

ORO TARŠOS VERTINIMAS DEGINANT FERMENTUOTAS ATLIEKAS

Violeta Čepanko¹, Pranas Baltrėnas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

E-mail: ¹violeta.cepanko@ap.vgtu.lt; ²pbalt@ap.vgtu.lt

Anotacija. Šiame darbe nagrinėjama oro taršos problema, deginant bioskaidžias atliekas iš žemės ūkio bei gėrimų gamybos pramonės šakų. Tirti buvo pasirinkti vištų ir kiaulių mėšlas bei žlaugtas po biodujų išgavimo, t. y. po jų fermentacijos laboratoriniuose bioreaktoriuose. Straipsnyje pateikiama fermentuotų atliekų deginimo metodika ir eksperimentiniai šių atliekų deginimo rezultatai. Tyrimais periodinės užkrovos krosnyje nustatyta, kad degimo metu teršalų koncentracijos kinta laike, priklausomai nuo degimo stadijos.

Reikšminiai žodžiai: atliekų deginimas, bioskaidžios atliekos, fermentuotos atliekos, oro tarša.

Ivadas

Svarbiausi antropogeniniai aplinkos taršos šaltiniai yra energijos ir produktų gamyba, transportas, intensyvi gyvulininkystė. Didžiausia – beveik 90 % – teršalų dalis susidaro degimo proceso metu: šiluminėse elektrinėse, pramoninėse ir namų ūkio katilinėse, transporto priemonių varikliuose ir t. t.

Atliekos, kaip energijos šaltinis, ES šalyse vis dažniau naudojamos. Tai lemia keletas veiksnių:

- Kuro gamyba iš rūšiuotų atliekų ir tolesnis šio kuro deginimas sudaro galimybę daug kartų sumažinti atliekų tūrį, mažinant atliekų kiekius sąvartynuose ir prailginant jų eksploatacijos laiką.
- Atliekų deginimas leidžia išvengti atmosferos teršimo jų savaiminio irimo produktais, palyginti su tuo atveju, kai atliekos iš karto šalinamos į sąvartyną.
- Atliekas deginant pagaminama daug energijos.
- Atliekos yra vietinis produktas, todėl, naudojant jas kaip energijos šaltinį, galima mažiau deginti importuojamo, iškastinio kuro, taupyti finansinius išteklius ir didinti energijos tiekimo saugą.

Teršalų susidarymas deginant kurą priklauso nuo deginimo technologijos pobūdžio, kuro rūšies ir degimo sąlygų. Visiškai kuro sudeginimui dėl kūryklos netobulumo ir nepakankamo kuro susimaišymo su oru niekuomet nepakanka stochiometrinio deguonies, t. y. oro kiekio. Trūkstant oro, kuras sudega ne iki galo ir degimo produktuose padaugėja teršalų. Be oro trūkumo, ne visą kuro sudegimą gali lemti šie veiksniai:

- Nepakankamas kuro kontaktas su oru.

- Staigus liepsnos atšaldymas arba nepakankamai aukšta temperatūra degimo zonoje.
- Per trumpas kuro išbuvimo laikas aukštose temperatūrose.

Svarbiausi aplinkos oro teršalai, susidarantys degimo procese, yra anglies monoksidas, azoto oksidai, sieros dioksidas bei kietosios dalelės (suodžiai ir pelenai). Deginant kai kurias kuro rūšis, galimas ir vandenilio halogenidų, ypač HCL ir HF, išsiskyrimas.

Prieš deginant, atliekos atitinkamai apdorojamos, atskiriant inertines medžiagas, prireikus smulkinant, homogenizuojant, presuojant ir pan. Degti paruoštos atliekos vadinamos kietuoju atgautuoju kuru (angl. *solid recovered fuel* – SRF arba *refuse derived fuel* – RDF).

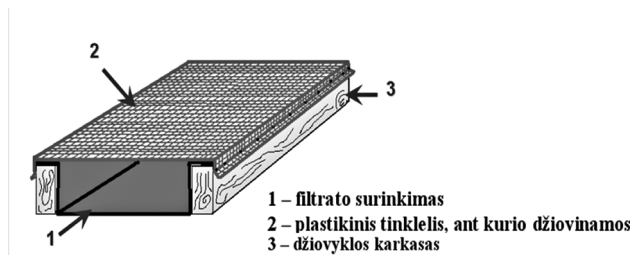
Šiuo metu organinėms atliekoms perdirbti plačiau naudojami deginimo ir kompostavimo technologijos, tačiau jų taikymas fermentuotoms organinėms atliekoms yra mažai iširtas, be to, tokių technologijų aprašų diegti pramoniniu lygiu nepakanka. Dėl šios priežasties minėtos technologijos efektyvumo ir pritaikymo galimybių tyrimai yra itin aktualūs ir reikalingi.

Šių tyrimų tikslas – deginant skirtingų rūšių nusausintas fermentuotas atliekas, įvertinti jų deginimo galimybes bei oro taršą degimo dujų komponentais, lyginant koncentracijas su normatyvuose nustatytais ribinėmis vertėmis.

Tyrimų metodika

Fermentuotų atliekų (substratų) bandiniai buvo paimti iš skirtingų rezervuarų, kuriuose buvo fermentuojamas nuotekų dumblas, vaisiai ir daržovės, vištų mėšlas, kiaulių mėšlas bei žlaugtas. Sausinama buvo džiovyklose

(1 pav.). Substratas buvo paskirstomas ant džiovyklos tinklelio. Džiovinimas natūraliomis sąlygomis vyko 40 parų. Tam, kad džiūvimas vyktų greičiau, substratas buvo vartomas. Prieš deginant nusausinti fermentuotų organinių atliekų substratai buvo suformuoti į briketus po 500 g.



1 pav. Fermentuotų organinių atliekų džiovyklos schema

Fig. 1. Drying scheme of fermented organic waste

Atliekų degimo tyrimai vyko VGTU Aplinkos apsaugos ir darbo sąlygų laboratorijos periodinės užkrovos kietojo kuro krosnyje (2 pav.), esant natūraliai traukai.



2 pav. Fermentuotų organinių atliekų bandinių deginimas AAK laboratorijoje sukonstruotoje krosnyje

Fig. 2. Samples of fermented organic waste burning in furnace designed to EPD laboratory

Lentelė. Išdžiovintų fermentuotų atliekų sudėtis

Table. The composition of the fermented waste after drying

Substratas	Nuotekų dumblas	Vaisiai ir daržovės	Vištų mėšlas	Kiaulių mėšlas	Žlaugtas
Nustatomas dydis					
C, %	37,32	28,21	50,11	42,07	51,13
H, %	3,76	3,23	3,61	3,20	5,01
S, %	0,55	0,15	0,64	0,95	0,45
O, %	34,02	35,82	31,53	35,13	34,55
N, %	4,68	0,54	1,05	2,03	4,01
W, %	8,3	12,6	5,0	5,8	5,8
Peleningumas, %	19,62	32,08	7,83	10,34	4,80

Fermentuotų atliekų biomasės elementinė sudėtis (žr. lentelę) buvo nustatyta VU Chemijos institute. Tyrimuose buvo naudotas prietaisas „EVO 50 XVP“ („Carl Zeiss SMT AG“) su energijos dispersijos ir bangų dispersijos rentgeno spindulių spektrometrais (Oksfordas, Jungtinė Karalystė).

Tyrimų metu periodiškai buvo matuojamos anglies monoksido ir dioksido, sieros dioksido, azoto oksidų, deguonies koncentracijos dūmuose, taip pat dūmų temperatūra koncentracijų matavimo vietoje. Temperatūros bei dujų komponentų koncentracijos buvo nustatomos prietaisu „TESTO-350“.

Tyrimų rezultatai

Fermentuotos atliekos buvo deginamos vieno ciklo režimu, t. y. nuo jų vienkartinio įkrovimo iki visiško sudegimo. Degimo metu buvo nustatomos degimo produktų (CO, CO₂, NO, NO₂, NO_x ir SO₂) koncentracijos deginant beržo malkas (1), vaisių/daržovių (2), vištų mėšlo (3), kiaulių mėšlo (4) bei žlaugto (5) substratus kartu su mediena. Beržo malkos buvo deginamos atskirai, kad būtų galima palyginti taršą bei imti gautas degimo produktų koncentracijas kaip atskaitos tašką. Visų substratų degimo procesas nepastoviu režimu vyko ne ilgiau kaip 17 min.

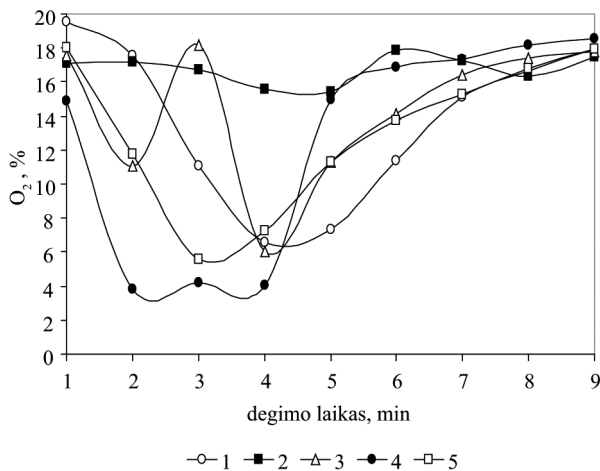
4–7 pav. pateikiami dujų teršalų, deguonies koncentracijos dūmuose bei dūmų temperatūros periodinių matavimų rezultatai, deginant beržo malkas bei skirtingas fermentuotas organines atliekas kartu su mediena.

Deguonies koncentracijos degimo metu svyravo plačiu diapazonu, tačiau optimaliomis degimo sąlygomis galima laikyti tokias, kurių O₂ koncentracija siekia 9–10 %. Tyrimai parodė, kad tokios sąlygos buvo pasiekiamos pirmosiomis atliekų degimo minutėmis. Tačiau buvo pastebėta, kad kai kurių atliekų intensyvaus degimo metu pasireikšdavo deguonies stoka – O₂ koncentracijos suma-

žėdavo iki 3–5 %, išskyrus degant 2 ir 5 substratams (3 pav.).

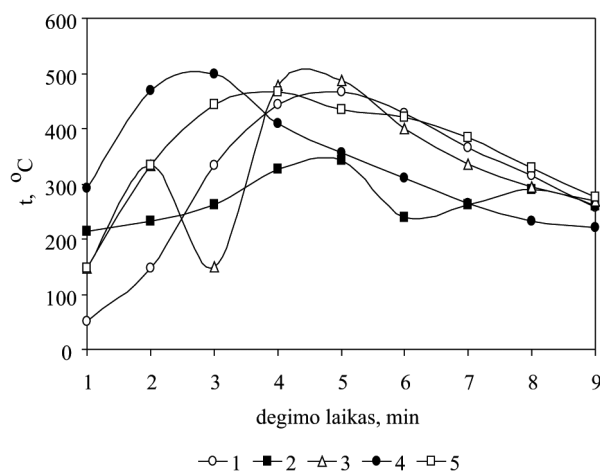
Degimo dūmų temperatūra staigiai kildavo pirmosiomis degimo proceso minutėmis nuo 150 °C iki 450–500 °C, toliau 10 minutę nuo degimo proceso pradžios sumažėdavo iki 200 °C, o pasibaigus degimui, kai jau kuras smilksta, ji ir toliau mažėjo (4 pav.).

Nedidelis degančių substratų kiekio pasikeitimas ir sluoksnio storio svyravimas lėmė degimo produktų, kurie



3 pav. O₂ koncentracijų kaita degant biomasei laikui einant: 1 – beržo malkos; 2 – vaisiai/daržovės; 3 – vištų mėšlas; 4 – kiaulių mėšlas; 5 – žlaugas

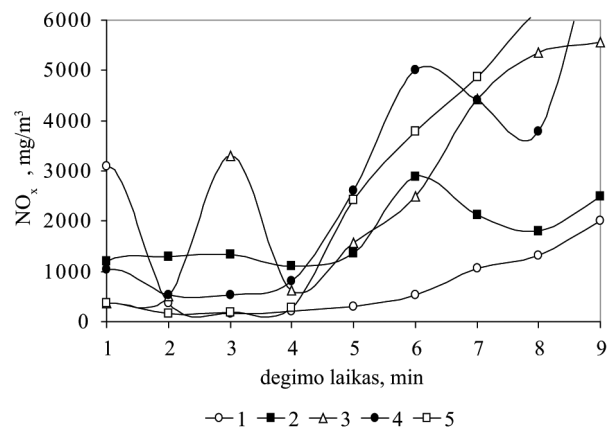
Fig. 3. O₂ concentrations change of biomass combustion time: 1 – birch wood; 2 – fruit/vegetables; 3 – chicken manure; 4 – pig manure; 5 – grain



4 pav. Dūmų temperatūros kaita degant biomasei laikui einant: 1 – beržo malkos; 2 – vaisiai/daržovės; 3 – vištų mėšlas; 4 – kiaulių mėšlas; 5 – žlaugas

Fig. 4. Smoke temperature change of biomass combustion time: 1 – birch wood; 2 – fruit/vegetables; 3 – chicken manure; 4 – pig manure; 5 – grain

labai jautrūs šiam veiksniai, sudėties pokyčius. Kuo didesnės galios įrenginyje vykėtų kuro degimas, tuo mažiau įtakos turėtų degančio kuro kiekio svyravimai degimo produktų pasikeitimui. Deginimo tyrimai laikui einant parodė, kad degimo dujų komponentų koncentracijų kitiimas turi panašias tendencijas, kurias nustatė J. Wandrasz (Wandrasz, Pikon 2007). Pirmasis degimo etapas vadinamas kuro sudegimo zona, kai išmetamų dujų temperatūra pakyla iki maksimalios vertės ir deguonies kiekis sumažėja, o paskui laikui bėgant temperatūrai nusistovėjus ir kintant nedaug (mažėjant) kuras galutinai sudega. Tokio tipo deginimas suteikė vertingos informacijos apie azoto oksidų susidarymą pirmoje degimo fazėje, kai kuras tik įkaista (išyla) ir vyksta dujųofikavimo procesai. Degant medienai ir vištų mėšlui buvo pastebėtas reiškinys, kai pirmoje kuro degimo fazėje buvo nustatytas staigus NO_x šuolis (5 pav.). Norint paaiškinti šį reiškinį, būtina atlikti papildomus tyrimus, kurie leistų detalčiai atskleisti padidintų NO_x koncentracijų susidarymo priežastis kuro degimo pradžioje.



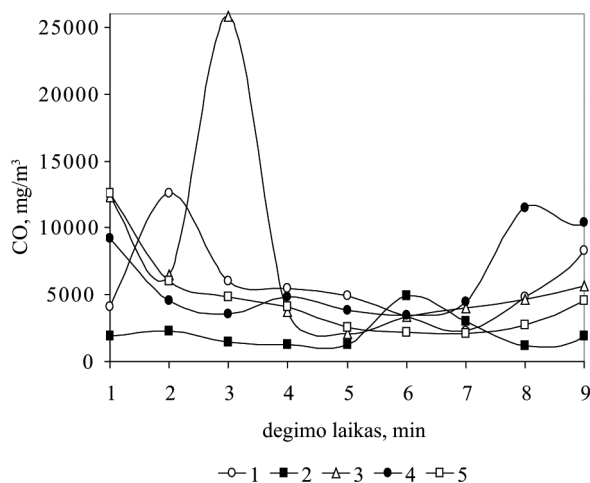
5 pav. NO_x koncentracijų kaita degant biomasei laikui einant: 1 – beržo malkos; 2 – vaisiai/daržovės; 3 – vištų mėšlas; 4 – kiaulių mėšlas; 5 – žlaugas

Fig. 5. NO_x concentrations change of biomass combustion time: 1 – birch wood; 2 – fruit/vegetables; 3 – chicken manure; 4 – pig manure; 5 – grain

Tyrimais nustatyta, kad kai kuras sudega ne iki galo (C kiekis pelenuose svyravo nuo 18,63 iki 34,39 %), maksimali liepsnos temperatūra buvo pasiekta tik tam tikrą degimo proceso intervalą (nuo 3 iki 5 min. nuo degimo proceso pradžios), kai dūmų temperatūra irgi buvo didžiausia. Todėl tyrimų rezultatus prasminga vertinti tik tuose taškuose, kuriuose buvo pasiektos maksimalios dūmų temperatūros bei degimas vyko optimaliu režimu (O₂ 9–10 %). Savo darbuose (Birmantas, Laukaitis 2000a, 2000b) mokslininkai pažymi, kad azoto oksidams susidaryti degimo procesų metu įtakos turi ir CO₂. Tačiau

tyrimo rezultatai rodo, kad toks ryšys yra labai silpnas ir todėl toliau jo negalima detalai analizuoti. Didesni sieros ir azoto kiekiai biologiniame kure leidžia prognozuoti didesnes sieros dioksido ir NO_x koncentracijas. Šis teiginys pasitvirtino ir tyrimai parodė, kad azoto junginių kiekiai substratuose sukėlė didesnes NO_x koncentracijas.

7 pav. matyti, kad padidėjusios CO bei NO_x koncentracijos pirmosiomis minutėmis, degant beržo malkoms bei vištų mėšlui, patvirtina vykstančius kure gazifikavimo procesus, pradedant nuo 4–5 min. – degimas vyksta pagal antrąjį degimo etapą (Wandrasz, Pikon 2007), kai, CO koncentracijoms sumažėjus, staigiai padidėja NO_x koncentracijos (6 pav.).



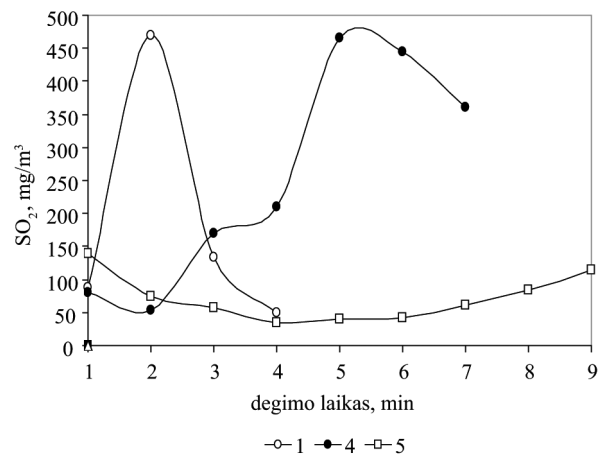
6 pav. CO koncentracijų kaita degant biomasei laikui einant: 1 – beržo malkos; 2 – vaisiai/daržovės; 3 – vištų mėšlas; 4 – kiaulių mėšlas; 5 – žlaugtas

Fig. 6. CO concentrations change of biomass combustion time: 1 – birch wood 2 – fruit / vegetables; 3 – chicken manure; 4 – pig manure; 5 – grain

Deginant substratus kartu su mediena, SO_2 koncentracijos išmetamuosiuose dūmuose buvo nustatytos tik dviem substrato rūšims – 4, 5 (7 pav.).

Manoma, kad SO_2 dujų išsiskyrimą, degant kiaulių mėšlo ir žlaugto substratams, galėjo sukelti didesnis sieros kiekis arba jo junginiai, esantys pačiuose substratuose (žr. lentelę). Nors sieros kiekis vištų mėšlo substrate bei 1,3 karto daugiau negu kad žlaugte, tačiau SO_2 degimo dujose n buvo nustatyta. Žinoma (ECN), kad beržo malkose sieros kiekis svyruoja nuo 0,01 % iki 0,009 %, tačiau pirmosiomis degimo minutėmis buvo aptiktos gana didelės, lyginant su substratais, SO_2 koncentracijos. Atsižvelgiant į tai ir į teigimą, kad sieros dioksidas reaguoja su deguonimi 400–700 °C temperatūroje, susidarant sieros trioksidui (SO_3), galima daryti

prielaidą, kad sieros dioksido kiekis, išsiskyręs degant vištų mėšlo substratui, kaip ir kitiems substratams, sureagavo su redukuojančių savybių turinčiomis dujomis ir jo nebuvo galima aptikti atliekant matavimus.



7 pav. SO_2 koncentracijų kaita degant biomasei laikui einant: 1 – beržo malkos; 2 – vaisiai/daržovės; 3 – vištų mėšlas; 4 – kiaulių mėšlas; 5 – žlaugtas

Fig. 7. SO_2 concentrations change of biomass combustion time (1 – birch wood 2 – fruit / vegetables; 3 – chicken manure; 4 – pig manure; 5 – grain)

Tyrimais nustatyta, kad, nesant ne iki galo sudegus kurui dėl kūryklos netobulumo ir nepakankamo kuro susimaišymo su oru, susidarė didelės teršalų koncentracijos, todėl bus siekiama pakartoti tų pačių atliekų deginimo tyrimus nuolatinio degimo pramoninio tipo krosnyje. Galima bus atlikti išsiskyrusių teršalų lyginimą su taikomomis norminėmis ribinėmis vertėmis. Be to, rekomenduojama, prieš deginant fermentuotas organines atliekas, jas atitinkamai apdoroti, atskirti inertines medžiagas, prireikus smulkinti, homogenizuoti, presuoti ir pan.

Išvados

1. Nepastovaus tipo deginimas suteikė vertingos informacijos apie azoto oksidų susidarymą pirmoje degimo fazėje, kai kuras tik įkaista (išyla) ir vyksta dujų oksidavimo procesai.

2. Rekomenduojama, prieš deginant fermentuotas organines atliekas, jas atitinkamai apdoroti, atskirti inertines medžiagas, prireikus smulkinant, homogenizuojant, presuojant ir pan.

3. Parinkus arba pritaikius šioms atliekoms deginimo katilą, būtų galima išgauti optimalias deginimo sąlygas, taip sumažinant išsiskiriančių teršalų koncentracijas, kurios neviršytų normose nustatytų ribinių verčių.

Literatūra

- Birmantas, J.; Laukaitis, A. 2000a. Azoto oksidų sąveika su CO ir SO₂ degimo dujose, *Aplinkos inžinerija* 8(2): 66–73.
- Birmantas, J.; Laukaitis, A. 2000b. Temperatūros ir deguonies koncentracijos įtaka azoto oksidų susidarymui kuro degimo procese, *Aplinkos inžinerija* 8(4):181–187.
- ECN. Definitions used in Phyllis [žiūrėta 2007-06-02]. Prieiga per internetą: <<http://www.ecn.nl/phyllis/>>.
- Wandrasz, A. J.; Pikon, K. 2007. Formed fuels from of animal and organic origin, in *Proceedings 26 th International Conference on Incineration & Thermal Treatment Technologies – Phoenix, AZ, USA* May, 14–18.

AIR POLLUTION ASSESSMENT COMBUSTING FERMENTED WASTE

V. Čepanko, P. Baltrėnas

Summary

This work examines the problem of air pollution burning organic waste from agricultural and drinks production sectors. Chicken and pig manure and biogas dregs after extraction, i.e. after the process of fermentation in laboratory bioreactors were selected as an object of research. The article presents the method of fermented waste incineration and the experimental results of waste incineration. Periodic surveys of kiln load disclosed that under combustion, pollutant concentrations change over time depending on the stage of combustion.

Keywords: waste incineration, organic waste, fermented waste, air pollution.