



MAISTO PRAMONĖS TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ GAMYBOS ĮMONĖS VEIKLOS METU SUSIDARANČIŲ ATLIEKŲ ANALIZĖ IR PREVENCIJOS BŪDAI

Giedrius Černiauskas¹, Jolita Kruopienė²

KTU APINI Aplinkos inžinerijos institutas
El. p. ¹gi.cerniauskas@ktu.edu; ²jolita.kruopiene@ktu.lt

Anotacija. Visose gamybinėse įmonėse susidaro tam tikrų gamybinių ir buitinių atliekų. Atliekų tvarkymas ir prevencija yra neatsiejama įmonės veiklos dalis. Visuose gamybose procesuose turi būti atsižvelgta ir į tai, kaip sumažinti gaunamų atliekų kiekį arba jį visai eliminuoti. Straipsnyje analizuojama maisto pramonės technologinių įrenginių gamybos įmonė. Pasirinktoje įmonėje buvo sudaryta procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama, surinkti įmonės vedamos statistikos duomenys, taip buvo išskirtos dvi pagrindinės įmonėje susidarančios atliekos – popierius ir metalas (AISI304 ir AISI316 markių nerūdijantis plienas). Atlikus tiriamosios įmonės analizę, buvo pasiūlyta atliekų prevencijai tinkamas sprendimas: popierinius brėžinius pakeisti į skaitmeninius. Atlikus būvio ciklo vertinimą nustatyta, kaip keisis poveikis aplinkai, jei būtų įdiegtas šis sprendimas. Nustatyta, kad naudojant skaitmeninius brėžinius vietoje popierinių, poveikis aplinkai labai stipriai sumažėtų. Taip pat nustatyta, kad pagrindinė metalo atliekų gamyboje susidarymo priežastis yra neefektyvus lazerio naudojimas ir brokas, susijęs su standartų neatitinkančiais technologiniais mazgais.

Reikšminiai žodžiai: AISI304, AISI316, nerūdijantis plienas, popierius, elektroninė skaityklė, gamybos įmonė, technologiniai įrenginiai, metalas, atliekų prevencija.

Įvadas

Pramonės veiklos metu susidarančios atliekos yra opi problema dėl jų pavojingumo, prarandamų (į gaminį nepatekusių) žaliavų, taršos tvarkymo ir su visu tuo susijusių kaštų.

Metalo atliekos yra priskiriamos probleminių atliekų kategorijai. Analizuojamos įmonės veiklos metu pagrindinė naudojama žaliava yra nerūdijantis plienas AISI304 ir AISI316 markių.

Metalo perdėrimas, lydymas turi įtakos rūgščiųjų lietu susidarymui. Metalo perdėrimo metu į atmosferą išmetami sulfatai ir nitratai, kurie grįžta atgal rūgščiųjų lietu pavidalu, padarydami didžiulį nuostolių aplinkai ir kenkdam žmonių sveikatai. Krentant rūgščiajam lietu, oro tarša pereina į kitas aplinkos terpes. Aplinkos oro savaiminis valymosi procesas yra daug spartesnis nei vandens ar dirvožemio, todėl tokie lietu sudaro ciklą, per kurį vanduo ir dirvožemis nebeišsivalo (Rutkoviėnė ir Sabienė, 2008).

Įvairių įmonių, pramonės objektų veikla dažnai yra susijusi su dideliais kiekiais popieriaus, ant kurio spausdinami dokumentai, informacija, brėžiniai. Analizuoja-

moje įmonėje brėžiniai yra spausdinami ant A4 ir A3 formato popieriaus, kurio per metus susidaro daugiau nei 1300 kg. Tokiam kiekiui popieriaus iš pirminės celiuliozės pagaminti reikėtų maždaug 32 medžių žaliavos.

Visuose gamybos procesuose turi būti sprendžiama, kaip sumažinti gaunamų atliekų kiekį arba jį visai eliminuoti. Analizuojama įmonė, kuri užsiima maisto pramonės technologinių įrenginių gamyba iš nerūdijančio plieno, yra naujos statybos, turi modernią gamybai skirtą įrangą, naudojamą metalui apdirbti ir ruošiniams gaminti. Iš atliekų prevencijai plačiai taikomų švaresnės gamybos ir ekologinio projektavimo metodų pastarasis analizuojamoje įmonėje yra sunkiai pritaikomas, nes įmonė yra nestandartinių technologinių įrenginių gamintoja.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti atliekų prevencijos poreikį ir galimybes maisto pramonės nestandartinius technologinius įrenginius gaminančioje įmonėje.

Metodika

Analizuojama įmonė – moderni maisto pramonės nestandartinių technologinių įrenginių gamintoja, teikianti

kompleksinius sprendimus, apimančius plataus spektro gamybos procesų diegimą ir valdymą. Veikla grindžiama ilgamete patirtimi, kuri sukaupta gaminant pažangius, ergonominius ir ilgaamžius maisto pramonės įrenginius. Pagrindinė gaminama produkcija: transporterinės sistemos, žvejybinių laivų įranga, rūšiavimo įranga, bunkeriai, pakavimo įranga, išpjaustymo įranga, kokybės kontrolės įranga, plovimo įranga, pjaustymo įranga, pasterizavimo įranga, vamzdiniai, glazūravimo įranga, buferiavimo įranga, filetavimo įranga, aprantavimo aikštelės, higieninė įranga, išvertuvas, šaldymo įrenginiai, kaitinimo įrenginiai, spiraliniai konvejeriai, manipulatoriai, vibro konvejeriai, vonios ir kitokios talpos, sraigtiniai konvejeriai.

Detaliai išstudijavus įmonės renkamą statistiką, buvo atlikta visų technologinių įrenginių ir jų operatorių darbo analizė. Sudaryta pirminė technologinių procesų srautų diagrama, kurioje matoma, kiek kiekviename gamybos procese yra įeinančių ir išeinančių elementų. Nustatyta, kuriame gamybos procese yra daugiausia išvedinių, kuriuose procesuose gaunami didžiausi nuostoliai, kuriuose procesuose sunaudojama daugiausia medžiagų ir kokiuose procesuose kokios atliekos yra sugeneruojamos (1 paveikslas).

Būvio ciklo vertinimas buvo atliekamas openLCA 1.8 programine įranga. Programoje buvo sukeltas „open LCA data import sets methodology“ vertinimo metodikos rinkinys, kuris yra originalus programinės įrangos kūrėjų įrankis. Į openLCA 1.8 programą buvo importuotos ir visos laisvai prieinamos duomenų bazės.

Remiantis įmonės statistiniais duomenimis, įrenginių, įmonės veiklos procesų analize, buvo surinkta informacija apie sugeneruojamų atliekų kiekį ir jų rūšis (Aplinkos apsaugos agentūra, 2017; KRATC, 2020). Atsižvelgiant į gautus duomenis, buvo pasiūlyti įmonei tinkantys atliekų prevencijos būdai. Pagal pateiktus prevencijos pasiūlymus, vienam iš pasiūlymų atliktas būvio ciklo vertinimas, kuriuo siekiama nustatyti, kaip keisis poveikis aplinkai būvio ciklo metu.



1 paveikslas. Pagrindinės įmonėje naudojamos žaliavos atliekos: a) metalo atliekos iki pridavimo; b) supresuotos metalo atliekos eksportavimui

Rezultatai ir jų analizė

Atliekų prevencija yra pagrindinis atliekų tvarkymo politikos tikslas (Lietuvos Respublikos Seimas, 1998). Lietuvoje prevencijos tikslai yra išskirti Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu patvirtintoje Valstybinėje atliekų prevencijos programoje (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2013):

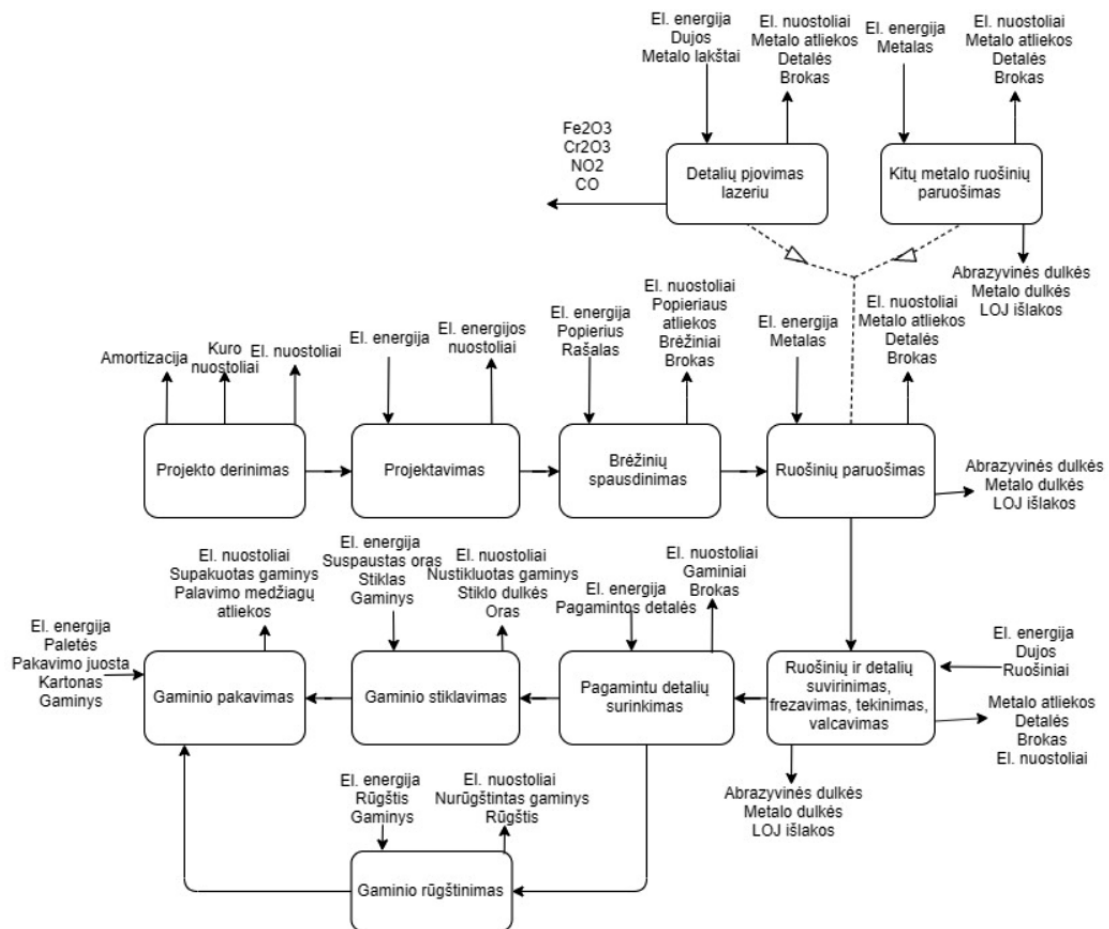
- vengti atliekų susidarymo;
- mažinti susidarančių ir nenaudojamų atliekų kiekį;
- mažinti kenksmingų medžiagų kiekį medžiagose ir produktuose;
- produktus naudoti pakartotinai ar pailginti jų būvio ciklą.

Pagal analizės metu surinktus duomenis buvo sudaryta Procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama (2 paveikslas). Pagrindiniai išvediniai yra šie: produkcija, elektros, energijos nuostoliai, metalo atliekos gaunamos iš broko (ir ne tik), popierius, rūgštis atliekos, stiklo dulkių atliekos, metalo drožlių atliekos, pakavimo medžiagų atliekos, oro tarša. Pagal atliktą atliekų analizę nustatyta, kad daugiausia suakumuliuojama popieriaus ir metalo atliekų. Daugumoje procesų yra naudojamas metalas ir jo ruošiniai, metalo atliekos (metalo lakštų atraižos, profiliinių ir kitų vamzdžių atraižos, strypų atraižos, metalinių detalių brokas, metalo drožlės ir tekinimo frezavimo, gręžimo staklių yra daugiausiai suakumuliuojamos).

Įmonei vykdant veiklą gaunamos atliekos: popieriaus, metalo, plastiko, stiklo dulkių, smėlio dulkių, pakavimo medžiagų, rūgštis atliekos „Esab stainclean“, dažų (milteliniai dažai), kitų standartinių elementų atliekos (1 lentelė).

1 lentelė. Susidarančių atliekų suvestinė (per metus)

Atliekos kodas	Atliekos kiekis	Atliekos pavadinimas	Atliekos pavojingumą lemiančios savybės	Atliekos fizinis būvis
191201	1,3 t	Popierius	–	Kieta
20110	6,5 t	Metalas	–	Kieta
70213	70 kg	Plastikas	–	Kieta
101112	380 kg	Smėlis	–	Biri
15010501	160 kg	Kombinuota pakuotė	–	Kieta
60101 60105 60106	15 mg	Rūgštis „Esab stainclean“	Gali sukelti odos nudegimus Įkvėpus garų, atsiranda suerzinimo simptomai kvėpavimo takuose	Skysta
200128	500 mg	Dažai	–	Skysta



2 paveikslas. Procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama

Atlikus visų gamybos įmonės procesų analizę, pasitebėtos tam tikros vietos, kur būtų galima pritaikyti atliekų prevencijos būdus ir jais sumažinti suakumuliuojamų atliekų kiekį:

- 1) pjovimo lazerio Bystronic Bystar 4020 CNC operatorius, kuris kelia brėžinius ir juos dėlioja ant ruošinio (metalo lakšto), turėtų naudingai išnaudoti visas galimybes ir, gavęs visus brėžinius, juos pjauti dėliodamas ne padrikai, o kuo talpia panaudodamas lakštą (3 paveikslas). Taip bus sumažintos atraižų iš pjovimo lazeriu proceso atliekos.



3 paveikslas. Liekanos lakštų, kuriuose išnaudotas ne visas plotas

- 2) popieriaus atliekos turėtų būti rūšiuojamos atskirai ir pridudamos atliekų tvarkytojams jau surūšiuotos. Siekiant sumažinti popieriaus atliekas, įmonėje galėtų būti modernizuojamas gamybinių brėžinių perdavimo gamybai žingsnis. Brėžinius inžinieriai galėtų perduoti elektronine forma. Taip būtų eliminuojama daugiau nei 85 % popieriaus atliekų. Taip pat būtų sutaupyta įmonei, nebesunaudojant tokio didelio kiekio popieriaus ir spausdinimo rašalo.
- 3) Projektuojami ruošiniai galėtų būti standartizuoti ir kaip įmanoma plačiau pritaikomi, taip būtų sumažinamas broko kiekis, masiškai gaminant tam tikrų mazgų tokias pat detales.

Antrajam pasiūlymui, kuris leidžia gerokai sumažinti susidaranti popieriaus atliekas, buvo atliktas būvio ciklo vertinimas, kuriuo siekta palyginti poveikį aplinkai iki įdiegiant pasiūlymą ir jį įdiegus.

Būvio ciklo vertinimas

Būvio ciklo vertinimas atliktas dviem etapais: iš pradžių įvertinta standartinė situacija, buvusi iki patobulinimo, t. y. kai naudojami ant popieriaus spausdinami brėžiniai,

o antruoju etapu įvertinta situacija įdiegus pasiūlymą, t. y. kai naudojami skaitmeniniai brėžiniai. Pastarieji neužima fizinės vietos, yra lengvai prieinami iš bet kur ir bet kada, nenaudojant jokių papildomų medžiagų, išskyrus elektrą. Tyrimo funkcinis vienetas: 1 pagamintas projektas (vidutiniškai 30 A3 formato lapų).

Per metus yra įvykdoma apie 100 projektų, taigi per metus tenka atspausdinti maždaug 3000 popierinių brėžinių variantų. Į šį skaičių neįeina brokas ir neatsižvelgta į kitus nenumatytus veiksnius, dėl kurių brėžinių skaičius išauga. Taip pat nenumatyti ir kiti administracijos spausdinami dokumentai, kurie irgi galėtų būti skaitomi ir elektronine forma.

Būvio ciklo vertinimas toliau atliekamas 100 projektų, nes preliminariai įvertinta, jog elektroninė skaityklė, kurioje skaitomi skaitmeniniai brėžiniai, gamybos metu bus naudojama maždaug apie 1 metus (skaityklių gamintojų nustatomos darbo valandos). Taigi vertinant būvio ciklą daroma prielaida, kad 3000 popierinių brėžinių atitinka 1 skaityklės gamybą ir naudojimą tam pačiam darbui ir tam pačiam laikotarpiui.

Būvio ciklo tyrimo metu bus įvertintos skaityklės gamybos medžiagos, technologiniai procesai ir jų sukeliamas tarša gamybos proceso metu, energija, ikalanga skaityklei gaminti ir jau pagamintai skaityklei naudoti (Naicker ir Cohen, 2016). Tyrime įtrauktos ir skaityklės gamybos metu susidarančios nuotekos (Schmidt ir Pizzol, 2014). Transportavimas apskaičiuotas ir taip pat įtrauktas į būvio ciklo vertinimą, kad būtų atsižvelgta į kiekvieno proceso poveikį aplinkai. Įtraukta ir apskaičiuota oro tarša, ji susumuota į bendrą taršą pagal cheminius elementus.

Tyrimui reikalingi duomenys surinkti iš įvairių duomenų bazių, Statistikos departamento; taršos vertės apskaičiuotos naudojant metodiką.

Tarša, susijusi su transportu, popieriaus gamyba ir elektra, apskaičiuota naudojant Tektug Carbon Calculator skaičiuoklę (Carbon Calculator, n.d.). Procesų įvediniai ir išvediniai parodyti 4 paveiksle.

Sudarius procesų įvedinių ir išvedinių schemas matoma, kad popieriniai brėžiniai turi daugiau procesų, kurie susidaro dėl brėžinio atvaizdavimo proceso metu naudojamų dažų ir spausdinimo, kurio metu reikalinga energija,



4 paveikslas. Procesų įvediniai ir išvediniai, naudojant skaitmeninius ir popierinius brėžinius

2 lentelė. Suvestinė

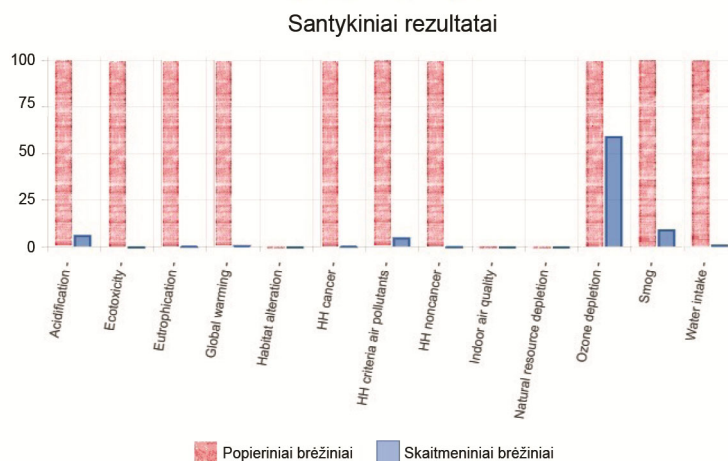
Įvediniai / Išvediniai (per metus)	Popieriniai brėžiniai	Skaitmeniniai brėžiniai
Transportavimas		
Dyzelinis kuras žaliavų transportavimui	120 l (kas mėnesį po vieną sunkvežimį)	10 l (1 sunkvežimis metuose)
Dyzelinis kuras produktų transportavimui iki vartotojo	1200 l (kas mėnesį po vieną sunkvežimį)	100 l (1 sunkvežimis metuose)
Dyzelinis kuras produkto nukenksminimui	1 l (1 sunkvežimis metuose)	0 l
Oro tarša		
CO ₂	641 kg	258 kg
KD	105 kg	6 kg
NO _x	438 kg	39 kg
LOJ	125 kg	56 kg

2 lentelės pabaiga

Įvediniai / Išvediniai (per metus)	Popieriniai brėžiniai	Skaitmeniniai brėžiniai
Produkto gamyba		
Elektros energija	22 kWh	25 kWh
Gamybinės atliekos	200 kg	15 kg
Suspaustas oras	15 m ³	18 m ³
Gamybinės nuotekos	15 tūkst. m ³	800 m ³
Žaliavos	3,3 t	850 kg
Brėžinių gamyba		
Dažai brėžinių spausdinimui	1356 l	0 l
Elektros energija	2 kWh	2 kWh
Žaliavos	500 kg	0 kg

3 lentelė. Popierinių (iki pasiūlymo įgyvendinimo) ir skaitmeninių (po pasiūlymo įgyvendinimo) brėžinių naudojimo poveikio aplinkai rezultatai

Kategorija	Popieriniai brėžiniai	Skaitmeniniai brėžiniai	Matavimo vienetai
Rūgštėjimas	2.79037e+7	1.70301e+6	H+ mmole eq
Ekotoksiškumas	5.34136e+7	2.11657e+3	g 2,4-D eq
Eutrofikacija	4.25011e+5	1.88271e+3	g N eq
Visuotinis atšilimas	1.37071e+8	8.41861e+5	g CO ₂ eq
Žmonių sveikata, vėžiniai susirgimai	6.26020e+5	2.75939e+3	g C ₆ H ₆ eq
Žmonių sveikata, kritiniai teršalai	1.36556e+4	6.56498e+2	microDALYs
Žmonių sveikata, vėžio nesukeliantys teršalai	1.56043e+10	3.91340e+6	g C ₇ H ₇ eq
Ozono sluoksnio ardymas	3.65812e-2	2.16395e-2	g CFC-11 eq
Smogas	5.52447e+5	5.03095e+4	g NO _x eq



5 paveikslas. Būvio ciklo analizės rezultatai

o dažymo metu išsiskiria lakieji organiniai junginiai. Elektroninės skaityklės gamybos ir naudojimo procesų turi mažiau. Iš schemų matoma, kad pagrindiniai išvediniai yra oro tarša, atliekos susidarančios gamybos metu, nuotekos. Duomenys, reikalingi būvio ciklo vertinimui, pateikiami 2 lentelėje.

Atlikus būvio ciklo vertinimą, nustatytas poveikis aplinkai tam tikrose poveikio aplinkai kategorijose (3 lentelė).

Be parodytų 3 lentelėje, buvo įvertintos ir tokios kategorijos kaip buveinių pakeitimas, patalpų oro kokybė, gamtinių išteklių sunaudojimas. Tačiau poveikis šiose

kategorijose buvo labai nežymus, todėl lentelėje ir nepateikiama.

Būvio ciklo vertinimo rezultatai (5 paveikslas) rodo, kad didžiausias skirtumas yra poveikio kategorijoje „žmonių sveikata, vėžiniai susirgimai“, o mažiausiai skiriasi poveikis ozono sluoksnio ardymui. Būvio ciklo vertinimo tyrimo metu gaunamas didelis poveikio aplinkai sumažinamas po pateikto atliekų prevencijos pasiūlymo įgyvendinimo.

Išvados

1. Tiriamojoje įmonėje vykdant veiklą (brėžinių ruošimas, brėžinių spausdinimas gamybai, gamybos procesai ir kt.) per metus susidarantys atliekų kiekiai: popieriaus atliekos – 1300 kg, metalo atliekos – 6,5 t, plastiko atliekos – 70 kg, stiklo dulkių atliekos ir smėlio dulkių atliekos – 380 kg, pakuavimo medžiagų atliekos – 160 kg, rūgšties atliekos „Esab stainelean“ – 15 mg, dažų atliekos (milteliniai dažai) – 500 mg.
2. Atsižvelgus į įmonės veiklą ir atliekų tvarkymą, buvo pateikti pasiūlymai, leisiantys sumažinti susidarančių atliekų kiekį: tobulinti lazerio operatoriaus kvalifikaciją, siekiant efektyvesnio lakštinės medžiagos išnaudojimo, vietoj popierinių brėžinių naudoti elektroninės formos brėžinius, taip eliminuojant ne mažiau kaip 85 % popieriaus atliekų įmonėje, siekiant mažinti broką vykdyti brėžinių kontrolę prieš pateikiant gamybai, kiek įmanoma standartizuoti ruošinius.
3. Siekiant įvertinti skaitmeninių brėžinių naudojimo vietoje popierinių efektyvumą, buvo atliktas būvio ciklo vertinimo tyrimas. Tyrime įvertinta, kad popierius bus gaminamas, transportuojamas, ant jo purškiamas rašalas ir atliekos po projekto nukenksminamos. Skaitmeninių brėžinių analizėje įvertinta elektroninės skaityklės gamyba, transportas ir naudojimas metus laiko. Būvio ciklo vertinimo tyrimo rezultatai parodė, kad skaitmeninių brėžinių naudojimas keltų žymiai mažesnę poveikį aplinkai nei popieriniai brėžiniai.

Literatūra

Aplinkos apsaugos agentūra. (2017). *Oficiali atliekų suvestinė 2017 m.* <http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=01f545a1-ebed-4f2d-b05a-2b1bf5e7494b>

Carbon Calculator. (n.d.).

<http://www.tektug.com/calculator.php#calculatemotor>

KRATC. (2020). *Klaipėdos regiono atliekų tvarkymo centro (KRATC) veiklos informacija.*

<http://www.kratc.lt/atlieku-tvarkymo-sistema>

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2013). Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro įsakymas dėl valstybinės atliekų prevencijos programos patvirtinimo. *Valstybės žinios*, 2013-10-30, Nr. 113-5663. <https://e-sci-mas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.458655?positionInSearchResults=2&searchModelUUID=5316ab29-5fc2-4f1f-bc16-53e5367a193e>

Lietuvos Respublikos Seimas. (1998). Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymas. *Valstybės žinios*, 1998-07-08, Nr. 61-1726. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.59267/asr>

Naicker, V., & Cohen, B. (2016). A life cycle assessment of e-books and printed books in South Africa. *Journal of Energy in Southern Africa*, 27(2), 1–10. <https://doi.org/10.17159/2413-3051/2016/v27i2a1343>

Rutkoviėnė, V. M. ir N. Sabienė, N. (2008). *Aplinkos tarša: Mokomoji knyga*. Akademijs. http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/548/1/Aplinkos%20tarsa.%20Rutkoviene%2C%20Sabiene_1.pdf

Schmidt, J. H., & Massimo Pizzol, M. (2014). *Critical review of four comparative life cycle assessments of printed and electronic communication*. Aalborg University. https://lcanet.com/files/Review_of_four_LCAs_on_printed_versus_electronic_media.pdf

FOOD INDUSTRY TECHNOLOGICAL DEVICES MANUFACTURING COMPANY WASTE FROM OPERATIONAL ACTIVITIES ANALYSIS AND PREVENTION WAYS OF WASTE

G. Černiauskas, J. Kruopienė

Summary

All manufacturing companies generate some industrial and household waste. Waste management and prevention are an integral part of company operations. All production processes must consider how to reduce or eliminate waste. The article analyzes the food industry technological equipment manufacturing company. Analysis was based on material and energy flow chart and the compiled company statistics. Two main waste flows were identified, namely paper and metal (AISI304 and AISI316 stainless steel). Three waste prevention proposals were presented. It was suggested to convert paper drawings to digital ones. A life cycle analysis (LCA) has been conducted on this proposal to determine how the environmental impact will change if this proposal is implemented. LCA demonstrated that using digital drawings instead of paper ones can significantly reduce environmental impact. Regarding metal waste, it was found that the main reason for its generation during the production is the inefficient use of the laser and the defect due to non-standardized technological units.

Keywords: AISI304, AISI316, stainless steel, paper, electronic reader, manufacturing company, technological equipment, metal, waste prevention.