

Švendrų paruošimo ir naudojimo deginimui tyrimas bei kenksmingų medžiagų emisijų nustatymas

Lidija Tučkutė¹, Dionizas Streikus¹, Algirdas Jasinskas¹, Nerijus Pedišius², Tomas Vonžodas²

Aleksandro Stulginskio universitetas¹, Lietuvos energetikos institutas²

Straipsnyje išanalizuota naujausia mokslinė-techninė informacija apie Lietuvoje ir užsienio šalyse auginamus ir energetinėms reikmėms naudojamus įvairius netradicinius žolinius augalus, apžvelgtos jų paruošimo biokurui technologijos. Atlikta švendrų panaudojimo energetikoje galimybių analizė ir pateikti jų paruošimo bei naudojimo energinei konversijai – deginimui analitinių ir eksperimentinių tyrimų rezultatai. Pateikti švendrų paruošimo biokurui – smulkinimo ir granuliuojimo gamybos bei jų savybių tyrimų rezultatai, nustatyta granuliuojimo elementinė sudėtis, peleningumas, šilumingumas bei įvertintas poveikis aplinkai deginant švendrų granules. Emisijų tyrimai atlikti naudojant mažos galios (5 kW) kietojo kuro katilą, kuriame galima deginti granuliuotą bei briketuotą kurą. Iširtos ir įvertintos šios kenksmingų medžiagų emisijos į aplinką – anglies dioksidas CO₂, anglies monoksidas CO, azoto oksidai NO_x ir anglies ir azoto junginiai C_xH_y degimo produktuose. Nustatyta, kad deginant švendrų granules kenksmingų medžiagų emisijos į aplinką neviršijo leistinų normų. Gauti tyrimų rezultatai palyginti su kitų mokslininkų tyrimų rezultatais vertinant netradicinių žolinių augalų granuliuoto biokuro savybes ir poveikį aplinkai deginant.

Energetiniai augalai, švendrai, biokuras, granulės, savybės, deginimas, kenksmingos emisijos

Įvadas

Vienas populiariausių atsinaujinančios energijos šaltinių Lietuvoje yra biokuras: produktas, gaminamas iš biomasės atliekų. Tiek Lietuvoje tiek ir daugelyje užsienio šalių geriausiai žinomas ir plačiausiai naudojamas medienos biomasės kuras. Tačiau tausoiant medienos išteklius vis dažniau bandomos alternatyvios kuro rūšys, tame tarpe ir netradiciniai žoliniai augalai. Vertinant biomasės kuro potencialą Lietuvoje galima teigti, kad jis yra pakankamai didelis. Šiaudų biomasės kuro potencialas siekia 850 tūkst. tne., komunalinių atliekų – 200 tūkst. tne., o medienos biokuro – 1033 tūkst. tne (LAPINSKAS, 2010). Augalinės biomasės kuro panaudojimas centralizuotoje šilumos tiekimo sistemoje (CŠT) nuolat auga, bendrame kuro balanse šiuo metu jis sudaro apie 70 %. Teigiama, kad 2020 metais biomasės kuras centralizuotoje šilumos tiekimo sistemoje augalinis biokuras sudarys 80 % (LAPINSKAS, 2010).

Lietuvoje ir kitose užsienio šalyse atliekami netradicinių žolinių augalų tyrimai, kurių rezultatai tik patvirtina, jog tai nauja, tačiau itin perspektyvi kuro rūšis. Žolynų biokurui bandymai Lietuvos žemdirbystės institute pradėti jau 1997 metais. Atliekant bandymus buvo orientuotasi į Europoje tiriamus žolinius augalus, iš kurių populiariausiais laikomi drambliažolė ir nendriniai dryžučiai (JASINSKAS, 2006). 2014 metais atlikus šilumingumo tyrimus, gauti rezultatai parodė, jog drambliažolės sauso kuro apatinis šilumingumas – 17,8 MJ/kg, o nendrinio dryžučio – 17,4 MJ/kg. Palyginimui, etalonu laikomo beržo sauso kuro apatinis šilumingumas – 19,3 MJ/kg (VARES ir kt., 2007; SAKALAUSKAS ir kt., 2014). Lietuvos Žemdirbystės institute (LŽI) atlikus netradicinių žolinių augalų tyrimus buvo nustatyti didžiausią perspektyvą turintys augalai. Tai drambliažolės (*Miscanthus giganteus*), sidos (*Sida hermaphrodita*), geltonžiedžiai legėstai (*Silphium perfoliatum*) bei pavėsiniai kiekčiai (*Artemisia dubia*). Nustatyta, kad netradicinių žolinių augalų biomasėje pastebėta pelenų koncentracija siekia 2–6 %, ji žymiai mažesnė už tradicinių žolinių augalų biomasės sudėtyje esančią pelenų koncentraciją (10 %) (TILVIKIENĖ ir kt., 2016). 2002 metais LŽI buvo tirti ir kiti du netradiciniai

augalai: saulėgražos bei topinambai. Šie augalai buvo auginami smėlio ir priemolio dirvose. Nepaisant nepalankių oro sąlygų, tiriami augalai užaugino pakankamą didelį derlių (7,3 ir 5,7 t·ha⁻¹ topinambai bei 8,7 ir 4,9 t·ha⁻¹ saulėgražos), dėl to galima teigti, kad saulėgražoms bei topinambams augti Lietuvoje yra tinkamos sąlygos (JASINSKAS ir kt., 2008).

Kaip Lietuvoje taip ir Europoje bei JAV nuolat atliekami žolinių augalų tyrimai. Iš tirtų daugiamečių žolių, didžiausią potencialą turi rykštinės soros (*Panicum virgatum*), drambliažolės (*Miscanthus giganteus*), cukranendrės (*Arundo donax*) ir nendriniai dryžučiai (*Phalaris arundinacea*), nes šie augalai gali užauginti didelį derlių (LEWANDOWSKI ir kt., 2003).

Norint paruošti pasirinktą energijos žaliavą biokurui, reikia atlikti tam tikras technologines operacijas, kurių galutinis rezultatas šilumos ir elektros tiekimas žmonėms. Biokurui ruošiamą žolę reikia nupjauti ir išdžiovinti (iki 20 % drėgno), po to žolę galima presuoti į ritinius arba stačiakampius ryšulius ir laikyti dengtoje saugykloje arba formuoti granules ar briketus (ŽALTAUSKAS ir kt., 2001). Biokurui galima naudoti ir vandenyje augančius netradicinius žolinius augalus (nendres, švendrus), tačiau tokių augalų biomasės derliaus nuėmimas ir biokuro ruošimas yra problematiškas, nes tam reikalinga speciali technika pritaikyta darbui drėgnose vietovėse. Tokia technika gaminama Lenkijoje (REEDA), Danijoje (SEIGA), Britanijoje (SOFTRAK) ir kitose šalyse (GULBINAS ir kt., 2016).

Šiuo metu itin didelis dėmesys skiriamas ekologijai bei klimato kaitai. Įvairiose šalyse nustatytas skirtingas leistinas CO₂ emisijų intensyvumas. Remiantis Europos Komisijos bei Olandijos aplinkos tyrimų agentūros informacija, didžiausios šalys teršėjos yra Kinija, JAV bei Indija. Kinijoje aptinkamas CO₂ emisijų intensyvumas sudaro net 30 % viso pasaulio CO₂ (European Commission ir kt., 2015). Europos Sąjungos vadovai įsipareigoję paversti Europą ypač energiją taupančia, mažo anglies dioksido kiekio ekonomika. Rekomenduotina naudoti ekologišką augalinės kilmės biokurą, kurio sudėtyje beveik nėra kenksmingų medžiagų, o jį deginant išsiskyręs anglies dioksidas augalų fotosintezės procese paverčiamas deguonimi (JASINSKAS ir kt., 2012).

Išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių ribines vertes reglamentuoja Lietuvos Respublikos aplinkos ministro patvirtintos išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių normos. Nustatytos biokurų deginančių naujų ir esamų įrenginių, kurių šiluminis našumas 0,12-1,0 MW, išmetamų teršalų ribinės vertės (esant standartinei $O_2 = 6\%$ koncentracijai tūrio proc.) (LAND 43-2013): $NO_x \rightarrow 750 \text{ mg/Nm}^3$; $CO \rightarrow$ nenormuojama; $SO_2 \rightarrow 2000 \text{ mg/Nm}^3$; kietųjų dalelių $\rightarrow 800 \text{ mg/Nm}^3$.

Sudeginus 1 t žolinių augalų arba šiaudų kūrykloje susidaro 30-40 kg pelenų ir filtruose lieka 5-8 kg dulkių, pelenuose būna apie 0,09 % azoto, 1 % fosforo, 11 % kalio. Be to, pelenuose būna nedidelis kiekis sunkiųjų metalų: vario, cinko, alavo, nikelio, chromo, kadmio ir kitų. Dėl pelenuose esančio fosforo ir kalio pelenus galima vartoti kaip trąšą (VARES ir kt., 2007). Analizuojant netradicinių augalų biokuro naudojimo patirtį Simno specialiosios internatinės mokyklos šildymui buvo pastebėta, kad pradėjus deginti nendres žymiai sumažėjo aplinkos oro tarša (JASINSKAS ir kt., 2015).

Ankstesni tyrimų rezultatai parodė, jog netradiciniai žoliniai augalai gali būti naudojami biokurui, tačiau yra dar daug augalų rūšių, kurios nėra pakankamai ištirtos. Vienas iš tokių augalų – švendras. Informacijos apie švendrų panaudojimo galimybes energetikai nerasta, tačiau savo struktūra jis panašus į kitus nendrinis augalus, todėl galima daryti prielaidą, jog švendrus galima naudoti energetinėms reikmėms. Norint tą pagrįsti būtina atlikti išsamius tyrimus.

Tyrimų tikslas – išanalizuoti švendrų derliaus nuėmimo ir presuoto biokuro gamybos ypatumus, nustatyti švendrų granuliuoto biokuro savybes (biometrines, fizikines-mechanines, energetines) bei įvertinti kenksmingų medžiagų emisijas granules deginant nedidelės galios buitiniame katile.

Tyrimų metodika

Švendrų miltų ir granuliu biometrinių rodiklių, frakcinės sudėties, fizikinių-mechaninių bei energetinių savybių nustatymo metodikos

Granulių biometriniai rodikliai, miltų frakcinė sudėtis, fizikinės-mechaninės savybės – keli labai svarbūs aspektai, į kuriuos atsižvelgiant, pasirenkama granuliu gamybos technologija bei įranga. Šio darbo tyrimams atlikti naudojami tvenkinių pakraščiuose augantys švendrai. Jiems smulkinti pasitelkiamas būgninis smulkintuvas, o susmulkinta masė malama plaktukiniu malūnu *Retsch SM 200* su keičiamais sietais (2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm) taip gaunant skirtingo dydžio frakciją. Iš skirtingo smulkumo švendrų miltų formuojamos granulės. Tam naudojamas granuliuatorius su horizontalia matrica.

Kietojo biokuro drėgnis nustatomas pagal LST EN ISO 18134-1:2016 standartą. Nuimtų švendrų ryšulėliai susveriami ir susmulkinami pasirinktu smulkintuvu. Augalo pjaustiniai sumaišomi bei paimamas pasirinktas kiekis ėminių. Jie pasveriami bei džiovinami 24 h, 105 °C temperatūroje. Išdžiovinti ėminiai pasveriami, po to sveriami tušti indeliai. Apskaičiuojamas kiekvieno ėminio drėgnis ir vidutinis drėgnis su jo duomenų kitimo pasikliautiniu intervalu. Tokiu pat būdu apskaičiuojamas švendrų miltų bei granuliu drėgnis. Nustatant švendrų

derlių augalai nupjaunami 1 m² bandyminiuose ploteliuose ir pasveriami (atliekama dešimt pakartojimų). Nustatomas augalų vidutinis drėgnis ir paskaičiuojamas jų drėgnos ir sausos medžiagos (s.m.) derlius, t·ha⁻¹.

Kurui naudojamų augalų stiebų pjaustinio smulkumas turi būti nustatomas ramiantis katilinėse naudojamų degimo kamerų, pjaustinio transportavimo įrenginių bei saugyklų keliamais reikalavimais. Kūryklose naudojant reikiamo smulkumo skiedras, gaunamas aukštas kuro šilumingumas (SAKALAUSKAS ir kt., 2014). Augalų stiebų smulkumo kokybei (frakcinei sudėčiai) įvertinti naudojama ES šalyse naudojama tyrimų metodika (EU DD CENT/TS15149-1 : 2006). Pjaustinio frakcinė sudėtis nustatoma naudojant 400 mm skersmens sietų komplektą, kur vienas ant kito sudėti sietai su apvaliomis skylutėmis (eilės tvarka nuo viršutinio sieto): 63 mm, 45 mm, 16 mm, 8 mm, 3,15 mm ir 1 mm skersmens. 0,2 kg masės ėminys sijojamas specialiu sietų kratytuvu *Haver EML Digital plus*. Ant sietų likusi masė pasveriami ir apskaičiuojama kiekvienos frakcijos ėminio dalis (%) bei matavimų vidurkis su pasikliautina vidutine kvadratine paklaida. Kiekvienas bandymas kartojamas 5 kartus. Tokiu pat būdu nustatoma ir švendrų miltų frakcinė sudėtis, tik naudojamas kitas sietų kratytuvus *Retsch AS 200* su sietų komplektu, kurio sietų skylučių skersmenys: 0,25 mm, 0,5 mm, 0,63 mm, 1,0 mm, 2,0 mm, 3,15 mm, 4,0 mm, 5,0 mm, 7,1 mm (JASINSKAS ir kt., 2008).

Pagamintų netradicinių energetinių augalų (švendrų) granuliu elementinės sudėties, peleningumo ir šilumingumo (kaloringumo) tyrimai atlikti Lietuvos energetikos instituto (LEI) Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal Lietuvoje ir Europos šalyse galiojančią standartinę metodiką (SAKALAUSKAS ir kt., 2014):

- visuminio anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekio nustatymo įrenginyje Nr. 8B/3 pagal 15104:2010 standarto reikalavimus;
- drėgmės bandymo įrenginyje Nr. 8B/1 pagal LST EN 14774-1:2010 standarto reikalavimus;
- peleningumo bandymo įrenginyje Nr. 8B/5 pagal LST EN 14775:2010 standarto reikalavimus;
- šilumingumo bandymo įrenginyje Nr. 8B/2 pagal LST EN 14918:2010 standarto reikalavimus.

Šilumingumo tyrimui atlikti naudotas kalorimetras *IKA C 5000* su kalorimetrine bomba. Atlikus bandymą prietaiso ekrane parodomas įdėto mėginio žemutinis šilumingumas (MJ·kg⁻¹). Bandymas kartojamas keturis kartus, su kiekvienos rūšies granulėmis. Matavimų paklaida 0,02 % (VARES ir kt., 2007; SAKALAUSKAS ir kt., 2014).

Lietuvos energetikos institute pagal minėtas metodikas taip pat buvo nustatinėjama švendrų elementinė sudėtis, chloro kiekis bei peleningumas.

Kenksmingų dujų emisijų nustatymas deginant švendrų granules

Katiluose, kūrenamuose kietuoju biokuru, kuro sudegimas ir išmetamų teršalų koncentracijos priklauso nuo kuro rūšies, kokybės bei kuro pavidalo. Tyrimai atlikti Lietuvos energetikos institute, Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal 15104:2010 standarto reikalavimus deginant švendrų granules. Degimo metu

susidarę visuminio anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekiai buvo matuojami degimo produktų analizatoriais: *Data-test 400CEM*, analizatoriumi *VE7* (SAKALAUSKAS ir kt., 2014).

Rezultatai ir jų aptarimas

Švendrų stiebų pjaustinio, miltų bei granulių biometriniai rodikliai

Švendrus perdirbant ir ruošiant presuotą biokūrą pirmiausia buvo nustatytas švendrų stiebų pjaustinio, miltų ir granulių drėgnis bei derlius. Apskaičiuotas švendrų pjaustinio vidutinis drėgnis su jo duomenų kitimo pasikliautiniu intervalu yra $52,91 \pm 4,98$ %. Rezultatai rodo, jog švendrų pjaustinio drėgnis labai didelis, dėl to ruošiant malimui ir presavimui pjaustinys buvo išdžiovintas laboratorinėje džiovykloje iki 15–17 % drėgnio.

Apskaičiuoti keturių skirtingų švendrų miltų ėminių drėgniai ir vidutiniai drėgniai su duomenų kitimo pasikliautiniu intervalu. Didžiausias drėgnis nustatytas stambiausiuose (sietas su 8 mm skylutėmis) švendrų miltuose ($15,99 \pm 4,58$ %), o mažiausias – smulkiausiuose (sietas su 2 mm skylutėmis) švendrų miltuose ($11,37 \pm 0,63$ %).

Apskaičiuoti ir keturių skirtingų švendrų granulių ėminių drėgniai. Didžiausias drėgnis nustatytas granulėse, kurios buvo pagamintos iš smulkiausių (sietas su 2 mm skylutėmis) švendrų miltų ($14,16 \pm 2,02$ %), o mažiausias – granulėse, kurios buvo pagamintos iš stambiausių (sietas su 8 mm skylutėmis) švendrų miltų ($9,80 \pm 0,67$ %).

Atlikus švendrų derliaus tyrimus nustatyta, kad švendrų užaugintos masės kiekis nėra didelis, jis siekia tik $2,28 \pm 0,70$ t·ha⁻¹ s.m. Palyginimui, nendrinio dryžučio (po 2 metų auginimo) derlius yra apie 5 kartus didesnis, jis siekia 7–10 t·ha⁻¹.

Švendrų stiebų pjaustinio ir miltų frakcinė sudėtis

Atlikus švendrų stiebų pjaustinio frakcinės sudėties tyrimus buvo nustatyta, kad didžiausia švendrų stiebų pjaustinio frakcija susikaupia ant sieto su apvaliomis 8 mm skersmens skylutėmis ($67,87 \pm 6,64$ %).

Atlikus bandymus naudojant sietą su 2 mm skylutėmis, didžiausi miltų frakcija susikaupia ant sieto su apvaliomis 0,63 mm skersmens skylutėmis ($29,5 \pm 2,45$ %), naudojant sietą su 4 mm skylutėmis – ant sieto su apvaliomis 1,0 mm skersmens skylutėmis ($62,66 \pm 5,70$ %).

Didžiausia miltų frakcija, kai švendrai malami naudojant sietus su 6 mm ir 8 mm skylutėmis, susikaupia ant sietų su apvaliomis 2,0 mm skersmens skylutėmis (6 mm – $47,29 \pm 2,27$ %, 8 mm – $38,41 \pm 1,90$ %). Nustatyta kad tokios frakcinės sudėties miltai yra per stambūs ir netinka granulių gamybai.

Švendrų miltų bei granulių fizikiniai-mechaniniai rodikliai

Švendrų miltų fizikinės-mechaninės savybės buvo nustatytos pagal anksčiau aprašytą darbo metodiką. Miltų tankio tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausias tankis nustatytas smulkiausiuose švendrų miltuose ($147,1 \pm 9,18$ kg·m⁻³ s.m.), o mažiausias – stambiausiuose miltuose ($38,5 \pm 2,5$ kg·m⁻³ s.m.). Švendrų granulių (malimui naudotas sietas su 2 mm skylutėmis) tankis – $1050 \pm 34,05$ kg·m⁻³ s.m., švendrų granulių (sietas su 4 mm skylutėmis) tankis – $1026,54 \pm 32,91$ kg·m⁻³ s.m., švendrų granulių (sietas su 6 mm skylutėmis) tankis – $1016,18 \pm 66,47$ kg·m⁻³ s.m. ir švendrų granulių (sietas su 8 mm skylutėmis) tankis $1129,02 \pm 44,98$ kg·m⁻³ s.m. Nors rezultatai rodo, kad didžiausias tankis nustatytas švendrų granulėse, kurios buvo pagamintos malant skiedras plaktukiniu malūnu su 8 mm sietu ($1129,02 \pm 44,98$ kg·m⁻³ s.m.), tačiau galima teigti, kad didžiausias tankis – nendrių granulėse, kurios buvo pagamintos malant skiedras plaktukiniu malūnu su 2 mm sietu ($1050 \pm 34,05$ kg·m⁻³ s.m.), kadangi gaminant granules tiek iš 6 mm, tiek 8 mm frakcijos miltų, švendrai labai sunkiai granuliuosi ir šį procesą teko pakartoti keletą kartų.

Švendrų granulių elementinė sudėtis, peleningumo bei šilumingumo rodikliai

Švendrų granulių elementinės sudėties, peleningumo ir šilumingumo tyrimų rezultatai ir jų palyginimas su kitais anksčiau tirtais augalais pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Žolinių augalų granulių energetinės savybės
Table 1. Energetic properties of plants pellets

Biokuro rūšis <i>Type of biofuel</i>	Elementinė sudėtis, % <i>Elemental structure, %</i>					Visuminė drėgmė, % <i>Moisture content, %</i>	Peleningumas, % <i>Ash content, %</i>	Sauso kuro apatinis šilumingumas, MJ·kg ⁻¹ <i>Lower calorific value, MJ·kg⁻¹</i>
	C	O	H	S	N			
Švendrai	$47,50 \pm 0,35$	39,85	$5,67 \pm 0,39$	0,01	$1,10 \pm 0,35$	$10,79 \pm 0,07$	$5,88 \pm 0,06$	$17,47 \pm 0,43$
Nendriniai dryžučiai	$45,47 \pm 1,13$	30,40	$5,70 \pm 0,44$	$0,19 \pm 0,27$	$1,19 \pm 0,37$	$6,73 \pm 0,07$	$7,99 \pm 1,36$	$17,38 \pm 0,66$
Dramliažolė	$46,22 \pm 1,18$	38,57	$5,37 \pm 0,45$	$0,11 \pm 0,27$	$0,90 \pm 0,32$	$8,36 \pm 0,07$	$8,84 \pm 0,90$	$17,84 \pm 0,80$

Švendrų elementinėje sudėtyje vyrauja trys komponentai: anglis (C), vandenilis (H) ir deguonis (O), kurie kartu sudaro 93% sausosios masės. Todėl galima teigti, jog švendrai, šioje srityje, nedaug nusileidžia medienai (99 %) (VARES ir kt., 2007). Azoto (N) rastas kiekis 1,10 %, chloro (Cl) – 0,11 %, o sieros (S) – tik

<0,01 %. Analizuojant 1 lentelėje pateiktus duomenis matyti, kad visų trijų lyginamų žolinių augalų elementinė sudėtis yra gana panaši. Galima išskirti tik sieros (S) kiekį švendrų granulėse, kuris yra ženkliai mažesnis už kituose augaluose esantį sieros kiekį.

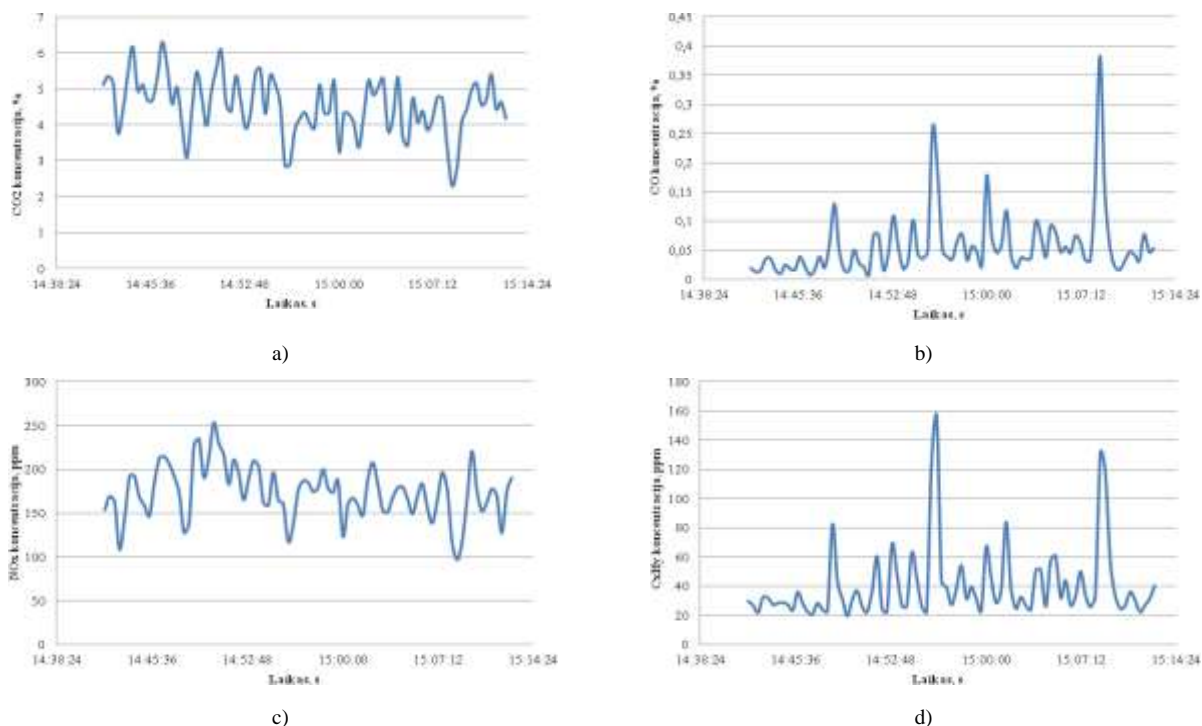
Mažiausias peleningumas lyginant 1 lentelėje pateiktus augalus nustatytas deginant švendrų granules (5,88 %), tačiau lyginant su medianos biokuru toks susidarantis pelenų kiekis yra beveik 4-5 kartus didesnis (JASINSKAS ir kt., 2015). Gautas švendrų granulių drėgnis siekė 10,79 %, jis yra nežymiai didesnis už nendrinų dryžučių bei drambliažolių drėgnį. Tačiau jis pilnai tenkina granuliuotam biokurui keliamus reikalavimus (SAKALAUSKAS ir kt., 2014).

Nustatytas švendrų granulių sauso kuro apatinis šilumingumas yra panašus į kitų žolinių energetinių augalų šilumingumą, jis siekė $17,47 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Toks šilumingumas yra artimas gluosninio žilvičio šilumingumui ($17,63 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) (ŽALTAUSKAS ir kt., 2002), tačiau

lyginant su daugelyje šalių biokuro etalonu laikomu beržu (VARES ir kt., 2007), švendrų šilumingumas yra apie 10 % mažesnis.

Kenksmingų dujų emisijų tyrimo rezultatai deginant švendrų granules

Švendrų granulių kenksmingų dujų emisijų tyrimai buvo atlikti Lietuvos energetikos institute, deginant granules pagamintas iš miltų naudojant sietą su 2 mm skylutėmis. Kaip buvo minėta, deginant švendrų granules, išsiskiria tam tikras kenksmingų medžiagų emisijų kiekis. Kenksmingų medžiagų emisijų išsiskiriančio kiekio dinamika pavaizduota 1 paveiksle.



1 pav. Kenksmingų medžiagų emisijos, deginant švendrų (2 mm) granules: a – anglies dioksidas (CO_2); b – anglies monoksidas (CO); c – azoto oksidai (NO_x); d – angliavandeniliai (C_xH_y)

Fig. 1. Harmful emissions by burning of bulrush (2 mm) pellets: a – carbon dioxide (CO_2); b – carbon monoxide (CO); c – nitrogen oxides (NO_x); d – carbon and nitrogen combinations (C_xH_y)

Deginant švendrų granules buvo nustatytos tokios kenksmingų teršalų emisijų vidutinės reikšmės: anglies dioksido CO_2 – 4,54 %; anglies monoksido CO – 0,057 %, azoto oksidų NO_x – 173,59 ppm ir nesudegusių angliavandenilių C_xH_y – 40,23 ppm. Nustatyta kad į aplinką patenkančios emisijos neviršija leistinų normų.

Apibendrinant švendrų granulių deginimo ir emisijų tyrimo rezultatus galima teigti, kad švendrų granulės gali būti rekomenduojamos naudoti biokurui granuliuojant, tačiau gali būti reikalingos papildomos energijos sąnaudos masės džiovimui, kadangi tai drėgna biomasa. Tokį biokurą deginant gaunamas pakankamai kokybiškas ir efektyvus degimas su minimaliais teršalų išmetimais į aplinką.

Išvados

1. Lietuvoje plačiausiai naudojamas medienos biokuras. Tradicinį medienos biokurą gali pakeisti netradiciniai žoliniai augalai. Kitų mokslininkų atlikti įvairūs tyrimai rodo, jog žoliniai augalai perspektyvi kuro šaka. Tačiau yra dar daugybė visai netirtų arba nepakankamai ištirtų žolinių augalų. Vienas iš tokių – švendras.

2. Susmulkinti ir sumalti malūnu su 4 skirtingais sietais (skylučių skersmuo 2, 4, 6 ir 8 mm), švendrai buvo granuliuojami gaunant 4 skirtingų rūšių 6 mm skersmens granules. Buvo ištirti pagamintų granulių biometriniai rodikliai, fizikinės-mechaninės bei energetinės savybės. Švendrų granulių drėgnis svyravo nuo $9,80 \pm 0,67$ % iki $14,16 \pm 2,02$ %, tankis sausosiomis medžiagomis (s.m.) kito nuo $1016,18 \pm 66,47 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ iki $1129,02 \pm 44,98 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

3. Deginant švendrų granules nustatytas susidariusių pelenų kiekis – $5,88 \pm 0,06$ %, tai apie 3–4 kartus daugiau nei deginant medienos biokurą. Nustatytas gana aukštas švendrų granuliu apatinis sauso kuro šilumingumas – $17,47 \pm 0,43$ MJ·kg⁻¹, jis yra artimas gluosninio–žilvičio šilumingumui ($17,63$ MJ·kg⁻¹).

4. Deginant švendrų granules nustatytos kenksmingų teršalų emisijos – anglies dioksido CO₂, anglies monoksido CO, azoto oksido NO_x ir nesudegusių angliavandenilių C_xH_y neviršija leistinų normų.

Literatūra

- LAPINSKAS, R. Energijos gavimas iš biomasės, plėtra ir perspektyvos: Konferencija „Alternatyvių energijos šaltinių panaudojimas ir perspektyvos“: Birželio 30-Liepos 1, 2010. Briuselis, 2010. p. 19.
- JASINSKAS, A.; Kryževičienė, A. Energetiniai žolynai ir jų auginimo bei ruošimo kurui sąnaudos: LŽŪU ŽŪI Instituto ir LŽŪ Universiteto mokslo darbai. 2006, Vol. 38, p. 59-71.
- VARES, V., KASK, U., MUISTE, P., PIHU, T., SOOSAAR, S. Biokuro naudotojo žinynas. Vilnius, Žara, 2007, 168 p.
- SAKALAUSKAS, A.; JASINSKAS, A.; ŠARAUSKIS, E.; VAICIUKEVIČIUS, E.; KALINAUSKAITĖ, S.; SIMONAITIS, P. Daugiamečių žolių ir netradicinių žolinių augalų (drambliažolės, sidas, legestų, nendrinų žolių) bei jų mišinių panaudojimas presuoto biokuro gamybai: Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės MTTV projekto galutinė ataskaita. 2014, p. 68.
- TILVIKIENĖ, V.; KADŽIULIENĖ, Ž.; RAILA, A.; ZVICEVIČIUS, E.; ČERNIAUSKIENĖ, Ž. Netradiciniai žoliniai augalai: LAMMC ir ASU paruoštas „Mano ūkis“ straipsnis. 2016.
- JASINSKAS, A.; SAKALAUSKAS, A.; DOMEIKA, R. Evaluation of physical-mechanical properties of herbaceous bioenergy plants: Journal Biomass and Bioenergy. 2008, Vol 32, p. 952-958.
- LEWANDOWSKI, I.; SCURLOCK, J.M.O.; LINDVALL, E.; CHRISTOU, M. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe: Journal Biomass and Bioenergy. 2003, Vol 25, p. 335-361.
- ŽALTAUSKAS, A., JASINSKAS, A., KRYŽEVIČIENĖ, A. Analysis of the Suitability Tall-Growing Plants for Cultivation and Use as a Fuel. Perspective Sustainable Technological Processes in Agricultural Engineering: proceedings of the International Conference, Lithuanian Institute of Agricultural Engineering, 20-21 September 2001, Raudondvaris, 155-160 p.
- GULBINAS, J.; MORKVĖNAS, Ž.; NAVICKAS, K.; VEČERKAUSKAS, Š.; ŽIGYTĖ, D.; JEFANOVAS, A.; BALČIŪNAS, V.; BALANDIS, D.; RAŠOMAVIČIUS, V. Ekonomiškai naudingiausias ir efektyviausias idėjos sėkmingam saugomų teritorijų direkčių bendradarbiavimui gamtotvarkos srityje su ūkininkais, bendruomenėmis, verslo atstovais, valstybinėmis institucijomis, kitais subjektais: Dokumentas. 2016, p. 45.
- List of countries by carbon dioxide emissions. European Commission and Netherlands Environmental Assessment Agency. 2015.
- JASINSKAS, A., SAKALAUSKAS, A., ŠARAUSKIS, E., VAICIUKEVIČIUS, E., KALINAUSKAITĖ, S. Investigation of boiler efficiency and harmful emissions while burning of plant biomass briquettes. Journal of Food, Agriculture & Environment. Helsinki : WFL Publisher. 2012, Vol. 10, No. 3&4, p. 1124-1127.
- JASINSKAS, A.; KUČINSKAS, V. Netradicinių žolinių augalų nuėmimo ir paruošimo biokuro technologinis-techninis įvertinimas: mokomoji knyga. 2015, p. 64.
- LST EN ISO 18134-1:2016. Kietasis biokuras. Drėgmės kiekio nustatymas. Metodas naudojant džiovinimo spintą. 1 dalis. Visuminė drėgmė. Pamatinis metodas.
- EU DD CENT/TS15149-1 : 2006. Solid biofuels. Methods for the determination of particle size distribution. Oscillating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and above.
- JASINSKAS, A.; ZVICEVIČIUS, E. Stambiasiebių augalų biomasės paruošimas energijos gamybai: Laboratorinių darbų metodiniai patarimai. Akademija, [Kauno r.]. 2008.
- LST EN 14918:2010. „Kietasis biokuras. Šilumingumo nustatymas“.
- ŽALTAUSKAS, A.; RAMOŠKA, E. Galimi biomasės kuro ištekliai, jų regioninis pasiskirstymas Lietuvoje. Ekostrategija, 2002, p. 8.

Lidija Tučkutė, Dionizas Streikus, Algirdas Jasinskas, Nerijus Pedišius, Tomas Vonžodas

Investigation of bulrush preparation and usage for burning and determination of harmful substances emissions

Summary

In this article was analyzed the newest scientific-technical information about non traditional grass plants and their wastes. Plants were grown in Lithuania and abroad and using for energetical purposes, overlooked their preparation for biofuel and burning technological and technical solutions. It is done bulrush usage in energetics possibilities analyses and presented their preparation and usage for energy conversion – burning analytical and experimental research results. It is given the bulrush preparation for biofuel – milling and pellets production and their features research results, it was determined pellets elemental composition, ash content, calorific value and was evaluated effect on environment while burning bulrush pellets. Emissions research was done using small capacity (5 kW) solid biofuel boiler in which can be burned granulated and briquette fuel. It was investigated and assessed the harmful gas emissions to the environment – carbon dioxide CO₂, carbon monoxide CO, nitrogen oxides NO_x and carbon and nitrogen combinations C_xH_y amount in burning products. It was determined, that burned bulrush pellets harmful emissions to the environment have not exceeded the permissible norms. Received research results were compared with other scientists research results assessed non traditional grass plants granulated biofuel features and impact to the environment while burning.

Energetic plants, bulrush, biofuel, pellets, features, burning, harmful emissions

Gauta 2018 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2018 m. balandžio mėn.

Lidija Tučkutė. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto magistrantė.

Adresas: Studentų g. 15, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel 867915369, el. paštas: lidijatuckute@gmail.com

Dionizas Streikus. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto doktorantas.

Adresas: Studentų g. 15, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel 860396942, el. paštas: dionizasstreikus@gmail.com

Algirdas JASINSKAS. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto vyriausiasis mokslo darbuotojas, docentas, technikos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15, LT-53362 Akademija, Kauno raj. Tel 861204002, el. paštas: algirdas.jasinskas@asu.lt

Nerijus PEDIŠIUS. Lietuvos energetikos instituto, Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijos vadovas, technologijos mokslų daktaras. Adresas: Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas. Tel 8-37-401863, el. paštas: Nerijus.Pedisius@lei.lt

Tomas VONŽODAS. Lietuvos energetikos instituto, Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijos doktorantas, jaunesnysis mokslo darbuotojas. Adresas: Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas. Tel 8-37-401864, el. paštas: Tomas.Vonzodas@lei.lt