsiimančių įmonių šiluminės energijos gamybai naudoja gamtines dujas.

Kasmet bendrai visose grūdų perdirbimo įmonėse susidaro apie 100 000 tonų BSA, dalis iš kurių gali būti panaudota alternatyvios šiluminės energijos gamybai (iki 300 000 MWh/m.) (Kliopova, Petraškienė, 2009).

Dalinis gamtinių dujų pakeitimas BSA leistų sumažinti ne biogeninės kilmės CO₂ - iki 67 tūkst. tonų per metus. Pagamintas biokuras gali būti deginamas įvairiuose grūdų perdirbimo technologiniuose procesuose bei gaminant šilumą (karštą vandenį) patalpų apšildymui. Įmonė, pagaminant ir nuosavoms reikmėms nepanaudota perteklinį biokurą, gali sėkmingai parduoti (Kliopova et al., 2013).

Energijos ir išteklių efektyvumo didinimo valdymo sistemos tikslas – suformuluoti ir grūdų perdirbimo procesams pritaikyti galimus strateginius veiksmus, kurie užtikrintų šios sistemos tikslų įvykdymą. Šiam tikslui pasiekti taikomi ŠG prevenciniai metodai (Kliopova ir Staniškis, 2003).

Valdymo sistemos objektas – grūdų perdirbimo procesai.

$\mathbf{X}_{is}(t)$ – objekto reikšmingi AAI – įvertinti sistemos būsenos kintamieji, pvz.:

- $X_{is1}(t)$ – BSA kiekis, t/m. arba kg/t GP;
- $X_{is2}(t)$ – gamtinių dujų sąnaudos, nm³/m. arba nm³/t GP.

Viso grūdų perdirbimo proceso metu turi tam tikrus apribojimus ($\mathbf{X}_{in}(t)$): aplinkosauginius, produkto kokybės reikalavimai, technologiniai reikalavimai žaliavų, energijos, vandens sunaudojimui. Šie apribojimai valdymo procese vertinami kaip kontrolės tikslai (Kliopova et al., 2013):

- $X_{in1}(t): X_{is1}(t) \rightarrow 0$
- $X_{in2}(t): 0 < X_{is2}(t) < X_{in2}(t)$ arba $X_{is2}(t) \rightarrow 0$

BSA kiekis, gaunamas grūdų perdirbimo proceso metu, gali priklausyti nuo kelių veiksnių:

- grūdų kokybė gali priklausyti nuo grūdų auginimo ir surinkimo technologijų;
- klimatinės sąlygos grūdų augimo metu;
- išvalos pasižymi aukštu drėgmės kiekiu, tai neigiamai veikia kuro padavimo sistemas. Aukštas drėgmės lygis mažina jo šilumingumą ir skatina žaliavos biodegradaciją;
- papildomos kuro sąnaudos išvalų džiovinimui (Jokiniemi et al., 2011).

$\mathbf{D}(t)$ – valdymo sistemos trikdžiai:

- $d_1(t)$ – kintantis BSA kiekis dėl klimatinės sąlygų;
- $d_2(t)$ – žaliavos kokybė.

Grūdų perdirbimo įmonėje UAB „Baltic Agro“ nustatyti valdomo proceso tikslai:

- BSA kiekio eliminavimas ir
- gamtinių dujų sąnaudų sumažinimas grūdų perdirbimo technologiniuose procesuose.

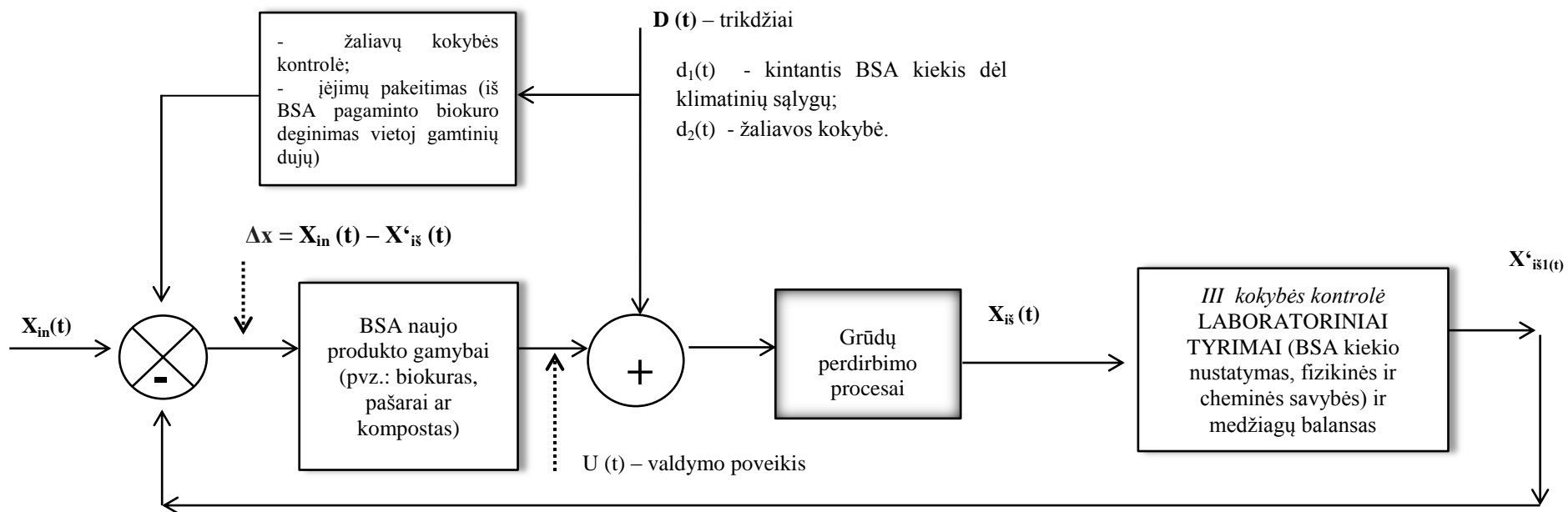
BSA sudaro:

- grūdų priemaišos: skaldyti, sudygę, sumaišyti su kitomis kultūromis grūdai, pažeisti kenkėjų *bei*
- atliekų priemaišos: kitos sėklos, mineralinės ar organinės priemaišos, negyvi kenkėjai ar jų dalys, kietosios dalelės iš į orą išmetamų teršalų.

Didžiausias kiekis BSA susidaro džiovinimo ir valymo technologiniuose procesuose (iki 80%) (Butovchenko et al., 2018). UAB „Baltic Agro“ technologinių procesų metu susidarančios BSA kurį laiką sandėliuojamos ir vėliau parduodamos pašarų gamybos įmonei.

Norint pasiekti sistemos tikslų įgyvendinimą $\mathbf{X}_m(\mathbf{t})$, galimi keli strateginiai veiksmai $\mathbf{U}(\mathbf{t})$, pavyzdžiui,

- prevenciniai (trikdžio kompensavimo) sprendimai sumažinti BSA kiekį ir padidinti išteklių naudojimo efektyvumą:
 - sugriežtinti reikalavimai priimamų žaliavų kokybei ir pagerinti priimamų grūdų kontrolę;
 - įėjimų pakeitimas (BSA arba iš BSA pagaminto biokuro deginimas vietoj gamtinių dujų šiluminės energijos gamybai);
- antrinės priemonės (grįžtamo ryšio): iš BSA naujo produkto gamyba, pavyzdžiui, biokuro, pašarų, komposto.



2.4 pav. Grūdų perdirbimo procesų energijos ir išteklių naudojimo efektyvumo valdymo sistema (Kliopova et al., 2013)

3. UAB „BALTIC AGRO“ GRŪDŲ PERDIRBIMO PROCESŲ POVEIKIS APLINKAI IR JO PRIEŽASČIŲ NUSTATYMAS

3.1 Eksperimentui pasirinkto objekto aprašymas

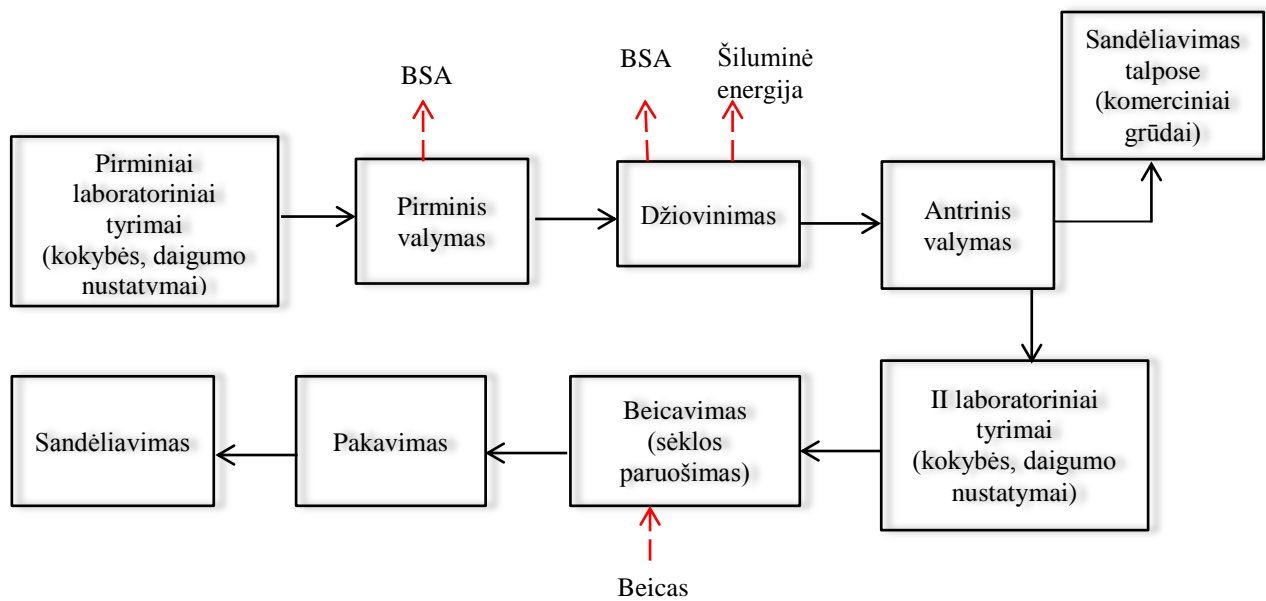
Eksperimentui atlikti pasirinkta viena stambiausių grūdų perdirbimo įmonių Lietuvoje - UAB „Baltic Agro“. Pagrindiniai įmonės gamybiniai padaliniai yra Vilkaviškyje ir svarbiausias – Panevėžyje esantis sėklų fabrikas. Pagrindinė UAB „Baltic Agro“ veikla: prekyba grūdais, jų paruošimas, saugojimas, perdirbimas ir realizavimas, prekyba žaliavomis, trąšomis. Sertifikuota ir kokybiška auginama sėkla paruošiama 2004 m. įkurtame naują ir 2014 m. modernizuotame sėklų fabrike Panevėžyje. Paruoštos sėklos tiekiamos Lietuvos, Latvijos, Estijos ir Danijos rinkoms. 2014 metais sėklų fabrikas išplėtė savo veiklą, įrengdamas elevatorių. Eksperimente analizuojamame objekte kasmet paruošiama apie 24 000 tonų sertifikuotos sėklos ir apie 50 000 tonų pramoninių javų.



1 – sandėlis Nr.1, 2 – laboratorija ir administracinės patalpos, 3 – sandėlis Nr.2, 4 – gamybinės patalpos, 5 – džiovykla Nr.1, 6 - džiovykla Nr.2, 7 – grūdų laikymo talpos.

3.1 pav. Analizuojama grūdų perdirbimo įmonė UAB „Baltic Agro“

Pagrindiniai įmonės gamybos procesai yra žaliavos priėmimas ir kokybės laboratoriniai tyrimai, pirminis valymas, džiovinimas, antrinis valymas, beicavimas, pakavimas ir sandėliavimas (3.2 pav.).



3.2 pav. UAB „Baltic Agro“ gamybos procesų diagrama ir pagrindiniai aplinkosauginiai aspektai

Detaliau aprašomi gamybos procesai, kurie susiję su aplinkos apsaugos problemų atsiradimu ir jų tolimesne analize:

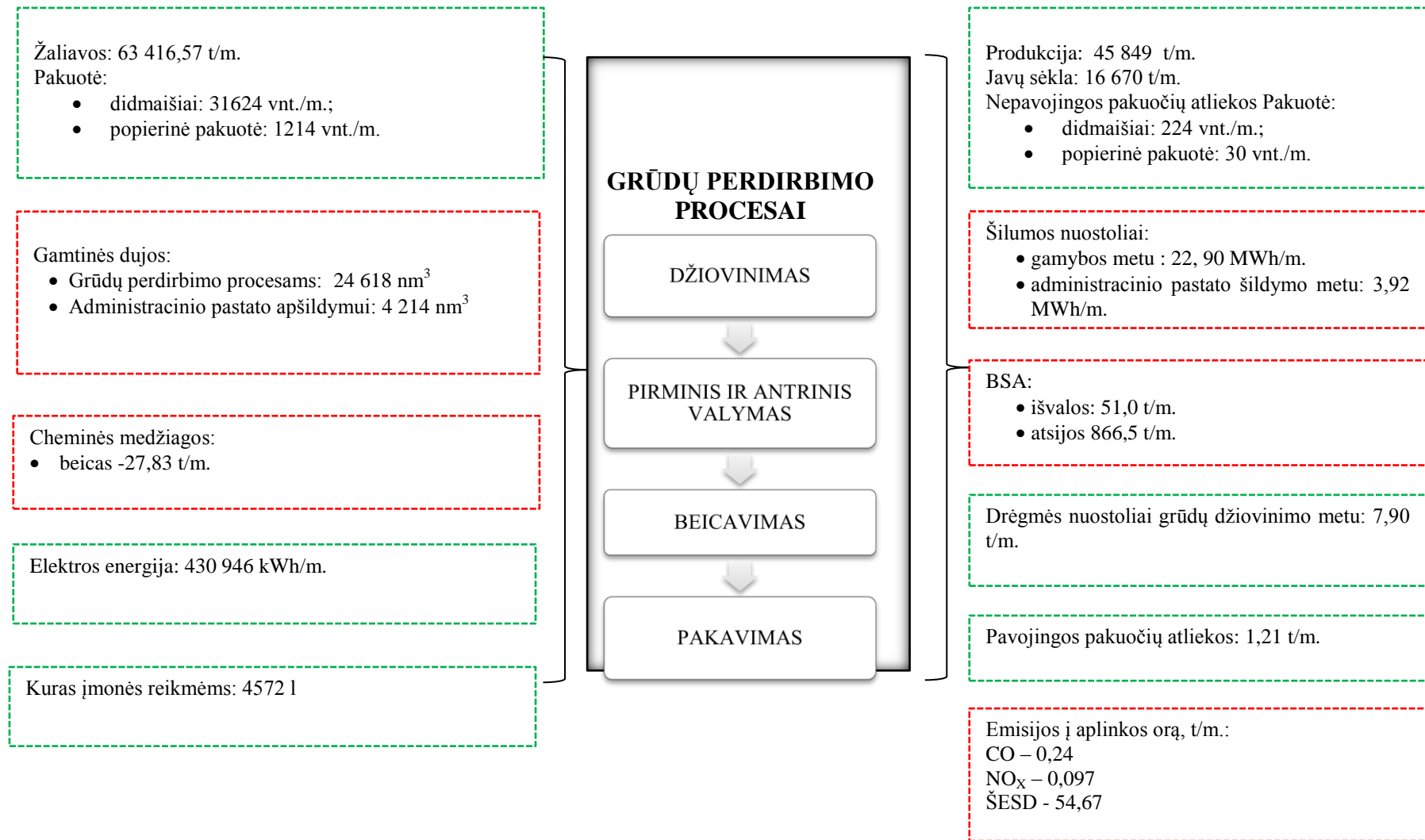
1. Džiovinimo procesui atlikti įmonėje naudojama šachtinė grūdų džiovykla CIMBRIA. Priklausomai nuo gaunamos žaliavos kokybės, įmonėje kasmet išdžiovinamas nuo 30 iki 90 tūkst. tonų grūdų. Džiovinimo procesas susideda iš kelių etapų: paruošimo, paleidimo, proceso reguliavimo ir stabdymo. Vieno džiovinimo metu grūdų kiekio drėgnis tarpusavyje nesiskiria daugiau kaip 4% ir paruošiama 700 tonų reikiamo drėgmės kiekio produkcijos. Gamtinių dujų degimo kameroje reguliuojama temperatūra siekia nuo 20 – 50 °C, atsižvelgiant į oro sąlygas, grūdų kokybę. Baigiant džiovinimą palaikoma 2-3 kartus žemesnė agento temperatūra. 2018 metais grūdų džiovinimo procesui nukreipta 8 000 tonų komercinių ir sėklinių grūdų (10% visos gautos žaliavos). Dėl tiekiamo karšto oro ir aplinkos sąlygų skirtumų, džiovyklos konstrukcijos (prasta vamzdžių izoliacija), oro paskirstymo džiovykloje, gaunami šiluminės energijos nuostoliai.
2. Valymo procesui naudojama CIMBRIA valymo ir rūšiavimo mašina, sėkliniams ir komerciniams grūdams perdirbti. Pirminio ir antrinio valymo metu naudojami skirtingų matmenų sietai, norimoms kultūroms išvalyti. Žaliava, patekusi į piltuvą, atsvarais reguliuojamu paskirstymo vožtuvu paskleidžiama visu įrenginio pločiu. Pirminio apdorojimo metu oras siurbiamas per grūdų sluoksnį, atskiriant smulkias ir lengvas nuovalas, kurias transportuojamos ir nusodinamos ciklonu, vamzdyno apačioje. 2018 metais, išvalyta 36 tūkst. tonų grūdų, pirminio valymo metu susidarė 51 tona smulkių ir lengvų nuovalų. Viršutinis sietas sulaiko stambesnius nekondicinius grūdus (atsijas), kurie išbyra iš įrenginio pro šoninę išvadą, o išvalyti, tinkamai paruošti grūdai patenka ant apatinio sieto. 2018 metais susidarė 866,5 tonų. Po valymo proceso, orą siurbiant pro dvigubą grūdų kaskadą, pašalinamos dulkės, lengvos priemaišos, smulkūs, lengvi, suskilę, nekokybiški grūdai. Dulkėtas oras iš ventiliatoriaus nukreipiamas į cikloną ar filtrą.

3. Beicavimo procese, LR standartus atitinkanti sėkla, tolygiai apdorojama veiksmingų augalų apsaugos priemonių kiekiais. Sėklų apsaugos nuo ligų pagrindą sudaro veiksmingas beicas, kurio sudėtyje yra efektyvios veikliosios medžiagos. Sėklos apdorojimui įmonėje naudojamas dviejų rūšių beicas – Baytan Trio ir Celeste Trio. Beicavimo patalpoje, specialia įranga, tolygiai paskirstomas beico kiekis, kad pasidengtų visas grūdo paviršius. Efektyviam beicavimui įtakos turi tinkamas sėklinės medžiagos paruošimas, beico rūšis, proceso įranga, darbuotojų kompetencija. 2018 metais beicavimui sunaudota 28 tonos beico, paruošta 20 tūkst. tonų sėklos. Nors tai efektyvus būdas apsaugoti augalą nuo įvairių kenkėjų, ligų ir jų plitimo, beico tirpale esančios cheminės medžiagos yra pavojingos aplinkai ir darbuotojų sveikatai. Cheminių medžiagų naudojimas reikalauja privalomų saugos priemonių. Pirminė procesų analizė parodė, kad saugos priemonių, kurių reikia laikytis, laikomasi ne visada: nedėvimos pirštinių, kaukės, apsauginė apranga. Cheminės medžiagos, nors ir laikomos uždaroje patalpoje, paliekamos nesandarios, tuščios pakuotės neišskalaujamos [14].

3.2 UAB „Baltic Agro“ aplinkosauginis įvertinimas, aplinkos apsaugos problemų ir priežasčių identifikavimas

Didėjant konkurencijai, aplinkos apsaugos teisiniams reikalavimams, energijos bei žaliavų kaštams, ieškoma sprendimų gaminio tobulinimui, mažinant energetinių išteklių sąnaudas ir efektyviai tvarkant atliekas. Audito metu nustatčius aplinkos apsaugos aspektus ir poveikį aplinkai, kartu su vadovybe ir įmonės specialistais, priimtas sprendimas spręsti aplinkosaugines problemas, susijusias su gamybinių procesų poveikiu aplinkai (su produkcija susijusių šalutinių produktų reciklas, poveikio aplinkai mažinimas). Dėl šios priežasties atlikta įmonės procesų analizė, nustatant perdirbimo procesuose susidarančių atliekų kiekius. Nagrinėjant mokslinių tyrimų, atliktų grūdų pramonės tema, analizę taip pat įmonės audito metu bei analizuojant grūdų perdirbimo procesus, nustatyta, kad iki šiol medžiagų ir energijos balansas nebuvo teisingai vertinamas, nenustatant grūdų drėgnio grūdų džiovavimo proceso metu. Tai svarbu vertinant tikslų BSA kiekį, todėl siekiant nustatyti tikslesnius tyrimų rezultatus ir BSA panaudojimo galimybes, atsižvelgiama į šį vertinimą.

Kartu su KTU APINI ir įmonės specialistais, atliktas aplinkos apsaugos auditas, siekiant nustatyti esmines aplinkosaugines problemas bei jų poveikį aplinkai. Audito metu analizuojami pagrindiniai grūdų perdirbimo srautai, įvertinti technologiniai procesai, sudarytas medžiagų ir energijos balansas (žr. 3.3). Pirminio įvertinimo metu atrinkti šie procesai tolimesnei analizei: valymas, džiovinimas ir beicavimas (3.3 pav.)



3.3 pav. Pagrindiniai medžiagų ir energijos srautai grūdų perdirbimo procesuose

Procesų poveikis aplinkai priklauso nuo kelių veiksnių: gaminamų produktų, technologinių procesų, techninės įrenginių būklės, procesų valdymo įrangos, procesų valdymo sistemos, personalo kompetencijos ir kita (Staniškis et al., 2010).

Analizuojant duomenis nustatyta, kad 2018 m. įmonėje buvo išdžiovinta 10 74,7 tonų grūdų. Drėgmės nuostoliai, džiovinant javus, sudaro 7, 901 tūkst. t/m., sausų javų kiekis tolimesniems perdirbimo procesams vykdyti sudarė 45, 849 tūkst. t/m. Nuovalų ir atsijų kiekis, nurodytas 3.1 lentelėje, neviršija 14,5% drėgmės kiekio ir gali būti naudojamas didinti išteklių efektyvumą ir taip optimizuoti procesus.

3.1 lentelė. UAB „Baltic Agro“ grūdų kokybės rodikliai ir sudėtis

Produkcija,	vnt./m.
Gautas javų kiekis ¹ tūkst. t/m	46, 760
Nuovalos (lengvoji frakcija) t/m.	51,0
Atsijos (stambios ir smulkios nuovalos) t/m.	866,5
Drėgmės nuostoliai išdžiovinus tūkst. t/m.	7, 901
Viso sausų javų tūkst. t/m.	45, 849

¹Pastaba: javų vertinimui pasirinktos kultūros, iš kurių grūdų perdirbimo proceso metu gaunamos BSA: (kviečiai, miežiai, avižos, rugiai, kvietrugiai, salykliniai miežiai). Nurodytas visas sausų ir drėgnų javų kiekis.

UAB „Baltic Agro“ grūdų perdirbimo procesuose gautų BSA kokybinė sudėtis:

- grūdinės priemaišos: skaldyti, sudygę grūdai, smulkūs grūdai, kitų javų grūdai, kenkėjų pažeisti grūdai, patamsėję ir fuzariozės pažeisti grūdai, džiovinant pažeisti grūdai.
- šiukšlinės priemaišos: pašalinės sėklos, sugedę grūdai, mineralinės ir organinės priemaišos, skalsės, kūlėti grūdai, negyvi vabzdžiai ir jų dalys;
- grūdų lukštai;
- sėlenos;
- kietosios dalelės surinkimo ciklonuose.

Analizuojant įmonėje susidarančių BSA kiekius, matomas jo augimas: 2016 m. – 382 t, 2017 – 452 t, 2018 – 915,7 t, todėl galima teigti, kad atliekų kiekis, apdorojant grūdus, kasmet didėja .

Gamtinės dujos naudojamos katilinėje, gaminant šiluminę energiją, administracinio pastato apšildymui. CO₂ kiekiui įvertinti naudojama darbo metodikos 6 formulė. Išsiskiriantis CO₂ kiekis apskaičiuojamas pagal deginamą gamtinių dujų kiekį (28 832 tūkst. nm³/m.):

$$\text{CO}_2 = 28\,832 \times 1,8961 = 54,67 \text{ t/m.}$$

Deginant gamtines dujas, per metus susidaro virš 1 tonos oro teršalų (CO ir NO_x) ir apie 167 t ŠESD - CO₂. Oro tarša, deginant gamtines dujas KDI, buvo įvertinta pagal darbo metodikos 5 ir 6 formules. Rezultatai pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė Aplinkos apsaugos indikatoriai įmonėje UAB „Baltic Agro“, 2017 ir 2018 m.

Analizuojami srautai	2017 m.		2018 m.	
	AAA, vnt./m.	AAA, vnt./PP ²	AAA, vnt./m.	AAA, vnt./PP
Žaliavos kiekis, tūkst. t/m.	63,400 ¹	0,7 kg	46,760 ¹	1,01 kg
Pagaminta produkcijos, tūkst. t/m.	43,582		45,849	
BSA, t	458	10,5 kg	917,5	20,01 kg
Gamtinės dujos (grūdų apdorojimo procesams), tūkst. nm ³	88,272	2,14 nm ³	24,618	0,629 nm ³
Gamtinės dujos (administracinio pastato apšildymui), tūkst. nm ³	4,820		4,214	
Emisijos į aplinkos orą, t				
CO	0,74	0,02 kg	0,24	0,005 kg
NO _x	0,3	0,007 kg	0,097	0,002 kg
ŠESD – CO ₂ , t	167,4	3,8 kg	54,67	1,2 kg
Šilumos nuostoliai gamybinių procesų metu, MWh	82,12	1,88 kWh	22,90	0,50 kWh
Šilumos nuostoliai administracinio pastato šildymo metu, MWh	4,49	0,10 kWh	3,92	0,085 kWh

Pastabos:

¹ Žaliavose nurodytas komercinių grūdų kiekis, nevertinant sėklinių grūdų žaliavos.

² PP – pagaminta produkcija.

Išanalizavus įmonės UAB „Baltic Agro“ veiklą, nustatyti du reikšmingi aplinkosauginiai aspektai: BSA tvarkymas ir neefektyvi šilumos energijos gamyba. Medžiagų ir energijos balansas atskleidė aplinkosauginę ir ekonominę problemą – sunaudojamos energijos kiekis. Grūdų perdirbimo procese 1 tonai produkcijos pagaminti sunaudojama 0,50 kWh/t PP šiluminės energijos. Grūdų džiovinimo procese ir šiluminės energijos gamybai patalpų apšiltinimui naudojamos gamtinės dujos.

Sudeginamo kuro energetinė vertė apskaičiuojama pagal 3 metodikos formulę:

$$K_{en} = 28\,832 \times 33,49/1000/3,6 = 268,218 \text{ MWh/m.}$$

čia

28 832 nm³/m – 2018 m. sudegintas gamtinių dujų kiekis;

33,49 MJ/ nm³ žemutinė šilumingumo vertė.

2018 m. administracinio pastato apšildymui bei grūdų apdorojimo procesuose įmonė suvartojo 28,8 tūkst. nm³ gamtinių dujų, kurių energetinė vertė 268,218 MWh. Deginant BSA įmonėje, būtų pagaminta 2835,7 MWh šiluminės energijos. Grūdų perdirbimo procese ir administracinio pastato apšildyme naudojamų gamtinių dujų sąnaudos ir nuostoliai pateikiami 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė Grūdų perdirbimo procesų ir administracinio pastato gamtinių dujų suvartojimo ir nuostolių rezultatai

Analizuojami rodikliai	Dimensija	2018 m.
Sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė	MWh/m.	268,218
<i>Sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė (grūdų perdirbimo procesams)</i>	<i>MWh/m.</i>	<i>229,015</i>
<i>Sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė (administracinio pastato apšildymui)</i>	<i>MWh/m.</i>	<i>39,20</i>
Šiluminės energijos nuostoliai (grūdų perdirbimo procesams)	MWh/m.	22,90
Šiluminės energijos nuostoliai (administracinio pastato apšildymui)	MWh/m.	3,92
Naudingai pagaminta energija (grūdų perdirbimo procesuose)	MWh/m.	206,11
Naudingai pagaminta energija (administracinio pastato apšildymui)	MWh/m.	35,28

Išvados: tolimesnei analizei pasirenkamas grūdų džiovavimo procesas, kadangi:

- įmonėje naudojama džiovyklą dėl pasenusios technologijos yra labai imli energijai, jos n.k. siekia tik 90 proc., todėl iki 10 % gamtinių dujų sudeginama nuostolingai.
- džiovyklą veikia pertraukiamu srautu: įkaitintas oras, apdorojė grūdus, ventiliatoriais ištraukiamas į aplinką (išmetamųjų dujų temperatūra siekia nuo 25-80⁰C).

Nustatyta, kad grūdų apdorojimo procesams sunaudojama beveik 2 kartus daugiau energijos, nei jų auginimo metu.

Vienas iš grūdų sėklų apdorojimo procesų įmonėje – beicavimas. Beice esančios veikliosios medžiagos padeda apsaugoti sėklą nuo ligų sukėlėjų jos paviršiuje ir viduje. Beicavimas yra efektyvus būdas apsaugoti augalą nuo kenkėjų, ligų ir jų plitimo, tačiau beico tirpale esančios cheminės medžiagos pavojingos aplinkai ir darbuotojų sveikatai. Beicavimo procese naudojamos cheminės medžiagos yra analizuojamos darbe.

Siekiant tinkamai valdyti cheminių medžiagų keliamą riziką, būtina išsami informacija apie naudojamą medžiagas. Analizuojama įmonė priskiriama cheminių medžiagų naudotojoms, kurios yra įpareigtos atsižvelgti į informaciją, rinkdamiesi ir valdydami chemines medžiagas. Įmonėje atlikta cheminių medžiagų ir preparatų apskaita – ūkio subjektui priklausančių cheminių medžiagų inventorizacija ir nustatyti kiekiai. Nurodyta, kokiomis savybėmis jos pasižymi, koku būdu, iš kur įsigyjamos. Cheminių medžiagų apskaita yra būtina, siekiant užtikrinti nustatytą ES teisių laikymąsi. Europos Tarybos ir Parlamento reglamentu (EB) Nr. 2037/2000 dėl ozono sluoksnį ardančių medžiagų, cheminių medžiagų ir preparatų, apskaitą privalo vesti ir chemines medžiagas bei preparatus naudojančios pramoninėje, profesinėje, žemės ūkio veikloje asmenys.

Įmonėje naudojamos cheminės medžiagos beicavimo procese – pavojingas aplinkai ir darbuotojų sveikatai (žr. 3.4 lentelę). Cheminių medžiagų naudojimas reikalauja tam tikrų privalomų saugos priemonių ėmimosi grūdų

apdirbimo procesuose įmonėje. Pirminė analizė parodė, kad saugos priemonių, kurių reikia laikytis įmonėje, laikomasi ne visada.

3.4 lentelė. Aplinkos apsaugos aspektai ir bendras jų reikšmingumo rodiklis [17]

ASPEKTAS	VEIKLA	MASTAS	KENKSMINGUMAS	RIZIKA	BENDRAS REIKŠMINGUMO RODIKLIS
Galimas kenksmingų medžiagų išsiliejimas	Beicavimo patalpa	Vidutinis kiekis	Didelis	Didelė: aplinkos užteršimas, neigiamas poveikis sveikatai	
Rezultatas		2	3	3	18
Cheminių medžiagų naudojimas gamybos procese	Beicavimas	Didelis kiekis	Didelis	Didelė: oro kokybės blogėjimas, poveikis sveikatai	
Rezultatas		3	3	3	27
Kenksmingos nuotekos		Nedidelis kiekis	Vidutinis	Didelė aplinkos užteršimo rizika jei didelis nuotekų kiekis	
Rezultatas		1	2	3	6
Pakuočių, kuriose yra pavojingų cheminių medžiagų likučių, laikymas	Sandėlis	Nedidelis kiekis	Vidutinis	Poveikis aplinkai	
Rezultatas		1	2	2	4

Cheminių medžiagų naudojimas įmonėje – viena opiausių problemų. Naudojantis masto, reikšmingumo, rizikos kriterijais, įvertinti aplinkos apsaugos aspektai. Analizės rezultatai parodė, kad cheminių medžiagų naudojimas gamybos procese yra didžiausią reikšmingumo rodiklį turintis aspektas įmonėje (žr. 3.4 lentelę).

Augalų apsaugos produktų registravimas – Reglamento (EB) Nr. 1107/2009 nustatyta tvarka Valstybinės augalininkystės tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos atliekamas fizinio ar juridinio asmens pateiktos paraiškos ir dokumentų apie augalų apsaugos produktą ir jame esančią vieną ar kelias veikliąsias medžiagas įvertinimas. Augalų apsaugos produktai, kurie naudojami įmonėje – dviejų rūšių beicas: Baytan Trio bei Celest Trio. Leidimas galioja naudoti augalų apsaugos produktams 120 dienų [18], [19], [20], [21].

3.5 lentelė. Informacija apie įmonėje naudojamų cheminių medžiagų ar preparatų sudėtį

Cheminė medžiaga		Medžiagos sudėtis pagal SDL				Pavojingumo kategorija pagal EB Nr. 1272/2008
Pavadinimas	Sąnaudos t/m.	Pavadinimas	CAS Nr.	Proc.	Ženklinimas	Paaiškinimas ir kategorija (K)
BAYTAN TRIO FS 180	27,83	Fluopiramas	658066-35-4	0,45	H411	Toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus(2)
		Fluoksastrobinas	361377-29-9	2,25	H400 H410	Labai toksiška vandens organizmams (1) Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (1)
		Triadimenolas	55219-65-3	13,50	H302 H412	Kenksminga prarijus(4) Kenksminga vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (3)
		Poliarilfenilo eterio sulfatas, amonio druska	119432-41-6	>1,00- <3,00	H412	Kenksminga vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (3)
		Balta mineralinė alyva	8042-47-5	>1,00- <10,00	H304	Prarijus ir patekus į kvėpavimo takus, gali sukelti mirtį (1)
		Glicerinas	56-81-5	>1,00	-	-
		Mišinys: 5-Chlor-2-metil-2H-izotiazol-3-on	55965-84-9	>0,0002- <0,0015	H331 H311 H301	Toksiška įkvėpus (3) Toksiška susilietus su oda (3) Toksiška prarijus (3)
CELEST TRIO 060 FS	1,8	poli (oksi-1,2-etanedil), alfa-9-oktadecenil-omegahidroksi-,(Z)-fludijoksanilas	9004-98-2	>= 3- <10	H302 H318	Kenksmingas prarijus (4) Sukelia smarkų akių dirginimą (1)
		difenokonazolas	119446-68-3	>= 1- <2,5	H400 H410	Labai toksiškas vandens organizmams(1) Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (1)
		1-(4-chlorofenil)-4,4-dimetil-3 (1,2,4-triazolo-1-ilmetilo) pentanolis-3	107534-96-3	>= 0,3- <1	H302 H361 H400 H410	Kenksmingas prarijus (4) Įtariama, kad kenkia vaisingumui arba negimusiam vaikui (2) Labai toksiškas vandens organizmams(1) Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (1)
		Bronopol (INN)	52-51-7	>= 0,1- <0,25	H302 H312 H315 H318 H335 H410	Kenksminga prarijus (4) Kenksminga susilietus su oda (4) Dirgina odą (2) Sukelia smarkų akių dirginimą (1) Gali dirginti kvėpavimo takus (STOT SE3) Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (1)
		1,2-benzizotiazol-3onas	2634-33-5	>= 0,025- <0,05	H302 H315 H318 H317 H410	Kenksminga prarijus (4) Dirgina odą (2) Sukelia smarkų akių dirginimą (1) Gali sukelti odos alerginę reakciją(1) Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (1)

¹Pastaba: informacija pateikta pagal cheminių medžiagų tiekėjų pateiktus saugos duomenų lapus (SDL) ir patikrinta Europos cheminių medžiagų agentūros ECHA puslapyje pagal medžiagų CAS numerius.

Atlikus cheminių medžiagų, esančių saugos duomenų lapuose, analizę, nustatytos medžiagos, kurių pakeitimas yra būtinas, siekiant išvengti poveikio aplinkai ir žmonių sveikatai: H331, H311, H301, H314, H317, H400, H410, H302, H318, H361, H312, H315, H335.

4. GRŪDŲ PERDIRBIMO IŠTEKLIŲ EFEKTYVUMO DIDINIMO IR PROCESŲ OPTIMIZAVIMO GALIMYBIŲ ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ

Magistro darbo analizės metu nustatytos aplinkosauginės problemos:

- Pasenusi džioviklos technologija, nedidelis įrangos efektyvumas, lemia dideles energijos sąnaudas. Grūdų apdirbimo procesuose susidaro 22,92 MWh/m. šiluminės energijos nuostolių. Dėl grūdų džioviklos specifikos, pasenusios įrangos ir senos konstrukcijos degiklių, šiluminės energijos gamybai neefektyviai naudojamas kuras – gamtinės dujos (apie 10% dujų sudeginama nuostolingai);
- įmonėje susidaro didelis kiekis (914,5 t/m.) biologiškai skaidžių atliekų, kurių energetinis potencialas nėra išnaudojamas. BSA naudojant biokuro gamybai, būtų gaunama energijos, kuri yra puiki alternatyva įmonėje naudojamoms gamtinėms dujoms. Grūdai yra vieni iš efektyviausių energetinių augalų, kurių šalutiniai produktai (BSA), gali būti naudojami kaip žaliava biokuro gamybai. Šiuo metu įmonėje grūdų perdirbimo procesuose susidaranti BSA yra parduodama, tačiau siekiant BSA tvarkyti aplinkos apsaugos bei ekonominiu požiūriu efektyvesniu būdu, analizuojamas atvejis organines atliekas paversti alternatyvia energija;
- įmonėje naudojamos cheminės medžiagos beicavimo procesui yra pavojingos darbuotojams ir aplinkai. Daugelis cheminių medžiagų sukelia tokias sveikatos problemas, kaip: odos ir kvėpavimo takų dirginimas, kenksminga prarijus, gali sukelti nevaisingumą ir net mirtį. Aplinkoje toksiškumas pasireiškia vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus. Tolimesnei analizei pasirenkamas cheminių medžiagų neigiamo poveikio aplinkai, darbuotojams ir saugumui, mažinimas.

Siekiant įmonės grūdų perdirbimo procesų optimizavimo didinimo ir išteklių efektyvesnio panaudojimo, darbe atliekama šių alternatyvų įvykdomumo analizė:

1. Siekiant eliminuoti grūdų perdirbimo procesuose susidaranti šiluminės energijos nuostolius ir sumažinti kuro sąnaudas technologiniuose grūdų perdirbimo procesuose, siūlomas biologiškai skaidžių atliekų deginimas, karšto oro ir vandens gamybai;
2. produkto – pašaro gamyba iš grūdų perdirbimo proceso metu gautų BSA.
3. Beicavimui naudojamų cheminių medžiagų pakeitimas biostimuliantais.

4.1 Biologiškai skaidžių atliekų panaudojimo karšto oro ir termofikacinio vandens gamybai įvykdomumo analizė

1 alternatyva: Biologiškai skaidžių atliekų (BSA) panaudojimas karšto oro ir termofikacinio vandens gamybai, pakeičiant naudojamas gamtines dujas.

Tikslai:

- gamtines dujas deginančio kuro katilo pakeitimas kietojo kuro katilu, kuriame bus deginamos grūdų perdirbimo BSA ir gaminama šiluminė energija patalpų šildymui ir karšto vandens paruošimui;

- grūdų džiovykloje atsisakyti gamtinių dujų degiklių ir karštą orą gaminti, deginant grūdų perdirbimo BSA.

Įmonėje administracinio pastato apšildymui (170 m²) 2018 metais sudeginta gamtinių dujų energetinė vertė sudarė 39,20 MWh. Šiluminės energijos nuostoliai sudarė 3,92 MWh/m. Katilinėje siūloma įdiegti kietojo kuro katilą su taip vadinamu „Ekoterm Plus 25 grūdų“ degikliu, kurio šilumos galia siekia 25 kW – tokios galios pakanka tam, kad apšiltinti administracinio pastato plotą (4.1 pav.).



4.1 pav. „Ekoterm Plus 25“ kietojo kuro (įsk. grūdų pramonės BSA) pakura

Grūdiniai degikliai, gaminantys karštą orą ar vandenį, naudoja įvairius maistui netinkamus grūdus, jų išvalas. Išvalų kalingumas priklauso nuo drėgmės (žr. 1.5 lentelę): sausų grūdų energetinė vertė panaši į šiaudų granulių, tačiau dėl mažesnio peleningumo ir lakiųjų medžiagų, išsiskiria mažesni šlako kiekiai. Biokuras iš BSA gali būti maišomas su medžio pjuvenų granulėmis, tačiau tokiu atveju reikalingas dažnesnis degiklio valymas ir pelenų šalinimas 3 kartus į savaitę.

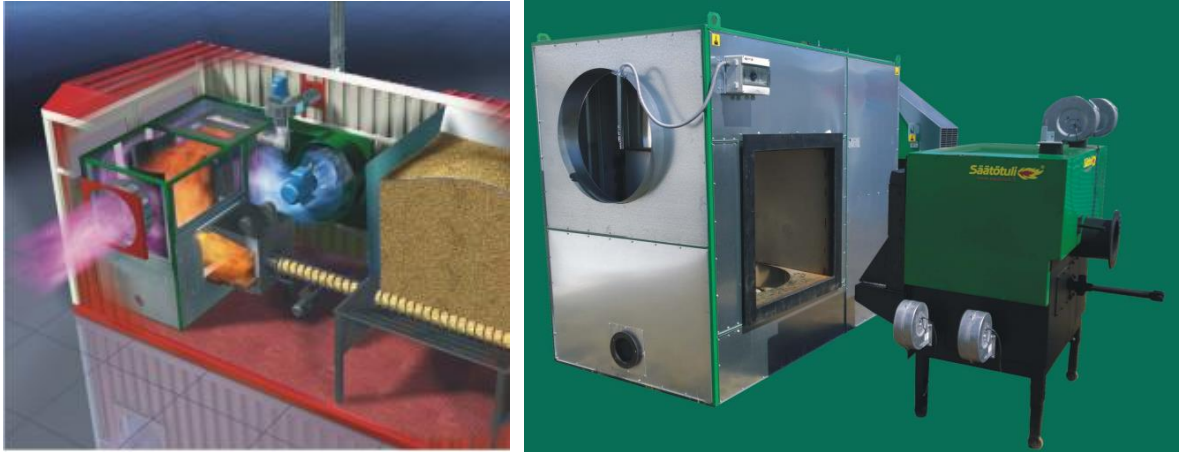
4.1 lentelė Alternatyvos investicinės analizės rezultatai: biokuro gamyba iš BSA, jos panaudojimas įmonės reikmėms, EUR (be PVM)

Eil. Nr.	Įrenginiai, jų projektavimas ir įdiegimas	Vnt.	EUR/vnt., įsk. PVM
1	Projektavimo darbai		500,00
2	Grūdinis degiklis „Ekoterm Plus 25“	1	1390,00
3	Biokuro katilas	1	400,00
4	Įrangos transportavimas, surinkimas, montavimas, sistemos paleidimas	1	200,00
	Bendros investicijos	4	2490,00

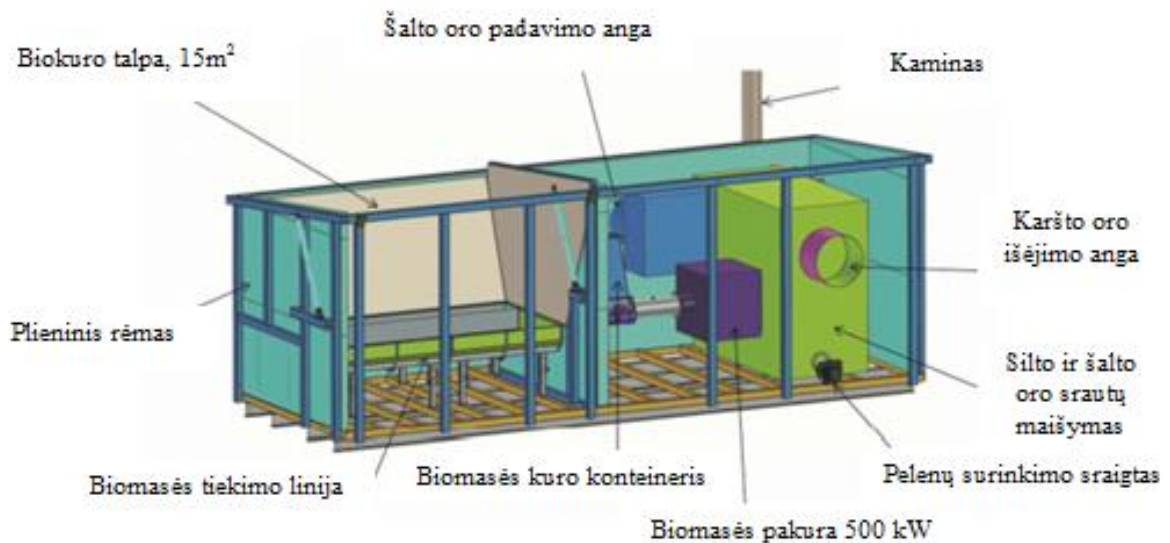
Šilto oro gamyba, deginant biokurą – grūdų BSA

Siūloma diegti Suomijos įmonės „Säätötuli“ biomasės deginimo ir karšto oro gamybos sistemą (4.2 pav.). „Säätötuli“ karšto oro generatoriai suprojektuoti grūdų džiovinimui. Oro šilumokaičio efektyvumas siekia 80% ir yra vienas didžiausių rinkoje. Šiame katile gali būti deginamas kelių rūšių biokuras („Säätötuli“ biomass hot air generator, 2014):

- grūdų nuvalos ir atsijos;
- medienos skiedros;
- medienos pramonės likučiai;
- kukurūzų lukštai, kt.



4.2 pav. „Säätö tuli“ grūdų BSA deginimo įrenginys („Säätö tuli“ biomass hot air generator, 2014)



4.3. Biokuro katilinės schema („Säätö tuli“ biomass hot air generator, 2014)

Biokuro katilinė sudaryta iš dviejų patalpų: biokuro padavimo talpa (15-17- m³) biokuro deginimo pakuros su nejudančiomis ardėlėmis, kurioje sumontuota biokuro pakura su legiruoto ketaus judančiu ardynu ir keraminėmis termoreflektorinėmis sienomis („Säätö tuli“ biomass hot air generator, 2014). Kuras pakuroje yra perstumiamas kuro sraigtu. Ardynas yra judinamas hidro cilindro pagalba, dėl to kuras sudega geriau. Pakuroje gali būti deginamas biokuras, kurio drėgmė nuo 7 % iki 50%. Papildomam pakuros aušinimui įrengta išmetamųjų dūmų recirkuliacija (kad išvengti pelenų lydymosi). Pelenai yra pašalinami iš apačios specialiu srautu.

Parinkama 0,5 MW šiluminės galios biokuro katilinė. Paduodamas šaltas oras gali būti pašildomas iki 85 °C. Katilinėje gamino karšto oro pakas džiovykloje gali išdžiovinti iki 20-30 tonų grūdų per parą nuo 25% iki 12% drėgno. Katilinės techninės charakteristikos pateikiamos 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Techninės biokuro katilinės įrenginio charakteristikos („Säätötuli“ biomass hot air generator, 2014).

Techninės aplinkosauginės charakteristikos	Matavimo vnt.	Reikšmė
Instaliuota galia	kW	500
Katilinės n.k pagal techninį pasą (deginant BSA)	%	80
Maksimali gaminamo karšto oro temperatūra, deginant BSA (lauko temperatūra $\geq 10^{\circ}\text{C}$)	$^{\circ}\text{C}$	85
Pajėgumas	kg/h	1.865

Gamtinių dujų pakeitimas grūdų perdirbimo BSA padės sumažinti (arba eliminuoti) iškastinio kuro sąnaudas, dėl to sumažės nebiogeninės kilmės CO₂ išlakos (arba jų visai nebus) (Kliopova, Petraškieienė, 2013).

Grūdų perdirbimo BSA yra pakankamai sausos, pasižymi dideliu 9-10% peleningumu. Palyginti su medienos pjuvenomis, juose yra daugiau chloro ir sieros, bet žymiai mažiau sunkiųjų metalų (nuo 5 iki 9,5 kartų) (Kliopova et al., 2013).

Gamtinių dujų pakeitimas grūdų perdirbimo BSA, gaminant šiluminę energiją, padeda spręsti aplinkosaugines problemas: BSA tampa žaliava energijos gamybai, sumažinamas išmetamo nebiogeninės kilmės CO₂ kiekis (Kliopova et al., 2013).

Šio pasiūlymo įdiegimo ekonominė nauda įmonėje priklauso nuo priimanamos produkcijos kiekio ir kokybės. 2017 metais priimta 63 400 tonų žaliavos, iš kurių džiovinama buvo 32% produkcijos (20 288 tonų žaliavos). Liūčių sezonas 2017 metais lėmė, kad priimta žaliava pasižymėjo dideliu drėgmės kiekiu, todėl gamtinių dujų sąnaudos siekė 88 272 nm³/m. arba virš 3,5 kartų daugiau, palyginti su 2018 metais (žr. 3.2 lentelę). Todėl siekiant įvertinti grūdų perdirbimo BSA naudojimo džiovinimo procesui, pasiūlymo įvykdomumą, taikomi 2017 metais džiovinimui naudojamų gamtinių dujų ir gautų BSA kiekiai (4.4 lentelė).

BSA, energetinė vertė įvertinama naudojanti darbo metodikoje pateiktą 3 formulę.

$$K_{en} = 917\,500 \times 13,532/3,6 = 3448,78 \text{ MWh/m.}$$

Šilumos energijos nuostoliai gamybos metu, esant n.k 80% - 689,76 MWh/m.

Naudingai pagamintos energijos kiekis: 2759,02 MWh/m.

4.3 lentelė. Biokuro katilinės „Sąatötuli“ investicinė analizė

	Įrenginiai, jų projektavimas ir įdiegimas	Vnt.	EUR/vnt., su PVM
1	„Sąatötuli“ biokuro katilinė	1	115 000,00
2	Projektavimo darbai ¹	1	1000,00
3	Įrangos transportavimas, surinkimas, montavimas, sistemos paleidimas/ derinimas	1	1000,00
	Bendra suma	4	117 000,00

¹Preliminari kaina, remiantis įmonėje buvusiu atliekama projektine veikla, statant džiovyklą.

Sutaupomos lėšos, įdiegus inovaciją įvertintos 4.4 lentelėje ir siekia beveik 28 tūkst. EUR/metus. Siūlomos inovacijos atsipirkimo trukmė – **4,2 metų**.

4.4 lentelė. Grūdų perdirbimo BSA naudojimo šiluminės energijos gamybai vietoj gamtinių dujų aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatai

Medžiagų ir energijos srautai	Vnt.	Absoliutiniai AAI				
		Esama situacija (2017 m.)	Planuojama situacija	(+ Sutaupoma/ sumažėja (planas) (-) Padidėja)		
		vnt./m.	vnt./m.	vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.
Pagaminta produkcijos	tūkst. t	43,582	43,582			
Grūdų perdirbimo BSA	t	917,5	657,5	260		
Šiluminės energijos sąnaudos grūdų džiovinimui ir patalpų apšiltinimui	MWh	¹ 779,404	¹ 779,404			
Šiluminės energijos nuostoliai	MWh	86,61	194,851	-108,241	-	-
Kuro sąnaudos šiluminės energijos gamybai:						
Gamtinių dujų sąnaudos	tūkst. nm ³	93,092	0	93,092	0,45	41 891,4
Grūdų perdirbimo BSA	t	0	² 260	-260	50,0	-13 000,0
Elektros energijos sąnaudos šiluminės energijos gamybai	MWh	8,573	17,147	-8,574	110	-943,14
Pelenai	t	0	23,4	-23,4		
Emisijos į aplinkos orą,						
CO		0,74	1,05	-0,31		
NO _x	t	0,3	3,51	-3,21		
KD		0,003	0,482	-0,479		
ŠESD: CO ₂	t	167,4	0	167,4		
Planuojama sutaupyti įdiegus projektą:						27 948,26

Pastabos:

¹Sudeginamo kuro energetinė vertė apskaičiuojama pagal 3 metodikos formulę: $Ken = 93\,092 \times 33,49/1000/3,6 = 866,014$ MWh/m.; nuostoliai – 86,61 MWh/m. Naudingai pagamintos energijos kiekis - 779,404 MWh/m.

²Tam, kad pagaminti 779,404 MWh/m. šiluminės energijos, deginant grūdų perdirbimo BSA, pastarojo kiekis vertinamas pagal darbo metodikoje pateiktą 2 formulę:

$$B = 779,404 \text{ MWh/m.} \times 3,6 / (13,532 \text{ MJ/kg} \times 0,8) = \approx 260 \text{ t}$$

779,404 MWh/m. – 80 proc.

X MWh – 20 proc.,

X = 194,851 MWh – šiluminės energijos nuostoliai biokuro deginimo metu pasirinktoje katilinėje.

Išvada: Grūdų pridirbimo BSA naudojimo šiluminės energijos gamybai vietoj gamtinių dujų, BSA kiekis sumažėtų 260 t/m., būtų eliminuojamos gamtinių dujų sąnaudos (iki 93,092 tūkst. nm³/m.), dėl to į aplinkos orą nepateks virš 167 t nebiogeninės kilmės CO₂. Deginant BSA, susidarys 23,4 t pelenų, kurie bus nemokamai perduoti artimiausiai dumblo kompostavimo aikštelei.

4.2 Pašarų gamybos iš grūdų perdirbimo proceso metu gautų biologiškai skaidžių atliekų, įvykdymo analizė

Pašarų gamybos iš BSA techninis įvertinimas ir technologinių procesų srantai

Šios alternatyvos įvykdymo analizė atliekama, vertinant 2017 ir 2018 metais grūdų apdirbimo procesuose susidariusio BSA kiekio, vidurkį. Alternatyvos įvykdymo analizė priklauso nuo sezono metu esančių klimatinė sąlygų ir yra siejama su 1 alternatyva: grūdų džiovinimo procesui ir administracinio pastato apšildymui neišnaudotas BSA kiekis nukreipiamas pašarų gamybai. Alternatyvos įgyvendinimui vertinamas BSA kiekis, kuris lieka išnaudojus reikiamą kiekį džiovyklos darbui (pvz., analizuojant 2017 m. tai būtų 656 t/m.). Visaverčių kombinuotų pašarų kiaulėms (> 60kg), sudėtis pateikta žemiau lentelėje.

4.5 lentelė. Visaverčių kombinuotų pašarų sudėtis, proc. [22]

Žaliavos	Sudedamoji dalis, %
BSA	91,0
Dikalcio fosfatas	1,0
Malta pašarinė klintis	1,0
Pašarinės mielės	4,0
Rapsų išspaudos	1,50
Baltyminis priedas LYPROT SG-9	1,0
Druska	0,5

Maišant grūdų perdirbimo procesuose susidariusias BSA su mineralinėmis medžiagomis ir vitaminais, gaunami visaverčiai kombinuoti pašarų mišiniai, atitinkantys ūkinės paskirties gyvūnų paros davinį. Į pašarų sudėtį įeina ž. baltymų, ž. riebalų, ž. ląstelienos, kalcio, fosforo, lizino, triptofano medžiagos, užtikrinančios pašarų maistingumą ir reikiamų medžiagų kiekį kiaulių gyvulių augimo procese (Stravinskas, 2007). Pašarų iš BSA gamybai siūloma įdiegti „Van Aarsen vertical mixer“ maišyklę (**4.4 pav.**).



4.4 pav. „Vertical mixer“ pašarų maišyklė su vertikaliu varžtu (UAB „Elega“)

Vertikali maišyklė naudojama sausų pašarų gamybai, suskaldo ir susmulkina pašarams naudojamas BSA, iki reikiamo dydžio granuliu (1-1,8 mm), kurios maišomos su mineralinėmis medžiagomis bei vitaminais. Kas valandą sumaišoma iki 10 tonų pašaro, vertikalus varžtas, pašarui naudojamas medžiagas, skirsto iš viršaus į apačią ir kartoja šį procesą, kol medžiagos pasiskirsto tolygiai (4.4 pav.). Techniniai reikalavimai pateikti 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Techniniai reikalavimai 2 alternatyvos įrenginiams ir paruošimui [23]

Pašarų gamybos proceso įrenginiai:	Techniniai reikalavimai
Pašarų maišyklė (pašarų gamyba, kg /val.)	1000
Pašarų džiovinimo įrenginys (pagamintų pašarų kiekis, kg /val.).	10 000
Elektros instaliacija	+
Pašarų pakavimo įrenginys (pakuojamų kiekis, kg /val.).	1 800

2 alternatyvai įgyvendinti galima naudoti jau turima UAB „Baltic Agro“ įranga:

- pašarų pakavimo įrenginys (pakuojamų pašarų kiekis – 1800 kg/val).
- privesta elektros sistema;

Siūlomai alternatyvai įsigyti reikalinga įranga:

- pašarų maišyklė (1000 kg/val).

Antros alternatyvos aplinkosauginiam įvertinimui sudaryti tiesioginiai pašarų gamybos iš BSA proceso srantai pateikti 4.5 paveiksle.

Procesų įvediniai, vnt. per metus

¹BSA 658 t/m.
Mineralinės medžiagos - 16,89 t/m.
Vitaminai – 43,92 t/m.
Elektros energija – 7,74 MWh/m.²
Pakuotė (talpa - 10 kg) – 0,89 t/m.

**Visaverčio
kombinuoto
pašaro gamyba**

**Procesų išvediniai, vnt.
per metus**

Pašaras - 719 t/m.
Oro teršalai – 0,75 t/m.

4.5 pav. Pašaro gamybos iš grūdų perdirbimo BSA, medžiagų ir energijos srautai, vnt./m.

Pastabos:

¹ Pašarų gamybai naudojamos pirmos alternatyvos atveju nepanaudotos BSA.

²Elektros energijos sąnaudos vertinamos, žinant, kad pašaro maišyklės instaliuota el. galia - 15 kW, įrenginys dirbs 688 val./metus.

2 alternatyvos ekonominis įvertinimas

Investicijos, reikalingos įgyvendinti antrą alternatyvą, pateiktos 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. Antros alternatyvos investicijos, EUR (be PVM)

Įranga	Vnt.	vnt./m	EUR (be PVM)
Pašarų maišyklė „Van Aarsen vertical mixer“	Vnt.	1	1800,00
Maišyklės įrengimo išlaidos	-	-	1000,00
Alternatyvos investicijos			2 800,00

Vertikalios pašarų maišyklės įsigijimas ir jos įrengimo išlaidos sudaro 2800 EUR. Iki pasiūlymo įdiegimo, perdirbimo metu gautas BSA, įmonė paroduodavo. Todėl po projekto įdiegimo pajamų sumažės virš 34 tūkst. EUR/m.

Pagaminus per metus 719 t pašarų, įmonė tikisi pajamų: 719 t x 600 EUR/t = 431 400 EUR/metus.

Pašarų gamybos tiesioginių kaštų įvertinimas pateikiamas 4.8 lentelėje.

4.8 lentelė. Pašarų (iki gamybos iš biologiškai skaidžių atliekų) tiesioginių proceso kaštų įvertinimo rezultatai

Eil. Nr.	Veiklos išlaidų pavadinimas	vnt.	Pašarų gamybos išlaidos		
			vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.
1.	Grūdų perdirbimo BSA	t	658		
2.	Elektros energijos sąnaudos pašaro maišymui	kWh	7740	0,09	696,6
3.	Elektros energijos sąnaudos pašaro pakavimui	kWh	1556	0,09	140,0
4.	Mineralinės medžiagos	t	16,89	228,0	3851,0
5.	Vitaminai	t	43,92	142,5	6260,0
6.	Pakuotė	vnt.	74 945	0,20	14 989,0
7.	Pašaras	t	719,0	600,0	431,400
8.	Oro teršalai	t	7,5	-	-
Bendros veiklos sąnaudos:					457 337 EUR 636 EUR/t

Nustatyta, kad UAB „Baltic Agro“ sėklų fabrike įdiegus antrąją alternatyvą, įmonės pajamos padidėtų iki 422 949 EUR/m. Dėl šio alternatyvos įdiegimo įmonėje naujų darbo vietų nesukuriama: pašarų gamybai būtų naudojami esami darbuotojai, todėl darbuotojų atlyginimai nevertinami.

Siūlomos inovacijos investicijų atsipirkimo trukmė – **0,1 metai**.

4.3 Pavojingų cheminių medžiagų pakeitimo biostimuliantais įvykdomumo analizė

3 alternatyva: beicavimo procesui naudojamų cheminių preparatų „Baytan Trio“ ir „Celeste Trio“ pakeitimas biostimuliantais.

Tikslas – parinkti tinkamiausias, mažiau pavojingas chemines medžiagas, sėklų beicavimui, išsaugant jų veiksmingąsias savybes ir išvengti neigiamo poveikio aplinkai bei darbuotojų sveikatai.

Siūlomos alternatyvos atveju, javų sėkloms beicuoti, siūlomas „Bactolive Seed“ biostimuliantas. Įvertinta, kad dėl savo cheminių ir veikliųjų savybių (žr.1 priedą), šis probiotikas leis eliminuoti iki šiol įmonėje naudotas chemines medžiagas. Kadangi beicavimo procesui atlikti reikiama įranga ir patalpa įmonėje jau yra, papildomi techniniai reikalavimai bus reikalingi patalpos paruošimui ir naudotų cheminių medžiagų eliminavimui. Techniniai reikalavimai 3 alternatyvai įgyvendinti pateikti 4.9 lentelėje.

4.9 lentelė. Techniniai reikalavimai 3 alternatyvos įrenginiams ir paruošimui

3 alternatyvos pagrindinė įranga	Techniniai reikalavimai
Beicavimo proceso įrenginiai	
Automatizatorius, beico ir vandens maišymui (talpa, l)	200
Beicavimo mašina, (t/ val.)	10-24
Elektros instaliacija	+
Izoliuota beicavimo patalpa (plotas, m ²)	10
Dozavimo sistema skysčiams (ml/kg sėklos)	100-1000 ml/ 100 kg sėklų
Spausdintuvas, rodiklių stebėjimui (vnt.)	1

3 alternatyvai įgyvendinti jau turima UAB „Baltic Agro“ įranga:

- beicavimo mašina “NoroGard R24“ (10-24 t/val.);
- izoliuota beicavimo patalpa, kurios plotas 10m²;
- privesta elektros sistema;
- dozavimo sistema skysčiams, kuri dozuoja nuo 100 iki 1000 ml mišinio 100 kg sėklos apdirbti;
- spausdintuvas, rodiklių stebėjimui.

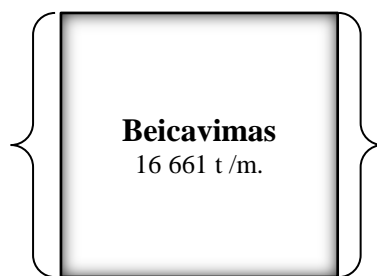
Siūlomai alternatyvai įsigyti reikalinga įranga:

- automatizatorius, beico ir vandens maišymui (talpa 200 l).

Alternatyvos analizė atlikta vertinant 2018 metais beicavimo procesui naudoti kviečių, miežių, kvietrugių, avižų ir rugių sėklos kiekiai (4.4 pav.).

Procesų įvediniai, vnt. per metus

Javų sėkla - 16 661 t /m.
Probiotikai - 2,22 t/m.
Vanduo – 999, 67m³/m.
Elektros energija – 5,99 MWh/m.



Procesų išvediniai, vnt. per metus

Produkcija - 16 670 t /m.

4.6 pav. 3 alternatyvos įdiegimo beicavimo procese medžiagų ir energijos srautų diagrama

Atsižvelgiant į probiotikų sudėtį ir veikliąsias medžiagas, 100 g probiotikų maišoma su 6 litrais vandens, kad paruošti 1 toną produkcijos. Tokiu santykiu paruošiama aukštos kokybės sėkla, kuri pasižymi šiomis savybėmis:

- sėkla apsaugota nuo ligų,
- gerinamas dirvožemio biologinį aktyvumas;
- stimuliuojamas šaknų ir augalų augimą, sveikesnė šaknų sistema;
- efektyviai įsavinti sunkiai prieinami mitybos elementai;
- gerinama dirvožemio struktūra;
- stimuliuojama augalų šaknų simbiozė su grybais (Tayebeh et al., 2010).

3 alternatyvos ekonominis įvertinimo rezultatas

Investicijos, reikalingos trečios alternatyvos įgyvendinimui, pateiktos žemiau lentelėje.

4.10 lentelė. Beico pakeitimo biostimuliantais, alternatyvai reikalingos investicijos, EUR (be PVM).

Įranga ir paslaugos¹	3 alternatyva
Beicavimo patalpos dezinfekavimas	200,00
Įrenginių dezinfekavimas	100,00
Automatizatorius, beico ir vandens maišymui (talpa, l)	200,00
Pavojingų atliekų pakuotės utilizavimas	100,00
Alternatyvos investicijos	600,00

¹ Pastaba: pateiktos kainos suderintos su įmonei paslaugas teikiančiomis įstaigomis – UAB „Akvija“ ir UAB „Toksika“.

Sutaupomos lėšos, įdiegus inovaciją vertintos 4.11 lentelėje - 298 925,00 EUR/ metus. Siūlomos inovacijos atsipirkimo trukmė – **0,5 metų**.

Nustatyta, kad alternatyvos įgyvendinimui reikalingas beicavimo patalpos paruošimas. Tinkamai paruošti patalpą reikalinga įrangos ir patalpos dezinfekcija, pašalinti buvusių naudojamų cheminių preparatų likučius, utilizuoti pavojingų pakuočių atliekas. UAB „Baltic Agro“ atveju, investicijos į pavojingų cheminių medžiagų pakeitimo biostimuliantais, sudaro 152 407,00 EUR. Investicijos, įrangai įsigyti, yra mažos dėl jau turimos

įrangos: beicavimo mašinos, patalpos, dozavimo sistemos. Siūlomos diegti inovacijos aplinkosauginio įvertinimo rezultatas pateiktas žemiau lentelėje.

Sutaupomos lėšos, įdiegus inovaciją, įvertintos 4.11 lentelėje ir sudaro 298 925,00 EUR/ metus. Siūlomos inovacijos investicijų atsipirkimo trukmė – **0,5 metų**.

4.11 lentelė. Cheminių medžiagų (beico) pakeitimo probiotikais aplinkosauginio įvertinimo rezultatas [24]

Medžiagų ir energijos srantai	Vnt.	Absoliutiniai AAI				
		Esama situacija (2018 m.)	Planuojama situacija	(+ Sutaupoma/ sumažėja (planas) (-) Padidėja		
				vnt./m.	EUR/vnt.	EUR/m.
Produkcija	t /m.	16 670	16 670			
Beicas	t /m.	27,83	0	27,83 ¹	3600,00	451 332,00
Probiotikai	l /m.	0	1660,0	-1660,0 ¹	91,45	-152 407,00
Elektros energija	MWh	5,99	5,99	0		
Planuojama sutaupyti įdiegus projektą:						298 925,00

¹ Pastaba: beico ir probiotikų kaina 2018 m. vertinta remiantis įmonės finansinėmis ataskaitomis.

Išvada: nustatyta, kad UAB „Baltic Agro“ grūdų perdirbimo įmonėje, įdiegus siūlomą inovaciją, įmonė galėtų visiškai eliminuoti naudojamą beico „Baytan Trio“ ir „Celeste Trio, sąnaudas – 27,83 t/m. Beico pakeitimas biostimuliantais padėtų išvengti neigiamo poveikio aplinkai bei darbuotojų sveikatai, išsiliejimų ar avarinių situacijų galimybę. Grūdų sėklą padengiant biostimuliantais, tiesioginiai kaštai sumažėtų 66,2 %. Probiotikų naudojimas kasmet leistų sutaupyti 298 925,00 EUR/m. Įvertinus investicijas ir sutaupymus, nustatyta, kad atsipirkimo trukmė naudojant probiotikus „Bactolive Seed“ - **0,5 metų**.

4.4 Siūlomų alternatyvų įdiegimo UAB „Baltic Agro“ aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas

Darbe siūloma įdiegti visas išanalizuotas alternatyvas. Visų 3 alternatyvų įdiegimo atveju planuojamo aplinkosauginio veiksmingumo (AAV) įvertinimas pateiktas žemiau lentelėje

4.12 lentelė. Siūlomų alternatyvų įdiegimo įmonėje aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas

Analizuojami srautai	Dimensija	AAI_{iki} (esama situacija)	AAI_{po} (planuojama situacija)	¹AAV_{plano}
Gamtinės dujos	nm ³ /t	2,14	0	2,14
Oro tarša, t (CO, NO _x)	kg/t	0,02	0,08	-0,06
Oro tarša, t (KD)	t/t	0,003	0,482	-0,479
ŠESD – CO ₂ t	kg/t	4	1	3
Elektros energija	kWh/t	0,14	0,3	-0,16
BSA	kg/t	10	0	10
Šiluminės energijos nuostoliai	kWh/t	2	4	-2
Cheminės medžiagos	kg/t	1,7	0	1,7

¹Pastaba: AAV_{planas} įvertinti naudojama metodikoje pateikta 9 formulė. Teigiama AAV reikšmė reiškia veiksmingumo padidėjimą.

Išvada: siūlomos 1 alternatyvos įgyvendinimas leistų 100% padidinti AAV išteklių (gamtinių dujų) naudojimo srityje, t.y. gamtinių dujų sąnaudos sumažėtų nuo 2,14 nm³/t iki 0. Atitinkamai planuojama, kad AAV padidės ŠESD kiekio mažinimo srityje: į aplinkos orą nepateks 167,4 t/m. nebiogeninės kilmės CO₂. AAV padidės cheminių medžiagų naudojimo srityje, t.y. cheminių medžiagų naudojimo sąnaudos sumažėtų nuo 1,7 kg/t produkcijos pagaminti iki 0.

REKOMENDACIJOS GRŪDŲ PERDIRBIMO ĮMONĖMS BSA TVARKYMO SRITYJE

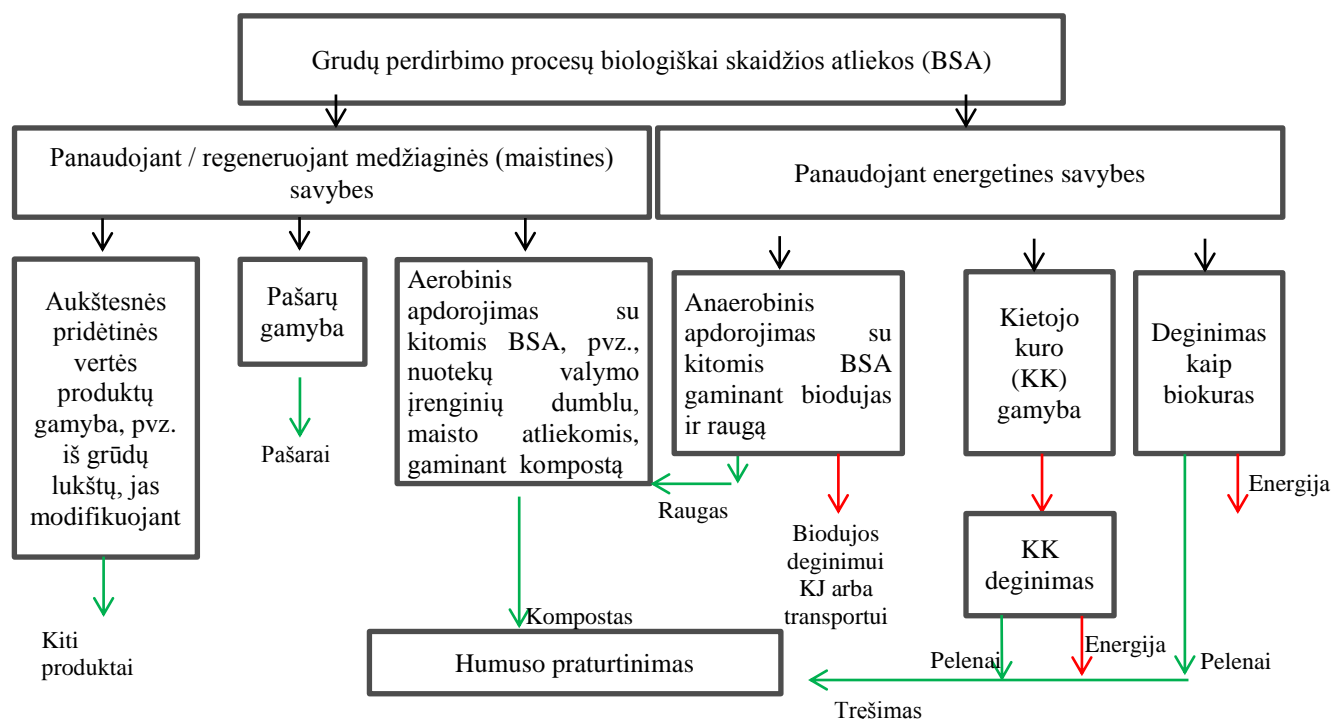
Grūdų perdirbimo įmonėms, siekiant mažinti arba eliminuoti BSA susidarymą, siūloma:

1. BSA panaudojimas karšto oro ir termofikacinio vandens gamybai, pakeičiant naudojamą gamtines dujas;
2. pašarų gamyba iš grūdų perdirbimo proceso metu gautų BSA.

Įdiegus siūlomas alternatyvas, įmonė ne tik sumažins BSA kiekį (visos BSA taps žaliava gaminti naują produktą / energiją), bet tuo pačiu padidins išteklių naudojimo efektyvumą, pavyzdžiui, sumažės arba net bus atsisakoma energijos gamybos iš neatsinaujančių energijos išteklių – deginant gamtines dujas; tai leis sumažinti nebiogeninės kilmės ŠESD – CO₂ kiekį. Siūlomų alternatyvų teigiami aspektai:

1. **Aplinkosauginiu požiūriu:** BSA yra laikoma neutrali CO₂ išmetimams, t.y. neprideda prie CO₂ kiekio didinimo atmosferoje. Susidarantys pelenai yra nepavojingos atliekos ir gali būti panaudojami žemės ūkyje kaip trąšos;
2. **Ekonominiu požiūriu:** BSA, kaip alternatyvaus kuro, panaudojimas leis sumažinti šiluminės energijos gamybai reikalingus gamtinių dujų kaštus (analizuojamos įmonės atveju – leistų visiškai atsisakyti gamtinių dujų naudojimo).
3. **Socialiniu požiūriu:** kuriama BSA kuro gamybos ir naudojimo infrastruktūra. Tai paskatintų naujų darbo vietų kūrimąsi žemės ūkio, kuro ruošimo, aprūpinimo įranga, sektoriuose.

Grūdų perdirbimo procesuose gautų BSA panaudojimo galimybes, regeneruojant jų maistines ir energetines savybes, pateiktos 4.7 paveiksle.



4.7 pav. Grūdų perdirbimo procesuose susidariusių BSA panaudojimo galimybes

IŠVADOS

1. Atlikus mokslinės ir praktinės literatūros analizę, nustatyta, kad grūdų apdirbimo pramonėje pagrindinės aplinkosaugos problemos susietos su susidariusiomis biologiškai skaidžiomis atliekomis (BSA) bei neatsinaujinančių energijos išteklių naudojimu šiluminės energijos gamybai. Pagrindinės aplinkosauginio veiksmingumo didinimo galimybės yra: prevencinių metodų taikymas (įėjimo pakeitimo bei procesų optimizavimo), antrinis atliekų panaudojimas, analizuojant grūdų apdirbimo procesuose susidaranti BSA panaudojimą pašarų, kietojo kuro ir/ar šiluminės energijos gamybai.

Magistro baigiamajame projekte pasiūlyta grūdų kokybės kontrolės valdymo sistema bei grūdų perdirbimo procesų energijos ir išteklių naudojimo efektyvumo valdymo sistema, kuriose valdymo sprendimai atitinka integruotos taršos / atliekų prevencijos ir kontrolės principų (nuo prevencijos - trikdžių kompensavimo iki tinkamo perdirbimo (grįžtamojo ryšio)).

2. Eksperimentui pasirinktame objekte – UAB „Baltic Agro“ atliekant pirminį aplinkosauginį vertinimą, nustatytos pagrindinės aplinkosauginės problemos: BSA kiekis – 20 kg/t gaminamos produkcijos, šiluminės energijos sąnaudos – 13 kWh tonai gaminamos produkcijos. Dėl pasenusios džioviklos technologijos ir vandens šilimo katilinės per metus susidaro iki 86,61 MWh šiluminės energijos nuostolių, t.y. iki 10 % gamtinių dujų sudeginama nuostolingai.
3. Magistro baigiamajame darbe UAB „Baltic Agro“ pasiūlytos ir įvertintos išteklių efektyvumo ir Švaresnės Gamybos alternatyvos:
 - BSA deginimo technologijų įdiegimas karšto oro ir karšto vandens gamybai, kurios įdiegimas leistų padidinti aplinkosaugos veiksmingumą gamtinių išteklių efektyvumo didinimo ir BSA tvarkymo srityje: 260 t/m. BSA taps žaliava šiluminės energijos gamybai; nebus sudeginama 93 tūkst. nm^3/m . gamtinių dujų, į aplinkos orą nepateks 160 t/m. nebiogeninės kilmės CO_2 ;
 - naujo produkto – pašaro gamyba iš likusių grūdų perdirbimo proceso metu gautų BSA, tai eliminuotų atliekų susidarymą įmonėje;
 - grūdų apdirbimo procesuose naudojamų cheminių medžiagų pakeitimas biostimuliantais, sumažintų kenksmingą poveikį aplinkai ir darbuotojų sveikatai.
4. Magistro baigiamajame darbe įvertintų inovacijų diegimas leistų padidinti įmonės aplinkosauginį veiksmingumą išteklių naudojimo srityje: efektyviai išnaudojamos BSA medžiaginės ir energetinės savybės, būtų galima atsisakyti cheminių medžiagų ir gamtinių dujų naudojimo. Tai leistų įmonei kasmet sutaupyti iki 560 tūkst. EUR/metus, visų inovacijų investicijos atsipirktų iki 0,5 metų.
5. Darbe pateiktos rekomendacijos grūdų perdirbimo įmonėms dėl Išteklių efektyvumo ir taršos prevencijos metodų taikymo siekiant padidinti aplinkosauginį veiksmingumą gamtinių dujų naudojimo ir BSA integruotos vadybos srityje iki 100 proc.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- BALDASSARRE, B., SCHEPERS, M., BOCKEN, N., CUPPEN, E., KOREVAAR, G., CALABRETTA, G. 2019. Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 216, P. 446.
- BUTOVCHENKO, A., DOROCHENKO, A., KOTELNIKOVA, I. 2018. Graph model development in the context of the grain cleaning machine. *MATEC Web of Conferences*. Vol. 224 (64), P. 2-4.
- DOOHAN F.M., BRENNAN J., COOKE B.M. 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*. Vol.109, P. 758-760
- DUMOULIN, F., WASSENAAR, T., AVADI, A., PAILLAT, J.M. 2017. A Framework for Accurately Informing Facilitated Regional Industrial Symbioses on Environmental Consequences. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 21 (5), P. 1049.
- EMEP/CORINAIR. Atmospheric emission inventory guidebook, 2016. 3. Agriculture. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>.
- GHISELLINI P., CIALANI, C. ULGIATI.S. A. 2016. Review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Cleaner Production*. Vol. 114, P. 11-32.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. Volume 2 Energy // 2006 Tarptautinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos gairės. 2 leidimas. Pramonės sektorius.
- JOKINIEMI, T., KAUTTO, K., KOKIN, E., AHOKAS, J. 2011. Energy efficiency measurements in grain drying. *Agronomy Research. Biosystem Engineering Special Issue 1*, P. 69-75.
- JONKUTĖ, G. Įmonės bendros darnumo būklės įvertinimas tausojančio vartojimo ir darnios gamybos atžvilgiu: naujo sudėtinio darnumo rodiklio ISCP taikymo dviejose įmonėse rezultatai. 2015. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. Nr. 71(2).
- KARUNAKARAN, C, JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G. 2003. X-ray Image Analysis to Detect Infestations Caused by Insects in Grain. *Cereal Chemistry*. Vol. 80(5), P. 553-557.
- KAIRYTĖ, E., RIBAŠAUSKIENĖ, E. Ekologiškų grūdų gamybos prognozės. 2005, Nr.5 , P.46
- KLIPOVA, I., PETRAŠKIENĖ, V. 2009. Evaluation of Significant Environmental Aspects in Grain Processing. *Environmental research, engineering and management*. Vol. 3(49). Kaunas, P. 44
- KLIPOVA, I., STANIŠKIS, J.K., PETRAŠKIENĖ, V. 2013. Solid Recovered Fuel Production from Biodegradable Waste in Grain Processing Industry. *Waste Management & Research*. Vol. 31(4), P. 384-392
- KRIŠČIUKAITIENĖ, I., ANDRIKIENĖ, S., GALNAITYTĖ, A., JEDIK, A. 2010. Grain Market Forecast Up To The Year 2020. *Management theory and studies for rural business and infrastructure development*. Nr. 23 (4).

- MOUDRY, J., HAR, W., CUDLÍNOVÁ, E., KONVALINA, P., ŠRÁMEK J. 2009. Major problems of organic farming – experience transmission. P. 1-7.
- PUPINIS, G. 2008. Grūdų džiovinimo ypatumai. Žemės ūkio inžinerijos institutas. P. 19. ISBN 978-9986-732-45-7
- PUPINIS, G. 2009. Grūdų džiovinimas kintamu oru. Žemės ūkio mokslai. Nr. 16(1-2), P. 69-75.
- RANGARAJAN, J.M., ARUMUGAM, S., HAMPAPUR, V.N., TIWARI, B.K. 2011. Post-Harvest Technology of Pulses. Pulse Foods. P. 171 – 180.
- STANIŠKIS, J.K., KLIPOVA, I., PETRAŠKIENĖ, V. Educational and Technological Approaches to Renewable Energy / Energy recovery from Biodegradable Waste in the Grain Processing Industry. P.159-170.
- STANIŠKIS J.K., KLIPOVA I., STASIŠKIENĖ Ž, VARŽINSKAS V. 2010. Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas. P-458.
- STANIŠKIS J.K., STASIŠKIENĖ Ž, KLIPOVA I. 2004. Subalansuotos pramonės plėtros strategija: teorija ir praktika. Kaunas, P. 504.
- STASIŠKIENĖ Ž., 2016. Įmonės aplinkos apsaugos kaštai: vertinimas ir optimizavimas. Metodinė priemonė. P.-78
- STRAVINSKAS, R. 2007. Visaverčių kombinuotųjų pašarų kiaulėms gamyba, kokybės kontrolė ir panaudojimas. Magistro darbas. Kaunas, P. 35.
- TAPARAUSKIENĖ, L. Poveikio aplinkai vertinimas: mokomoji knyga. Kaunas, P.39.
- TIWARI, B., GOWEN, A., MCKENNA, B. Processing, Quality and Nutraceutical Applications. Pulse Foods (1), P. 10-15 [žiūrėta 2019-03-20]
- WALKER, J. 2011. Environmental Indicators and Sustainable Agriculture. Technology transfer. P. 323-346.
- VELTHOF, G. 2011. Agri-environmental Indicators: recommendations for priority data collection and data combination. Eurostat. Methodologies & Working papers. P. 49.

Kiti informacijos šaltiniai

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Overview. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-03-10]. Prieiga per internetą: <http://www.fao.org/statistics/en/>
2. Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-03-15]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize>
3. ŽŪIKVC. Lietuvos žemės ūkio ir maisto produktų rinkos informacinė sistema [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-03-15]. Prieiga per internetą: <https://www.vic.lt/statistine-informacija/>
4. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2014-04-16 nutarimas Nr. 366 „Dėl Valstybinio atliekų tvarkymo 2014-2020 metų plano patvirtinimo“ (Žin., 2014, Nr.04989; TAR, 2014 Nr. 04989, 2018 Nr. 12013).

5. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2017-01-25 įsakymas „Dėl biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo, anaerobinio apdorojimo aplinkosauginių reikalavimų patvirtinimo“ (Žin. 2007, Nr. 23-902, TAR, 2016 Nr. D1-186).
6. European Committee for Standardization (ed.) (2006) Technical Committee 343 Solid Recovered Fuels (CEN TC 343). CEN/TR 15508:2006. Key properties on solid recovered fuels to be used for establishing a classification system, 2006. Brussels: CEN, P. 78.
7. European Committee for Standardization (ed.) (2011) Technical Committee 343 Solid Recovered Fuels (CEN TC 343). EN 15359:2011. Solid recovered fuels - Specifications and classes, 2011. Brussels: CEN
8. KONSTANTINAVIČIŪTĖ, I., 2016. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų nacionalinių emisijų rodiklių energetikos sektoriuje atnaujinimas. Galutinė ataskaita. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-05-06]. Prieiga per internetą:
https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/KLIMATO%20KAITA/Studijos%2C%20metodin%C4%97%20med%C5%BEiaga/Ataskaita_Energetikos_EF_galutine_20160502.pdf
9. LST EN ISO 712:2009 Grūdai ir jų produktai. Drėgmės kiekio nustatymas. Pamatinis metodas.
10. LST 1524 ICS 67.060. 2019. Kviečiai. Supirkimo ir tiekimo reikalavimai.
11. LST 1797:2018 Miežiai. Supirkimo ir tiekimo reikalavimai.
12. LST 1580:2019 Ruginiai. Supirkimo ir tiekimo reikalavimai.
13. LST 1948:2019 Kvietrugiai. Supirkimo ir tiekimo reikalavimai.
14. Lietuvos higienos normos HN 35:2007 „Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios ir visuomeninės paskirties pastatų patalpų ore“ (Žin., 2004, Nr. 41-1357; TAR, 2015, Nr.2015-21256).
15. LST EN 15359:2012 „Kietasis atgautasis kuras. Techniniai reikalavimai ir klasės“
16. CIMBRIA Flow Dryer. 2019. A Rational and Profitable Way of Artificial Drying. Data Sheet.
17. Lietuvos Respublikos cheminių medžiagų ir preparatų įstatymas (Žin., 2000, Nr.36-987, TAR, 2016, Nr.2016-10407).
18. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr.1107/2009 dėl augalų apsaugos produktų pateikimo į rinką ir panaikinantį Tarybos direktyvas 79/117/EEB ir 91/414/EEB
19. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr.1272/2008 dėl cheminių medžiagų ir mišinių klasifikavimo, ženklavimo ir pakavimo, iš dalies keičiantis ir panaikinantį direktyvas 67/548/EEB bei 1999/45/EB ir iš dalies keičiantis Reglamentą (EB) Nr. 1907/2006
20. Komisijos įgyvendinimo reglamentas (ES) Nr.540/2011, kuriuo dėl patvirtintų veikliųjų medžiagų sąrašo įgyvendinamas Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr.1107/2009
21. Komisijos reglamentas (ES) Nr.545/2011, kuriuo dėl duomenų apie augalų apsaugos produktus pateikimo reikalavimų įgyvendinamas EP ir ET reglamentas (EB) Nr.1107/2009
22. Lietuvos Respublikos pašarų įstatymas. (Žin. 2000, Nr. 34-952; 2010, Nr. 12-560).
23. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2001-03-28 įsakymas „Dėl privalomųjų sausų pašarų kokybės ir gamybos techninių reikalavimų patvirtinimo“ (Žin. 2001, Nr.28-916).

24. UAB „Baltic Agro“ finansinë 2018 m. ataskaita.

PRIEDAI

1 priedas. Biostimuliantų sudėtis ir veikliosios medžiagos

Sudėtis	Koncentracija
Veikliosios medžiagos	
Bendras Azotas	5%
Bendras Kalis	1%
Bendras Kalcis	0.15%
Humines, fulvo rūgštys	6%
Amino rūgštys	0.2%
Organinė anglis	3.5%
Makro maistinės medžiagos: S	
Mikro maistinės medžiagos: Cu, Zn, Mo, Al, Fe;	
Mikroelementai: Cr, Ba, Ti;	
Vitaminai A1, B1, B2, PP, B12, C, D1, E, B9,P, K1;	
Fermentai mycorrhizal fungi (AMF), glomalinai ir gerosios bakterijos	