

2. Izvajanje nadzora kakovosti

2.1. Analiza in specifikacija pelet

Med pomembnejše kazalnike kakovosti sodijo, vsebnost vode, gostota nasutja, mehanska obstojnost in delež pepela. Vsebnost vode je tesno povezana s kurilno vrednostjo lesnega energenta ter učinkovitostjo izgorevanja. Kurilna oz. energijska vrednost izraža količino energije, ki se sprosti med popolnim izgorevanjem enote mase goriva. Večja kot je vsebnost vode, več energije se porabi za njeno izhlapevanje, posledično pa je energijska vrednost energenta manjša. Delež pepela v lesnih energentih (tako sekancih, kot peletih) naj bi bil čim manjši, saj to pomeni, da so intervali med posameznimi praznjenji zbiralnika pepela daljši. Poleg tega je večji delež pepela povezan z možnimi napakami v delovanju kotla ("žindra"). V primeru pelet je pomembna tudi ustrezna mehanska obstojnost predvsem z vidika potrošnika; manjša mehanska obstojnost namreč pomeni večji delež finih delcev v skladiščnem prostoru, v najhujšem primeru pa lahko fini delci povzročijo celo zabitje polžastega transporterja, ki dovaja pelete v kotel. Problematična pa je lahko tudi emisija finih delcev v zrak. Gostota nasutja je relevantna predvsem iz ekonomskega vidika; večja kot je gostota nasutja več energije je akumulirane na prostorninsko enoto, kar je povezano z manjšimi transportnimi in skladiščnimi stroški.

Lastnosti trdnih biogoriv morajo biti podane v deklaraciji izdelka in morajo ustrezati zahtevam iz ustreznih delov serije standardov EN 14961. Poudariti je treba, da celotno odgovornost glede pravih in natančnih informacij, ne glede na uporabljene metode, prevzemajo proizvajalci/dobavitelji.

Vsebnost vode in gostoto nasutja lahko enostavno proizvajalec preveri tudi sam. Na trgu pa je vedno več cenovno dostopnih naprav za določanje mehanske obstojnosti pelet. V nadaljevanju zato podajamo opise postopkov za določanje vsebnosti vode, gostote nasutja in mehanske obstojnosti.

2.1.1. Vsebnost vode (povzeto po standardu EN 14774-1 ali 2)

Evropski standard 14774-1 ali 2 opisuje gravimetrično metodo za določanje vsebnosti vode (vlažnost) v vzorčni količini pelet. Vzorec pelet sušimo v sušilniku pri temperaturi 105 °C, dokler ni dosežena konstantna masa. Vsebnost vode pa nato izračunamo na podlagi izgube mase vzora.

Naprave, ki jih za določanje vsebnosti vode potrebujemo so:

- **Posoda** iz nerjavečega in na vročino odpornega materiala. Dimenzija posode naj bi zagotavljala razporeditev vzorčne količine približno 1 g na cm². Površina posode naj bo takšna, da je možnost adsorpcije/absorpcije čim manjša (čista in čim bolj ravnih površin).



- **Sušilnik**, ki omogoča natančno nadzorovanje temperature v sušilni komori. Poleg tega je potrebno zagotoviti, da hitrost zraka v komori (v primeru, da ima sušilnik ventilatorje) ni previsoka.
- **Tehtnica** z natančnostjo 0,1 g.

Vzorke je potrebno pripraviti glede na standard CEN/TS 14778-1 in CEN/TS 14778-2. Teža testnega vzorca naj bo v skladu s standardom CEN/TS 14780 in minimalno 300g.

Postopek:

1. Prazno in čisto posoda se zatehta na 0,1 g natančno.
2. Vzorec iz vreče se nato prestavi v prazno in stehtano posodo; vzorec naj bo enakomerno porazdeljen po posodi, tako da bo na 1 cm² približno 1 g vzorca.
3. V primeru, da na notranji površini embalaže (vreče) ostane vlaga, je tudi to potrebno zajeti v izračun deleža vode; vrečo je zato potrebno stehtati in jo sušiti skupaj z vzorcem. V primeru, da embalaže (vreče) ni mogoče izpostaviti temperaturi 105 °C, jo je dovoljeno posušiti na sobni temperatur.
4. Posodo z vzorcem stehtamo, ter položimo v sušilnik z nastavljeno temperaturo 105 ± 2 °C. Vzorec se suši do konstantne teže. Konstantna masa je dosežena, ko se po 60 minutah ponovnega sušenja teža ne spremeni za več kot 0,2 %. Čas sušenja je odvisen od velikosti delcev vzorca, spremembe tlaka v sušilniku in debeline plasti vzorca v sušilniku, itd.
5. Posušeni peleti so higroskopi, zato jih je potrebno skupaj z referenčno posodo stehtati še vroče (v roku 10 do 15s) na 0,1 g natančno, da ne prid do absorpcije vlage. Pred tehtanjem je potrebno zagotoviti, da vroča posode na pride neposredno v stik s tehtnico. Zato primerno uporabiti material z dobrimi izolativnimi lastnostmi.

Opomba:

- V izogib nepotrebnih izgub hlapnih snovi, naj bi bil čas sušenja krajši od 24h.
- Potreben čas sušenja je mogoč določiti na podlagi predhodnih testov z različnimi tipi pelet primerljive velikosti.

Izračun

Vodo v lesu opredeljujemo ko delež mase vode glede na maso vlažnega lesa, in jo lahko izračunamo po sledeči enačbi:

$$M_{ar} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100, \text{ kjer je}$$

m_1 – masa prazne posode

m_2 – masa posode in vzorca pred sušenjem

m_3 – masa posode in vzorca po sušenju



Rezultat naj bo izračunan na dve decimalni mesti natančno.

2.1.2. Gostota nasutja / prostorninska masa (po standardu EN 15103: 2010)

Gostoto nasutja izmerimo tako, da posodo določenih dimenzij in oblike napolnimo s testno količino vzorca ter nato posodo z vzorcem stehtamo.

Gostota nasutja je pomemben parameter za dobavitelje, ki pelete dobavljajo na osnovi volumna, skupaj z energetske vrednostjo pa določa količino energije na prostorninsko enoto. Podatek pripomore tudi k boljši oceni potrebnega prostora za transport in skladiščenje.

Zaradi praktičnih razlogov sta določeni dve standardni velikosti posod; 5 l in 50 l. Zaradi omejitev velikosti posod so nekatera goriva izvzeta iz tega standarda; na primer briketi in razkosan les ipd.

Naprave, ki jih za določanje gostote nasutja potrebujemo so:

Merilna posoda - Posoda naj bi bila cilindrične oblike in izdelana iz na trdnega, ravnega in gladkega materiala. Posoda naj bi bila toga (odporna na deformacije), saj je potrebno zagotoviti konstantno obliko in volumen posode. Posoda naj bi bila vodoodporna. Razmerje med premerom in višino posode naj bi bilo med 1,25 in 1,50. **Velika merilna posoda** mora imeti volumen 50 l. Efektivni notranji premer naj bi znašal 360 mm ter efektivna zunanja višina 491 mm. Deviacije dimenzij so dovoljene v kolikor je zagotovljeno prej omejeno razmerje. **Majhna posoda** mora imeti 5 l (0,005 m³) prostornine. Volumen lahko odstopa za 0,1 l. Efektivni notranji premer naj bi znašal 167 mm in efektivna notranja višina 228 mm. Odstopanja so dopustna v kolikor je zagotovljeno prej omenjeno razmerje med višino in premerom.

Pred uporabo je potrebno določiti maso in volumen merilne posode. Stehtati je potrebno prazno, čisto in suho posodo. Posodo je potem potrebno do maksimuma napolniti z vodo (in nekaj kapljicami tekočega mila) in skupaj z vodo še enkrat stehtati. Temperatura vode naj bi bila med 10 in 20 °C. Iz neto teže vode in gostote vode (1 kg/dm³) izračunamo volumen posode in rezultat zabeležimo na 0,000 01 m³ (za veliko posodo) ali 0,000 001 (za malo posodo) natančno. Volumen posode je potrebno redno preverjati!

Za vsa lesna goriva, ki jih obravnava standard je mogoče uporabljati veliko posodo. Za goriva s prečnim prerezom manjšim od 12 mm ter za pelete premera pod 12 mm je mogoče uporabljati manjšo posodo.

Tehtnica - Za tehtanje večje posode se uporablja tehtnica, ki omogoča tehtanje na 10 g natančno. Za tehtanje manjše posode se uporablja tehtnica zadostne natančnosti, ki omogoča tehtanje na 1 g natančno.



Letev - Za odstranjevanje odvečnega materiala naj bi se uporabljala letev iz trdega lesa, dolga približno 600 mm in s prečnim prerezom dimenzij 50 x 50 mm.

Lesena plošča - Ravna lesena plošča (npr. OSB plošča) debeline približno 15 mm in zadostne velikosti za posodo naj bi se uporabila za izpostavitve posode trku.

Vzorčenje naj bi se izvedlo skladno s standardom prEN 14778-1 in CEN/TS 14778-2. Če je potrebno, se vzorec razdeli glede na CEN/TS 14780. Vzorčna količina mora preseči volumen vzorčne posode za maksimalno 30 %.

Postopek

1. Posodo je s gorivom potrebno napolniti tako, da material nasujemo z višine približno 200 do 300 mm od zgornjega roba posode, dokler ne nastane vrh maksimalne možne višine. Pred polnjenjem mora biti posoda čista in suha.
2. Napolnjeno posodo nato izpostavimo trkom ob leseno ploščo, tako da se vsebina v posodi posede. To naredimo tako, da jo spustimo iz višine 150 mm na leseno ploščo. Pred izpostavitvijo trku je potrebno površino očistiti morebitnih ostankov goriva. Zagotoviti je potrebno, da posoda na ploščo udari v vertikalni smeri. Postopek je nato potrebno še dvakrat ponoviti. Nato se posoda dopolni do roba. Za natančno oceno višine spusta, je smiselno kot distančnik uporabiti kos lesa višine 150 mm. Drugi mehanizmi za ustvarjanje primerljivega učinka trka so tudi primerni (npr. konstrukcija z vertikalnimi vodili)
3. Z letvico nato odstranimo odvečen material, ki je razporejen po robu posode z nihajočimi premiki. V primeru, da vzorec vsebuje velike delce, jih je potrebno odstraniti z roko (če na površini nastane večja luknja jo je potrebno dopolniti).
4. Posodo z materialom nato stehamo in vrednost zabeležimo na dve decimalni mesti natančno.
5. Uporabljeno količino materiala nato združimo z neuporabljenim in postopek še najmanj enkrat ponovimo.



Slika 4: Posoda za določanje goste nasutja pelet, ter primerjava teže dveh različnih vzorcev pelet.

Izračun gostote nasutja

$$BD_{ar} = \frac{(m_2 - m_1)}{V}, \text{ kjer je}$$

BD_{ar} - gostota nasutja

m_1 – masa prazne posode

m_2 – masa polne posode

V – neto volumen merilne posode

Rezultat vsake individualne meritve naj bi bil izračunan na $0,1 \text{ kg/m}^3$ natančno, za namen poročanja se podaja povprečna vrednost zaokrožena na 10 kg/m^3 natančno.

2.1.3. Mehanska obstojnost (povzeto po standardu EN 15210-1: 2010)

Kontrolni vzorec je izpostavljen kontrolirani obrabi tako, da peleti trkajo drug ob drugega ter ob stene kontrolne komore določenih dimenzij. Obstojnost se izračuna iz mase vzorca, ki ostane po ločevanju finih delcev nastalih zaradi mehanske obrabe.

Sestavni deli in dimenzije testne naprave so prikazani v standardu SIST EN 15210-1: 2010.

Material in naprave, ki jih za določanje mehanske obstojnosti potrebujemo so:

Naprava za testiranje mehanske obstojnosti naj bi bila sestavljena iz škatle, ki jo je mogoče neprodušno zapreti. Škatla naj bi bila iz tega materiala z ravnimi in gladkimi površinami (npr. plošč nerjavečega jekla). Notranje dimenzije škatle naj bi znašale $300 \times 300 \times 125 \text{ mm}$. Pravokotno na center največje stranice naj bi bila pritrjena os, in bi omogočala vrtenje škatle s hitrostjo 50 obratov na minuto. Na eno stran škatle naj bi bila po diagonali stranice simetrično pritrjena 230 mm dolga in 50 mm široka pregrada/ovira. Robovi pregrade naj bi bili ustrezno zaokroženi, da ne pride do dodatnega rezanja testnih peletov. Odprtina za vrata so lahko nameščena na katerikoli strani. Vijakov ali kovic naj bi bilo čim manj, njihovi robovi pa ustrezno zaokroženi.



Slika 4: Izvedbe naprav za testiranje mehanske obstojnosti pelet sestavljenih v skladu s standardom EN 15210-1: 2010.

Sito z velikostjo reš 3,15 mm za ročno sejanje v skladu s standardom ISO 3310-2.

Tehnica s kapaciteto 2 kg in natančnostjo 0,1 g.

Postopek:

1. Zatehtati je potrebno tesno količino vzorca, ki znaša približno (500 ± 10) g.
2. Vzorčno količino je nato potrebno presejati. Sejanje opravimo s sitom velikosti 3,15 mm, tako da se ločijo fini delci novi pa naj nebi nastajali. To je mogoče doseči, če 1 kg do 1,5 kg vzorca stresemo z približno pet do desetimi krožnimi gibi na situ premera 40 cm. Zabeležimo maso grobih in finih delcev, na 0,1 g natančno.
3. Grobe delce nato stresemo v škatlo naprave za določanje mehanske obstojnosti. Skatle naj se vrtijo s 50 obrati na minuto, opravljenih pa mora biti 500 obratov.
4. Po postopku se pelete še enkrat preseje in zabeleži maso grobih in finih delcev.
5. Za en vzorec sta potrebni minimalno dve ponovitvi.



Slika 5: Presejani vzorci pelet po izpostavitvi v napravi za testiranje mehanske obstojnosti. Za pelete na levi strani je značilna relativno nizka mehanska obstojnost, saj je po obrabi v testirni napravi nastalo bistveno več finih delcev, kot v primeru pelet na desni strani.

Izračun mehanske obstojnosti:

$$D_u = \frac{m_A}{m_E} \times 100, \text{ kjer je}$$

D_u mehanska obstojnost v %;

m_E masa predhodno presejanih pelet pred vrtenjem v napravi v g

m_A masa presejanih pelet po vrtenjem v napravi v g

Rezultat pa naj bi se izračunal na dve decimalni mesti natančno, povprečje pa se zaokroži na 0,1 % za poročanje.

Opomba:

Iz mase grobih in finih delcev po povrem sejanju lahko izračunamo delež finih delcev v vzorcu, ki skladno s standardom SIST EN ISO 172252-2:2014 ne sme biti večji od 1 % v primeru vseh treh kakovostnih razredov.

2.1.4. Delež pepela (povzeto po standardu EN 14775:2010)

Vsebnost pepela se izračuna na podlagi mase ostanka, po segrevanju natančno določene količine vzorca v zraku po točno določenem časovnem režimu, z opredeljeno opremo do temperature 550 °C.

Postopek določanja vsebnosti pepela opredeljuje standard SIST EN 14775:2010.

Material in naprave, ki jih za določanje vsebnosti pepela potrebujemo so:

- Analitska **tehtnica**, ki omogoča tehtanje na 0,1 mg natančno.
- **Pečica**, ki omogoča segrevanje vzorca skladno s temperaturnim režimom, ki ga opredeljuje standard.
- Kovinske prijemalke / kleščice
- Eksikator (po potrebi)
- Podlago odporno na temperaturo (npr. keramično ploščo).
- **Posode** iz inertnega materiala (npr. porcelanaste), ki imajo maksimalno kapaciteto 0,1 g/cm².

Priprava vzorca:

Vzorec se pripravi skladno s standardom CEN/TS 14780. Nominalna velikost delcev v tesnem vzorcu naj nebi bila večja od 1 mm.

Lesni peleti in lesni prah so primerni za analizo tudi brez predhodnega mletja, vendar le v primeru, da je material na videz homogen. V tem primeru je potrebno izvesti vsaj dvojno meritev.

Vzporedno z analizami deleža pepela opravimo tudi meritve vsebnosti vode skladno s standardom EN 14774-3.

Priprava posodic:

Keramične posode je potrebno v peči segreti pri (550 ± 10) °C najmanj 60 min. Nato jih vzamemo iz pečice in pustimo, da se ohladijo na keramični plošči. Takoj, ko dosežejo sobno temperaturo jih stehamo na 0,1 mg natančno, ter podatke o masi zabeležimo.



Glede na standard je potrebno keramične posode ohladiti v eksikatorju s silikagelom. Vendar v primeru, da posode uporabimo za določanje vsebnosti pepela takoj po ohladitvi, je napaka, ki nastane zaradi neuporabe eksikatorja zanemarljiva.

Določanje vsebnosti pepela:

Za en vzorec naj bi bili opravljeni vsaj dve meritvi.

Splošni vzorec previdno zmešamo preden ga stehtamo. Na dno keramične posodice nato položimo minimalno 1 g vzorca, ter ga enakomerno porazdelimo po dnu posode. Vzorec skupaj s keramično posodo stehtamo na 0,1 mg natančno ter podatek zabeležimo.

Po tehtanju se keramične posode napolnjene z vzorcem postavi v hladno peč (< 100 °C). Vzorce je potrebno segrevati po sledečem programu/režimu:

- V času 30 min – 50 min temperaturo enakomerno višamo do 250 °C (t.j. stopnja segrevanja 4,5 °C/min do 7,5 °C/min). Temperaturo 250 °C vzdržujemo naslednjih 60 min, kar omogoča sproščanje hlapnih organskih spojin brez vžiga.
- V času 30 min temperaturo enakomerno povečamo do 550 ± 10 °C (stopnja segrevanja 10 °C/min). 550 °C je potrebno vzdrževati najmanj 120 min. V primeru, da se določanje pepela opravlja s peleti (namesto z zmletim materialom) je potrebno temperaturo vzdrževati vsaj 180 min.

Po preteku programa keramične posodice, s pomočjo prijemalk / klešč prestavimo iz peči na keramično podlago. Ko se posode s pepelom ohladijo na sobno temperaturo (po približno deset minutah), se stehtajo na 0,1 mg natančno – meritev zabeležimo.

Če obstaja dvom, da vzorec ni popolnoma upepeljen, je potrebno keramične posode ponovno postaviti v peč segreto na (550 ± 10) °C za 60 min, ter jih zatem ponovno stehtati. Postopke je potrebno ponavljati tako dolgo, da je razlika v teži glede na prihodnje tehtanje < 0,5 mg.



Slika 6: Peč, ki omogoča segrevanje po temperaturnem režimu opredeljenem v standardu, ter keramične posode z vzorčno količino pred in po upepelitvi.

Izračun vsebnosti pepela:

Vsebnost pepela na suhi osnovi A_d se izračuna po sledeči formuli:

$$A_d = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \times \frac{100}{100 - M_{ad}}$$

kjer je

m_1 – masa prazne posode v g

m_2 – masa posode in testnega vzorca v g

m_3 – masa posode in pepela v g

M_{ad} – vlaga testnega vzorca uporabljenega za določanje v %

Rezultat je povprečna vrednost opravljenih ponovitev, ki se poda na 0,1 % natančno.