

PRIRUČNIK ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM DRVNE SEČKE



POZADINA
SNABDEVANJE
OBEZBEĐENJE KVALITETA

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe e.V.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IMPRESUM

Ova publikacija nastala je u okviru zajedničkog projekta „qualiS – Zahtevi za gorivo i upravljanje kvalitetom u proizvodnji drvne sečke kao doprinos smanjenju štetnih emisija i održivosti“ („qualiS – Brennstoffqualifizierung und Qualitätsmanagement in der Hackschnitzelproduktion als Beitrag zur Emissionsminderung und Nachhaltigkeit“).

Brojevi pojedinačnih projekata (FKZ): 22031814 (TV1), 2203571 (TV2), 22035814 (TV3), 22005815 (TV4)

Finansira Savezno ministarstvo prehrane i poljoprivrede na osnovu odluke nemačkog Saveznog parlamenta – Bundestaga

Partneri u projektu: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE)
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen (HAWK)
Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Izdavač:	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) OT Gülzow, Hofplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen Tel.: +49 3843/6930-0, Faks: +49 3843/6930-102 info@fnr.de www.fnr.de	Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE) Godesberger Allee 142–148, 53175 Bonn Tel.: +49 228/81002-22, Faks: +49 228/81002-58 info@bioenergie.de www.bioenergie.de
-----------------	---	---

Prevod publikacije je urađen od strane Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. FNR ne odgovara za tačnost i ispravnost prevoda.

Autori

Bernd Geisen (BBE), Fabian Givers (HAWK), Dr. Daniel Kuptz (TFZ), David Peetz (DBFZ), Dr. Torsten Schmidt-Baum (DBFZ), Claudia Schön (TFZ), Katrin Schreiber (LWF), Fabian Schulmeyer (LWF), Toni Thudium (BBE), Dr. Volker Zelinski (HAWK), Thomas Zeng (DBFZ)

Uredništvo

autori

Slike

Naslovna: Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE), Str. 11: G. Nodorft/Fotolia
Ako ispod slike nije navedeno: Zajednički projekat qualiS

Dizajn/realizacija

www.tangram.de, Rostock

Prevod

Ana Dragutinović

Štampa

GRAFOLIK d.o.o.

1. izdanje
FNR, april 2017.

Sva prava zadržana.

Nijedan deo ove publikacije ne sme da se reprodukuje u bilo kojoj formi, niti da se pomoću elektronskih sistema obrađuje, umnožava, distribuira ili arhivira bez pisane saglasnosti izdavača.

PRIRUČNIK ZA UPRAVLJANJE KVALITETOM DRVNE SEČKE





SADRŽAJ

1	Uvod	4
	<i>Bernd Gajzen (Bern Geisen) (BBE) i Toni Tudium (Toni Thudium) (BBE)</i>	
	Napomene uz srpsku verziju priručnika	5
2	Pozadina energetske politike i pravni okviri u Nemačkoj	7
	<i>Prvi autor dr Torsten Šmit-Baum (Dr. Torsten Schmidt-Baum) (DBFZ); drugi autor David Pec (David Peetz) (DBFZ)</i>	
2.1	Pozadina energetske politike	7
2.2	Pravni okvirni uslovi	8
2.2.1	Zakon o obnovljivim izvorima energije i toplotnoj energiji	8
2.2.2	Uredba o štednji energije – EnEV	8
2.2.3	Savezni zakon za zaštitu od štetnih emisija – BImSchG	8
2.3	Program tržišnih podsticaja (MAP)	9
2.3.1	BAFA	10
2.3.2	KfW	10
2.3.3	Ostali programi podrške	11
3	Pregled tržišta iz ugla malih i srednjih postrojenja na drvnu sečku	13
	<i>David Pec (David Peetz) (DBFZ)</i>	
3.1	Trenutna baza malih i srednjih postrojenja na drvnu sečku	13
3.2	Potrošnja goriva u malim i srednjim postrojenjima na drvnu sečku	14
3.3	Investicioni troškovi grejnih postrojenja na drvnu sečku	18
3.4	Kretanje cena drvne sečke	19
3.5	Rezime tržišnih posmatranja	20
4	Struktura proizvođača drvne sečke i potražnja za drvnom sečkom visokog kvaliteta	21
	<i>David Pec (David Peetz) (DBFZ)</i>	
4.1	Opšte strukture proizvođača drvne sečke	21
4.1.1	Plasman drvne sečke u skladu sa odredbama DIN EN ISO 17225-4 i drugim standardima	21
4.1.2	Identifikacija kupaca drvne sečke	21
4.1.3	Broj plasiranih asortimana drvne sečke	23
4.1.4	Kupovina sirovine za proizvodnju drvne sečke	23
4.2	Potražnja i potreba za drvnom sečkom visokog kvaliteta	25
4.3	Rezime o grupama korisnika drvne sečke visokog kvaliteta	25
5	Kvalitet goriva drvne sečke	28
	<i>dr Danijel Kupc (Dr. Daniel Kuptz (TFZ))</i>	
5.1	Parametri kvaliteta i njihov uticaj na sagorevanje	28
5.2	Standardizacija i sertifikacija	30



6	Proizvodnja drvene sečke	31
	<i>dr Danijel Kupc i Fabijan Šulmajer (Fabian Schulmeyer (LWF))</i>	
6.1	Kvalitet goriva kod proizvodnje drvene sečke u šumi	31
6.2	Skladištenje putem prirodnog sušenja drvene sečke i usitnjenog drveta	33
6.3	Ostali izvori drvene sečke	34
6.4	Preporuka za sopstvenu potrošnju	34
7	Mehanička prerada drvene sečke prosejavanjem i sušenjem	35
	<i>dr Danijel Kupc (TFZ), Katrin Šrajber (Kathrin Schreiber) (LWF) i Fabijan Šulmajer (LWF)</i>	
7.1	Tehnike prosejavanja i sušenja	35
7.1.1	Tehnika prosejavanja	35
7.1.2	Tehnika sušenja	37
7.2	Studije slučaja za tretman drvene sečke	39
7.2.1	Studija slučaja 1: Povezan tretman pomoću sušare sa valjkastim ležištem i vibracionog sita	40
7.2.2	Studija slučaja 2: Nepovezana obrada pomoću sušenja u kontejneru i zvezdastog sita	42
7.2.3	Studija slučaja 3: Razdvojen tretman pomoću doboš sita i sušenja gomile	45
7.2.4	Studija slučaja 4: Tretman pomoću sušare sa pokretnim dnom (sopstvena izrada)	46
7.2.5	Studija slučaja 5: Nepovezan tretman pomoću zvezdastog sita i sušenja gomile	48
7.2.6	Studija slučaja 6: Tretman pomoću trakaste sušare i vibracionog sita (povezano) i pomoću doboš sita (nepovezano)	51
7.2.7	Rezime kvaliteta goriva	53
7.2.8	Rezime troškova proizvodnje	55
8	Ponašanje prerađenih ostataka šumske sečke pri emisiji	57
	<i>Tomas Ceng (Thomas Zeng) (DBFZ), Klaudija Šen (Claudia Schön) (TFZ) i Danijel Kupc (TFZ)</i>	
8.1	Izvođenje eksperimenata sagorevanja	57
8.2	Potencijali za optimizaciju na strani ložišta	58
8.3	Potencijali za optimizaciju na strani goriva	59
8.4	Rezime i preporuke za korisnike postrojenja na drvenu sečku visokog kvaliteta od šumskih ostataka	64
9	Upravljanje kvalitetom za snabdevanje sečkom	66
	<i>dr Folker Celinski (Dr. Volker Zelinski) (HAWK)</i>	
9.1	Koraci u obezbeđenju kvaliteta	67
9.2	Kontrolne tačke i mere za obezbeđenje kvaliteta	71
9.3	Dopunske mere za poboljšanje kvaliteta	73
10	Pojednostavljene metode za samostalnu kontrolu kvaliteta drvene sečke	74
	<i>dr Folker Celinski (Dr. Volker Zelinski) (HAWK)</i>	
10.1	Pojednostavljene metode kontrole	74
10.1.1	Uzorkovanje po uzoru na DIN EN ISO 18135 (do sada: DIN EN 14778)	75
10.1.2	Određivanje sadržaja vode	76
10.1.3	Određivanje distribucije veličine čestica i sitne frakcije	77
10.1.4	Validacija metoda (poređenje sa analizama i standardima)	79
11	Rezime	84
	<i>Toni Thudium (BBE)</i>	
	Spisak literature	86

1 UVOD

Drvo kao energent predstavlja obnovljiv i održiv izvor energije, čiji je doprinos ostvarivanju toplotne tranzicije veoma važan, bez njega bi evropski ciljevi klimatske zaštite bili teško ostvarivi. Operateri sistema grejanja koji koriste drvo kao energent stoga značajno doprinose klimatskoj zaštiti, jačaju lanac stvaranja dodatne vrednosti na regionalnom nivou i kroz povoljno snabdevanje gorivom na kraju ostvaruju i ekonomske prednosti. Održivo gazdovanje šumama pritom predstavlja garanciju da će gorivo u vidu drveta biti na raspolaganju i budućim naraštajima. Međutim, moderna upotreba drveta povezana je sa visokim zahtevima u pogledu efikasnosti i ponašanja pri štetnim emisijama. Na 2. nivou Prve uredbe Saveznog zakona o zaštiti od štetnih imisija (1. BImSchV), koja je stupila na snagu početkom 2015, operater postrojenja mora sebi da postavi pitanje kako može da odgovori zahtevima propisa iz oblasti životne sredine, naročito imajući u vidu značajno smanjene granične vrednosti za prašinu i CO. Pored faktora na strani postrojenja, kvalitet goriva ima presudan uticaj na ponašanje pri emisiji i funkcionisanje grejanja sa što manje smetnji. To se naročito odnosi na energetske upotrebu drvne sečke (HHS). Stoga treba očekivati da će ubuduće porasti potražnja za gorivima koja usled optimizovanih svojstava imaju pozitivan uticaj na ponašanje pri emisiji i funkcionisanje uz što manje smetnji.

U ovom priručniku predstavljeni su rezultati zajedničkog projekta qualiS koji je preko Specijalizovane agencije za regenerativne sirovine reg. udr. (FNR) finansiralo Savezno ministarstvo prehrane i poljoprivrede (BMEL), projekta koji se bavio gorenavedenim pitanjima i očekivanjima. Priručnik sa svojim različitim poglavljima ima modularnu strukturu, tako da čitalac direktno može da pređe na oblast koja ga zanima. Pritom su kompleksna pitanja predstavljena na opšterazumljiv način blizak praksi. Na početku u poglavlju 2 izloženi su relevantni energetske-politički pravni uslovi u Nemačkoj. Prikazane su i objašnjene mogućnosti za subvencionisanje postrojenja na drva sa automatskim punjenjem u domenu malih kapaciteta, kao i za njih važeći zahtevi u pogledu efikasnosti i graničnih vrednosti štetnih emisija. U poglavlju 3 nalazi se detaljniji osvrt na nemačko tržište za manja i srednja postrojenja na drvenu sečku za koja nije potrebna dozvola u skladu sa § 4 Saveznog zakona o zaštiti od štetnih imisija, snage < 1 megavata (MW), koja spadaju u oblast prime-

ne Prve uredbe Saveznog zakona o zaštiti od štetnih imisija. Na osnovu utvrđenog broja postrojenja i potražnje za gorivom iz prethodnih godina, vrši se procena aktuelnih godišnjih potreba za drvnom sečkom za postrojenja male snage. Na osnovu ankete među proizvođačima sprovedene u celoj Nemačkoj u vezi prerade i sertifikacije drvne sečke visokog kvaliteta, u poglavlju 4 predstavljene su kako opšte strukture proizvođača drvne sečke, tako i strukture kupaca drvne sečke. Pored toga, iznete su i konstatacije o potencijalu tržišta i primarnoj oblasti primene kvalitetne drvne sečke.

Naročito za veoma heterogene prirodne proizvode poput drvne sečke, kod kojih kvalitet značajno varira usled različitih ulaznih sirovina i različitih procesnih lanaca za dobijanje, neophodna je mogućnost da se opiše postojeći kvalitet goriva, kao i da se zna koji su najvažniji parametri i kakav je njihov uticaj na sagorevanje. U poglavlju 5 dat je sažet prikaz najvažnijih saznanja. Na njega se nadovezuje poglavlje 6 i prelazi se na proizvodnju drvne sečke u šumi, kao i na odgovarajuće mogućnosti optimizacije u kontekstu poboljšanog kvaliteta goriva. Date su preporuke bliske praksi, kako za profesionalne proizvođače, tako i za one koji proizvode za sopstvene potrebe sa manje mehanizovanom opremom. Pored izbora adekvatne ulazne sirovine i odgovarajućeg postupka seče i dopreme, značajan uticaj na kasniji kvalitet drvne sečke ima, između ostalog, i ispravno skladištenje. Ako kvalitet koji se postiže na ovaj način nije dovoljan za predviđenu namenu, onda se on može dalje poboljšavati kroz dodatnu preradu, kao npr. pomoću tehničkog sušenja i prosejavanja. U poglavlju 7 su stoga prvo objašnjeni postupci obrade koji su u skladu sa najnovijim dostignućima tehnike. Pitanje mogućnosti za poboljšanje kvaliteta i pitanje koliki je uticaj raznih mera objašnjava se potom na osnovu šest konkretnih studija slučajeva, te se na osnovu ustanovljenih troškova izvodi zaključak o njihovoj ekonomičnosti. U eksperimentima loženja koji slede bavimo se potom pitanjem kakav je uticaj drvne sečke visokog kvaliteta na kasnije ponašanje pri emisiji ložišta, te da li je potencijal za smanjenje štetnih emisija dovoljno velik da zadovolji odredbe Prve uredbe Saveznog zakona o zaštiti od štetnih imisija bez daljeg tretmana izduvnih gasova (npr. preko elektrostatičkog separatora). Rezultati i metodika eksperimenata loženja opisani su detaljnije u poglavlju 8.

Ako se bavimo proizvodnjom i prodajom drvne sečke, uvođenje mera za obezbeđenje kvaliteta predstavlja svrsishodnu metodu da se dugoročno i dokazano garantuje gorivo istog kvaliteta. Poglavlja 9 i 10 pritom mogu da posluže kao vodič za uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom. U tom kontekstu ova poglavlja sadrže informacije o svrsishodnim tačkama za kontrolu i odgovarajućem ispravnom uzorkovanju. Za važne parametre razvijene su pojednostavljene metode. Iako se te metode oslanjaju na važeće standarde, njihova primena je relativno laka za korisnike i mogu se sprovesti pomoću jednostavne opreme. Dokazana je dovoljna usaglašenost pojednostavljenih metoda sa rezultatima standardnih metoda. Na ovaj način, proizvođač za sopstvene potrebe dobija instrument za proveru kvaliteta svog goriva, a profesionalni trgovac drvnom sečkom mogućnost da kontinuirano i efikasno nadzire proces.

Priručnik je zbog toga namenjen svim preduzećima, institucijama i pojedincima zainteresovanim za optimizovano i održivo snabdevanje drvnom sečkom. Dat je i poseban osvrt na profesionalne proizvođače, prerađivače i trgovce, ali i na one koji proizvode za sopstvene potrebe. Isto tako, i operateri postrojenja na drvnu sečku u malom opsegu snage, izvođači, komercijalni ili komunalni operateri malih postrojenja, menadžeri zaduženi za kvalitet, kao i proizvođači kotlova, u ovom priručniku mogu da nađu svrsishodne informacije za optimizovan odnos prema drvnoj sečki kao gorivu. Preporuke i napomene koje slede treba da pomognu korisniku da kontinuirano proizvodi gorivo visokog kvaliteta, da okarakterise i kontroliše njegov kvalitet da bi se obezbedilo optimalno sagorevanje, kao i efektivno i ekološki prihvatljivo grejanje kod postrojenja na drvnu sečku sa malim ložištima i automatskim punjenjem.

NAPOMENE UZ SRPSKU VERZIJU PRIRUČNIKA

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH je globalni pružalac usluga u oblasti međunarodne saradnje za održivi razvoj. GIZ ima više od 50 godina iskustva u širokoj lepezi oblasti, uključujući ekonomski razvoj i zapošljavanje, energetiku i životnu sredinu, kao i mir i bezbednost.

GIZ kao savezna organizacija u ime Vlade Nemačke – posebno Saveznog ministarstva za ekonomsku saradnju i razvoj (BMZ) – kao i u ime klijenata iz javnog i privatnog sektora iz više od 130 zemalja pruža podršku u postizanju ciljeva u međunarodnoj saradnji. U oblasti obnovljivih izvora energije GIZ trenutno realizuje preko 170 projekata u više od 50 zemalja.

Srpsko-nemački razvojni program „Razvoj održivog tržišta bioenergije u Srbiji“ zajedno sprovode GIZ (komponenta tehničke podrške) i Nemačka razvojna banka KfW (finansijska komponenta). Program je finansiran od strane nemačkog Saveznog ministarstva za ekonomsku saradnju i razvoj (BMZ) u okviru Nemačke klimatsko-tehnološke inicijative. Glavni cilj projekta je uspostavljanje održivog tržišta bioenergije u Srbiji. Korišćenjem biomase za dobijanje toplotne i električne energije doprinosi se unapređenju održivog korišćenja obnovljivih izvora energije, ruralnom i lokalno ekonomskom razvoju, kao i smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte u Srbiji. Zamena fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije doprinosi ne samo zaštiti klime, već i poboljšanju kvaliteta vazduha. Istovremeno se korišćenjem lokalno dostupnih obnovljivih izvora energije unapređuje ekonomski razvoj i stvaraju mogućnosti za zaposlenje u slabije razvijenim i ruralnim sredinama.

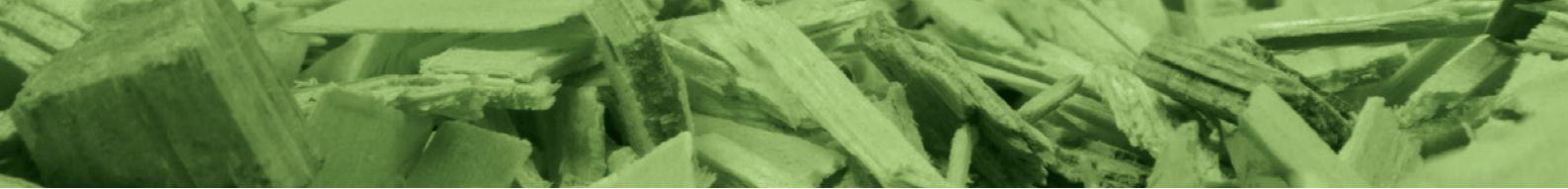
Srpska verzija „Priručnika za upravljanje kvalitetom drvne sečke“ finansirana je od strane programa „Razvoj održivog tržišta bioenergije u Srbiji“.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
Dag-Hammarskjöld-Weg 1–5
65760 Eschborn
Germany
T +49 6196 79-4102
F +49 6196 79-115
E energy@giz.de
I www.giz.de



Sprovedeno od strane:





POGLAVLJE 2

Pozadina energetske politike
i pravni okviri u Nemačkoj



2 POZADINA ENERGETSKE POLITIKE I PRAVNI OKVIRI U NEMAČKOJ

Država nudi čitav niz podsticaja za nabavku postrojenja za grejanje na biomasu. Istovremeno ona postavlja i zahteve u pogledu efikasnosti i postavlja granične vrednosti u vezi emisija. U daljem tekstu ukratko će biti objašnjeni najvažniji politički i trenutno važeći pravni okvirni uslovi, kao i relevantne smernice za podršku.

2.1 Pozadina energetske politike

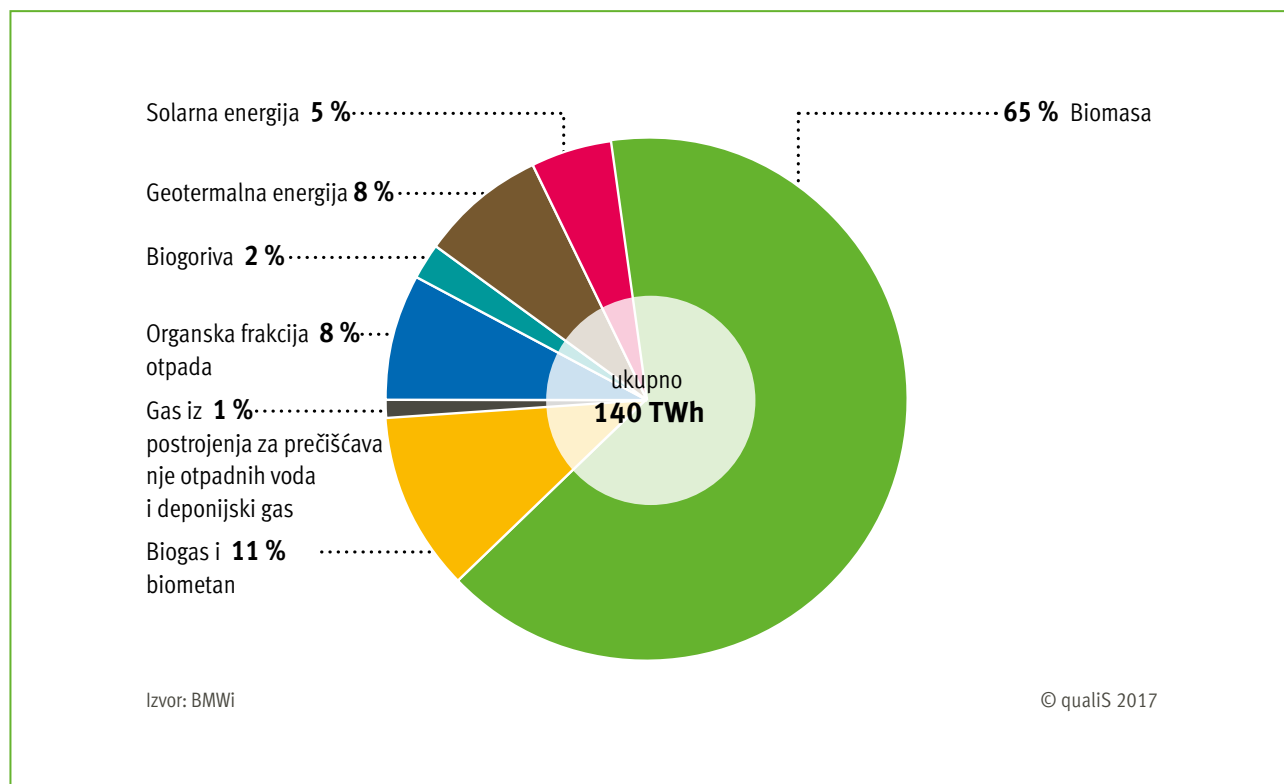
Za sprovođenje ciljeva klimatske zaštite, oko kojih je postignuta saglasnost u Ujedinjenim nacijama u Kjoto protokolu, a stupili su na snagu 2005. godine, Direktivom EU 2009/28/EZ o subvencio-

nisanju korišćenja energije iz obnovljivih izvora, za države članice postavljeni su obavezujući ciljevi. Tako se Nemačka obavezuje da će do 2020. godine smanjiti emisiju gasova staklene bašte za 40% u odnosu na 1990. godinu. Udeo energije iz obnovljivih izvora u bruto potrošnji energije treba da se poveća do 2020. godine na 18%, a u oblasti hlađenja i toplotne energije na 14%.

Oko polovine potrošnje energije u Nemačkoj potrebno je za procesnu toplotu i grejanje prostorija, kao i za toplu vodu.

Godine 2015. udeo energije iz obnovljivih izvora u finalnoj potrošnji energije za toplotnu energiju iznosio je oko 13,2% [2-1].

Kao što se vidi na slici 2.1, ciljevi klimatske zaštite u oblasti toplotne energije usled velikog značaja koji imaju ne mogu da se ostvare bez čvrstog biogoriva.



Slika 2.1: Proizvodnja toplotne energije iz obnovljivih izvora energije u Nemačkoj 2014. godine: oko 140 TWh [2-1], [2-2]

U skladu sa načelom «Postavljati zahteve, ali i podsticati», Savezna vlada u Zakonu o obnovljivim izvorima energije – toplotnoj energiji (EE-WärmeG), ustanovljuje obavezu da se u sektoru toplotne i rashladne energije koriste obnovljivi izvori energije. Istovremeno, vlasnici stanova, preduzeća i opštine dobijaju subvencije preko programa tržišnih podsticaja da snabdevanje toplotnom energijom prebace na obnovljive izvore. Cilj Uredbe o izolacionoj zaštiti i tehnici postrojenja kojima se štedi energija kod zgrada (Uredba o štednji energije – EnEV), jeste smanjenje potrošnje energije u postojećim zgradama, kao i u novogradnji. Obračunsku osnovu pritom čini potreba za primarnom energijom, koja na delotvoran način može da se smanji kroz snabdevanje toplotnom energijom iz obnovljivih izvora energije poput drvene sečke. Dodatne informacije o razvoju obnovljivih izvora energije možete naći na servisnoj stranici Saveznog ministarstva privrede i energetike [2-2].

2.2 Pravni okvirni uslovi

2.2.1 Zakon o obnovljivim izvorima energije i toplotnoj energiji

Ovaj zakon, koji je na snagu stupio 1. januara 2009. godine, propisuje da svi objekti sa korisnom površinom većom od 50 m², koji su od januara 2009. izgrađeni kao novi, za pokrivanje svojih potreba za toplotnom energijom u određenom udelu moraju da koriste obnovljive izvore energije. Kod javnih zgrada to se odnosi i na slučajeve osnovne sanacije. U slučaju upotrebe čvrste biomase, mora da se pokrije 50 % potrebe za toplotnom energijom. Kod postrojenja koja imaju veću snagu od 50 kW, stepen efikasnosti kotla mora da bude najmanje 88 % (da bi dobili subvencije, neophodan je stepen efikasnosti kotla od 89 %), odnosno 70 % ako ona ne služe za grejanje ili za snabdevanje toplom vodom (vidi prilog II 3, EEWärmeG). Da bi ispunio svoju obavezu podnošenja dokaza nadležnom organu, vlasnik objekta u roku od tri meseca od godine puštanja grejnog postrojenja u pogon mora da podnese obračun dobavljača goriva. Da bi nadležnom organu na zahtev mogli da se podnesu dokazi o daljem funkcionisanju postrojenja, obračun dobavljača goriva mora da se čuva prvih 15 godina od godine puštanja postrojenja za grejanje u pogon, i to najmanje 5 godina od trenutka isporuke goriva.

Zakon o obnovljivim izvorima energije i toplotnoj energiji ukazuje i na mogućnost subvencionisanja u okviru programa za podsticaje na tržištu za obnovljive izvore energije. U ovom slučaju može da se podnese zahtev za subvencije za postojeće objekte ako se instalira postrojenje za grejanje iz obnovljivih izvora energije. Mogućnost subvencionisanja postoji i za solarna termička postrojenja i toplotne pumpe, kao i za postrojenja za korišćenje biomase i geotermalne energije. Pored toga, subvencionišu se i lokalna distributivna mreža daljinskog sistema grejanja i akumulatori toplote. Sredstvima subvencija upravlja Savezna služba za privredu i kontrolu izvoza.

Aktuelnu verziju Zakona o obnovljivim izvorima energije i toplotnoj energiji možete naći na servisnoj stranici Saveznog ministarstva pravosuđa i zaštite potrošača.

2.2.2 Uredba o štednji energije – EnEV

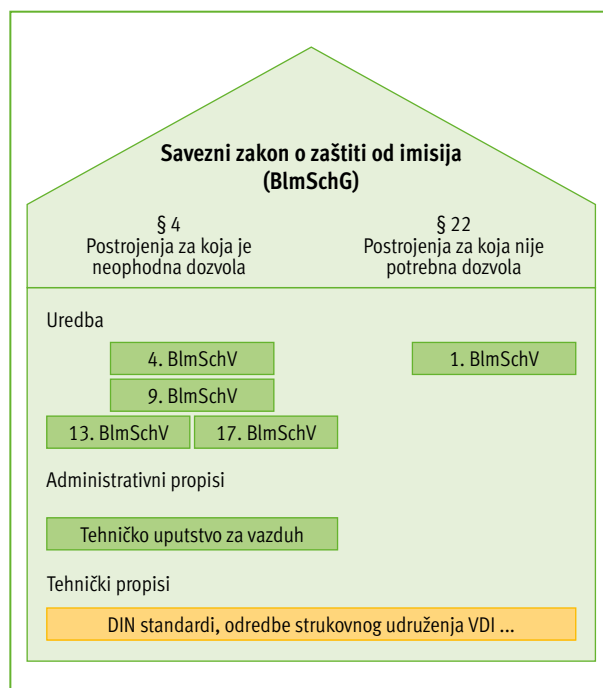
Svrha ove uredbe je poboljšanje toplotne izolacije i smanjenje potrošnje energije u zgradama. Za te potrebe se postepeno smanjuju dozvoljene granične vrednosti za potrošnju energije za novoizgrađene ili sanirane objekte i ograničava potrošnja energije za grejanje i snabdevanje toplom vodom. Tako od 1. januara 2016. novoizgrađene stambene zgrade, kao i one čija namena nije stanovanje, moraju da ispune znatno više energetske zahteve. Dozvoljena potreba za primarnom energijom se smanjuje za 25 %. Standard izolacije za oplatu zgrade (koeficijent protoka energije) povećava se za prosečno 20 %.

U ispunjavanju zahteva za potrebu za primarnom energijom, arhitekte i investitori imaju slobodu u preduzimanju mera za poboljšanje izolacije ili/i efikasniju proizvodnju energije. U odnosu na zemni gas, kod upotrebe drveta troši se samo petina fosilne primarne energije (u odnosu na finalnu energiju), tako da kotao na drvenu sečku takođe ostvaruje značajan doprinos ispunjavanju minimalnih zahteva.

2.2.3 Savezni zakon za zaštitu od štetnih imisija – BlmSchG

Prilikom planiranja postrojenja za grejanje na biomasu uvek treba proveriti da li je za njih potrebna dozvola, te imati na umu koji zahtevi iz toga proističu u pogledu dimenzija postrojenja.

Veliki značaj za izdavanje dozvola za postrojenja na bioenergiju ima Savezni zakon za zaštitu od štetnih imisija (BlmSchG), čija je svrha zaštita ljudi, životinja, biljaka, tla, voda, atmosfere i kulturnih dobara od štetnih uticaja na životnu sredinu putem zagađenja vazduha, buke, potresa i sličnih pojava.



Slika 2.2: Veza između BlmSchG i izabranih uredbi/pravilnika, administrativnih i tehničkih propisa prilagođeno prema [2-3]

Tab. 2.1: Postepeno smanjenje graničnih vrednosti emisije za ponovna merenja Uredbom za mala i srednja postrojenja sa ložištima (1. BImSchV)

1. BImSchV			Nivo 1 Postrojenja izgrađena posle 22. marta 2010.		Nivo 2 Postrojenja izgrađena posle 31. decembra 2014.	
Gorivo u skladu sa § 3 stav 1		Nominalna toplotna snaga [kW]	Prašina [g/m ³]	CO [g/m ³]	Prašina [g/m ³]	CO [g/m ³]
Br.	Naziv					
4	Prirodno drvo u komadu sa korom (cepanice*, sečka, granjevina, šišarke)	≥ 4 ≤ 500	0,10	1,00	0,02	0,40
5	Prirodno drvo koje nije u komadu (otpad iz pilane, strugotina, prašina od brušenja, kora)	> 500		0,50		
5a	Peleti od prirodnog drveta	≥ 4 ≤ 500	0,06	0,80		

* Kod postrojenja u kojima se isključivo koriste goriva u skladu sa § 3 stav 1 tač. 4 u vidu cepanica, granične vrednosti nivoa 2 važe tek za postrojenja koja su izgrađena posle 31. decembra 2016.

Kategorizacija postrojenja za koje mora da se dobije dozvola izvršena je u Uredbi o postrojenjima za koja je potrebna dozvola (4. BImSchV). 9. BImSchV (Uredba o postupku izdavanja dozvole) sadrži odredbe o sprovođenju postupka izdavanja dozvole, kao i zahteve u pogledu dokumentacije neophodne za podnošenje zahteva. Preporučuje se da se na vreme, pre otpočinjanja postupka izdavanja dozvole, kod mesno nadležnog organa za izdavanje dozvole raspitate u vezi neophodne dokumentacije i vremenskog roka. Kada se planira veliko postrojenje, pored toga, treba ispuniti i zahteve 13. BImSchV, u kojoj su definisani zahtevi za ta postrojenja, kao i Tehničko uputstvo za očuvanje čistoće vazduha (TA Luft), kojim su definisane granične vrednosti emisije za postrojenja za koja je potrebna dozvola (vidi sliku 2.2).

Za kotlove na drvenu sečku toplotne snage ložišta manje od 1 MW, koja koriste prirodno drvo u komadima u skladu sa § 22 BImSchG, nije potrebna dozvola. Na njih se primenjuje Prva uredba o sprovođenju Saveznog zakona za zaštitu od štetnih imisija (Uredba o malim i srednjim postrojenjima sa ložištem – 1. BImSchV), koji ima za svrhu smanjivanje opterećenja emisijama u direktnom okruženju postrojenja sa ložištem i podstiče efikasnije korišćenje energije.

Da bi se unapredila ugradnja efikasnijih tehnika postrojenja sa manje emisija, sa izmenjenom verzijom 1. BImSchV koja je stupila na snagu 22. marta 2010, pooštreni su zahtevi pre svega za nova postrojenja na drva kroz postepeno smanjivanje graničnih vrednosti emisije za prašinu i ugljen monoksid (CO). (v. tab. 2.1). Tako postrojenja koja su puštena u pogon posle 1. januara 2015. kod ponovljenih merenja koja vrši dimnjačar moraju da poštuju graničnu vrednost od 0,02 g/m³ (13 % O₂).

Sa padom kvaliteta goriva i rastom veličine postrojenja postaje neophodna ugradnja efektivnih separatora za sitne čestice prašine (npr. C.A.R.M.E.N. e. V., navodi ovakve separatore/prečišćivače za kotlove snage do 1 MW [2-4]).

I za stara postrojenja su definisane vremenske odredbe po kategorijama za zamenu ili osposobljavanje za smanjenje emisije sitnih čestica prašine (separator prašine). Prelazni rokovi i izuzeci su pak relativno velikodušni (v. tab. 2.2).

Tab. 2.2: Prelazni rokovi za stara postrojenja sa automatskim punjenjem u skladu sa 1. BImSchV

Trenutak izgradnje	Trenutak ispunjavanja graničnih vrednosti Nivoa 1 § 5 stav 1
zaključno sa 31. decembrom 1994.	01. januar 2015.
od 1. januara 1995. zaključno sa 31. decembrom 2004.	01. januar 2019.
od 1. januara 2005. zaključno sa 31. martom 2010.	01. januar 2025.

2.3 Program tržišnih podsticaja (MAP)

Program tržišnih podsticaja je centralni program subvencija za dalje širenje obnovljivih izvora energije na tržištu toplotne energije. Za fizička lica, preduzeća i opštine koja investiraju u postrojenja za sagorevanje čvrste biomase, načelno su na raspolaganju dve opcije:

- Subvencije Savezne službe za privredu i kontrolu izvoza (BAFA) za mala postrojenja nominalne toplotne snage manje od 100 kW u privatnim domaćinstvima i preduzećima.
- Krediti sa povoljnim kamatnim stopama i subvencijama za otplatu od strane nemačke razvojne banke KfW za velika, komercijalna postrojenja – koja mogu koristiti npr. vešernice, hoteli ili komunalna preduzeća koja investiraju u obnovljivu procesnu toplotu, kogenerativna postrojenja na biomasu ili za njih postavljanje toplotne mreže.

Važan preduslov za subvencionisanje je da postrojenje koje se subvencioniša mora da bude u pogonu minimalno sedam godina bez gašenja, čak i u slučaju da dođe do promene vlasnika. Dobar pregled mogućnosti za subvencionisanje u okviru programa za podsticanje tržišta može se naći na internet stranicama Saveznog ministarstva za privredu i energetiku (BMWi) [2-5].

2.3.1 BAFA

Vlasnik objekta odnosno operater postrojenja za sagorevanje biomase drvene sečke do 100 kW nominalne toplotne snage Saveznoj službi za poljoprivredu i kontrolu izvoza (BAFA) može da podnese zahtev za subvenciju. Formulare koji mogu da se popune u elektronskoj formi na svojoj internet stranici na raspolaganje stavlja Savezna služba za privredu i kontrolu izvoza [2-6].

Prema trenutno važećim smernicama za subvencije, osnovna subvencija za novoizgrađeno postrojenje sa automatskim punjenjem i regulacijom snage i loženja, kao i automatskim paljenjem za sagorevanje drvene sečke za proizvodnju toplotne energije, iznosi paušalno 3.500 € po postrojenju.

Kotao na drvenu sečku mora da ima akumulacioni rezervoar od minimalno 30 l/kW (nominalna toplotna snaga postrojenja). Stepen efikasnosti kotla mora biti najmanje 89%. Ostali tehnički preduslovi za subvencionisanje su, između ostalog, poštovanje graničnih vrednosti emisije definisanih u Smernicama za subvencionisanje mera korišćenja obnovljivih energija na tržištu toplotne energije. Tako je emisija ugljen monoksida ograničena na 200 mg/m³ kod nominalne toplotne snage i emisija prašine na 0,02 g/m³.

Pored toga, preko službe BAFA nude se i podsticaji za inovacije i dodatni podsticaji za sekundarne mere. Tu spadaju mere za smanjenje štetnih emisija (npr. elektrostatični separatori čestica) i za povećanje efikasnosti (korišćenje vrednosti sagorevanja).

U tabeli 2.3 dat je pregled drugih subvencija preko službe BAFA.

Tab. 2.3: Program subvencija – opis – iznos subvencija (verzija 20.01.2017)

Osnova subvencija	Postojeće zgrade		Paušalno 3.500 € po postrojenju
Podsticaj za inovacije	sa korišćenjem vrednosti sagorevanja	Postojeći objekti	3.500 €
		Novogradnja	3.000 €
	sa separacijom čestica	Postojeći objekti	5.250 €
		Novogradnja	3.500 €
	Dodatna oprema separator	Postojeći objekti	750 €
		Novogradnja	750 €
Dodatni podsticaj	Bonus za kombinaciju	Postrojenja: solarni kolektor, grejna pumpa	+ 500 €
		Toplotna mreža	+ 500 €
	Bonus za efikasnost zgrada	–	dodatno 0,5 x osn. subvencije ili sub. za inovacije

Bonus za efikasnost zgrada može da se odobri za mere u efikasno izolovanoj postojećoj stambenoj zgradi (moraju biti ispunjeni uslovi u skladu sa KfW-ovom efikasnom kućom) u iznosu do 50% od odgovarajuće osnovne subvencije, odnosno subvencije za inovacije. Efikasne u smislu ovog propisa su stambene zgrade koje ispunjavaju zahteve za KfW-efikasnu kuću 55.

Bonus za kombinaciju za toplotnu mrežu se odobrava dodatno na osnovnu subvenciju, kada se postrojenje na biomasu koje ispunjava uslove za subvencije pomoću hidrauličkog priključka priključi na toplotnu mrežu. Dodatna subvencija iznosi 500 €.

BAFA odobrava i plaća samo subvencije za postrojenja na biomasu ako je prethodno urađeno hidraulično podešavanje postrojenja za grejanje i ako se podnese odgovarajući dokaz. Kod hidrauličnog podešavanja pojedinačne komponente grejnog postrojenja, poput grejnih tela, ventila termostata, pumpi i cevi, uzajamno se tako usklađuju da se grejna tela u svakom trenutku snabdevaju potrebnom količinom vode za grejanje. Subvencije se nude i za izvršavanje hidrauličnog podešavanja.

Detalji o subvencijama preko službe BAFA mogu da se nađu na internet stranicama ove Savezne službe [2-8].

2.3.2 KfW

Program KfW-a obnovljive energije „Premium“ podržava veća postrojenja sa naročitim potencijalom za subvencionisanje za korišćenje obnovljivih energija na tržištu toplotne energije pomoću subvencija za otplatu koje finansira Savezno ministarstvo privrede i energetike (BMWi). Pravo na subvencije imaju:

- fizička lica koja proizvedenu toplotnu energiju i/ili proizvedenu struju isključivo koriste za sopstvenu privatnu potrošnju (dakle, ne za izdavanje u zakup i ne poljoprivredna delatnost),
- neprofitne organizacije i zadruge,
- lica koja obavljaju samostalnu delatnost,
- poljoprivrednici i preduzeća,
- opštine, opštinske teritorijalne organizacije i udruženja opština.

KfW načelno odobrava kredite preko kreditnih institucija (banaka i štedionica), koje za kredite u potpunosti preuzimaju odgovornost. Dakle, pre početka projekta zahtev treba da podnesete Vašoj poslovnoj banci. Usluge planiranja mogu da budu pružene pre podnošenja zahteva. Preko programa subvencija može da se finansira do 100% neto investicionih troškova bez PDV-a koji podležu subvencionisanju, čak i ako podnosilac zahteva nema pravo na odbitak prethodnog poreza.

Postrojenja na biomasu sa sagorevanjem čvrste biomase za termičku upotrebu dobijaju subvenciju za otplatu u iznosu do 20 € po kW instalirane nominalne toplotne snage (osnovna subvencija), za postrojenja na biomasu za termičku upotrebu koja ispunjavaju uslove za subvencionisanje, a najviše 50.000 € po pojedinačnom postrojenju. Pored toga, mogu se iskoristiti i sledeći bonusi:

- Bonus za nisku emisiju prašine: do 20 € po kW nominalne toplotne snage, ako emisija u vidu prašine iznosi maksimalno 15 mg/m³ (sadržaj zapremine kiseonika u izduvnom gasu od 13 vol-% u normalnom stanju (273 K, 1.013 hPa)).
- Bonus za izgradnju akumulacionog rezervoara: osnovna subvencija se povećava do 10 € po kW nominalne toplotne snage, ako se za kotao instalira akumulacioni rezervoar sa minimalnom zapreminom akumulacije od 30 l/kW nominalne toplotne snage.

Osnovna subvencija i bonusi su kumulativni. Maksimalna subvencija na otplatu sa korišćenjem bonusa iznosi 100.000 € po postrojenju.

I distributni sistem toplotne energije koji je neophodan za snabdevanje jednog ili više objekata subvencionišu se sa 60 € po novoizgrađenom metru, a najviše milion € (maksimalan iznos subvencije). Dodatno, pored subvencije za distributni sistem toplotne energije po metru trase mogu da se subvencionišu i kućne podstanice u postojećim zgradama sa do 1.800 € po objektu, ako investicije vrše investitor i operater distributnog sistema toplotne energije i ako ne postoji obaveza na nivou opštine za priključivanje na mrežu.

Sve informacije o KfW-ovom programu subvencija mogu da se nađu u sažetoj formi na listi sa uputstvima Obnovljive energije – KfW-ov program za obnovljive enerogije „Premium“ [2-9].

2.3.3 Ostali programi podrške

Preko Programa subvencija za optimizaciju grejanja fizička lica, preduzeća, lica koja obavljaju samostalnu delatnost, opštine, opštinske teritorijalne organizacije i komunalna namenska udruženja, kao i ostala pravna lica, prema privatnom pravu mogu da podnesu zahtev za subvenciju za:

- **Zamenu pumpe**

Subvencioniše se zamena starih pumpi pumpama velike efikasnosti za grejanje i toplu vodu.

- **Hidraulično podešavanje**

Sprovođenje hidrauličnog podešavanja kod postojećih sistema grejanja se takođe subvencioniše. Pritom, specijalizovano preduzeće uzajamno usklađuje sve komponente postrojenja za grejanje i optimizuje ih za upotrebu u zgradi/objektu. Kao dopuna hidrauličnom podešavanju subvencionišu se i druge investicije i optimizacije na instaliranom postrojenju (npr. zamena termostatskih ventila).

Moguća je i svrsishodna kombinacija zamene pumpe i optimizacije grejanja. Ove mere se podržavaju sa do 30 % po meri, maksimalno 25.000 €.

„Smernica o subvencionisanju optimizacije grejanja pumpama visoke efikasnosti i hidrauličnim podešavanjima“ čini osnovu za ovaj program subvencija [2-10].

Dodatne mogućnosti subvencionisanja nude se npr. u programu koji se odnosi na Bavarsku za 10.000 kuća, kojim se subvencioniše rana zamena zastarelih neefikasnih kotlova modernim, inovativnim postrojenjima za grejanje (subvencionišu se kotao na mazut/gas, kotlovi na biomasu ili kogenerativna postrojenja, uz opciono kombinovanje sa solarnom energijom.) [2-11].

Pokrajina Hesena na osnovu „Programa i smernica za podršku ruralnom razvoju u Hesenu“, koji je stupio na snagu 1. aprila 2008, subvencioniše uobičajena postrojenja za grejanje na drva na tržištu za centralno snabdevanje toplotnom energijom od 50 kW. Subvencija za izgradnju postrojenja na biomasu za proizvodnju toplotne energije do 100 kW iznosi trenutno 36 € po kW izgrađene instalirane nominalne toplotne snage. Visina subvencije može da se prilagodi odgovarajućoj situaciji na tržištu, odnosno situaciji u budžetu putem rešenja. Postrojenja veća od 101 kW nominalne toplotne snage mogu da podnesu zahtev za subvenciju trenutno do 30 % neto investicionih troškova koji podležu subvencionisanju. Najviši iznos subvencije iznosi 200.000 € po objektu. Moguće je kumulativno dejstvo sa drugim subvencijama (npr. KfW), uz pridržavanje odgovarajućih ograničenja i granica (npr. odredba „de-minimis“). Pored toga, Ministarstvo za zaštitu životne sredine Hesena nudi potencijalnim investitorima, pa i onima koji spadaju u kategoriju sa mogućnošću dobijanja subvencija od saveznih programa, besplatne konsultacije kod „hessenENERGIE GmbH“ [2-12].



The background of the entire page is a close-up, high-angle shot of a large pile of wood chips. The chips are light brown and tan in color, with some darker, charred pieces scattered throughout. They are irregular in shape and size, ranging from small, thin shavings to larger, chunkier pieces. The lighting is bright, highlighting the texture and grain of the wood. The overall appearance is that of a natural, organic material.

POGLAVLJE 3 | 4

Pregled tržišta iz ugla malih i srednjih postrojenja na drvnu sečku

Struktura proizvođača drvne sečke i potražnja za drvnom sečkom visokog kvaliteta

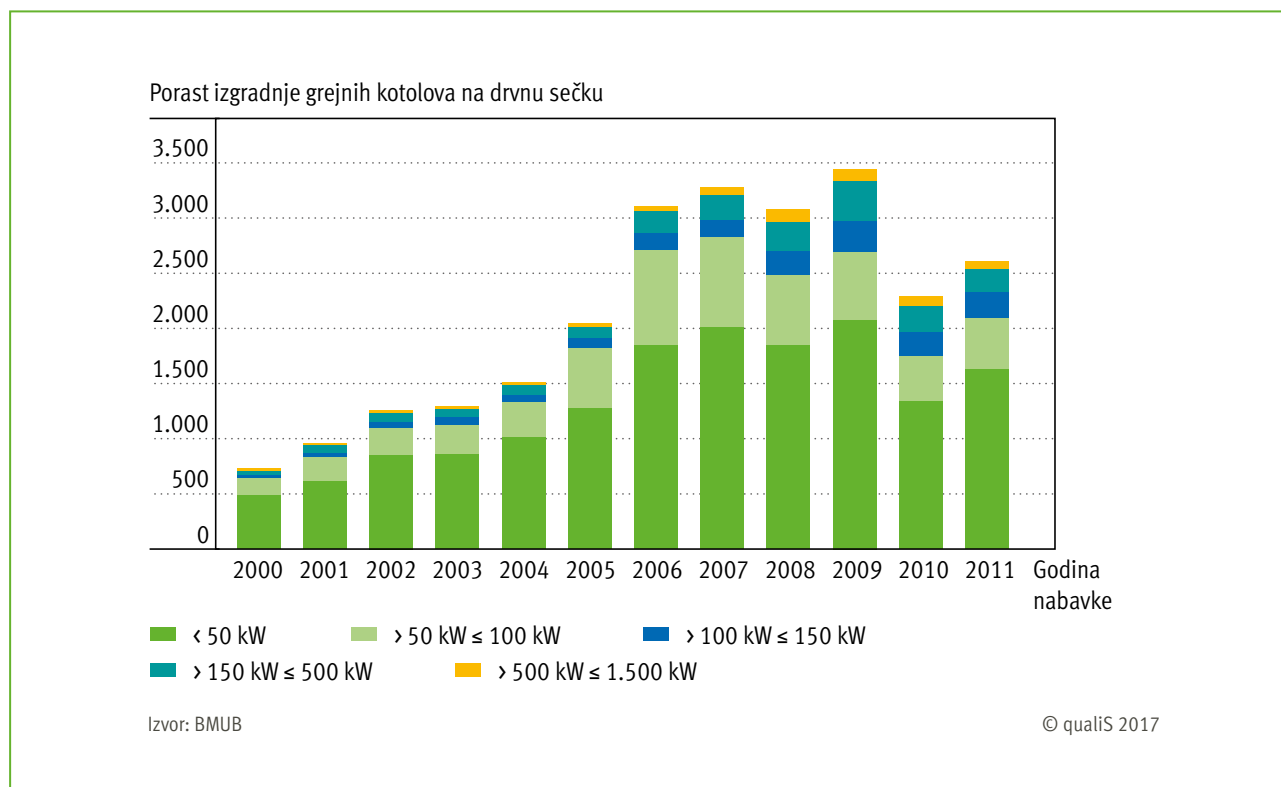
3 PREGLED TRŽIŠTA IZ UGLA MALIH I SREDNJIH POSTROJENJA NA DRVNU SEČKU

Postrojenja na drvnu sečku se ubrajaju u ložišta na biomasu na automatski pogon i imaju primenu kako u industrijskim toplanama, odnosno kogenerativnim postrojenjima, tako i u komunalnoj, komercijalnoj i privatnoj sferi. Termičko iskorištavanje drvne sečke vrši se pritom u postrojenjima sa najrazličitijim tipovima izrade ložišta sa nominalnom toplotnom snagom od 10 kW, pa sve do visokih dvocifrenih iznosa u domenu megavata.

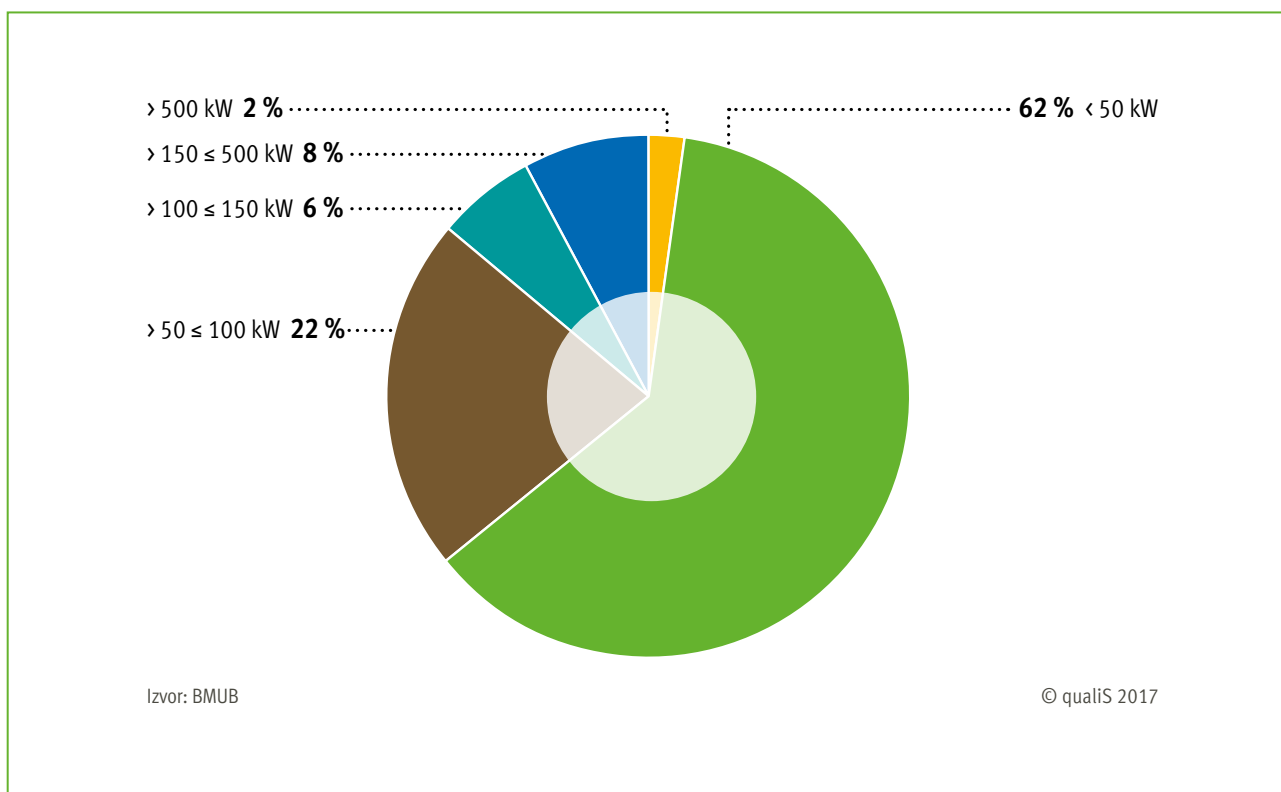
Izlaganja koja slede o postojećim postrojenjima i godišnjoj potrebi za drvnom sečkom odnose se u suštini na postrojenja za koje nije potrebna dozvola u skladu sa § 4 Saveznog zakona o zaštiti od štetnih emisija, snage manje od 1 MW u oblasti primene Prve uredbe o sprovođenju ovog zakona.

3.1 Trenutna baza malih i srednjih postrojenja na drvnu sečku

U skladu sa Prvom uredbom (1. BImSchV) Savezno udruženje dimnjačarskog zanata – Centralno strukovno udruženje (ZIV) se obavezalo da će rezultate merenja saopštiti Saveznom ministarstvu životne sredine, zaštite prirode, građevine i bezbednosti reaktora (BMUB). Ovaj izvor podataka prikazuje prvo merenje i ponovljeno merenje – odvojeno prema gorivima i vrsti punjenja, pritom odvojeno za drvnu sečku. Iz kombinacije ovih podataka do 2011. godine može da se pokaže rast izgradnje postrojenja u kojima se koristi drvna sečka.



Slika 3.1: Porast izgradnje grejnih kotlova na drvnu sečku (1. BImSchV) u Nemačkoj [3-1]



Slika 3.2: Podela postojećih postrojenja na drvnu sečku (1. BlmSchV) po klasama snage u 2011. [3-1]

Posebno u periodu od 2006. do 2009. u pogon je pušteno znatno više postrojenja u odnosu na prethodne godine (maksimalno oko 3.500 postrojenja godišnje). U godinama koje su usledile opao je broj novih puštanja u pogon na oko 2.400 postrojenja godišnje (stupanje na snagu izmenjenog 1. BlmSchV 22. marta 2010.).

Pokazuje se da se većina postrojenja iz 1. BlmSchV odnose na postrojenja sa nominalnom toplotnom snagom manjom od 100 kW. Ona se primenjuju pre svega u privatnim porodičnim kućama ili kolektivnom stanovanju, ali i u malim i srednjim preduzećima i ustanovama opštinskog nivoa. Podela po klasama snage zasniva se na rezultatima merenja Centralnog strukovnog udruženja (ZIV) iz 2011. i data je na slici 3.2.

Od 2012. koristi se nov instrument za prikupljanje podataka. Rezultati posle ove godine nisu raspoloživi, zbog čega će kao dopuna razvoju baze postojećih postrojenja do 2011. biti izvršena procena izgradnje u periodu 2012–2015. Ova procena se zasniva na statistici Saveznog udruženja nemačke grejne industrije (BDH) o trendovima na tržištu proizvođača toplotne energije [3-2]. Ovaj izvor podataka, međutim, sumarno prikazuje postrojenja na biomasu, tako da je potrebno njihovo ukrštanje sa podacima ZIV-a. Prema tome, udeo postrojenja na drvnu sečku u ukupnom broju novih postrojenja na biomasu u periodu od 2005. do 2011. u proseku iznosi oko 13 %. Iz kombinacije ovih podataka generiše se kretanje baze postojećih kotlova na drvnu sečku za period od 2000. do 2015. Prema slici 3.3 u bazi grejnih kotlova na drvnu sečku u 2015. godini nalazi se 44.360 postrojenja.

Sveobuhvatan pregled grejanja na drvnu sečku koja se mogu naći na tržištu – sa nominalnom toplotnom snagom od 11 do 2.000 kW – može se naći u brošuri FNR „Grejanja na drvnu sečku – pregled tržišta“ [3-3].

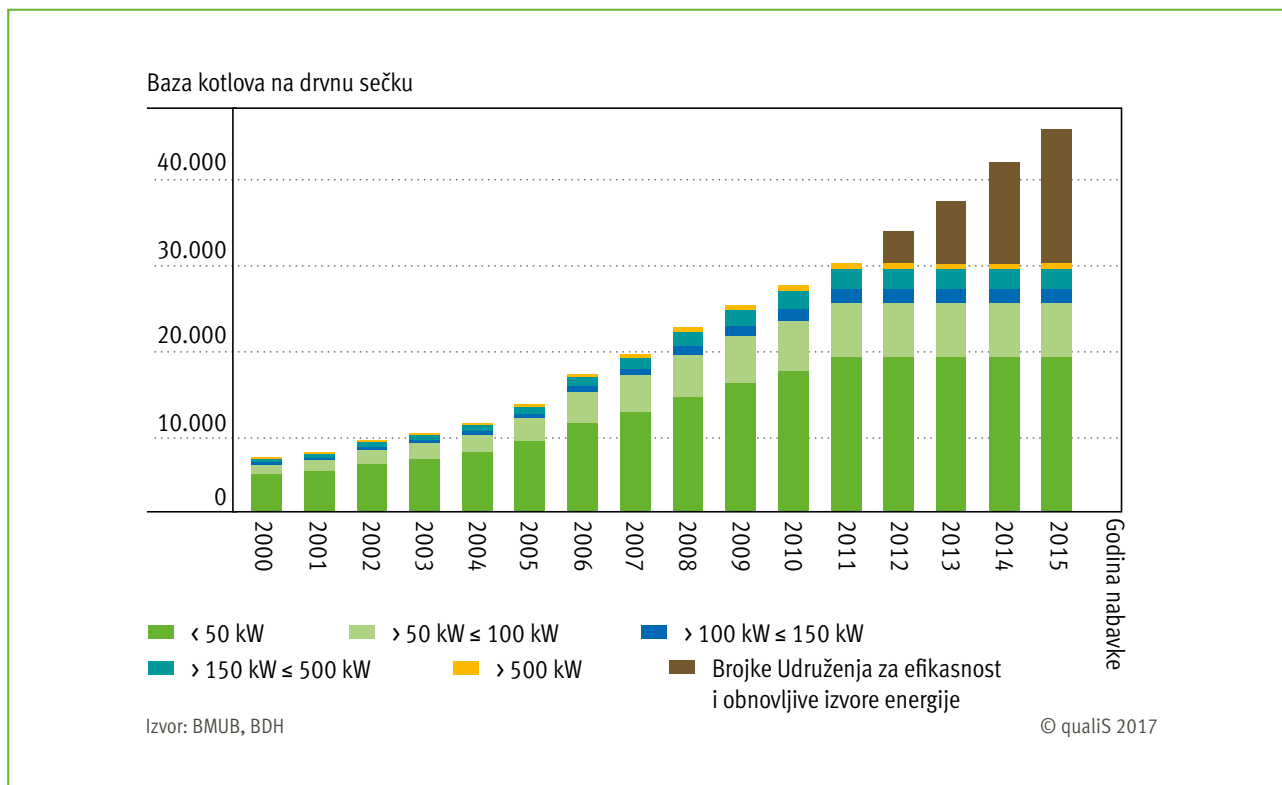
3.2 Potrošnja goriva u malim i srednjim postrojenjima na drvnu sečku

U postrojenjima na drvnu sečku manjim od 1 MW, koja funkcionišu u skladu sa odredbama 1. BlmSchV, sme da se koristi isključivo redovno gorivo u skladu sa § 3.

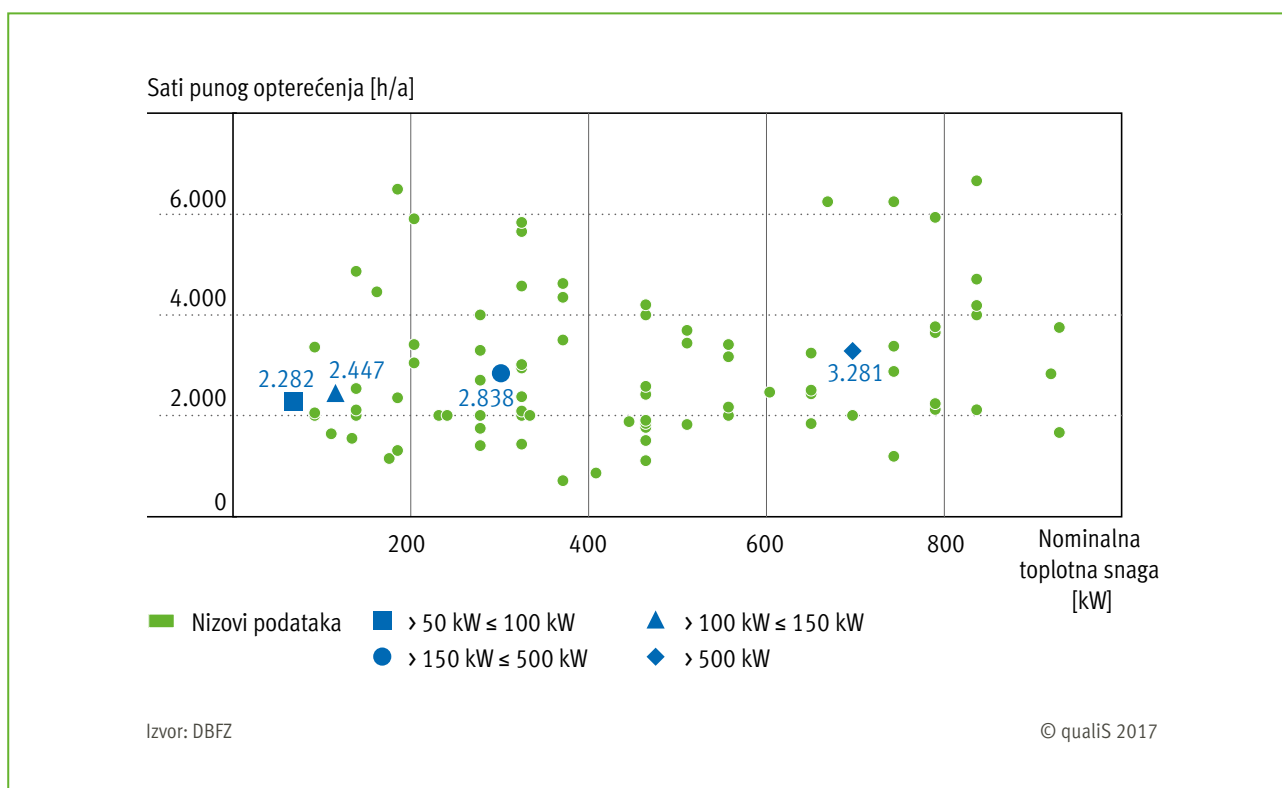
Ovde treba naročito navesti prirodno drvo, npr. šumske ostatke i hemijski netretirane drvene ostatke iz pilana i drvene industrije. Dalje, sve više se koristi i drvo sa brzorastućih plantaža, kao i drvo iz održavanja zelenila [3-3].

U daljem tekstu sledi obračun upotrebljene drvene sečke po količinama u skladu sa pet klasa instalisane snage sa godinom nabavke 2015. Načelno se obračun u suštini zasniva na:

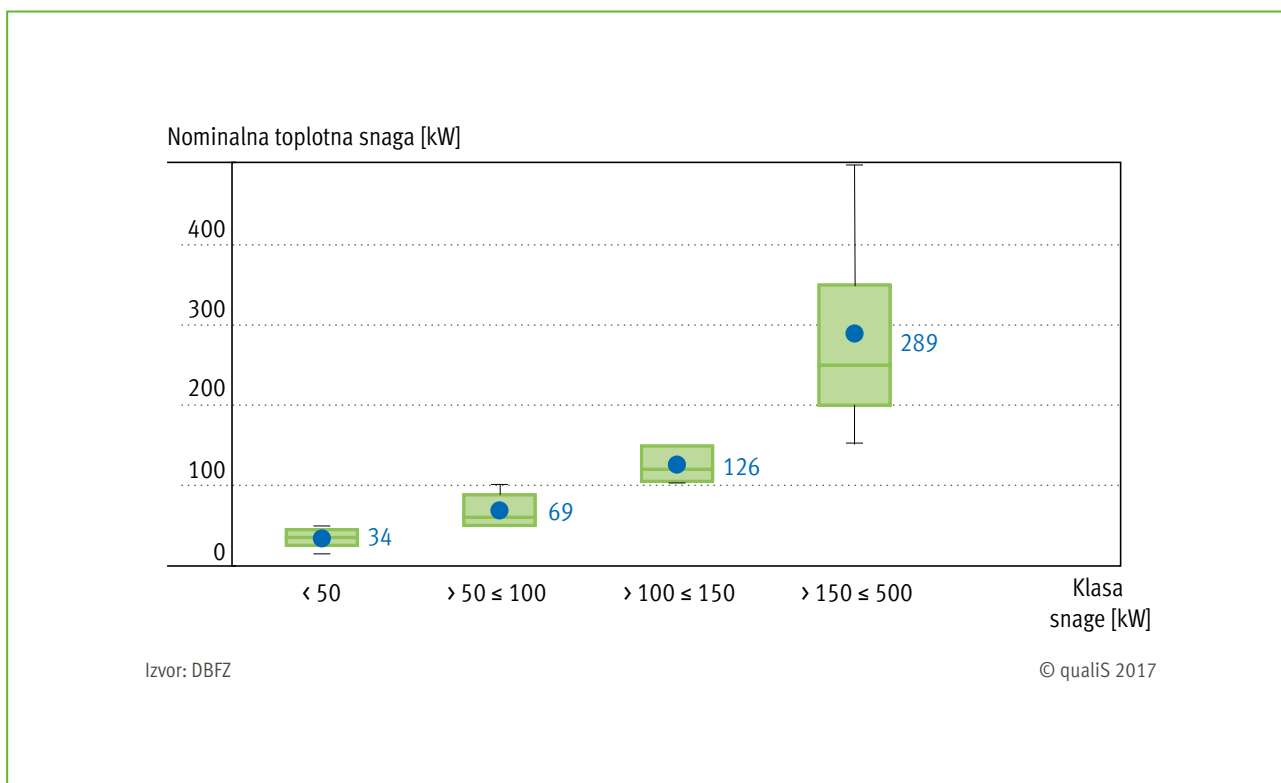
- **Analizama:**
 - baza postojećih postrojenja 2015. (v. sliku 3.3),
 - podela klasa snage (v. sliku 3.2),
 - prosečan broj sati punog opterećenja u vezi sa klasama snage (v. sliku 3.4),
 - prosečna nominalna toplotna snaga u vezi sa klasama snage (v. sliku 3.5),
- **i Pretpostavkama:**
 - godišnji stepen iskorišćenosti 80 % (konstantno, v. [3-3]),
 - grejna vrednost 5,1 MWh/t_{atro} (srednja, v. [3-4]).



Slika 3.3: Kretanja u bazi postojećih postrojenja sa grejnim kotlovima na drvnu sečku (1. BImSchV) u Nemačkoj [3-1],[3-2]



Slika 3.4: Prosečno sati punog opterećenja prema klasama snage do 1.000 kW, n = 85 [3-5]



Slika 3.5: Srednja nominalna toplotna snaga po klasama ≤ 500 kW, n = 4.528 postrojenja [3-6]

Shodno tome, ova metoda daje samo približnu vrednost potrošnje drvene sečke u postrojenjima za grejanje manjim od 1 MW i treba je shvatiti samo kao procenjenu vrednost.

Na kraju, usled regionalnih razlika, kao i specifičnog broja sati rada grejanja na drvenu sečku, zavisno od potrošača odnosno godine, ne može se isključiti određena raspodela. Slika 3.4 pokazuje godišnje sate punog opterećenja za ložišta sa drvnom sečkom, vezano za nominalnu toplotnu snagu postrojenja. Ovi podaci se zasnivaju na bazi podataka toplana Nemačkog centra za istraživanje biomase (DBFZ).

Usled nedovoljnog broja upotrebljivih setova podataka iz 2015. godine, analiza se zasniva na podacima operatera iz prethodnih sedam godina. Treba imati na umu da i sati punog opterećenja prema klasama snage rastu sa porastom nominalne toplotne snage. Za najmanju klasu snage ≤ 50 kW nema setova podataka koji su na raspolaganju. Ovde se dalji obračuni odnose na procenjenu vrednost od 2.000 sati punog opterećenja.

U prikazu 3.5 data je podela nominalne toplotne snage prema klasama snage u četiri klase ≤ 500 kW.

Uz pretpostavku da je godišnji stepen iskorišćenosti od 80 % kao i srednje grejne vrednosti od 5,1 MWh/t_{atro}, godišnja potrošnja drvene sečke može da se obračuna kako sledi:

$$\frac{\text{postojeća postrojenja} \cdot \varnothing \text{ nominalna toplotna snaga} \cdot \text{sati}}{\text{godišnji stepen iskorišćenosti pri punom opterećenju} \cdot \text{toplotna vrednost}}$$

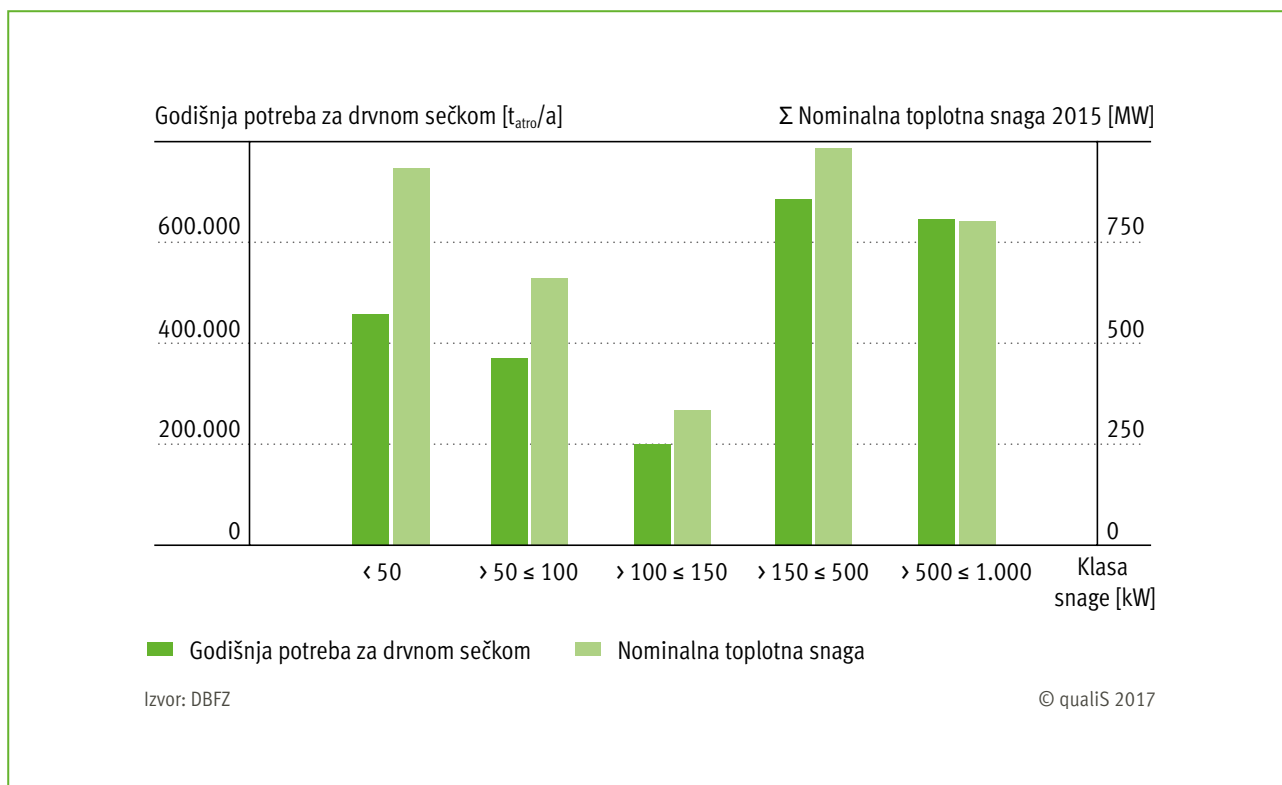
Prema proceni, 2015. godine je ukupno energetski iskorišćeno 2,4 mil. tona (atro) drvene sečke u postrojenjima u skladu sa 1. BImSchV. Kod upotrebe od oko 1 mil. tona suve materije (atro), približno polovina drvene sečke je spaljena u ložištima snage ≤ 150 kW.

Na slici 3.6, pored podele prema klasama snage, prikazana je i veza između instalirane nominalne toplotne snage i potrošnje drvene sečke.

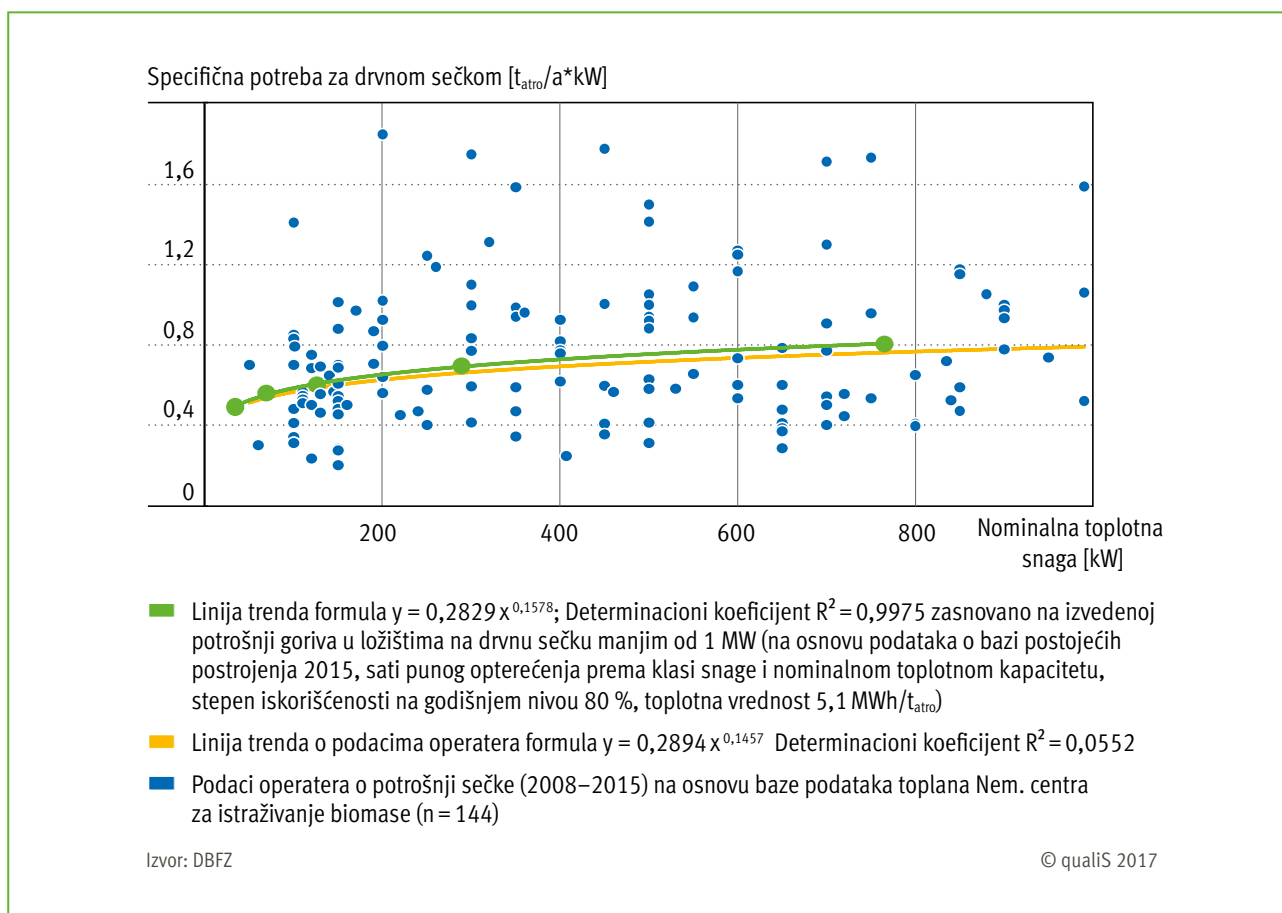
Razlike u vrednosti između niza podataka objašnjavaju se time što sa porastom snage rastu i pretpostavke u vezi sati punog opterećenja. Sa padom nominalne toplotne snage grejnih postrojenja, smanjuje se specifična godišnja potreba za gorivom.

Na slici 3.7 predstavljena je specifična potrošnja drvene sečke u tonama suve materije (atro tona) prema godini i snazi kotla u kW. Osnovu prikaza na jednoj strani čine procenjene vrednosti potrošnje goriva u 2015, kako je prikazano u tabeli 3.1 (zelene tačke sa podacima), a na drugoj podaci operatera iz prethodnih godina, u skladu sa upotrebljivim setovima podataka iz baze podataka toplana DBFZ-a (plave tačke sa podacima). Vidi se, doduše, određena disperzija, koja se između ostalog može objasniti različitim godinama rada, potrošačima, godišnjim stepenom iskorišćenosti, itd. Uprkos tome, ove dve regresivne funkcije su veoma približene.

U skladu sa navedenim, treba pretpostaviti da vrednosti iskazane u tabeli 3.1 predstavljaju reprezentativnu procenu u vezi potrošnje goriva u grejnim postrojenjima na drvenu sečku (baza postrojenja iz 2015.) koja su manja od 1 MW.



Slika 3.6: Godišnja potreba (2015) za drvnom sečkom u postojenjima u skladu sa 1. BlmSchV

Slika 3.7: Specifična potrošnja drvne sečke u $t_{atro}/a/kW$ (zeleno: n = 5 [v. Tab. 3.1], plavo: n = 144 [3-5])

Tab. 3.1: Procenjena potrošnja goriva u grejnim postrojenjima na drvnu sečku manjim od 1 MW (baza postrojenja iz 2015, sati punog opterećenja prema klasama i nominalna toplotna snaga, godišnji stepen iskorišćenja 80 %, toplotna vrednost 5,1 MWh/t_{drv})

Klasa snage [kW]	Nominalna toplotna snaga \varnothing [kW]	Grejna postrojenja na drvnu sečku [broj]	Nominalna toplotna snaga Σ [MW]	Sati punog opterećenja \varnothing [h/a]	Godišnja potreba za drvnom sečkom ~ 2015 [t _{atro} /a]
< 50	34	27.604	939	2.000	460.294
> 50 ≤ 100	69	9.634	665	2.282	371.944
> 100 ≤ 150	126	2.647	334	2.447	200.318
> 150 ≤ 500	289	3.422	989	2.838	687.937
> 500 < 1.000	765	1.053	806	3.281	648.158
Σ		44.360	3.733		2.368.651

3.3 Investicioni troškovi grejnih postrojenja na drvnu sečku

U poređenju sa grejanjem na mazut ili gas, investicioni troškovi za grejanje na drvnu sečku su znatno veći. Prema podacima TFZ, oko 50 % investicionih troškova grejnih postrojenja na drvnu sečku nominalne toplotne snage do 100 kW odlazi na kotao sa upravljačkim i regulacionim sistemom, dodatnih 19 % na periferne delove, 16 % na sistem za pražnjenje, 10 % na motažu i 5 % akumulacioni rezervoar [3-7].

Na slici 3.8 prikazani su specifični investicioni troškovi za ložišta na drvnu sečku sa nominalnom toplotnom snagom od 11 do 1.000 kW.

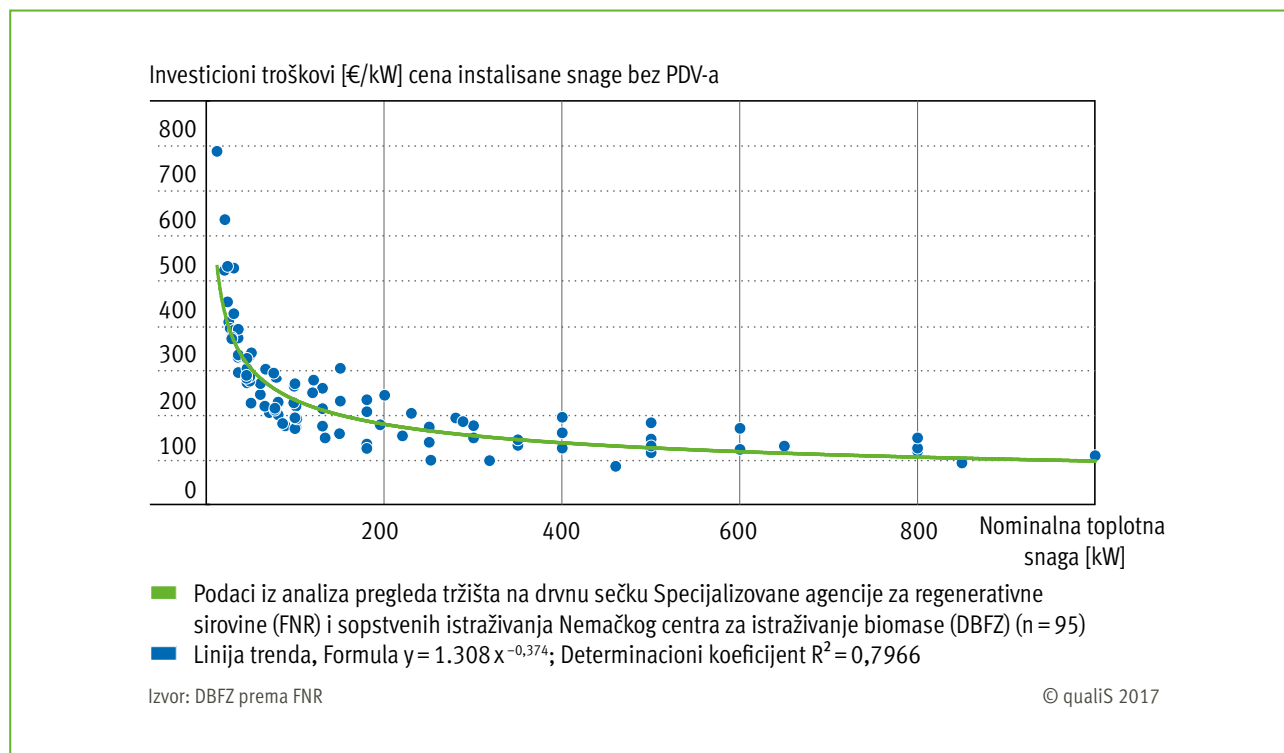
Prikazani investicioni troškovi zasnovani su pretežno na analizi pregleda tržišta grejnih postrojenja na drvnu sečku i dopunjeni su na osnovu istraživanja. [3-3]. Uprokos izvesnoj disperziji, karakteristično je da specifični investicioni troškovi značajno

opadaju sa porastom snage postrojenja. Isto se odnosi i na specifične investicione troškove za separatore čestica, kako je prikazano na slici 3.9.

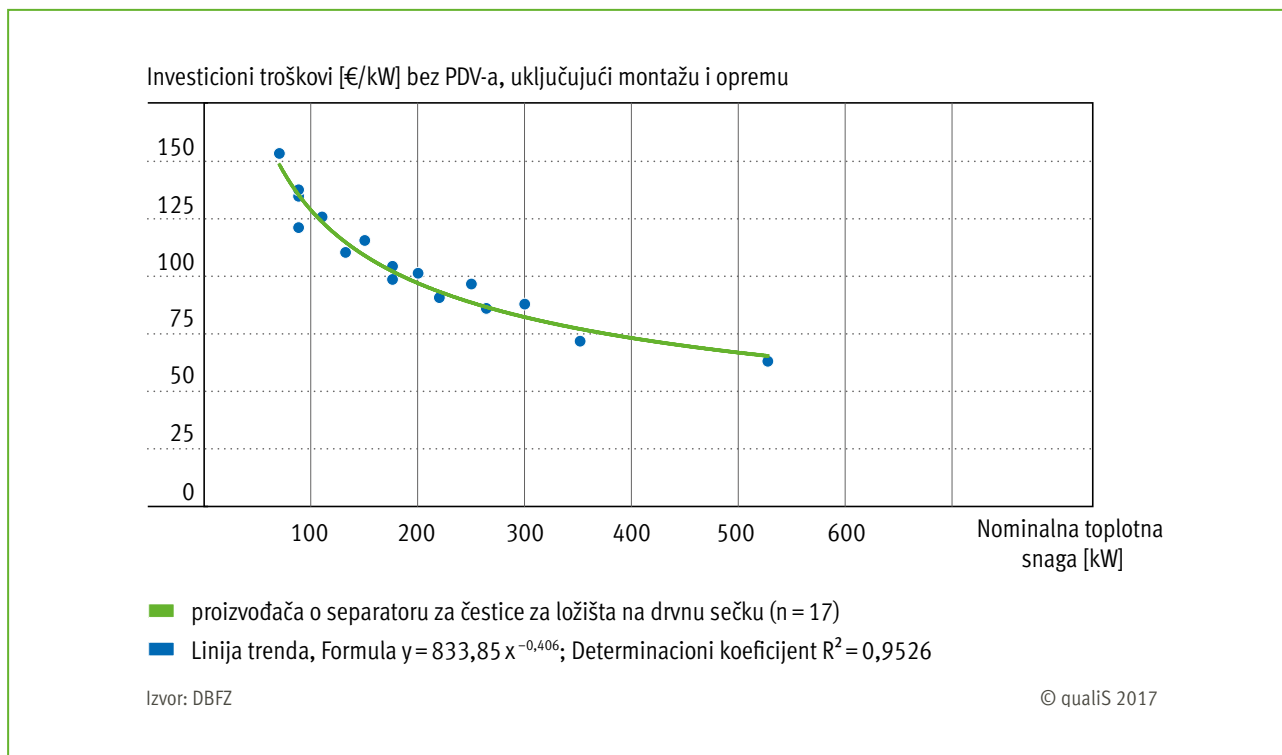
Predstavljeni troškovi zasnovani su na podacima dva proizvođača, koja na tržištu nude najrazličitije separatore čestica za grejna postrojenja na drvnu sečku sa maksimalnom nominalnom toplotnom snagom do 530 kW.

Zbog malog broja podataka koji su mogli da se upotrebe, predstavljene investicione troškove treba smatrati samo okvirnim vrednostima. Treba istaći značajno visoke troškove separatora u odnosu na investicione troškove za grejno postrojenje na drvnu sečku.

Dalja izlaganja o sturkuri troškova kotlova na drvnu sečku, kao i razmatranja ekonomičnosti izabranih modela postrojenja, možete pronaći u izveštaju TFZ 21 „Mala postrojenja na biomasi – posmatranje tržišta, podaci o funkcionisanju, troškovima i ekonomičnosti“ [3-7].



Slika 3.8: Specifični investicioni troškovi za postrojenja na drvnu sečku, n = 95 [3-3]

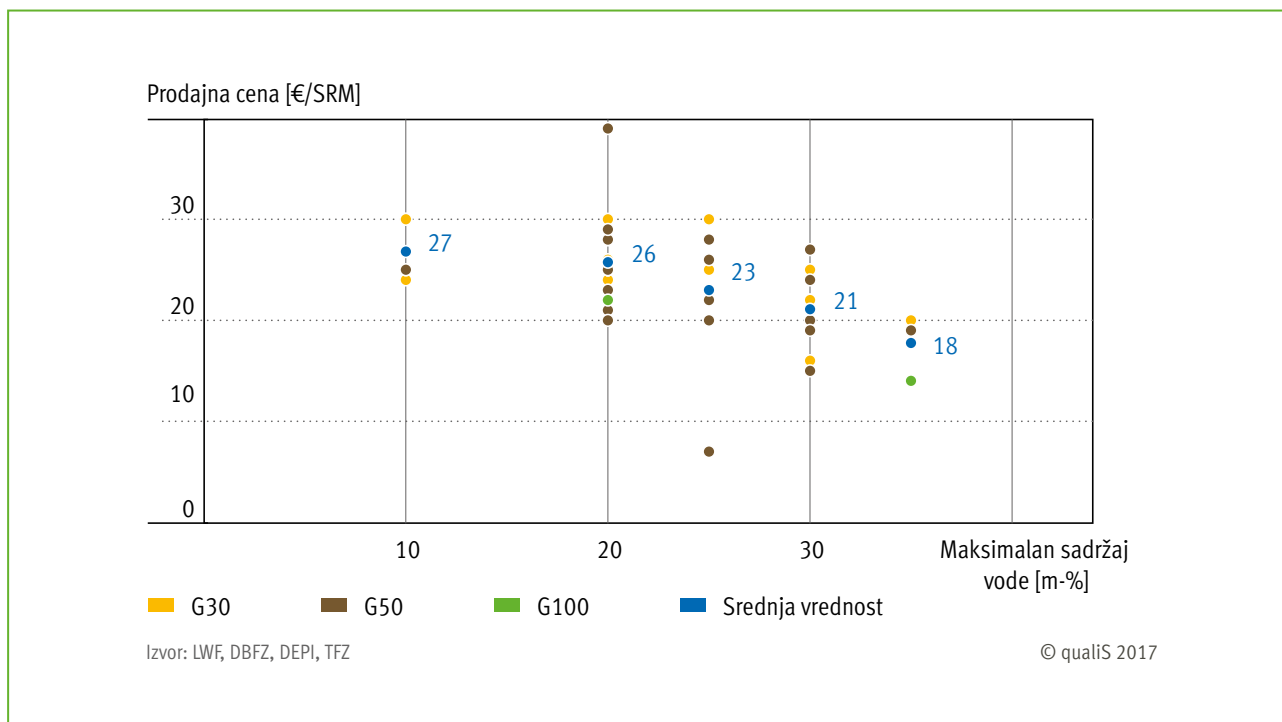


Slika 3.9: Specifični investicioni troškovi za separatore čestica, n = 17 [3-8]

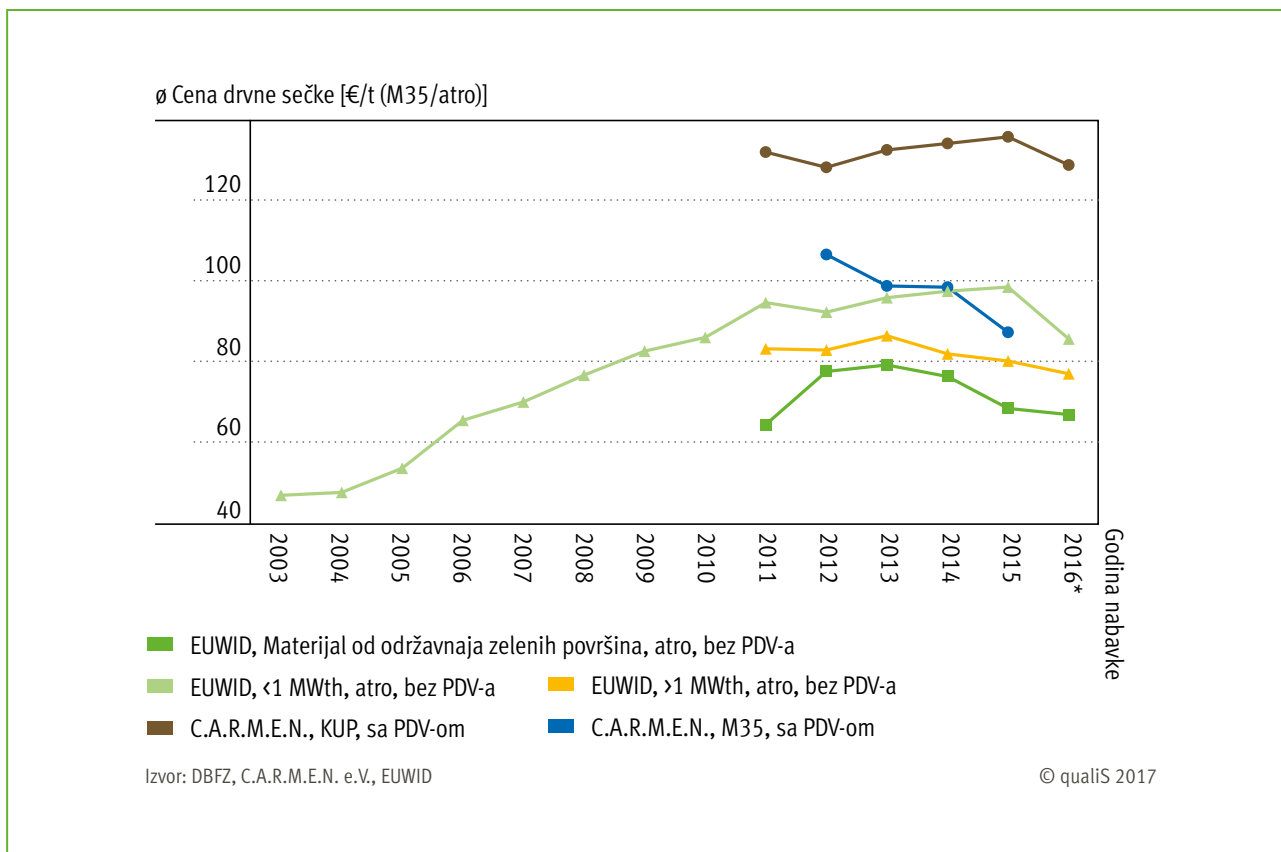
3.4 Kretanje cena drvne sečke

U okviru ankete među proizvođačima drvne sečke (vidi poglavlje 4) postavljeno je između ostalih i pitanje o kupoprodajnoj ceni za razne asortimane u godini pogona 2014. Slika 3.10

pokazuje cene u zavisnosti od sadržaja vode i veličine čestica. Srednje vrednosti u okviru pet klasa sadržaja vode pritom predstavljaju samo okvirnu vrednost. Razlog je činjenica da su pritom zanemareni drugi kriterijumi kvaliteta – kao npr. sadržaj pepela, udeo sitnih čestica, itd.



Slika 3.10: Prosečne kupoprodajne cene za drvnu sečku sa različitim sadržajem vode i veličinom čestica, n = 49 [anketa među proizvođačima drvne sečke, godina pogona 2014, v. poglavlje 4]



Slika 3.11: Kretanje cena kod raznih asortimana drvene sečke, prema analizi [3-9] podataka od C.A.R.M.E.N. [3-10] i EUWID-a „Drvo i sirovine od drveta“ [3-11]

Dalje značajne razlike u ceni drvene sečke proističu iz lokacije. Shodno tome, slika 3.11 samo slikovito treba da pokaže kretanje cena drvene sečke proteklih godina.

Slika 3.11 se generiše na osnovu dva izvora literature i pokazuje prosečne godišnje cene za različite asortimane. Podaci se objavljuju na dva meseca, odnosno kvartalno, i sadrže osim toga i detaljne podatke o regionalnim razlikama u ceni, posebno između severa i juga zemlje.

- C.A.R.M.E.N [3-10]:
 - Šumska sečka sa sadržajem vode od 35 m-% (20 m-%), isporuka 80 (30) nasipnih prostornih metara
 - KUP-drvena sečka sa sadržajem vode od 35 %, isporuka 80 nasipnih prostornih metara
- EUWID [3-11]:
 - „HDrvo i sirovine od drveta“
 - Podatak u €/t_{atro}, bez PDV-a, isporuka besplatna do korisnika
 - HHS < 1 MW_{th}, HHS > 1 MW_{th}, kao i HHS iz mera održavanja zelenih površina

3.5 Rezime tržišnih posmatranja

Podaci o kretanju cena drvene sečke dokazuju relativno stabilne prodajne cene u proteklih pet godina. Pregled cena drvene sečke, kao i specifični investicioni troškovi za grejna postrojenja na sečku i separatore za čestice, u suštini treba da pruže uporedne vrednosti i da ukažu na raspoložive izvore.

Specifikovano po grupama korisnika, utvrđena je baza postojećih malih i srednjih grejnih postrojenja na drvenu sečku, kao i potrošnja goriva u njima.

Na osnovu analize mernih rezultata Centralnog strukovnog udruženja (ZIV) do 2011. godine, kao i dopunskih pretpostavki u vezi novonastalih postrojenja u narednim godinama, baza grejnih postrojenja na drvenu sečku manjih od 1 MW procenjena je za 2015. godinu na 44.360 postrojenja. Ukupna nominalna toplotna snaga pritom iznosi oko 3.733 MW. Pored toga, utvrđena je baza postojećih postrojenja sa različitim klasama nominalne toplotne snage.

Na osnovu ovih brojki o postojećim postrojenjima i na shodno tome sumiranim nominalnim toplotnim snagama, te na osnovu dodatnih pretpostavki o načinu funkcionisanja grejnih postrojenja na drvenu sečku, za 2015. godinu navedena je potrošnja goriva prema klasama snage. Shodno tome, 2015. godine energetski je upotrebljeno ukupno oko 2,4 miliona tona (atro) drvene sečke u postrojenjima u skladu sa 1. BlmSchV.

4 STRUKTURE PROIZVOĐAČA DRVNE SEČKE I POTRAŽNJA ZA DRVNOM SEČKOM VISOKOG KVALITETA

Konstatacije koje slede zasnovane su na analizi ankete sprovedene na saveznom nivou o sekundarnoj preradi i sertifikaciji drvene sečke visokog kvaliteta. Onlajn anketa namenjena proizvođačima drvene sečke, kao i prerađivačima, predstavljala je kooperaciju između sledećih institucija:

- Bavarskog zavoda za šume i gazdovanje šumama (LWF),
- Nemačkog centra za istraživanje biomase d.o.o. (DBFZ),
- Nemačkog instituta za pelet d.o.o. (DEPI),
- Centra za tehnologiju i podršku u okviru Centra za kompetenciju za regenerativne sirovine (TFZ).

Utvrđeno je ukupno 954 potencijalnih učesnika, dopis sa linkom ka anketi poslat je direktno elektronskom poštom odnosno redovnom poštom na 886 adresa. Pored toga, link ka anketi postavljen je na različite internet stranice, a prosleđen je i preko Njuzletera. Pored opštih struktura proizvođača drvene sečke, anketa je sadržala i relevantne teme za snabdevanje, preradu, prodaju i procenu buduće potražnje drvene sečke visokog kvaliteta. Ukupno je postavljeno 83 pitanja, na koja je u periodu od oko 9 nedelja (do 12. januara 2016) u potpunosti ili delimično odgovorilo 122 učesnika. Na kraju je za reprezentativnu analizu na raspolaganju bila 91 grupa podataka.

U okviru ankete proizvođači su između ostalog odgovarali na pitanja tehnike obrade i koraka u obradi za dva asortimana. Detaljne podatke o tome možete naći u Poglavlju 7.

4.1 Opšte strukture proizvođača drvene sečke

Na početku ankete proizvođačima drvene sečke postavljeno je pitanje o prodaji drvene sečke koju su ostvarili u 2014. godini. Na ovaj način delimično su uspostavljane direktne veze između količine drvene sečke i drugih relevantnih parametara poslovanja.

Na slici 4.1 predstavljen je broj neophodnih stalno zaposlenih za preradu drvene sečke.

Iz oko 85 % upotrebljivih odgovora konstatovano je da se do 5 lica bavilo tretmanom sečke. Najviše (45 %) su bila zastupljena mala preduzeća sa samo jednim zaposlenim na puno radno vreme. Ova preduzeća iz domena „one-man-show“ prerađuju prosečno oko 2.400 tona (atro) drvene sečke godišnje.

4.1.1 Plasman drvene sečke u skladu sa odredbama DIN EN ISO 17225-4 i drugim standardima

Specifikacija drvene sečke za upotrebu u malim grejnim postrojenjima treba da bude u skladu sa DIN EN ISO 17225, deo 4. Ovaj međunarodni standard je 2014. zamenio do tada važeći DIN EN 14961-4, kao i u praksi još uvek često primenjavani ekološki standard ÖNorm M7133 (vidi 5).

Načelno važi da je primena standarda dobrovoljna, nije zakonom obavezujuća. Međutim, u slučaju primene aktuelnih standarda postoji više prednosti. Kroz jedinstvene standarde pojednostavljuje se, između ostalog, razmena među akterima. Tako proizvođač kotla prilikom opisa kvaliteta neophodnog za kotao može da se pozove na aktuelni standard, proizvođači drvene sečke shodno tome mogu da proizvedu različite asortimane pozivajući se na standard, a operater grejnog postrojenja na drvenu sečku će biti u stanju da uporedi asortimane na tržištu koji su od značaja za njega.

Na slici 4.2 dati su odgovori proizvođača drvene sečke na pitanje: „Na osnovu kog standarda određujete osobine drvene sečke?“.

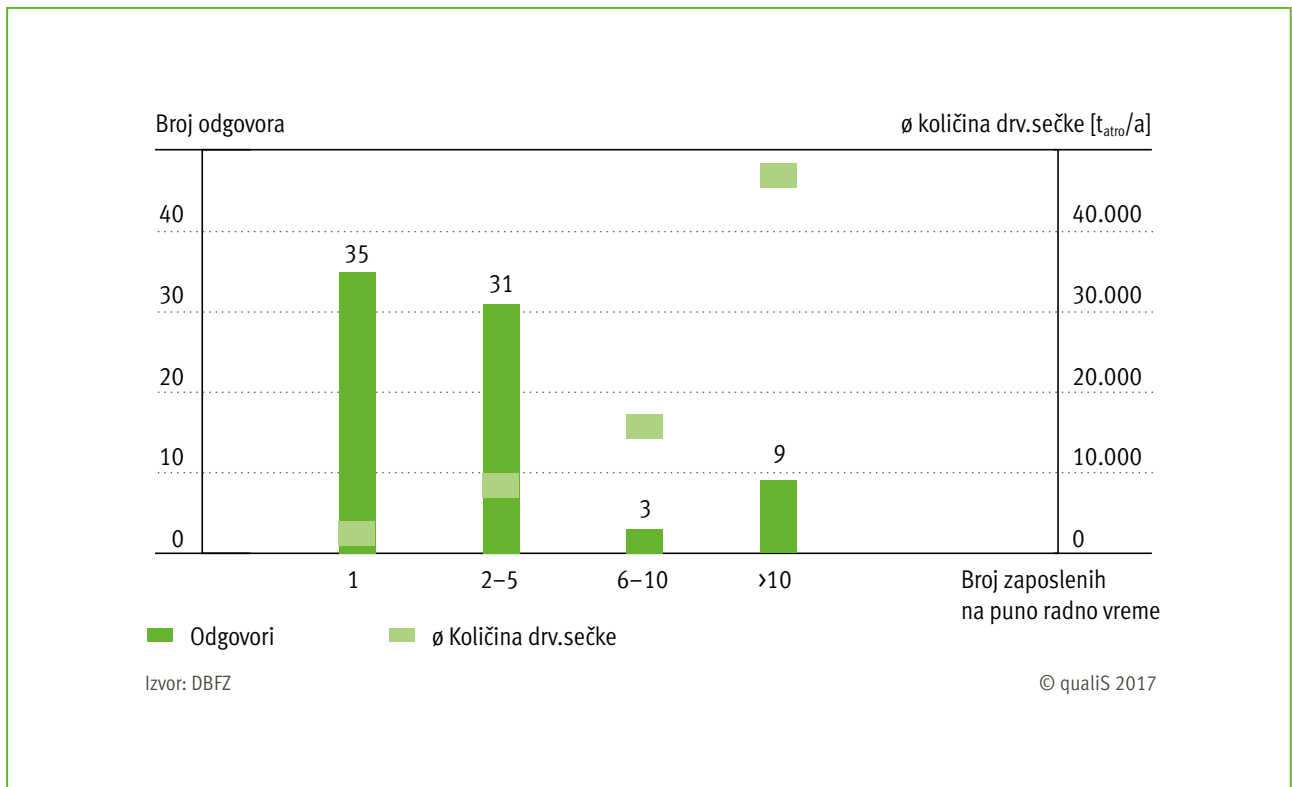
Prema izjavama proizvođača, 40 % njih se poziva na neki od navedenih standarda. Samo 10 % se poziva na aktuelni DIN EN ISO 17225-4. Većina ispitanika određuje osobine drvene sečke bez pozivanja na standard, ili tako što ova goriva plasiraju u skladu sa sopstvenim kriterijumima kvaliteta ili proizvode sečku u skladu sa zahtevima klijenata. Poslednje se, možda, u većoj meri odnosi na klijente sa postrojenjima manjim od 1 MW, za koje su odredbe DIN EN ISO 17225-4 uglavnom isuviše striktno.

4.1.2 Identifikacija kupaca drvene sečke

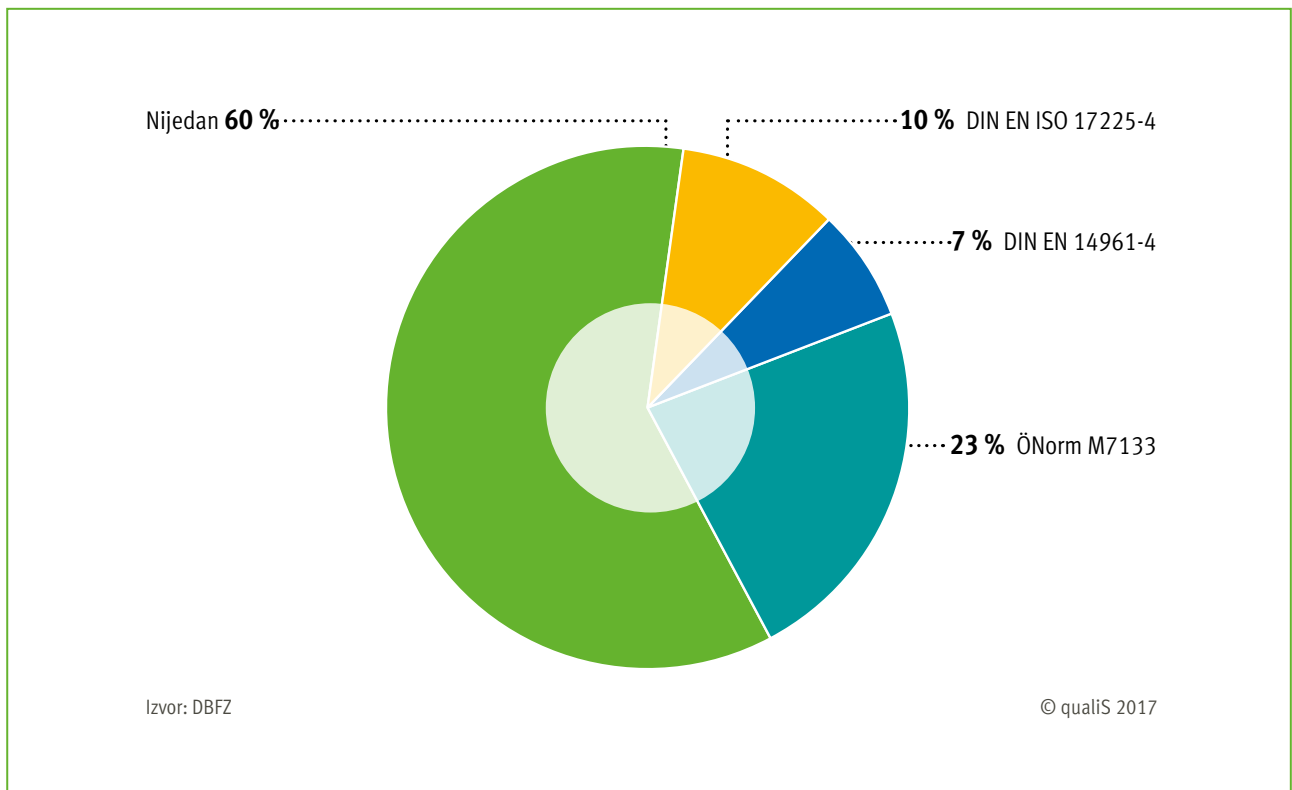
Posmatranja koja slede daju informacije o kupcima drvene sečke, pri čemu se tvrdnje koje slede odnose na količinu drvene sečke koja se plasira na godišnjem nivou. U anketi je to ostvareno kroz procentualnu distribuciju mogućih odgovora.

Na slici 4.3 predstavljen je prodaja drvene sečke u 2014. u odnosu na različite segmente nominalne toplotne snage postrojenja klijenata.

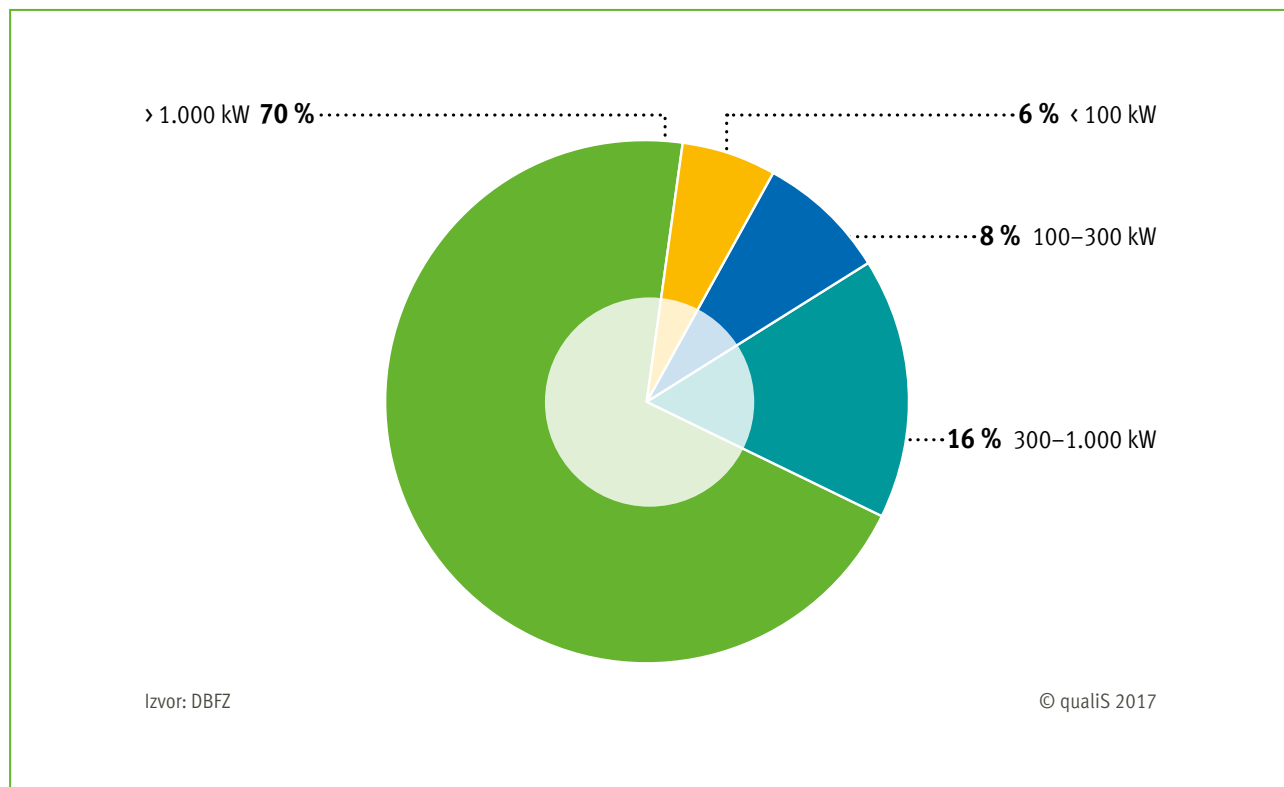
Glavna količina drvene sečke iz ankete se prema tome primarno koristi za termičku upotrebu u velikim grejnim postrojenjima.



Slika 4.1: Broj zaposlenih na puno radno vreme na poslovima prerade sečke, n = 78



Slika 4.2: Plasman drvne sečke u skladu sa specifikacijama goriva, n = 85



Slika 4.3: Kupci drvene sečke prema snazi postrojenja u odnosu na količinu kupljene drvene sečke u 2014, $n = 68$

Međutim, većina proizvođača opslužuje sve navedene klase snage. Samo tri proizvođača svoj asortiman isporučuje isključivo klijentima manjim od 100 kW, a šest proizvođača samo operaterima postrojenja sa ložištima većim od 1 MW.

Shodno tome, pasusi koji slede (u kojima se distribucija pretežno odnosi na broj datih podataka) jednako su relevantni i za postrojenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV).

Postavljeno je i pitanje o strukturi operatera drvene sečke.

Slika 4.4 pokazuje da je 80,2 % drvene sečke termički obrađeno u komercijalnim preduzećima. I ovde većina proizvođača plasira svoje proizvode svim navedenim strukturama operatera, dok samo šest njih prodaje isključivo klijentima sa komercijalnim poslovanjem.

4.1.3 Broj plasiranih asortimana drvene sečke

Odgovori koji slede treba da posluže samo kao pregled broja asortimana drvene sečke koja je na raspolaganju.

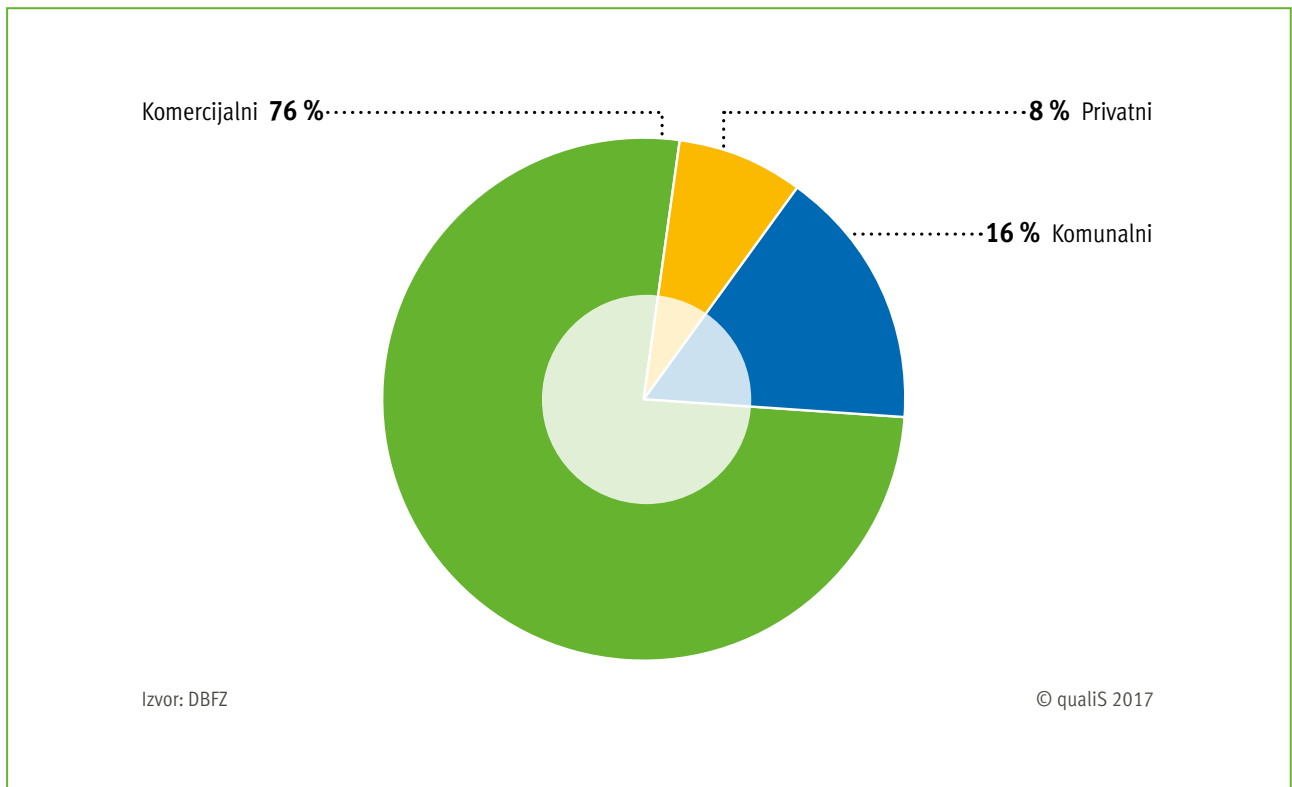
U skladu sa slikom 4.5 ukupno 78 proizvođača drvene sečke (♣ oko 85,7 %) odgovara da plasira do četiri linije proizvoda. Načelno se vidi da se prosečno plasirana količina drvene sečke povećava sa većom raznovrsnošću asortimana, sa izuzetkom dva odgovora u segmentu >10 asortimana.

4.1.4 Kupovina sirovine za proizvodnju drvene sečke

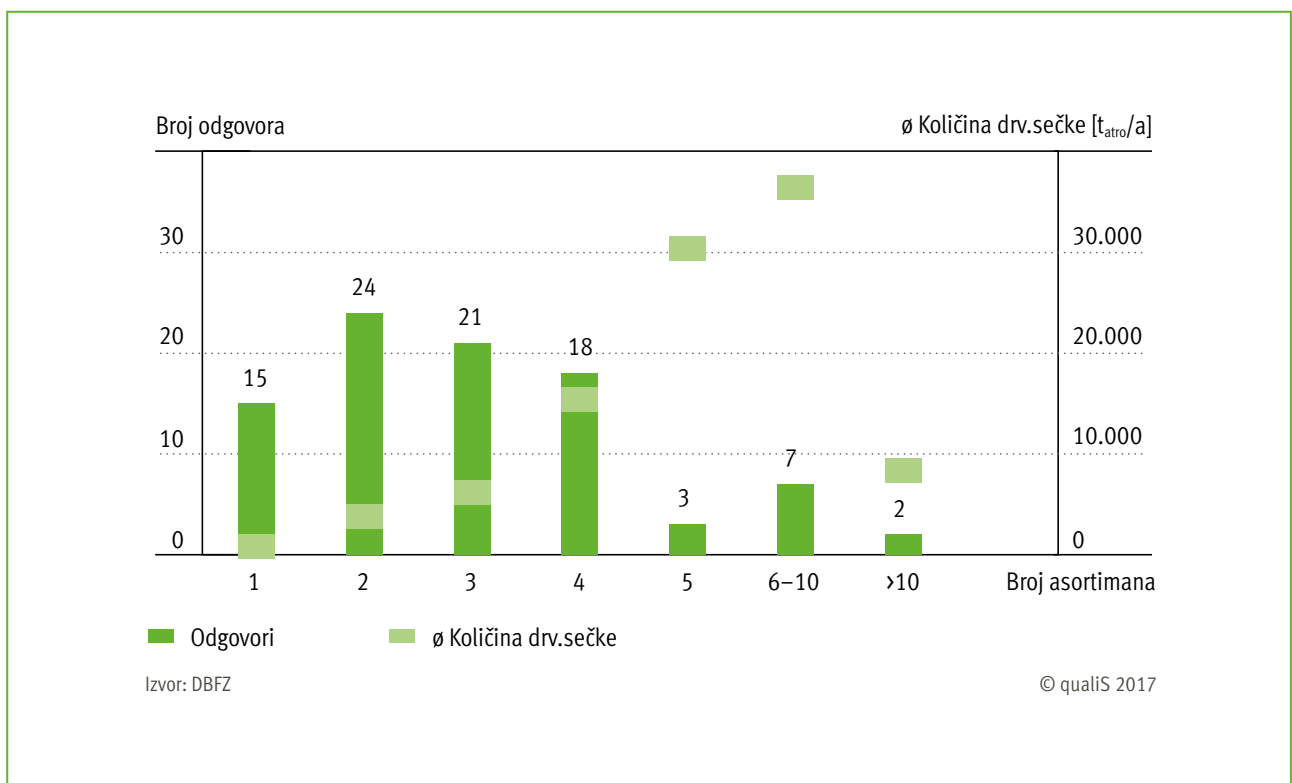
Drvena sečka se kod većine ispitanika sastoji od različitih ulaznih sirovina. Ovde pre svega treba navesti asortiman od šumskih ostataka, ogrevnog/celuloznog drveta za energetske svrhe, drvnog materijala od održavanja zelenih površina i ostataka iz pilane.

Na slici 4.6 prikazan je region u kome proizvođači drvene sečke nabavljaju sirovinu.

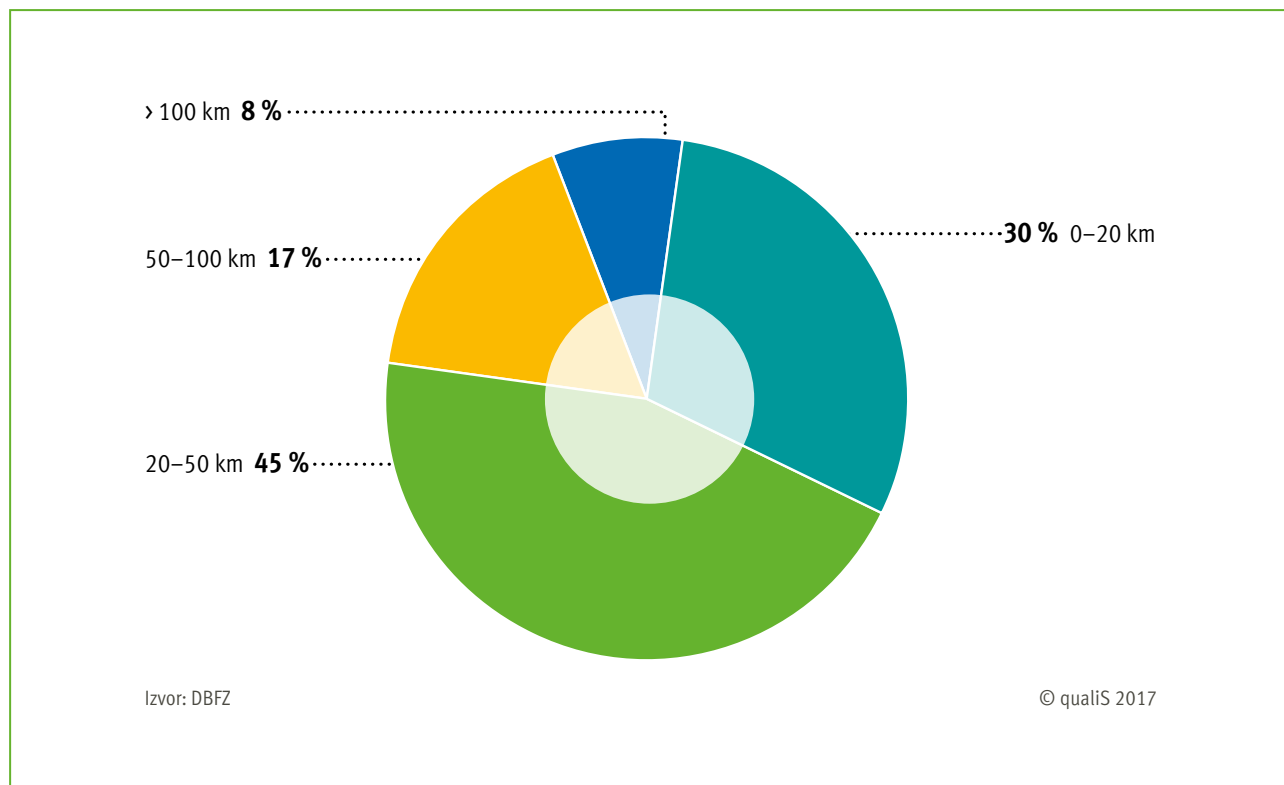
Na osnovu upotrebljivih odgovora iz ankete, tri četvrtine proizvođača drvene sečke svoju sirovinu nabavlja u direktnom okruženju, udaljenosti do 50 km. To govori u prilog regionalnoj raspoloživosti drvene sečke kao goriva, što sa sobom, pored ekoloških, nosi i ekonomske prednosti.



Slika 4.4: Kupci drvne sečke prema strukturi preduzeća u odnosu na količinu drvne sečke kupljenu u 2014, n = 73



Slika 4.5: Broj plasiranih asortimana drvne sečke, n = 90



Slika 4.6: Transportna udaljenost ulazne sirovine za proizvodnju sečke, n = 86

4.2 Potražnja i potreba za drvnom sečkom visokog kvaliteta

Drvna sečka visokog kvaliteta na jednoj strani ima veću energetsku gustinu i bolju provodljivost u odnosu na asortiman manjeg kvaliteta. Na drugoj strani, upotreba drvne sečke iz višeg segmenta kvaliteta može da ima pozitivan uticaj i na ponašanje pri emisiji i načinu funkcionisanja postrojenja sa ložištem. Ovo drugo se obezbeđuje pre svega ravnomernim kvalitetom i odražava se na efikasno i čisto sagorevanje uz malo utroška na održavanje i čišćenje.

Imajući u vidu pozitivne efekte drvne sečke višeg kvaliteta na ponašanje pri emisiji, proizvođačima drvne sečke 2015. godine (eksplicitno je naveden datum stupanja na snagu 2. nivoa 1. BImSchV) postavljeno je pitanje da li imaju nove klijente koji postavljaju više zahteve za kvalitet drvne sečke.

Na sledećoj slici 4.7 se vidi da je 21 učesnik ankete na ovo pitanje odgovorio potvrdno. Shodno tome, kod oko trećine proizvođača drvne sečke postojala je veća potražnja za gorivom u višem segmentu kvaliteta. Istovremeno su oni ocenili i buduće interesovanje za proizvodnju drvne sečke visokog kvaliteta, kao i veću spremnost klijenata da plate ovaj kvalitet. U okviru druge ankete, pored ovoga, 28 proizvođača kotlova iz Nemačke i Austrije postavljeno je pitanje da li je stupanje na snagu 2. nivoa 1. BImSchV dovelo do većeg interesovanja za drvnu sečku visokog kvaliteta. S tim u vezi, u obzir je moglo da bude uzeto osam odgovora, od kojih je samo jedan proizvođač potvrdio porast interesovanja. Ovih osam proizvođača je slično ocenilo i buduće interesovanje, gde ukupno samo dva proizvođača kotlova pretpostavlja da će interesovanje biti veće.

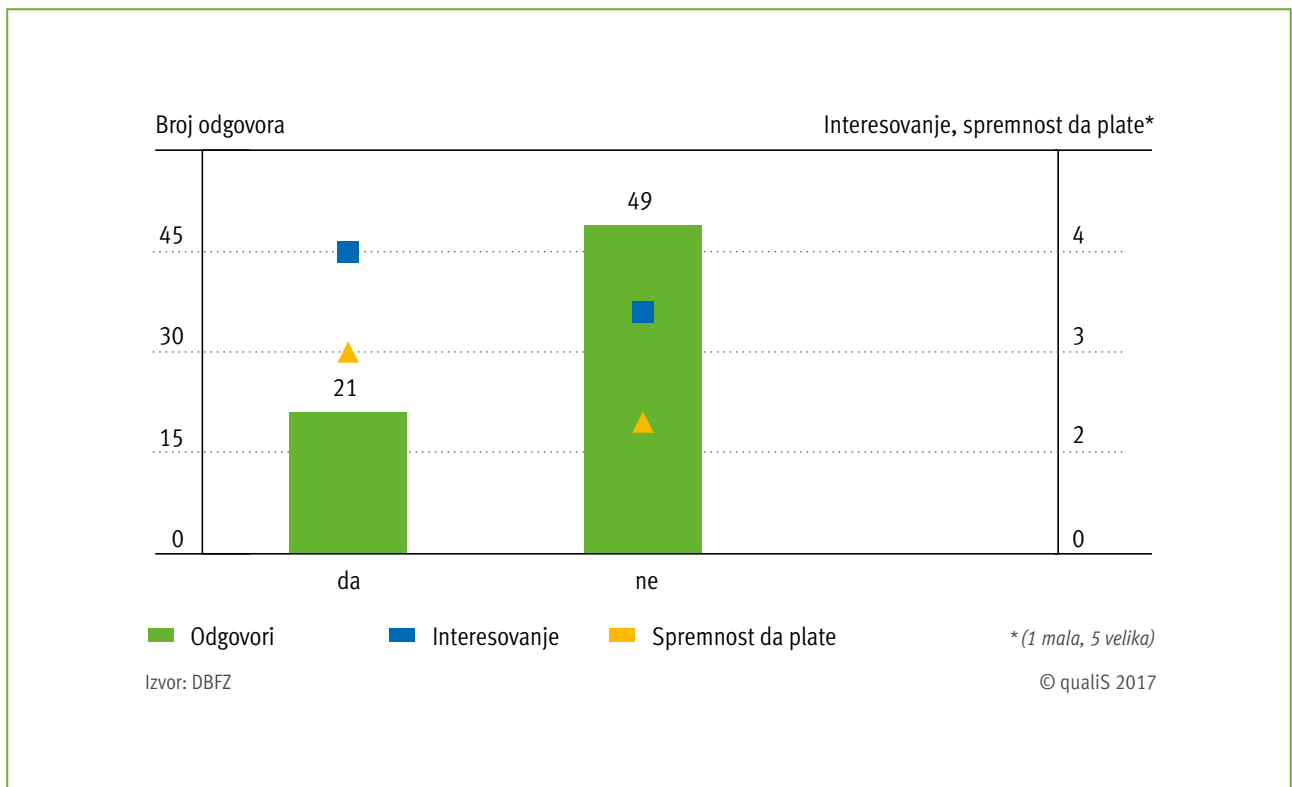
Dalje, proizvođači kotlova su zamoljeni da procene buduću potražnju za drvnom sečkom višeg kvaliteta.

Slika 4.8 dokazuje, da proizvođači očekuju određen porast potražnje u svim klasama snage, pri čemu se tržišni potencijal drvne sečke visokog kvaliteta čini najvećim u sektoru malih postrojenja – sa nominalnom toplotnom snagom do 300 kW.

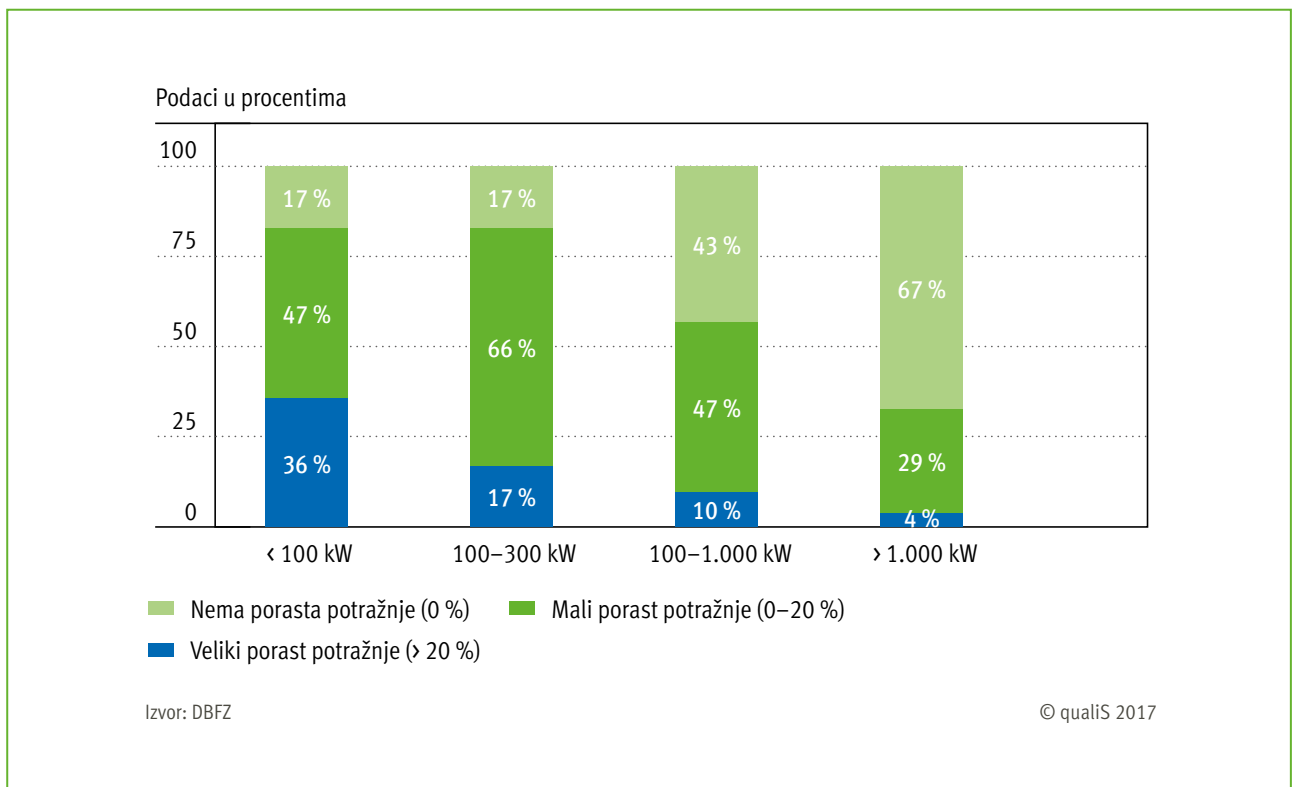
4.3 Rezime o grupama korisnika drvne sečke visokog kvaliteta

Na osnovu ankete o sekundarnoj preradi i sertifikaciji drvne sečke visokog kvaliteta predstavljene su i opšte strukture proizvođača drvne sečke, kao i karakteristike kupaca drvne sečke.

Došlo se i do konstatacija o potražnji za drvnom sečkom visokog kvaliteta. Tako je skoro trećina proizvođača drvne sečke u poslovnoj 2015. godini zabeležilo dolazak novih klijenata sa višim zahtevima za kvalitetom drvne sečke. Po proceni proizvođača drvne sečke koji su učestvovali u anketi, buduće tržište za drvnu sečku visokog kvaliteta biće po pravilu postrojenja do 300 kW nominalne toplotne snage.



Slika 4.7: Da li su se od 2015 (stupanje na snagu 2. nivoa, 1. BlmSchV) pojavili novi klijenti sa većim zahtevima za kvalitetom drvene sečke? n = 70



Slika 4.8: Kako procenjujete buduću potražnju za drvnom sečkom u višim segmentima kvaliteta u različitim ciljnim grupama? n = 59

The background of the entire page is a close-up, high-angle photograph of wood chips. The chips are light brown and tan in color, with some darker, charred pieces scattered throughout. They are piled together, creating a textured, organic surface. The lighting is even, highlighting the natural grain and irregular shapes of the wood fragments.

POGLAVLJA 5–7

Kvalitet drvne sečke kao goriva

Proizvodnja drvne sečke

Mehanička obrada drvne sečke
prosejavanjem i sušenjem

5 KVALITET DRVNE SEČKE KAO GORIVA

Malim i srednjim postrojenjima na drvenu sečku je za efikasno sagorevanje sa malo emisije potreban definisan i ravnomeran kvalitet goriva [5-1]. Optimalan pogon može da se obezbedi samo usklađenom interakcijom tehnike postrojenja, ponašanja potrošača i goriva. Upravo kod veoma heterogenih prirodnih proizvoda, kao što je drvena sečka, kvalitet goriva usled razlike u ulaznoj sirovini i procesnim fazama može značajno da varira [5-2]. U daljem tekstu u sažetoj formi će biti prikazani parametri kvaliteta goriva i specifikacije goriva od značaja za praksu.

5.1 Parametri kvaliteta i njihov uticaj na sagorevanje

Brojni parametri kvaliteta goriva utiču na sagorevanje uz malo emisije i malo smetnji (vidi tab. 5.1). Da bi se obezbedio optimalan rad postrojenja, drvena sečka trebalo bi da ima sadržaj vode i pepela koji odgovaraju ložištu, kao i adekvatnu veličinu čestica, npr. za neometan transport u pužnim prenosnicima.

Pri tome treba poštovati podatke proizvođača kotla. [5-1]. I emisija ugljen monoksida (CO) i prašine, kao i sumpor dioksida (SO₂) i azotnih oksida (NO_x), delom se objašnjava gorivom. Na primer, emisija prašine nastaje zbog goriva ako se u gorivu nalazi visok udeo takozvanih elemenata koji formiraju aerosoli [5-3]. Tu pre svega treba navesti kalijum (K), koji u slučaju goriva od drveta po pravilu u najvećem udelu formira aerosol. On spada u takozvane „kritične elemente sagorevanja“, pošto pored povećanog formiranja aerosola ima i druge negativne efekte, npr. može da dovede do formiranja šljake u prostoru gorionika i na dnu ložišta. Kritični elementi za sagorevanje se usled metabolizma često nalaze u zelenim delovima biljaka, kao npr. u iglicama i lišću, u tankim granama i u kori. Njihova koncentracija u drvenoj građi je u odnosu na ovo znatno manja.

Obeležje goriva visokog kvaliteta je homogenost. Moraju se izbegavati jake oscilacije, pre svega u sadržaju vode, veličini čestica i sadržaju pepela, da bi ložište na najbolji mogući način moglo da se prilagodi ravnomernom kvalitetu.

Tabela 5.1: Parametri od značaja za kvalitet goriva od drvne sečke [5-1]

Parametri kvaliteta	Uticaj parametara kvaliteta
Sadržaj vode	grejna vrednost, mogućnost skladištenja, CO emisija, težina goriva, temperatura sagorevanja
Grejna vrednost	energetski sadržaj goriva
Sadržaj pepela	emisije čestica, formiranje i upotreba ostataka
Ponašanje pepela pri omekšavanju	formiranje i skladištenje šljake
Distribucija veličine čestica, prevelike dužine, udeo sitnih čestica	smetnje u transportnim elementima, sipkost, sklonost ka formiranju mostova, osobine provetravanja i sušenja, kretanje površine, opasnost od eksplozije
Azot	NO _x emisije
Sumpor	SO ₂ emisije, korozija pri visokoj temperaturi, emisije čestica
Hlor	emisije HCl i halogenorganskih jedinjenja (npr. pri formiranju PCDD/F), emisije čestica
Kalijum	ponašanje pepela pri omekšavanju, korozija na visokim temperaturama, emisije čestica
Natrijum	emisije čestica
Magnezijum & kalcijum	ponašanje pepela pri omekšavanju, vezivanje pepela za štetne materije, iskorištavanje pepela, emisije čestica
Silicijum	sadržaj pepela, ponašanje pepela pri omekšavanju
Teški metali	iskorištavanje pepela, emisije teških metala, npr. katalitički efekat (npr. pri formiranju PCDD/F), emisije čestica



Sečka visokog kvaliteta

Tab. 5.2: Specifikacije drvne sečke u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 (izvod) [5-4]

Klasa kvaliteta	Jedinica	A1	A2	B1	B2
Poreklo u skladu DIN EN ISO 17225-1		1.1.1 Celo drveće ^a 1.1.3 Debla 1.1.4 Šumski ostaci 1.2.1 Hemijski netretirani ostaci drveta	1.1.1 Celo drveće ^a 1.1.3 Debla 1.1.4 Šumski ostaci 1.2.1 Hemijski netretirani ostaci drveta	1.1 Drvo iz šuma i sa plantaža i drugo neobrađeno drvo ^b 1.2.1 Hemijski netretirani ostaci drveta	1.1 Drvo iz šuma i sa plantaža i drugo neobrađeno drvo ^b 1.2 Ostaci drveta iz industrije 1.3 Recikirano drvo, chem. netretirano
Sadržaj vode	m-%	≤ 10 ili ≤ 25	≤ 35	Navesti maksimalnu vrednost	
Sadržaj pepela	m-%, wf	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3,0	
Toplotna vrednost	MJ/kg	Navesti minimalnu vrednost			

^a bez klase 1.1.1.3 (drvo sa brzorastućih plantaža), ako gorivo potiče sa površina sa zagađenjima

^b bez klase 1.1.5 (panjevi/korenje) i 1.1.6 (kora)

Tab. 5.3: Klase veličina za drvenu sečku u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 [5-4]

Klasa veličine	Glavna frakcija	Udeo sitnih čestica	Udeo krupnih čestica	Maksimalna dužina	Maksimalna poprečna površina
	≥ 60 %, mm	% ≤ 3,15 mm	%	mm	cm ²
P16S	3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	≤ 15 %	≤ 6 % > 31,5 mm	≤ 45 mm	≤ 2 cm ²
P31S	3,15 mm ≤ P ≤ 31,5 mm	≤ 10 %	≤ 6 % > 45 mm	≤ 150 mm	≤ 4 cm ²
P45S	3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm	≤ 10 %	≤ 10 % > 63 mm	≤ 200 mm	≤ 6 cm ²

5.2 Standardizacija i sertifikacija

Kvalitet čvrstih biogoriva može da se opiše pomoću međunarodnih standarda. Drvna sečka za upotrebu u malim i srednjim postrojenjima može da se klasifikuje pomoću DIN EN ISO 17225-4 koji je na snazi od 2014. godine. [5-4]. Ona zamenjuje prethodne standarde poput npr. E-norme M7133 ili DIN EN 14961-4. U DIN EN ISO 17225-4 definišu se četiri specifikacije proizvoda visokog kvaliteta (klase A1 do B2), precizni zahtevi u pogledu sadržaja vode, distribucije veličine čestica, sadržaja pepela ili hemijskog sastava (v. tab. 5.2 i 5.3). Pored toga, definiše se i adekvatna ulazna sirovina. Tu se radi prvenstveno o prirodnom, hemijski netretiranom drvetu. Tako je npr. upotreba šumskih ostataka i drveta od tankih debala dozvoljena za drvnu sečku visokog kvaliteta od klase A1, dok je drvo sa brzorastućih plantaža sa možda zagađenih površina dozvoljeno tek od klase B1.

Proizvođači kotlova, proizvođači drvene sečke i kupci goriva mogu da se orijentišu prema odredbama DIN EN ISO 17225-4 da bi definisali, proizveli ili kupili najpodesnije gorivo za odgovarajuće ložište. U daljim kontrolnim standardima opisane su neophodne metode merenja, pomoću kojih na jedinstven način mogu da se odrede definisani parametri kvaliteta. Primena DIN EN ISO 17225-4 je na dobrovoljnoj osnovi, ne postoji zakonska obaveza.

Da bi se rešila kompleksnost uobičajenih normi proizvoda za čvrsta biogoriva i za nabavku drvene sečke visokog kvaliteta za privatne i komunalne klijente koji nisu iz struke, za trgovinu su izrađene razumljive potvrde (sertifikati, obeležja kvaliteta) (v. tab. 5.4).

Tab. 5.4: Sertifikati i oznake kvaliteta za drvnu sečku visokog kvaliteta (primeri)

Sertifikat/obeležje kvaliteta	Institut
ENplus drvna sečka	Deutsches Pellet Institut GmbH
RAL-GZ 451/2 drvna sečka	RAL-Gütegemeinschaft Wald- und Landschaftspflege e. V.

Cilj sertifikata ili obeležja kvaliteta za drvnu sečku je da se objedine zahtevi za proizvod iz standarda pod jednom etiketom, te da se tako krajnji kupac poštedi upoznavanja sa opširnim propisima. U dogovoru sa praksom (proizvođači kotla, proizvođači goriva), zahtevi delimično prevazilaze specifikaciju DIN EN ISO 17225-4 tako što se npr. udeo sitnih čestica ili maksimalna dužina čestica dalje smanjuju. Pre svega za sadržaj vode postavljaju se zahtevi za uzak raspon vrednosti. Pored specifikacije proizvoda, preduslov za sertifikacione sisteme je upravljanje kvalitetom na nivou preduzeća, čime treba da se obezbedi dugoročno poštovanje ravnomernog kvaliteta proizvoda.

6 PROIZVODNJA DRVNE SEČKE

Za proizvodnju drvne sečke u praksi postoji mnoštvo različitih postupaka [6-1], [6-2]. Ova goriva se proizvode od različitih ulaznih sirovina sa različitim koracima u preradi. Shodno tome, raspon kvaliteta goriva je veoma širok. Pre svega, privatni operateri postrojenja na drvenu sečku, npr. iz poljoprivrede, često imaju sopstvenu šumu i sami proizvode svoje gorivo [6-2]. U daljem tekstu ćemo se stoga osvrnuti na proizvodnju goriva u šumi i odgovarajuće mere optimizacije u vezi kvaliteta goriva. Nakon toga sledi procena drugih izvora goriva.

6.1 Kvalitet goriva kod proizvodnje drvne sečke u šumi

Drvena sečka se uglavnom javlja kao sporedan proizvod prilikom seče drva [6-2]. Drvena sečka nastaje i prilikom mera održavanja šume, npr. proređivanja mlade šume ili sanacijom šuma oštećenih vremenskim nepogodama, kalamitetima insekata ili biljnim bolestima. Procesni korak „iveranje“ je pritom po pravilu vremenski nepovezan sa samom sečom. Uglavnom se primenjuju mobilni bubanjski iverači visokog kapaciteta, ponekad točak i puž iverači. Usitnjavanje se često vrši na šumskom putu, na mestu gde je sečka prethodno naslagana.

Već u procesnom lancu u šumi može da se utiče značajno pozitivno ili negativno na kvalitet goriva [6-2], [6-3]. Pritom treba navesti sledeće stavke od značaja:

- izbor ulazne sirovine,
- izbor postupaka seče i skladištenja,
- iverač i podešavanja mašine,
- ispravno postupanje u celom procesnom lancu,
- iskustvo operatera/operaterke mašine.

Kvalitet goriva u velikoj meri zavisi od ulazne sirovine. Sveža drvena sečka često ima sadržaj vode od oko 50 m-%, zbog čega za upotrebu u malim postrojenjima i postrojenjima srednje veličine po pravilu mora da se suši (v. poglavlja 6.2 i 7).

Pored toga, parametri kvaliteta goriva zavise od ulazne sirovine. Pre svega, na asortiman veliki uticaj ima sadržaj pepela, udeo sitnih čestica i udeo prevelikih dužina (v. tab. 6.1). Pri tome, drvena sečka od šumskih ostataka (npr. materijal iz krošnji, granje) zbog većeg udela iglica i kore često ima veći udeo sitnih čestica nego drvena sečka iz takozvanog „ogrevnog/celuloznog drveta“ (tanke,



Proizvodnja drvne sečke od šumskih ostataka: prethodno naslagana drvena građa (gore) i iveranje na šumskom putu (dole)

ali i krupnije sekcije stabala skinute sa granja manjeg kvaliteta) [6-2]. Drvena sečka od šumskih ostataka usled velikog udela sitnih čestica i prekomernih dužina znatno ređe može da se svrsta u klase veličine čestica P16S, P31S i P45S u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 nego drvena sečka od ogrevnog/celuloznog drveta (v. poglavlje 5).

Pored asortimana (šumski ostaci, ogrevno i celulozno drvo) i vrsta drveta ima uticaj na kvalitet goriva. Tvrdi lišćari (npr. bukva, hrast) imaju veću nasipnu gustinu od četinarara. Nasuprot tome, četinari imaju neznatno veću toplotnu vrednost po masi usled većeg udela smole ili lignina. Izbor odgovarajućeg iverača i ispravnog podešavanja mašine jednako su važni za visok kvali-

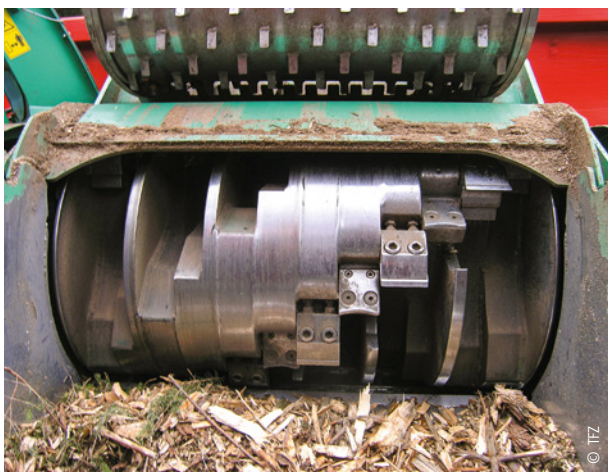
Tab. 6.1: Tipične vrednosti za šumsku drvnu sečku

	Šumski ostaci i celo drvo sa iglicama, lišćem i korom	Ogrevno/celulozno drvo
Sadržaj vode (m-%)	ca. 45–55	
Sadržaj pepela (m-%, wf)	ca. 1,5–3,5	ca. 0,5–1,5
Toplotna vrednost (MJ/kg, wf)	ca. 18,5–19,5	ca. 18,5–19,0
Udeo sitnih čestica (m-%)	ca. 10–25	ca. 5–15

Izvor: TFZ-Bericht 40

tet goriva [6-2]. Pritom mašina utiče pre svega na granulaciju, tj. veličinu i oblik čestica, udeo sitnih čestica i čestica prekomerne dužine. Usled različitih sistema iveranja i delom podesivih širina iveranja i noževa iverača, ali i zbog varijacije broja obrtaja agregata za iveranje i uvlačenje drva za iveranje, menja se i veličina čestica. Udarne sile sa malim okicama iza bubnja iverača kod dobošastog iverača minimizuju prekomerne dužine, ali na drugoj strani mogu povećati udeo sitnih čestica. Pažnju treba obratiti pre svega na oštrinu noža da bi se obezbedio mali udeo sitnih čestica, kao i oblik čestica sa glatkim ivicama. Transportne trake za pražnjenje mogu da imaju prednost u odnosu na pražnjenje pomoću ventilatora zato što usled blažeg pražnjenja ne dolazi do dodatnog naknadnog usitnjavanja čestica. Raspored noževa na dobošu iverača ili način izrade i dimenzije samog doboša mogu da optimizuju veličinu i oblik čestica, ali i potrošnju goriva pri iveranju.

Unošenje stranog materijala u gorivo, pre svega usled mineralnog tla, dovodi do značajnog povećanja udela pepela i smanjuje udeo gorivog materijala [6-3]. Sa tim povezani visoki udeli silicijuma i drugih elemenata (npr. teški metali) mogu da dovedu do promenjenog ponašanja pri topljenju pepela ili da otežaju uklanjanje pepela. Dalje povećani udeo zemljišta u gorivu dovodi do većeg habanja noževa za iveranje. Unos mineralnog tla u svim sekcijama procesnog lanca uključujući i seču i vlaknu mora da se izbegne u svakom slučaju.



Primer agregata iverača: polupropustan doboš sečke sa pomerenim noževima

Na poboljšanje kvaliteta mogu da utiču i inovacije u prethodnom delu procesnog lanca. Ispituju se novi postupci pripreme, poput separacije ogrevnog/celuloznog drveta sa grubo skinutim granama iz krošnji četinarara ili upotreba novih tipova harvestera koji omogućavaju skidanje kore drveta i već su predstavljeni na aktuelnim konferencijama i sajmovima, kao npr. na KWF-ovoj konferenciji 2016.



Primer ekstremnog formiranja šljake kod neadekvatnog kvaliteta goriva, sadržaj posude za pepeo u ložištu od 1,3 MW

Na kraju treba navesti i nivo iskustva operatera mašine. Neadekvatno upravljanje kranom može dovesti do većeg unosa zemlje, peska ili kamenja. Neophodno je i ravnomerno punjenje iverača, pri čemu se npr. doboš iverača ne prazni. U slučaju redovnog praznog hoda doboša, dugačke čestice mogu da se postave vertikalno u odnosu na udarno sito i da prođu kroz njega. Na ovaj način povećava se udeo prekomernih dužina, pa upotreba goriva u ložištima sa transportnim puž-trakama malog preseka postaje kritična. Za razliku od toga, preopterećivanje mašine usled prejakog punjenja često dovodi do automatski usmeravanih prekida uvlačenja, usled čega, između ostalog, može da se poveća udeo sitnih čestica.

Ukratko, već i pre procesnog koraka «iveranje» (uključujući i njega) postoji mnoštvo mogućnosti da se kvalitet goriva drvne sečke promeni u pozitivnom i u negativnom smislu. Pre svega, operateri privatnih postrojenja na drvnu sečku koji sami proizvode svoje gorivo, moraju da sprovedu čitav niz mera optimizacije da bi obezbedili visok kvalitet goriva i bez daljih koraka u obradi.

6.2 Skladištenje putem prirodnog sušenja drvene sečke i usitnjenog drveta

Sveža šumska sečka često ima prevelik sadržaj vode i mora da se osuši (vidi poglavlje 6.1). Pored tehničkih postupaka sušenja, npr. korišćenja povoljne otpadne toplote od postrojenja na biogas (vidi poglavlje 7), postoji mogućnost, da se gorivo pri skladištenju u seckanom ili neseckanom stanju suši prirodnim procesima [6-1]. Između nastanka goriva i potrošnje, skladištenje je redovan i važan sastavni deo u lancu snabdevanja. Koristi se i za sušenje.

Skladištenje drvene sečke se odvija kako na otvorenom, tako i u zatvorenom prostoru, tj. u skladišnim halama. Mestimično se kao pokrivači koriste netkani materijali koji propuštaju vazduh, da bi se izbeglo ponovo vlaženje drvene sečke zbog padavina. Skladišti se kako na betoniranoj, tako i na nebetoniranoj podlozi. U praksi se pritom primećuje mnoštvo različitih varijanti skladištenja (npr. veličina gomile, forma, itd.).



Skladišne gomile sečke sa prekrivkom od netkane tkanine i bez nje

Prilikom skladištenja sveže drvene sečke dolazi do snažnog zagrevanja nasipa. Ovo zagrevanje je uslovljeno biološkim procesima razgradnje postojećih mikroorganizama, npr. usled bakterija i gljivica. Na ovaj način se gubi suva masa, tj. gorivo. Ti gubici suve mase mogu biti od 0,4 do u ekstremnom slučaju 4,5 m-% mesečno [6-1]. Stepem razgradnje se pospešuje, između ostalog, i usled visokog udela sitnih čestica i zelene biomase, zbog visokog udela sadržaja vode pri skladištenju, kao i zbog visine gomile. Međutim, tek zagrevanje uslovljeno razgradnjom omogućuje sušenje goriva. Količina energije koja se na kraju dobije pritom ne zavisi samo od gubitaka, već i od sadržaja vode prilikom vađenja iz skladišta, pošto već odstranjena voda prilikom sagorevanja više ne mora da isparava. Aktuelna iskustva pokazuju da se dobro sušenje odvija pre svega u letnjim mesecima kad ima malo padavina. Skladištenje sa ciljem da se smanji sadržaj vode u gorivu, trebalo bi stoga da se odvija pre svega u ovo vreme.

Upotreba pokrivača od netkanog materijala može da poboljša efekat sušenja prilikom skladištenja na otvorenom leti, ali

znači da u odnosu na skladištenje u hali podrazumeva veći utrošak u smislu troškova i rada. Treba paziti pre svega kod smanjenja uskladištene gomile kod nebetoniranih mesta za skladištenje da u gorivo ne dospe mineralno tlo, te da stoga dođe do pogoršanja njegovog kvaliteta. Drvna sečka bi trebalo, ako je to moguće, da se homogenizuje posle skladištenja, pošto mogu da se formiraju slojevi sa različitim sadržajima vode. Mešanje može da se vrši utovarivačem.



Primer formiranja slojeva u skladišnoj gomili

Treba izbegavati visoke nasipe veće od 4 m ili zgušnjavanje gomile usled prelaženja utovarivačem, pošto u suprotnom postoji rizik samozapaljenja (preveliko sopstveno zagrevanje, nema odvođenja toplote) [6-1]. Zbog gljivičnih staništa u sečki za skladištenje treba birati lokacije koje se direktno ne graniče sa stambenim zgradama. Alternativu za skladištenje i sušenje gomile predstavlja skladištenje u složenim neisečenim deblima. I na ovaj način dolazi do prirodnog sušenja goriva, ali manje usled samozagrevanja, već više usled prirodnog protoka vazduha i sunčevog sjaja. Za mesto za skladištenje treba izabrati, kao i kod sušenja cepanica, prozračno, sunčano mesto, npr. na obodu polja. Prednost kod sušenja u vidu naslaganih debla je što je gubitak mase manji, odnosno treba da bude sličan gubicima u gomili, pri čemu se ovaj gubitak kod skladištenja neseckanih šumskih ostataka objašnjava delom osipanjem iglica, lišća i kore, a ne razgradnjom. Na ovaj način često se smanjuje udeo pepela i sitnih čestica. Mineralno tlo koje se spaja sa gorivom može da se ispere pomoću padavina. Ovde je, međutim, preduslov da se posle sušenja obrati pažnja na ispravno postupanje. Aktuelni eksperimenti pokazuju da se uprkos različitim prirodnim procesima kod sušenja u celim deblima leti mogu ostvariti slični stepeni sušenja kao i kod sušenja u gomilama. Zimi pak samo kod pokrivenih gomila šumskih ostataka usled velikog nivoa samozagrevanja mogu da se ostvare pomena vredni efekti sušenja. Sušenje neseckanog drveta se osim toga generalno ne preporučuje, pošto se s tim u vezi u obzir mora uzeti i funkcija zaštite šuma, npr. formiranje mogućih žarišta legla za potkornjake.



Prethodno isušena gomila debla i šumskih ostataka pored polja

Treba imati na umu da obe varijante, sušenje celih debla/šumskih ostataka i sušenje na gomili, ne mogu da garantuju apsolutni uspeh u sušenju. On uvek zavisi i od datih uslova skladištenja, npr. od temperature i padavina. Veoma nizak sadržaj vode manji od 20 m-%, kako se preporučuje za neke kotlove, osim toga teško može da se ostvari samo pomoću prirodnih procesa sušenja. Ovdje bi prednost trebalo dati tehničkim postupcima sušenja. Ipak, prirodno sušenje upravo za privatne korisnike predstavlja u pogledu troškova najpovoljniju alternativu.

6.3 Ostali izvori drvine sečke

Šumska sečka predstavlja samo jednu od brojnih mogućnosti za proizvodnju drvine sečke [6-2]. Sečka se često javlja kao nusproizvod u pilanama. Ta drvna sečka po pravilu nema u sebi iglica i granja i često ima veoma mali procenat kore. Sadržaj pepela i sadržaj sastojaka kritičnih za sagorevanje zato je veoma mali. Prirodna sečka od ostataka iz pilane se posle sušenja do željenog sadržaja vode i opciono posle prosejavanja sitnih drvenih čestica, ocenjuje kao izuzetno podesno gorivo za postrojenja sa malim ložištima. Sa ovim gorivima bi naročito trebalo da bude moguće i poštovanje striktnih graničnih vrednosti emisije za CO i prašinu bez tehničkih mera smanjenja (npr. separator za prašinu). Za razliku od šumske drvine sečke, privatni korisnik gotovo i da nema mogućnost da sam proizvodi ova goriva. Stoga oni moraju dodatno da ih kupuju. Ostali izvori goriva su npr. zasađeni sa brzorastućih plantaža koji se sade ciljano za proizvodnju goriva, kao i drveni ostaci iz održavanja zelenih površina, ostaci iz održavanja saobraćajnica i dalekovoda struje ili iz urbanih predela (takozvano drvo iz naselja). Ta goriva su usled velikog udela kore i zelenila uglavnom manje podesna za mala postrojenja [6-3]. Kod nekih šarži je moguće i zagađenje, npr. usled posipanja soli tokom zime (povećanje opasnosti od korozije). Primena ovakvog goriva bez sekundarnih mera za smanjenje prašine je problematična.

Poseban slučaj predstavlja reciklirano drvo koje na kraju svog životnog veka treba da se termički iskoristi. To drvo je često hemijski tretirano i stoga ne sme da se sagoreva u malim postrojenjima, već samo u postrojenjima za staro drvo, i to sa posebnom dozvolom. Hemijski netretirano reciklirano drvo bi načelno bilo dozvoljeno, ali ono često vizuelno ne može jasno da se proceni pošto mnoga sredstva za zaštitu drveta ne mogu da se vide golim okom. Ona pak mogu sadržavati supstance koje pospešuju koroziju i teške metale, te dovesti do izuzetno štetnih emisija npr. PCB (polihlorirani bifenili). Shodno tome, u malim postrojenjima treba izbegavati i upotrebu recikliranog drveta koje vizuelno deluje kao da nije tretirano.

6.4 Preporuka za sopstvenu potrošnju

Ukratko, može se dati niz preporuka za one koji imaju privatno grejanje na drvnu sečku:

- Selekcija ulazne sirovine visokog kvaliteta za proizvodnju goriva npr. ogrevnog/celuloznog drveta (kome je grubo skinuto granje) ili ostaci iz pilane;
- Izabrati odgovarajući iverač, voditi računa o podešavanju mašine za ispravnu veličinu čestica i za niži udeo sitnog materijala i prekomernih dužina;
- Ispravan način rada u celom procesnom lancu, uključujući seču drveta, vlagu i transport;
- Sveža sečka mora da se suši za mala postrojenja. Može se birati između sušenja na gomilama i sušenja neiseckanog drveta, ali i tehničkih postupaka sušenja pomoću otpadne toplote, npr. od postrojenja na biogas u preduzeću koje uslužno vrši sušenje;
- Pri proizvodnji treba vršiti redovnu sopstvenu kontrolu kvaliteta goriva (v. poglavlje 9 i 10).

Ako ne može da se ostvari željeni kvalitet goriva, on se dalje može poboljšavati merama sekundarne prerade, npr. pomoću tehničkog sušenja i prosejavanja u postrojenjima koja nude ovakve usluge (v. poglavlje 7).

- www.tfz.bayern.de
- www.lwf.bayern.de

7 MEHANIČKI TRETMAN SEČKE PROSEJAVANJEM I SUŠENJEM

Potražnja za visokim kvalitetom drvene sečke i usled toga neophodnim upravljanjem kvalitetom na nivou preduzeća prilikom proizvodnje i isporuke čvrstih bio goriva, sve je više u primeni. Sekundarni koraci tretmana goriva, npr. mehaničko prosejavanje ili tehničko sušenje, predstavljaju mogućnosti sa puno perspektive, da bi se na pouzdan način npr. smanjili sadržaj vode i pepela, ili da bi se ostvarila odgovarajuća raspodela veličina čestica [7-1]. Mehaničko prosejavanje, osim toga, smanjuje udeo sastojaka kritičnih za sagorevanje, pošto se mnogi od njih zadržavaju u zelenoj biomasi (iglice, lišće) i u kori, ili mogu da budu uneti prilikom zaprljanja goriva mineralnim tlom prilikom rezanja drveta, iveranja, transporta ili tretmana goriva u dvorištu biomase (v. poglavlje 6, [7-2]). Usled mnoštva metoda tretmana, za sada ima još uvek malo pouzdanih podataka u vezi stvarnog rasta kvaliteta goriva. Čak i u pogledu ponašanja pri emisiji, mehanički obrađena sečka je do sada retko bila predmet ispitivanja.

U poglavlju 7.1 će prvo biti opisane uobičajene tehnike prerade. Potom sledi prikaz šest studija slučajeva koje su praćene kod izabranih proizvođača drvene sečke (Poglavlje 7.2).

7.1 Tehnike prosejavanja i sušenja

U vezi analize tržišta za uobičajene tehnike prosejavanja i sušenja za tretman drvene sečke, u decembru 2015. godine sprovedena je onlajn anketa sa proizvođačima i trgovcima drvene sečke (v. poglavlje 4). Pritom su proizvođači između ostalog pitani koje tehnike primenjuju za tretman drvene sečke i kojim redosledom se odvijaju pojedinačni koraci u okviru procesa. Pritom je pravljena razlika između dva potencijalna asortimana za postrojenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV), pri čemu je asortiman 1 bio predviđen za primenu u postrojenjima snage manje 100 kW i postrojenjima 2 za ložišta od 100–1.000 kW.

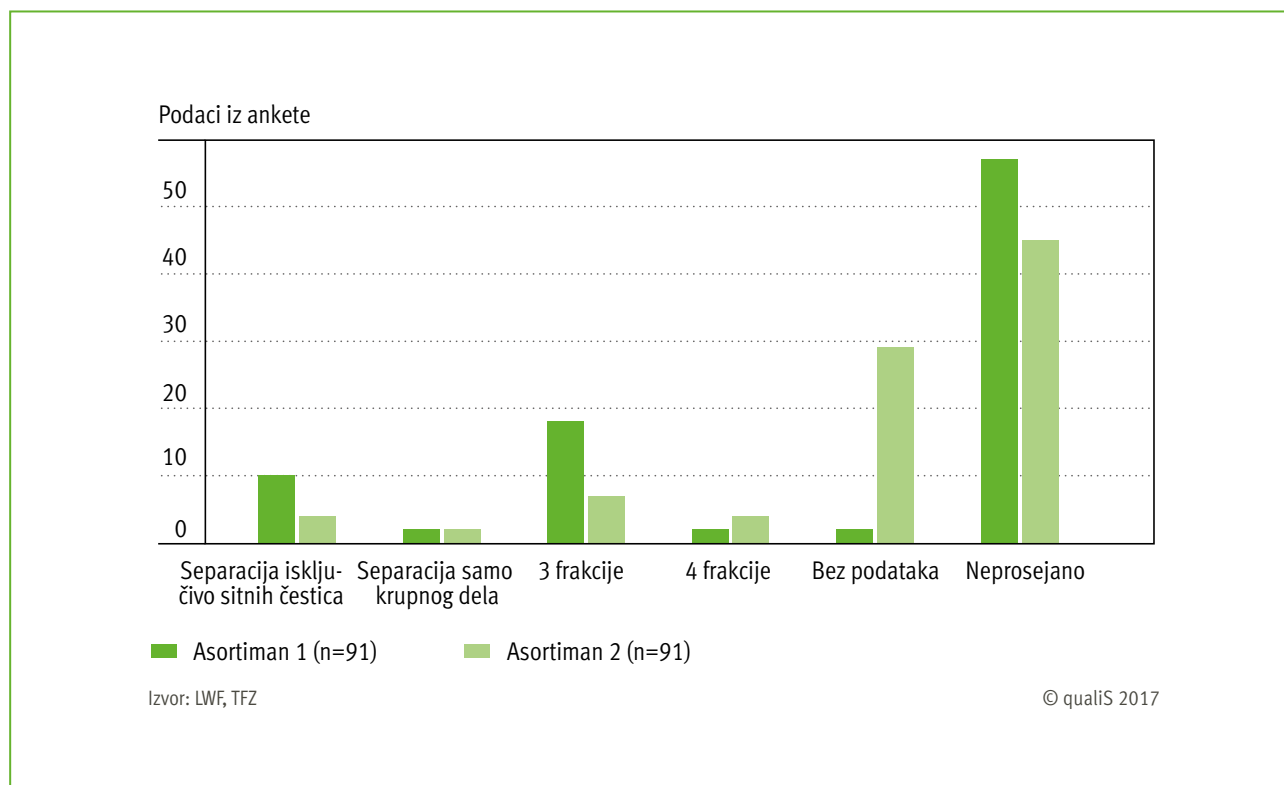
Iz ankete je dobijen 91 set podataka koji je mogao da se iskoristi. Podaci su upoređeni sa drugim raspoloživim izvorima informacija (npr. Onlajn pregledi tržišta Kuratorijuma za gazdovanje šumom i šumarske tehnike, reg. udr. v., KWF [7-3], [7-4]).

7.1.1 Tehnika prosejavanja

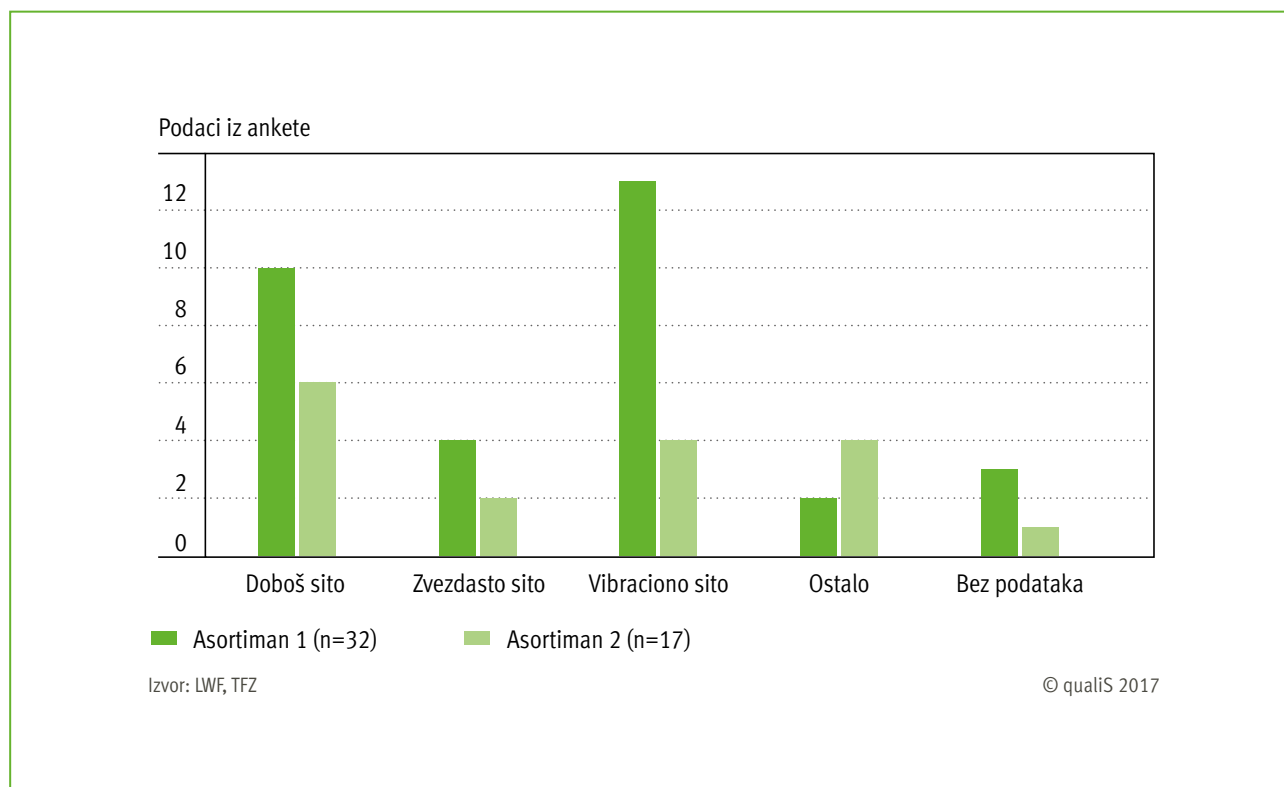
Tehnike prosejavanja koje se primenjuju za tretman drvene sečke imaju poreklo u sortiranju kamena, reciklaži, industriji stočne hrane i kompostiranju. U Nemačkoj se koriste postrojenja za prosejavanje koja nudi više nacionalnih i međunarodnih ponuđača. Još 2011. KWF je objavio pregled tržišta za relevantne mašine za prosejavanje koje mogu da se koriste za tretman drvene sečke. [7-3]. Naročito kod mobilnih postrojenja za prosejavanje od tada su se priključili drugi proizvođači i modeli. Razlika se pravi pre svega između stacionarnih i mobilnih postrojenja za prosejavanje. Mobilna postrojenja su pre svega doboš i zvezdasta sita. Stacionarna postrojenja za prosejavanje su ravna i vibraciona sita, ali primenjuju se i zvezdasta i doboš sita. Rezultati projektne analize tržišta pokazuju da prosejavanje kao korak u obradi u praksi ima samo nižerazrednu ulogu. Otprilike samo trećina ispitanika zaista i prosejava materijal (v. sliku 9.1). Pritom se pre svega koriste vibraciona sita. Pored toga, gorivo se prerađuje i pomoću doboš i zvezdastog sita (v. sliku 9.2).



Mobilno doboš sito u dvorištu biomase



Slika 7.1: Broj prosejanih frakcija prilikom tretmana drvene sečke za postrojenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV) (Asortiman 1 za ložišta < 100 kW, asortiman 2 za ložišta > 100–1.000 kW, rezultati ankete među proizvođačima u 2015)



Slika 7.2: Tehnike prosejavanja koje se primenjuju u praksi za tretman drvene sečke u postrojenjima u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV) (Asortiman 1 za ložišta < 100 kW, asortiman 2 za ložišta > 100–1.000 kW, rezultati ankete među proizvođačima u 2015)

Vibraciona sita: vibraciona sita se ne koriste samo za prosejavanje kamenja, već i u reciklaži, industriji stočne hrane i drvenoj industriji. Uglavnom su ova postrojenja kao sastavni deo ugrađena u lanac obrade. U vibracionim sitima može po pravilu da se integriše više elemenata prosejavanja, tako da se istovremeno proseje više frakcija. Kroz zamenu elemenata sita može da se bira ciljna veličina frakcija. Materijal se često transportnim postrojenjem doprema iz prethodnog skladišta i ravnomerno raspoređuje na najvišoj korpi sita. Kroz vibriranje elemenata sita, različite čestice, zavisno od veličine, propadaju kroz pojedinačne nivoe sita. Preko transportnih traka ove čestice se potom uklanjaju. [7-1].

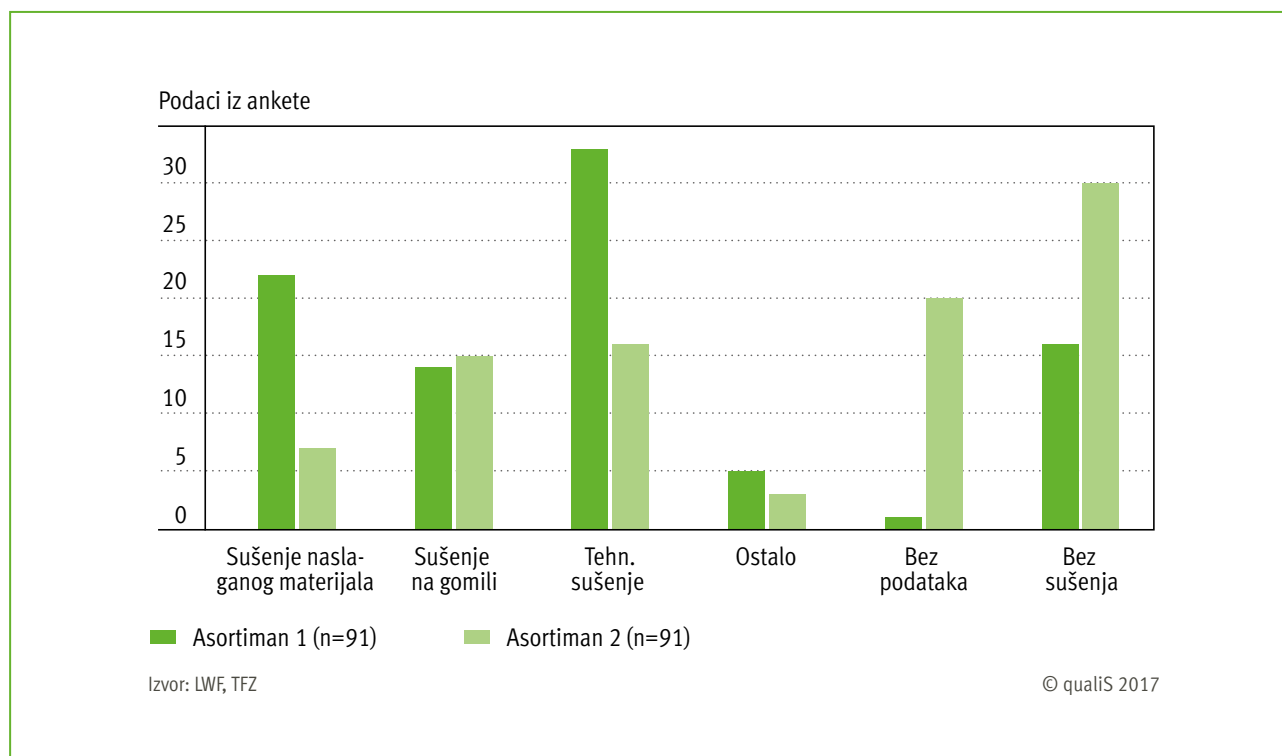
Doboš sita: doboš sita se primenjuju u mnogim oblastima. Ona se mogu primenjivati npr. za prosejavanje komposta i tla, ali i biomase i drvene sečke. Tržište nudi širok spektar različitih veličina i izrada (npr. sa više integrisanih doboša). Površina sita seže od 10 m² kod malih, mobilnih postrojenja, do preko 50 m² kod velikih, stacionarnih sita. Sita takođe uglavnom imaju skladište u koje se ubacuje materijal koji treba prosejati. On usled blagog naginjanja doboša ili pomoću integrisanog transportnog postrojenja (npr. puževi) klizi u pravcu kraja bubnja. Usled rotacije bubnja, zavisno od širine rupe, prosejavaju se različite frakcije i odvoze transportnim trakama. Brzina prosejavanja može da se reguliše na više nivoa. Da bi se dobile različite frakcije sita, kod nekih modela je neophodno da se zameni doboš. Sita bez većih komplikacija mogu da se zamene pomoću velikog utovarivača [7-1].

Zvezdasta sita: pomoću zvezdastih sita, osim građevinskog šuta, komposta i tla, mogu da se prosejavaju i biomasa i drvena sečka. Rasprostranjena su kako stacionarna tako i mobilna postrojenja. Materijal se puni ili u rezervoar mašina ili direktno na sito i pada na vodoravno poredana vratila, koja imaju zvezdaste ploče koje okretanjem rastresaju materijal. Prekomerne dužine ostaju na vratilima i pomeraju se u stranu, gde ispadaju iz jedinice sita. Ako treba da se proseje više frakcija, materijal propada između zvezda prvog nivoa na drugo zvezdasto sito. Tu opet sledeća po veličini frakcija opet propada. Drvena sečka se usled okretanja zvezda dalje transportuje i na kraju sita ispada iz mašine. Na mestu gde se frakcije prazne iz jedinice sita, postavlja se po pravilu transportna traka da bi se materijal direktno dalje transportovao [7-1].

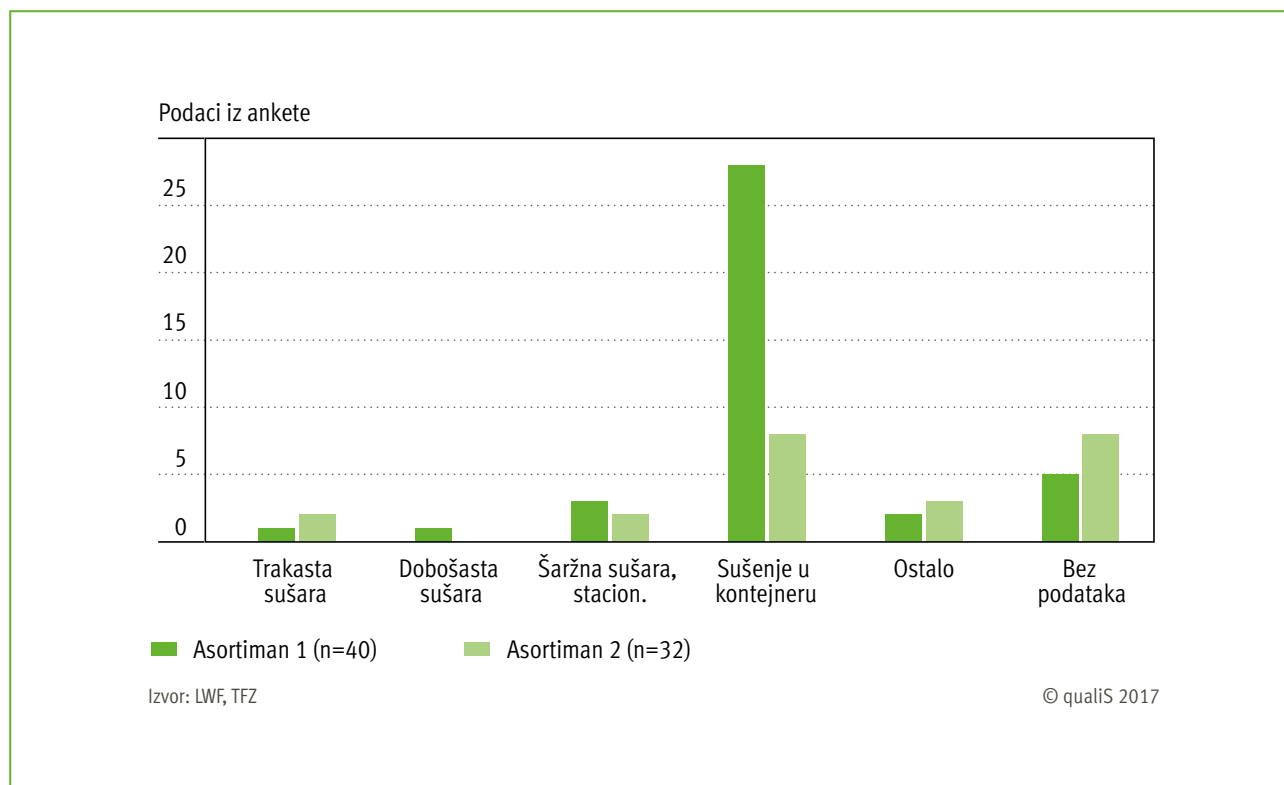
7.1.2 Tehnika sušenja

Pored tehnike prosejavanja, u okviru tržišne analize postavljena su i pitanja o tehnici sušenja. Pritom se pokazalo da i prirodno i tehničko sušenje imaju veliki značaj u tretmanu drvene sečke (v. sliku 7.3). Postupanje prilikom prirodnog sušenja već je objašnjeno u poglavlju 6.2. Analogno sa tehnikom prosejavanja, KWF je 2013. godine objavio onlajn pregled tržišta za sušare, posebno za sušenje drvene sečke [7-4].

Kod tehničkog sušenja u praksi važnu ulogu ima pre svega sušenje setova u mobilnim kontejnerima (v. sliku 7.4). Pored toga, primenjuju se između ostalog i trajne trakaste, dobošaste i sušare sa valjkastim ležištem, kao i stacionarne šaržne sušare. Nezavisno od vrste sušenja, tehničko sušenje drvene sečke često se vrši uz dovođenje toplog, suvog vazduha (npr. otpadne toplote iz postrojenja na biogas).



Slika 7.3: Često primenjivane tehnike sušenja za tretman drvene sečke za postrojenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BImSchV) (Asortiman 1 za ložišta < 100 kW, asortiman 2 za ložišta > 100–1.000 kW, rezultati ankete među proizvođačima u 2015)



Slika 7.4: Često primenjivani tehnički postupci sušenja u tretmanu drvene sečke za postrojenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV) (Asortiman 1 za ložišta < 100 kW, asortiman 2 za ložišta > 100–1.000 kW, rezultati ankete među proizvođačima u 2015)

Najvažnije tehnike se razlikuju po kontinuiranim postupcima, koji suše materiju u kretanju ili u „Batch“- postupcima u kojima se proverava materija koja stoji.

Šaržna sušara: u praksi je šaržna sušara široko rasprostranjena. U njima materija koja se suši miruje, uglavnom se suši odozdo, a u pojedinačnim slučajevima i sa strane pomoću toplog vazduha. Kod mnogih postrojenja materija koja se suši nalazi se u specijalnim posudama, npr. prilagođenim transportnim kontejnerima. U njih je nekoliko centimetara iznad tla ugrađen rupičasti lim, na kome se nalazi drvena sečka. Preko priključaka u zadnjem zidu kontejnera oni su povezani sa toplotnim izvorom. Pritom se može raditi o posebno proizvedenoj toploti ili otpadnoj toploti, npr. iz postrojenja na biogas. Toplota se preko ventilatora i fleksibilnih creva ubacuje u ventilacioni prostor. Pored kontejnera iz komercijalne ponude neki proizvođači drvene sečke vrše i transformaciju običnih kontejnera sa kukama za podizanje u kontejnere za transport. Pored njih se u praksi nalaze čvrsto ugrađene kutije šaržne sušare [7-1].



Kontejner za sušenje priključen na ventilacioni sistem

Trakasta sušara: trakasta sušara suši kontinuirano materijal u pokretu. Pritom se materijal za sušenje u tankom sloju nanosi na traku koja propušta vazduh. Topao vazduh struji kroz traku, pri čemu se odvija proces sušenja. Na kraju trake se sadržaj vode određuje automatski i kontinuirano, npr. kapacitivno, pomoću infracrvenog zračenja ili preko vlage vazduha u otpadnom vazduhu. Vreme sušenja može da se reguliše preko brzine trake, toplote vazduha i snage ventilatora. Ova vrsta sušenja je podesna pre svega za veliki protok i niske temperature (75–110 °C) [7-1].



Trakaste sušare imaju delom velike dimenzije

Sušare sa valjkastim ložištem: sušare sa valjkastim ložištem takođe spadaju u kontinuirane postupke sušenja gde se radi sa materijalom koji se kreće. U unutrašnjem delu sušare nalazi se mešalica koja prosejava sečku kroz sušaru i pritom istovremeno i meša. Na ovaj način se obezbeđuje ravnomerna raspodela i sušenje. Ubačeni vazduh se u sušaru doprema pomoću ventilatora. Otpadni vazduh se usisava. Period boravka sečke u sušari se određuje, između ostalog, zavisno od ubačene toplotne snage i brzine ubacivanja sečke. Sadržaj vode se i kod sušare sa valjkastim ležajem po pravilu automatski i redovno meri, npr. kapacitivno ili pomoću infracrvenog zračenja [7-1].

Dobošaste sušara: kod dobošastih sušara se materijal suši u unutrašnjosti rotirajućeg, blago nagnutog doboša pomoću vazduha. Pokretne lopate obezbeđuju da je materijal uvek dobro promešan. Period boravka u sušari, između ostalog, uvek zavisi od broja obrtaja bubnja i njegovog nagiba, ali i od brzine strujanja vazduha za sušenje. Sadržaj vode, zavisno od izrade sušare, takođe može da se meri pomoću senzora (npr. kapacitivno ili pomoću infracrvenog zračenja).

Postoje i druge tehnike koje se pojedinačno primenjuju za sušenje drvene sečke. Jedna varijanta sušenja je tzv. solarno sušenje. Sečka se stavlja na limenu rupičastu podlogu ispod krova. Vazduh se zagreva pomoću solarne energije preko specijalnih korektora i struji odozdo kroz drvenu sečku, usled čega se ona suši.

7.2 Studije slučaja za tretman drvene sečke

U okviru projekta «qualiS» u šest studija slučajeva sveže iseckana sečka od šumskih ostataka obrađena je tipičnim postupcima prosejavanja i sušenja (v. tab. 7.1). Izbor procesnog lanca je pri tome vršen na osnovu rezultata analize tržišta (poglavlje 7.1). Snimanja su vršena kod izabranih proizvođača drvene sečke.

U svakoj studiji slučaja ispitivana su tri aspekta:

- poboljšanje kvaliteta u toku tretmana,
- ponašanje tretirane drvene sečke pri emisiji u malim postrojenjima/ložištima i
- troškovi proizvodnje u koracima obrade.

Tab. 7.1: Studije slučajeva u projektu qualiS

Studija	Sušenje	Prosejavanje
1	Sušara sa valjkastim ležajem	Zvezdasto/vibraciono sito
2	Kontejnersko sušenje	Zvezdasto sito
3	Sušenje na gomili	Doboš-sito
4	Sušara sa pokretnom podlogom	–
5	Sušenje gomile	Zvezdasto sito
6	Trakasta sušara	Zvezdasto/vibraciono sito

Uzeti su uzorci i vršene su analize svih ulaznih sirovina, poluproizvoda i krajnjih proizvoda u skladu sa DIN EN ISO standardima za čvrsta biogoriva (v. tab. 7.2). Rezultati su upoređeni sa kvalitetima i specifikacijama goriva iz DIN EN ISO 17225-4 (v. poglavlje 5) [7-5], [7-6].

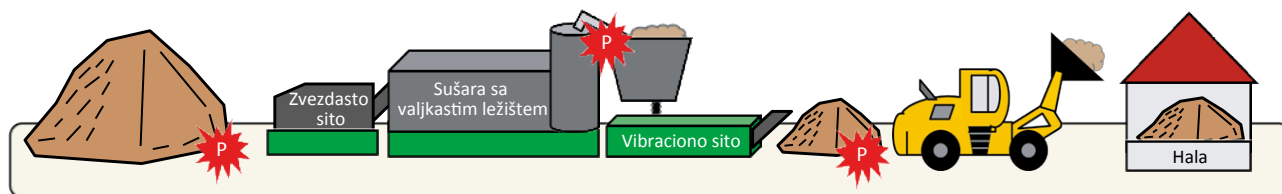
Istovremeno su uzeti uzorci goriva za analizu ponašanja pri emisiji u malim postrojenjima na drvenu sečku (v. poglavlje 8). Kao ulazna sirovina u svakoj studiji slučaja koristila se drvena sečka od šumskih ostataka.

Tab. 7.2: Analizirani parametri goriva, uključujući i postupke analize

Parametri/ klasa osobine	Skraćenica, jedinica, broj uzoraka po procesnom koraku	DIN EN ISO
Sadržaj vode	M in m-%, n ≥ 10	18134-2/3
Sadržaj pepela	A in m-%, wf, n = 3	18122
Toplotna vrednost	Hu in MJ/kg, wf, n = 3	18125
Distribucija veličina čestica	in m-%, n = 10	17827-1
Udeo sitne frakcije	F in m-%, n = 10	17827-1
Nasipna gustina	BD in kg/m ³ , n = 10	17828
Ukupan sadržaj C, H & N	in m-%, wf, n = 1*	16948
Sadržaj Cl & S	in m-%, wf, n = 3	16994
Glavni sastavni elementi	in mg/kg, wf, n = 1*	16967
Elementi u trgovinama	in mg/kg, wf, n = 1*	16968

* Mesavina tri uzorka biomase

Uzorci su uzimani i u toku samog procesa proizvodnje. Pored procene kvaliteta goriva, izvršeno je i utvrđivanje snage protoka po procesnom koraku. Dalji troškovi poslovanja i utrošak (npr. troškovi goriva, kadrovi, mašine, struje, toplotna energija, pogon) su izmereni ili su operateri upitani o njima. Dodatni važni parametri bili su iskorišćenosti mašina na godišnjem nivou, kao i troškovi za otpis i maksimalan radni vek mašina. Pozivajući se na svaki korak u obradi i s njim povezane procese, izvršena je kalkulacija troškova proizvodnje (vezano za proizvedenu količinu drvene sečke). Prikazani troškovi se stoga ne odnose na dugoročan uspeh uključenih preduzeća, već eksplicitno samo na šaržu tretiranu u okviru studija slučajeva. Takođe, utvrđene kvalitativne osobine ne dopuštaju tvrdnje o kvalitetu goriva u preduzeću u toku cele godine.



Procesni koraci i koraci u obradi, kao i tačke uzorkovanja („P“) u studiji slučaja 1

© LWF

7.2.1 Studija slučaja 1: Povezan tretman pomoću sušare sa valjkastim ležištem i vibracionog sita

Opis postupka: studija slučaja 1 sprovedena je u jednom pogonu u Gornjoj Bavarskoj, čiji je cilj poslovanja proizvodnja isključivo sečke visokog kvaliteta. U okviru postrojenja postoje skladišna i proizvodna hala ukupne površine oko 1.900 m², mesto za skladištenje sa čvrstom/betoniranom podlogom površine oko 900 m² i vaga za kamione. Kupci su uglavnom komunalna ili komercijalna preduzeća sa postrojenjima snage do 1.000 kW. Tretira se drvena sečka koja se u potpunosti dobija od ostataka iz pilana ili ogrevnog/celuloznog drveta, kao i sečka koja se proizvodi od mešavine šumskih ostataka četinarara i listopadnog drveća, svaki asortiman posebno.

Kao ulazna sirovina za studiju 1 uzeta je drvena sečka od šumskih ostataka četinarara. Proces obrade sastoji se od tri međusobno povezana koraka: prosejavanje (prekomerne dužine), sušenje i prosejavanje (sitna frakcija) (v. tab. 7.3). Toplotna energija za sušaru se nabavlja od postrojenja na biogas koje se nalazi u blizini. Ukupno je ovo postrojenje u pogonu skoro tokom cele godine 24 sata dnevno. Ukupno vreme proizvodnje iznosi oko 8.000 sati godišnje. Za opsluživanje postrojenja zaposlenima je potrebno oko četiri sata dnevno.

Za preradu se sečka iz regiona proizvodi izvan preduzeća, isporučuje, na licu mesta meri i potom istovaruje na skladište. Utovarivačem se drvena sečka stavlja na pokretno dno. Ono

transportuje drvenu sečku preko transportne trake do sušare. Pre nego što drvena sečka stigne do sušare, prekomerne dužine se izdvajaju preko zvezdastog sita (Backers) (procesni korak 1). Prekomerne dužine koje nisu osušene se sakupljaju i kao gorivo prodaju većim kogenerativnim postrojenjima (nusproizvod 1). Preostala drvena sečka se suši u sušari sa valjkastim ležištem (Allgaier, model WB-T) (procesni korak 2). U unutrašnjem delu sušare nalazi se mešalica za transport drvene sečke, koja je istovremeno i meša i tako obezbeđuje ravnomerniju raspodelu u sušari i bolje sušenje. Vazduh koji se dodaje (oko 70 °C) se pomoću ventilatora odozdo sprovodi u sušaru. Zasićen vazduh se odozgo usisava. Prašina u otpadnom vazduhu se izdvaja pomoću ciklona, pa se posle sušare zajedno sa drvnom sečkom uvodi u proces prosejavanja.

Željeni sadržaj vode prilikom sušenja iznosi maks. 15 m-%. Napredak u sušenju se kontroliše preko temperature vazduha i merenja sadržaja vode. Senzor za vlagu nalazi se na ispustu

Tab. 7.3: Profil studije slučaja 1

Upotrebljene mašine /podešavanja procesa	
Procesni korak 1: prosejavanje	Zvezdasto sito Backers
Procesni korak 2: sušenje	Sušara sa valjkastim ležištem Allgaier WB-T
Procesni korak 3: prosejavanje	Vibrac.sito S & F GmbH ASS 100
Izvor toplote	Postrojenje na biogas
Stepen povezanost	Svi procesni koraci su uzajamno povezani
Polazni i krajnji proizvodi	
Ulazna sirovina	Sveža drvena sečka od šumskih ostataka/sveža drvena sečka od ostataka iz pilana
Glavni proizvod	Sušena ili prosejana drvena sečka
Nusproizvod 1	Prekomerne dužine (> 28 mm)
Nusproizvod 2	Frakcija prašine (≤ 1,5 mm)
Nusproizvod 3	Udeo sitnih čestica (< 6 mm)



Allgaier sušara za valjkastim ležištem WB-T sa ciklonom (gore)
Backer-vibraciono sito (dole)

materijala sušare i zavisno od temperaturnog senzora u kanalu za dovod i odvod vazduha. Preko transportne trake drvena sečka se sprovodi do vibracionog sita (S & F GmbH, model ASS 100, procesni korak 3). U situ se drvena sečka prosejava na tri frakcije.

Najsitnija frakcija (veličina čestica $\leq 1,5$ mm) predstavlja nusproizvod 2 i pošto ima svojstvo da upija i vezuje mirise, prodaje se po pravilu kao prostirka za uzgoj životinja. Udeo sitne frakcije koja nije u vidu prašine (veličina čestica 1,5 do ≤ 6 mm, nusproizvod 3) je prvobitno briketiran, a u međuvremenu se takođe u nepresovanoj formi prodaje stočarskim preduzećima. Drvena sečka visokog kvaliteta (glavni proizvod) se posle sita preko pokretne trake prenosi u odvojenu halu (privremeno zbirno mesto) i pomoću utovarivača transportuje u skladišta, gde se smešta do prodaje ili se direktno kamionom odvozi do klijenata. U toku celog procesa prerade na ovaj način nastaju proizvodi koji se mogu plasirati (drvena sečka i nusproizvodi 1 do 3).

U okviru obezbeđenja kvaliteta na nivou preduzeća redovno se pomoću sušare analiziraju uzorci na sadržaj vode u drvnj sečki prilikom isporuke i sečke proizvedene u pogonu. Analize drugih parametara kvaliteta (sadržaj pepela, toplotna vrednost, distribucija veličine čestica) se u redovnim razmacima ispituju u eksternim laboratorijama.

Kvalitet goriva: kvalitet goriva ulazne sirovine bio je u tipičnom segmentu za sečku od šumskih ostataka od četinarara (v. tab. 7.4) [7-7]. Samo sadržaj vode od 41,7 m-% upućuje na to da drvena sečka nije bila potpuno sveža, tek dopremljena iz šume, nego

Tab. 7.4: Kvalitet goriva u studiji slučaja 1 (wf = bez vode, ar = u isporučenom stanju (engl. „as received“))

Parametar/klasa osobina	Sveža ulazna sirovina	Sušena	Sušena i prosejan
Gorivo br.	1-A	1-T	1-E
M (m-%)	41,7	12,6	12,8
$M_{\max-\min}$ (m-%)	2,9	2,8	2,9
A (M-%, wf)	3,0	2,1	1,4
H_u (MJ/kg, wf)	19,21	18,99	19,20
H_u (MJ/kg, ar)	10,18	16,29	16,43
BD (kg/m ³ , ar)	314	263	252
F (M-%)	15,3	10,7	2,5
P-klasa u skladu sa DIN EN ISO 17225-1/4	P31 –	P16 –	P16 P31S
N (M-%, wf)	0,32	0,25	0,23
S (M-%, wf)	0,02	0,01	0,01
Cl (mg/kg, wf)	66	54	58
K (mg/kg, wf)	1.320	1.090	970
Si (mg/kg, wf)	5.250	1.630	780
Σ (K, Na, Pb, Zn) (mg/kg, wf)	1.440	1.170	1.030
Specifikacija u skladu sa DIN EN ISO 17225-4	–	–	A2

da je već prošla određeno sušenje. Kategorizacija u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 nije bila moguća pre tretmana usled visokog uдела sitnih čestica.

Tretman pomoću sušare sa valjkastim ležištem doveo je do smanjenja sadržaja vode na 12,6 m-%. Nije primećena bolja homogenizacija sadržaja vode usled procesa obrade u odnosu na ulaznu sirovinu, pošto je maksimalna oscilacija u sadržaju vode još u ulaznoj sirovini bila ravnomerna ($M_{\max-\min}$). Kod sušenja se istovremeno u maloj meri smanjio sadržaj pepela, udeo sitne frakcije i udeo hemijskih elemenata koji su kritični za sagorevanje. To se objašnjava pražnjenjem sitnih čestica prašine prilikom izbacivanja zasićenog suvog vazduha. Prosejavanje koje je usledilo preko vibracionog sita dovelo je do znatnog smanjenja sadržaja pepela (1,4 m-%), sitne frakcije (2,5 m-%), kao i kritičnih elemenata za sagorevanje. Usled smanjenja sadržaja pepela $< 1,5$ m-%, sadržaja vode < 25 m-% i doslednog poštovanja veličine čestica P31S, za tretiranu drvenu sečku primećeno je značajno poboljšanje kvaliteta goriva. Tretirana drvena sečka je svrstana u kategoriju A2 u skladu sa DIN EN ISO 17225-4. Ograničavajući faktor za svrstavanje u kategoriju A1 bio je sadržaj pepela od 1,4 m-%.

Troškovi proizvodnje: u ispitivanom preduzeću koraci prosejavanja i sušenja direktno su povezani i prelaz između njih je automatizovan preko transportnih traka i puževa. Snaga protoka se stoga odnosi na sve mašine koje su uključene u proces.



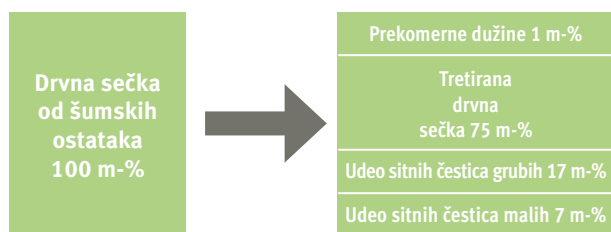
Drvena sečka od šumskih ostataka pre (gore) i posle (dole) tretmana u studiji slučaja 1. Veličina sekcije slike oko DIN A5

Iznosila je 0,64 t_{atro}/h i na nju je znatno uticala produktivnost pri sušenju, sita koja su korišćena dozvoljavala su veći protok. Sušara sa valjkastim ležajem je mašina koja zahteva najveće investicione troškove u konceptu poslovanja. Sušenje je sa 31,14 €/t_{atro} predstavljalo najveći udeo u troškovima proizvodnje (v. tab. 7.5).

Tab. 7.5: Troškovi proizvodnje u studiji slučaja 1

Procesni koraci	€/t _{atro}
1 prosejavanje prekomernih dužina (zvezdasto sito)	1,41
2 sušenje (sušara sa valjkastim ležajem)	31,14
3 prosejavanje sitne frakcije (vibraciono sito)	0,57
Ostali troškovi	20,80
Troškovi proizvodnje	53,92
Vežano za krajnji proizvod	47,04 €/t (M = 12,8 m-%)

Prosejavanje prekomernih dužina pomoću zvezdastog sita je koštalo 1,41 €/t_{atro}. Prosejavanje sitne frakcije pomoću vibracionog sita je bilo nešto povoljnije i iznosilo je 0,57 €/t_{atro}. Pošto transportni uređaji u povezanom procesu ne mogu u potpunosti da se pripisuju jednom procesnom koraku, troškovi za njih u iznosu od 8,13 €/t_{atro} će biti svrstani u ostale troškove. Osim toga, tu spadaju i troškovi plata i preduzeća u iznosu od 12,67 €/t_{atro}. Navedeni utrošak za staranje o pogonu (imajući u vidu veliki stepen iskorišćenosti) može se okarakterisati kao relativno mali. To je direktno povezano sa visokim stepenom automatizacije. Ukupno su u studiji slučaja utvrđeni troškovi proizvodnje u iznosu od 53,92 €/t_{atro}. Vežano za krajnji proizvod sa sadržajem vode od 12,8 m-%, to odgovara 47,04 €/t (M = 12,8). Pritom je tretman bio veoma efikavan. Pored plasmana drvene sečke visokog kvaliteta, važan aspekt za uspeh u poslovanju predstavlja i plasiranje nusproizvoda: udeo sitne frakcije koja se može iskoristiti kao prostirka za životinje činio je gotovo četvrtinu ukupne proizvodnje (24,1 m-%).



Distribucija glavnog i nusproizvoda iz studije slučaja 1 (u odnosu na suhu masu)

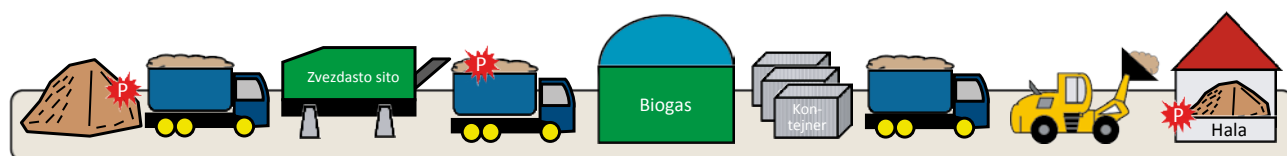
7.2.2 Studija slučaja 2: Nepovezana obrada pomoću sušenja u kontejneru i zvezdastog sita

Opis postupka: studija slučaja 2 je sprovedena u preduzeću u okrugu Švaben/Bavarska koje se bavi preradom biomase. Glavna oblast poslovanja je kompostiranje, ali i tretman drvene sečke spada u svakodnevno poslovanje. Pored toga, preduzeće ima i druge linije plasmana za nusproizvode koji pritom nastaju. Tako se deo drvene sečke koristi kao zaštita pri padovima za igrališta. Godišnje se u tom preduzeću preradi oko 200.000 m³ biomase. Kupci su pretežno komercijalna postrojenja (70 %) snage > 1.000 kW. Ipak, postoji i oko 10 % privatnih i 20 % komunalnih kupaca snage između 300–1.000 kW. Isporuka kupcima sa postrojenjima manjim od 100 kW vrši se samo pojedinačno i isporučuje im se samo asortiman drvene sečke najvišeg kvaliteta. Pre svega sečka od ostataka iz pilana se za to tretira, ali i drvena sečka od šumskih ostataka i materijala od održavanja zelenih površina. Za tretman i skladištenje na raspolaganju je hala od oko 3.000 m² i oko 3.000 m² mesta za skladištenje u okviru preduzeća. Proces prerade se sastoji od dva nepovezana procesna koraka (v. tab. 7.6). Drvena sečka se prosejava u ovom preduzeću na tri frakcije (procesni korak 1), a potom suši u kontejnerima u jednom postrojenju na biogas pomoću otpadne toplotne u okviru eksterne usluge (procesni korak 2).

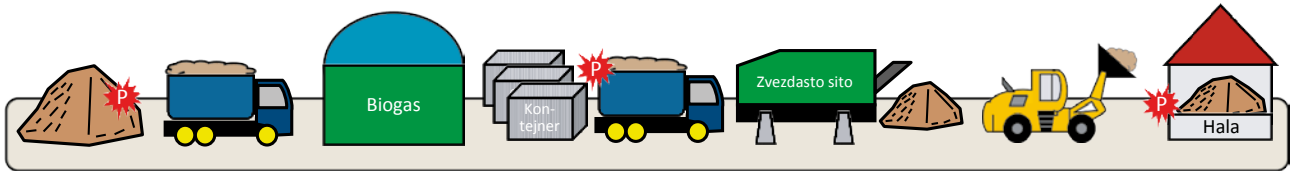
Tab. 7.6: Profil studije slučaja 2

Korištene mašine/procesna podešavanja	
Varijanta 2a	
Procesni korak 1: prosejavanje	Zvezdasto sito Komptech Multistar
Procesni korak 2: sušenje	Eksterno uslužno sušenje u kontejnerima
Varijanta 2b	
Procesni korak 1: sušenje	Eksterno uslužno sušenje u kontejnerima
Procesni korak 2: prosejavanje	Zvezdasto sito Komptech Multistar
Toplotni izvor	Postrojenje na biogas
Stepen povezanosti	Svi procesni koraci su nepovezani
Polazni i krajnji proizvodi	
Sirov materijal	Sveža sečka od šumskih ostataka
Glavni proizvod	Sušena i prosejana drvena sečka
Nusproizvod 1	Prekomerne dužine (> 45 mm)
Nusproizvod 2	Udeo sitne frakcije (< 20 mm)

Preduzeće kupuje ostatke iz pilana i transportuje ih sopstvenim kamionom do pogona. Šumski ostaci ili ostaci održavanja poljoprivrednih površina se otkupljuju pored šumskog puta, odnosno na mestu na kome i nastaju, seckaju se sopstvenim



Proces obrade i tačke za uzorkovanje („P“) u studiji slučaja 2: (varijanta 2a: prosejavanje sveže drvene sečke, potom sušenje)



Proces obrade i tačke za uzorkovanje („P“) u studiji slučaja 2: (varijanta 2b: sušenje, potom prosejavanje)

© LWF

iveračem i transportuju kamionom preduzeća do pogona. Tu se drvena sečka stacionarnim zvezdastim sitom (Komptech; model Multistar) prosejava na tri frakcije (procesni korak 1). Pri prosejavanju nastaju: proizvodi prekomerne dužine > 45 mm (nusproizvod 1), proizvodi sa udelom sitnih čestica < 20 mm (nusproizvod 2) i prosejana drvena sečka (glavni proizvod). Nakon prosejavanja, drvena sečka se prebacuje u samostalno rekonstruisane kontejnere za sušenje i transportuje do postrojenja na biogas. Kontejneri su standardni kamionski kontejneri u koje je ubačeno i zavareno među dno sa plehom sa rupicama. Pored toga, u zadnji zid ubačena su dva standardizovana otvora da bi kontejneri mogli da se priključe na ventilator. Ventilatori ostaju priključeni zavisno od sadržaja vode u drvnj sečki 3–5 dana da bi se ostvario željeni sadržaj vode od 15 m-%.

AKao varijanta, ova studija je urađena dodatno i sa obrnutim redosledom procesnih koraka. Procesni korak 1 je pritom bio sušenje, a procesni korak 2 prosejavanje.

Osušena i prosejana drvena sečka doprema se u skladišnu halu i skladišti do prodaje. Frakcija prekomerne dužine se sakuplja i prodaje velikim toplanama. Sitna frakcija je usled sposobnosti upijanja i vezivanja mirisa zanimljiv proizvod kao prostirka za bokseve u konjušnicama, pa se prodaje i isporučuje u okruženju do 200 km. Na ovaj način u toku celog procesa obrade nastaju tri proizvoda koja se mogu plasirati (glavni proizvod i nusproizvodi 1 i 2). Za određivanje sadržaja vode u samom preduzeću postoji sušnica. U redovnim razmacima određuje se sadržaj vode u glavnom proizvodu. Samo preduzeće ne vrši druge analize.

Kvalitet goriva: ulazna sirovina je bila upadljiva pre svega zbog povećanog sadržaja pepela od 7,4 m-% u odnosu na tipične šumske ostatke (četinari) i pomalo niske grejne vrednosti bez vode (18,5 MJ/kg) (v. tab. 7-7) [7-2]. I sadržaj silicijuma je bio blago povišen. Izuzev toga, ulazna sirovina je okarakterisana kao tipična drvena sečka od šumskih ostataka. Klasifikacija u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 nije bila moguća.



Sušenje u kontejnerima (šaržna sušara) sa otpadnom toplotom od biogasa (gore) i prosejavanje pomoću zvezdastog sita (dole)



Sečka od šumskih ostataka pre (gore) i posle (dole) prerade iz studije slučaja 2 (varijanta 2a). Veličina sekcije slike oko DIN A5

Visok sadržaj pepela u ulaznoj sirovini bi mogao da se objasni pored visokog sadržaja iglica i kore i visokim unosom mineralnog tla u gorivo, pri čemu je u gorivu pojedinačno otkriveno i kamenje. Povećan sadržaj silicijuma govori u prilog tome.

Tretman drvene sečke pomoću prosejavanja (procesni korak 1) i naknadnog sušenja (procesni korak 2) upoređen je sa tretmanom sušenja (procesni korak 1), a potom prosejavanja (procesni korak 2). Kroz ove dve kombinacije prosejavanja i sušenja kvalitet goriva je znatno poboljšan. Upadljivo je što je usled prosejavanja došlo do velikog smanjenja sadržaja pepela i sitne frakcije, kao i supstanci kritičnih za sagorevanje. Ovaj efekat je bio jasniji pri prosejavanju već osušene drvene sečke nego pri prosejavanju sveže sečke, pošto se u drugom slučaju vlažne čestice lepe jedna za drugu, a tek pri sušenju posle toga mogu da se rastvore. Prosejavanje pomoću zvezdastog sita smanjilo je pored toga sadržaj prekomernih dužina, usled čega je suvo prosejana drvena sečka na kraju mogla da se svrsta u klasu P45S. Kod prosejavanja sveže sečke to nije bio slučaj, što se pak pre objašnjava podešavanjem zvezdastog sita (isuviše prekomernih dužina usled zvezdastih ploča koje su se isuviše sporo okretale), a manje razlikom sveže/sušeno.

Tab. 7.7: Kvalitet goriva u studiji slučaja 2
(wf = bez vode, ar = u isporučenom stanju (engl. „as received“))

Parametar / klasa osobine	Sveža ulazna sirovina	Sveža prosejana	Osušena prosejana	Sušena neprosejana	Suva prosejana
Gorivo br.	2-A	2-S	2-E1	2-T	2-E2
M (m-%)	51,0	52,1	3,8	5,5	13,2
M _{max-min} (m-%)	10,0	1,8	0,6	4,2	8,0
A (m-%, wf)	7,4	3,7	2,5	2,2	1,9
H _u (MJ/kg, wf)	18,53	19,02	19,30	19,00	19,05
H _u (MJ/kg, ar)	7,84	7,84	18,48	17,82	16,25
BD (kg/m ³ , ar)	353	356	215	220	223
F (M-%)	17,7	10,80	9,1	11,62	2,6
P-klasa u skladu sa DIN EN ISO 17225-1/4	P45	P45	P45	P45	P31 P45S
N (m-%, wf)	0,47	0,35	0,33	0,29	0,20
S (m-%, wf)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Cl (mg/kg, wf)	146	126	94	79	59
K (mg/kg, wf)	1.790	1.570	1.450	1.400	1.170
Si (mg/kg, wf)	18.750	8.520	5.050	3.720	2.250
Σ (K, Na, Pb, Zn) (mg/kg, wf)	2.090	1.750	1.560	1.510	1.240
Specifikacija u skladu sa DIN EN ISO 17225-4	-	-	-	-	B1

Sušenje već prosejane drvene sečke dovelo je do neznatno nižeg sadržaja vode (3,8 m-%) u odnosu na sušenje neprosejane drvene sečke (5,5 m-%). Razlog za to bi mogla da bude bolja ventilacija u kontejneru usled veće zapremine pora kod prosejanog goriva, ali i različit nivo popunjenosti, odnosno trajanja sušenja. Zanimljivo je što je sadržaj vode pri prosejavanju već osušene drvene sečke ponovo narastao (13,2 m-%). Ovaj porast teško može da se objasni. Uzrok bi mogla da bude neravnomerna raspodela sadržaja vode usled sušenja u šaržnoj sušari. I sitna frakcija se usled male veličine čestica u odnosu na glavnu frakciju znatno brže sušila. Na ovaj način bi se sadržaj vode u preostaloj šarži ponovo povećao usled izdvajanja sitne frakcije usled prosejavanja. Analiza sadržaja vode sitne frakcije i prekomernih dužina dovela je do srednjih vrednosti od 11,7 m-% i 11,8 m-%, zbog čega je ova teza morala da se odbaci.

Drvena sečka je posle prerade pomoću sušenja, a potom i prosejavanja, uvrštena u specifikaciju B1 u skladu sa DIN EN ISO 17225-4. Ograničavajuć faktor za viši nivo kvaliteta u specifikaciji, npr. za nivo A2, bio je sadržaj pepela od 1,9 m-%.

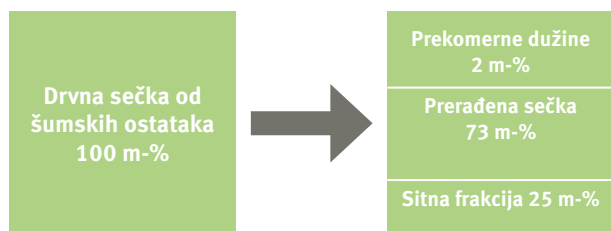
Troškovi proizvodnje: pojedinačni procesni koraci su odvojeni jedan od drugog u ovom preduzeću, tj. oni se odvijaju vremenski i prostorno u najvećoj meri nezavisno jedan od drugog. Protok utvrđen za zvezdasto sito kod procesne varijante 2a: „prosejavanje pa sušenje“ iznosilo je 19,8 t_{atro}/h. Tako su troškovi za prosejavanje iznosili 1,12 €/t_{atro} (v. tab. 7.8).

Kod ispitane varijante 2b „sušenje pa prosejavanje“ protok je bio 21,0 t_{atro}/h, te stoga i troškovi za prosejavanje 1,06 €/t_{atro}. Za sušenje kod eksternog operatera postrojenja na biogas prema izjavama proizvođača drvene sečke nastaju paušalno troškovi od 23,08 €/t_{atro} (uklj. transport od preduzeća i ka njemu). U troškove za sušenje spadaju i troškovi za kontejnere, za koje se predviđa 3,78 €/t_{atro}.

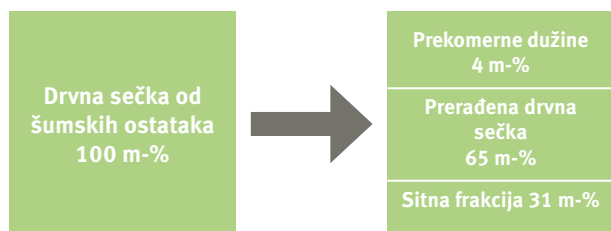
Tab. 7.8: Troškovi proizvodnje u studiji slučaja 2

Procesni koraci varijanta 2a	€/t _{atro}	Procesni koraci varijanta 2b	€/t _{atro}
1 prosejavanje (zvezdasto sito)	1,12	1 sušenje (kontejner)	26,86
2 sušenje (kontejner)	26,86	2 prosejavanje (zvezdasto sito)	1,06
Ostali troškovi	4,32		4,15
Troškovi proizvodnje	32,31	Troškovi proizvodnje	32,07
Vezano za krajnji proizvod	31,08 €/t (M = 3,8 m-%)	Vezano za krajnji proizvod	27,88 €/t (M = 13,1 m-%)

Ostali troškovi se sastoje od troškova mašina (utovarivač i kamion) i poslovanja. Pošto je preduzeće široko organizovano, fiksni troškovi se dele na više oblasti poslovanja, među kojima su neke i velike. Ukupni troškovi proizvodnje za preradu drvene sečke u varijanti 2a iznose 32,31 €/t_{atro}. To odgovara sadržaju vode u krajnjem proizvodu od 3,8 m-%, 31,08 €/t. Kod varijante 2b troškovi proizvodnje su bili 32,07 €/t_{atro}, odnosno 27,88 €/t (kod M = 13,1 m-%).



Podela na glavne i nusproizvode u toku tretmana u okviru varijante studije slučaja 2a (vezano za suhu masu)



Podela na glavne i nusproizvode u toku tretmana u okviru varijante studije slučaja 2b (vezano za suhu masu)

Kroz prosejavanje nastaje, kako je već objašnjeno opisom postupka, više proizvoda spremnih za plasman. Sitni materijal se prodaje konjušnicama kao prostirka. Slično kao kod studije slučaja 1, udeo sitnog materijala iznosio je 26 m-%.

7.2.3 Studija slučaja 3: Razdvojen tretman pomoću doboš sita i sušenja gomile

Opis postupka: treća studija slučaja sprovedena je u poljoprivredno-šumarskom gazdinstvu u okrugu Oberfalc/ Bavarska. Prostor za proizvodnju se sastoji od skladišne hale sa oko 500 m² i mesta za skladištenje površine 900 m². Godišnja proizvodnja obrađene drvene sečke od pilanskih i šumskih ostataka ili drugog drveta iznosi oko 9.000 nasipnih prostornih metara. Šumski ostaci potiču iz šuma u okruženju do 100 km. Glavni kupac su fizička lica sa malim postrojenjima do 100 kW (80 %). Zbog toga je važan brižljiv tretman goriva. Uglavnom se nude dva asortimana drvene sečke: jedan se u potpunosti sastoji od ogrevnog/celuloznog drveta, drugi je mešavina šumskih ostataka (30 %), ostataka iz pilana (20 %), drveta iz brzorastućih plantaža (10 %) i materijala od održavanja zelenih površina (40 %). Proizvodi se i u skladu sa posebnim zahtevima klijenata.

Tretman se sastoji od dva razdvojena koraka (sušenja i prosejavanja) ili samo od prosejavanja (v. tab. 7.9). Kod kompletne obrade drvena sečka se nakon iveranja transportuje do pogona i suši ispod pokrivača na gomili prirodnom putem 4–6 meseci (procesni korak 1). Potom se prosejava pomoću doboš sita (Terra Select, model T3) (procesni korak 2). Cilj prosejavanja je da se izdvoji sitna frakcija (nusproizvod). Za te potrebe se materijal transportuje preko integrisanog rezervoara u doboš sito. Sitna frakcija propada kroz sito na pokretnu traku i izbacuje se sa strane. Drvena sečka (glavni proizvod) na kraju doboša pada na pokretnu traku i pomoću utovarivača se smešta u halu, gde se skladišti do daljeg transporta krajnjem kupcu. Ako nije predviđeno sušenje, drvena sečka se prosejava sveža.

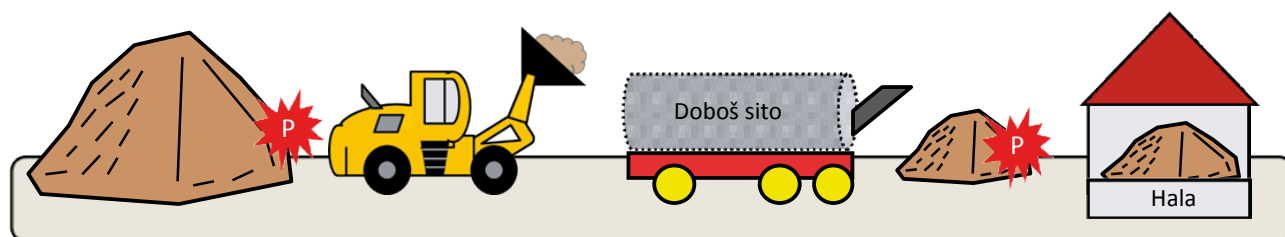


Prosejavanje pomoću doboš-sita u studiji slučaja 3

Tab. 7.9: Primenjene mašine/procesna podešavanja

Primenjene mašine/procesna podešavanja	
Procesni korak 1: sušenje	Sušenje gomile
Procesni korak 2: prosejavanje	Doboš-sito Terra Select T3
Stepen povezanosti	Svi procesni koraci su razdvojeni
Polazni i krajnji proizvodi	
Ulazna sirovina	Sveža sečka od šumskih ostataka
Glavni proizvod	Sušena i prosejana drvena sečka
Nusproizvod	Sitna frakcija (< 15 mm)

Na licu mesta se ne vrše analitička ispitivanja kvaliteta. Procena napretka sušenja u skladišnim gomilama vrši se pre svega na osnovu iskustva šefa pogona.



Procesni koraci i tačke za uzorkovanje („P“) u studiji slučaja 3

© LWF

Kvalitet goriva: u studiji slučaja 3 praćena je obrada dve ulazne sirovine (v. tab. 7.10). Primenjivala se sveže seckana drvena sečka od šumskih ostataka od četinarara sa sadržajem vode od 41,2 m-% i sečka koja je prethodno sušena na skladišnoj gomili (38,1 m-%). Relativno sličan sadržaj vode upućivao je na to da je svež materijal već izvesno vreme u neisečenoj formi ležao na gomili pored šumskog puta, te se stoga prethodno već sušio. Za razliku od toga, velika distribucija sadržaja vode u materijalu skladišne gomile ($M_{\min-\max} = 27,1$ m-%) pokazuje da je pri skladištenju došlo do snažnog formiranja sloja, te stoga i do inhomogenizacije goriva..

Tab. 7.10: Kvalitet goriva u studiji slučaja 3
(wf = bez vode, ar = u isporučenom stanju (engl. „as received“))

Parametar/ klasa osobina	Sveža ulazna sirovina	Sveža prosejana	Sečka iz skladišne gomile	Suva prosejana
Gorivo br.	3-A1	3-E1	3-A2	3-E2
M (m-%)	41,2	42,9	38,1	38,4
$M_{\max-\min}$ (m-%)	12,2	4,4	27,1	12,9
A (m-%, wf)	1,3	1,0	2,5	1,1
Hu (MJ/kg, wf)	18,93	18,86	18,61	18,81
Hu (MJ/kg, ar)	10,13	9,73	10,58	10,66
BD (kg/m ³ , ar)	283	270	285	257
F (M-%)	17,2	3,4	13,9	2,8
P-klasa prema DIN EN ISO 17225-1/4	P31 –	P16 P31S	P31 –	P31 P45S
N (m-%, wf)	0,24	0,20	0,34	0,25
S (m-%, wf)	0,01	0,01	0,02	0,01
Cl (mg/kg, wf)	56	58	56	56
K (mg/kg, wf)	1.330	1.020	1.550	1.340
Si (mg/kg, wf)	691	221	5.610	1.170
Σ (K, Na, Pb, Zn) (mg/kg, wf)	1.390	1.070	1.650	1.390
Specifikacija prema DIN EN ISO 17225-4	–	B1	–	B1

Prosejavanje pomoću doboš sita dovelo je do mešanja goriva, te stoga i znatno homogenijih vrednosti sadržaja vode. Istovremeno se smanjio sadržaj pepela i sitne frakcije, kao i supstance kritične za sagorevanje. Udeo frakcije prekomerne dužine bio je mali u neprerađenom gorivu, što navodi na zaključak o stručnom i pažljivom radu sa iveraćem (v. poglavlje 6). Tako su goriva nakon prosejavanja sitne frakcije klasifikovana kao P31S, odnosno P45S. Oba asortimana su usled visokog sadržaja vode nakon tretmana svrstana u specifikaciju B1.

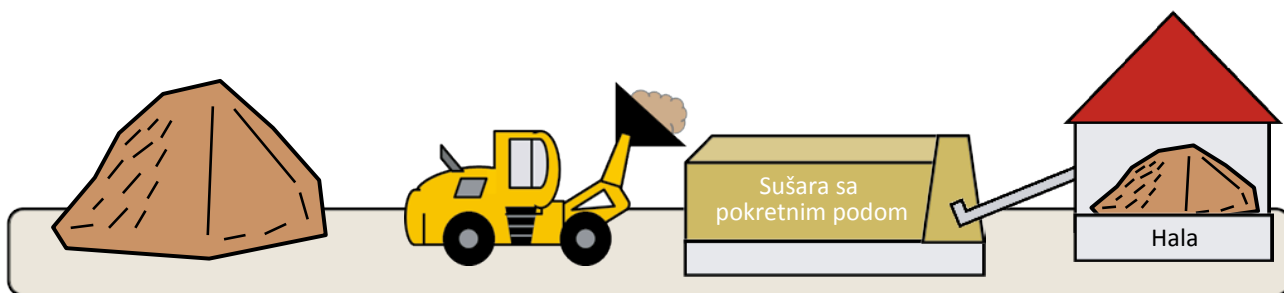
Troškovi proizvodnje: u okviru ove studije slučaja nažalost nije bilo moguće da se obračunaju troškovi proizvodnje. Rezultati za prosejavanje pomoću drugačijeg, mobilnog doboš sita biće predstavljeni u studiji slučaja 6 (poglavlje 7.2.6).



Sveža sečka od šumskih ostataka pre (gore) i sušena sečka od šumskih ostataka posle (dole) tretmana iz studije slučaja 3
Ulazna sirovina i krajnji proizvod ne potiču iz iste šarže. Veličina sekcije slike oko DIN A5

7.2.4 Studija slučaja 4: Tretman pomoću sušare sa pokretnim dnom (sopstvena izrada)

Opis postupka: četvrta studija slučaja sprovedena je u poljoprivrednom gazdinstvu u okrugu Oberfalc/Bavarska kao sporedna delatnost u njemu. Proizvodnja obuhvata jednu halu sa oko 800 m² i jedno skladište površine oko 500 m². Drvena sečka se obrađuje sušenjem pomoću samostalno konstruisanog sušare sa pokretnim dnom (v. tab. 7.11). Godišnje se suši 450 nasipnih prostornih metara drvene sečke za prodaju, uz ciljni sadržaj vode od 15 m-%. Dodatno se obrađuje 800 nasipnih prostornih metara u okviru uslužne delatnosti. U letnjoj polovini godine u postrojenju se suši i stočna hrana, poput trave i kukuruza. U neposrednom susedstvu nalazi se postrojenje na biogas, čija se otpadna toplota koristi za sušenje. Kupci sušene drvene sečke su u 80 % fizička lica sa snagom postrojenja manjom od 100 kW i u 20 % slučajeva komercijalni kupci sa snagom postrojenja 100–300 kW. Pored drvene sečke iz pilana, suši se i sečka od šumskih ostataka (20 % ostataka četinarara, 80 % ogrevnog/ce-luloznog drveta).



Procesni koraci i tačke za uzorkovanje („P“) u studiji slučaja 4

© LWF

Drvena sečka se kupuje u sveže iseckanom stanju iz okruženja do 20 km. Sušara radi na otpadnu toplotu postrojenja na biogas. Rezervoar sušare puni se utovarivačem i preko pokretnog dna sečka se ubacuje u sušaru. Rezervoar sa zalihama ima zapreminu od oko 15 m³. Sušara ima površinu za sušenje od 12 m². Nasipna visina drvene sečke na dnu za sušenje iznosi oko 30 cm. Zapremina drvene sečke u sušari stoga iznosi oko 3,5 nasipnih metara. Čim se napuni dno za sušenje, dovod se ručno zaustavlja i drvena sečka se zavisno od sadržaja vode suši više sati (procesni korak 1). Tri sonde na sušari redovno mere vlažnost vazduha. Kada se ostvari željeni sadržaj vode, postupak sušenja mora ručno da se prekine. Pokretno dno počinje da se kreće i suva drvena sečka se prazni. Pri tome mali deo sitne frakcije pada kroz rupice za vazduh na dno sušare (prečnik rupica za vazduh: 2 mm), drvena sečka pada na transportnu traku i transportuje se u halu. Tu se skladišti do prodaje krajnjim kupcima. Posle nekoliko postupaka sušenja, čisti se dno sušare i sitna frakcija se ubacuje u postrojenje na biogas. Tako se kod ovog procesa proizvodi samo jedan proizvod koji može da se plasira.

Na licu mesta se ne sprovodi dodatno utvrđivanje kvaliteta, sadržaj vode se određuje isključivo preko sonde u sušari.

Tab. 7.11: Profil u vezi studije slučaja 4

Primenjene mašine/procesna podešavanja	
Procesni korak 1: sušenje	Sušara sa pokretnim dnom (sopstvena konstrukcija)
Izvor toplote	Postrojenje na biogas
Polazni i krajnji proizvodi	
Ulazna sirovina	Sveža sečka od šumskih ostataka
Glavni proizvod	Sušena drvena sečka
Nusproizvod	Sitna frakcija (< 2 mm)

Kvalitet goriva: ulazna sirovina iz studije slučaja 4 imala je tipičan kvalitet goriva za šumske ostatke od četinarara (v. tab. 7.12) [7-7]. Samo sadržaj vode od 42 m-% i njegove jake oscilacije upućuju na to da je materijal delom već počeo da se suši.



Sušara sa pokretnim dnom (sopstvena konstrukcija) (gore) i punjenje sušala pomoću utovarivača (dole)



Drvena sečka od šumskih ostatakata pre (gore) i posle (dole) tretmana iz studije slučaja 4. Veličina sekcije slike oko DIN A5

Usled sušenja u sušari sa pokretnim dnom sadržaj vode je smanjen na 7,1 m-%. I spektar oscilacije sadržaja vode značajno je smanjen. Zanimljivo je što je kod sušenja došlo do male izmene u sadržaju pepela, u sitnoj frakciji i u supstancama koje su kritične za sagorevanje. Kod sušenja koje je ovde predstavljeno, drvena sečka se gura preko lima sa rupicama (prečnik rupe 2 mm). Pritom kroz mali prorez na situ propuštaju se iglice i druge sitne čestice. Ovaj efekat međutim nije dovoljan da bi se ispoštovala veličina čestica u skladu sa DIN EN ISO 17225-4, a time i specifikacija A1 do B2.

Tab. 7.12: Kvalitet goriva u studiji slučaja 4 (wf = bez vode, ar = u isporučenom stanju (engl. „as received“))

Parametar / klasa osobina	Sveža ulazna sirovina	Sušena
Gorivo br.	4-A	4-E
M (m-%)	42,0	7,1
M _{max-min} (m-%)	9,7	2,7
A (m-%, wf)	1,7	1,4
Hu (MJ/kg, wf)	18,84	18,72
Hu (MJ/kg, ar)	9,90	17,23
BD (kg/m ³ , ar)	290	202
F (M-%)	19,3	18,3
P-klasa prema DIN EN ISO 17225-1/4	P31	P45
N (m-%, wf)	0,34	0,30
S (m-%, wf)	0,01	0,01
Cl (mg/kg, wf)	66	56
K (mg/kg, wf)	1.430	1.170
Si (mg/kg, wf)	1.630	1.020
Σ (K, Na, Pb, Zn) (mg/kg, wf)	1.510	1.240
Specifikacija prema DIN EN ISO 17225-4	-	-

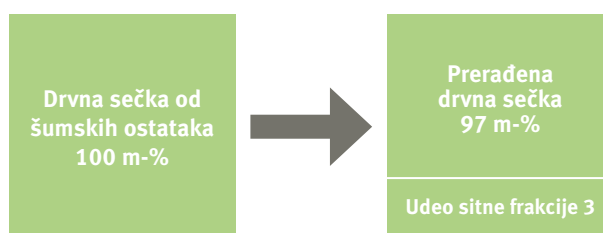
Troškovi proizvodnje: na dan studije slučaja praćen je postupak sušenja i pritom je utvrđena stopa protoka 0,14 tatro/h. Ovaj protok je u odnosu na druge studije slučajeva bio relativno nizak. Shodno tome, troškovi postupka sušenja od 109,48 €/t_{atro} bili su relativno visoki. Ostali troškovi obuhvataju troškove za mašine i preduzeće zajedno i iznose 25,02 €/t_{atro} (v. tab. 7.13). Ukupno troškovi proizvodnje su stoga iznosili 134,51 €/t_{atro}.

U odnosu na sadržaj vode od 7,1 m-% to odgovara 125,02 €/t. Pošto je željeni sadržaj vode od 15 m-% bio znatno niži od predviđenog, moguće je kraće vreme sušenja, te stoga i veća stopa protoka, čime bi se značajno smanjili i troškovi.

Tab. 7.13: Troškovi proizvodnje u studiji slučaja 4

Procesni koraci	€/t _{atro}
1 sušenje (pokretno dno)	109,48
Ostali troškovi	25,02
Troškovi proizvodnje	134,51
Vezano za krajnji proizvod	125,02 €/t (M = 7,1 m-%)

Pošto se drvena sečka samo suši a ne i prosejava, nema nusproizvoda u relevantnoj količini. Sitna frakcija koja je prošla kroz ventilacione rupe na pokretnom dnu iznosila je 3,3 m-% i uvodi se u proces fermentacije postrojenja na biogas koje postoji u preduzeću.



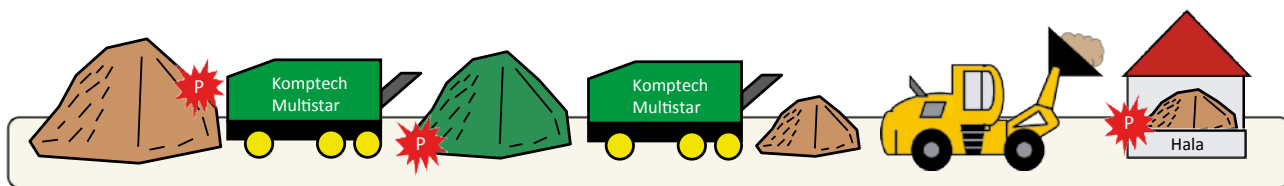
Distribucija glavnih i nusproizvoda u toku tretmana u studiji slučaja 4 (vezano za suhu masu)

7.2.5 Studija slučaja 5: Nepovezan tretman pomoću zvezdastog sita i sušenja gomile

Opis postupka: peta studija slučaja sprovedena je u pogonu za biomasu u Detmoldu/Severna Rajna i Vestfalija. Na površini veličine oko 3,3 ha sa više skladišnih hala proizvodi se drvena sečka od šumskih ostataka četinarara i različiti peleti od drveta i slame, prerađuje se i reciklirano drvo. Pored komposta i malča od kore, u asortimanu se nude i peleti od slame kao prostirka za životinje. Oko 40 % kupaca goriva su fizička lica, dodatnih 20 % opštine. Preostalih 40 % su komercijalni kupci. Snaga postrojenja kupaca iznosi 50 % < 100 kW, 20 % između 100–300 kW i 30 % > 1.000 kW.

Dva asortimana se pripremaju za postrojenja manja od 100 kW. Jedan asortiman sadrži 100 % ostatke iz pilana od četinarara koji se prosejavaju i suše. Više od polovine klijenata traže ovaj proizvod. Ulazna sirovina za drugi asortiman se u velikom delu sastoji od šumskih ostataka, ostataka četinarara, kao i od održavanja zelenila ili zelenila pored puta. U okviru studije praćen je tretman ovog asortimana.

Proces prerade sastoji se od više nepovezanih koraka (v. tab. 7.14). Ulazna sirovina se secka i isporučuje u pogon iz okruženja od 20 do 50 km. Na licu mesta se određuje polazna težina i nasipava gomila. Ona otprilike 2 nedelje ostaje otvorena (tzv. „prosušivanje“, procesni korak 1). Posle ovog perioda, pomoću zvezdastog sita (Komptech, model Multistar M) prosejavaju se sitna frakcija i prekomerne dužine (procesni korak 2). Oni se ubacuju u prikolice. U toku celog postupka prosejavanja utovarivač obezbeđuje kontinuirano punjenje. Posle prosejavanja drvena sečka se pomoću utovarivača ponovo gura na jednu gomilu,



Procesni koraci i tačke za uzorkovanje („P“) u studiji slučaja 5

© LWF

Tab. 7.14: Profil studije slučaja 5

Upotrebene mašine/procesna podešavanja	
Procesni korak 1: sušenje	Sušenje gomile (otvoreno maks. 2–3 nedelje)
Procesni korak 2: prosejavanje 1	Zvezdasto sito Komptech Multistar
Procesni korak 3: sušenje	Sušenje gomile ispod pokrivke
Procesni korak 4: prosejavanje 2	Zvezdasto sito Komptech Multistar
Procesni korak 5: sušenje	Naknadno sušenje u skladišnoj hali
Stepen povezanosti	Svi procesni koraci nepovezani
Polazni i krajnji proizvod	
Ulazna sirovina	Sveža drvena sečka od šumskih ostataka
Glavni proizvod	Sušena i prosejana drvena sečka
Nusproizvod 1	Prekomerne dužine (> 45 mm)
Nusproizvod 3	Sitna frakcija (< 20 mm)

pokriva pokrивkom i skladišti 4–6 meseci (procesni korak 3). U ovom periodu dolazi do prirodnog sušenja. Ono se stalno kontroliše pomoću kapacitivnih mernih uređaja. Ako je sadržaj vode u unutrašnjosti gomile oko 30 m-%, onda se drvena sečka ili prodaje klijentima sa postrojenjima srednje veličine ili se prosejava za korišćenje u postrojenjima manjim od 100 kW po drugi put pomoću zvezdastog sita (procesni korak 4). Dok se gomila za te potrebe otkriva, dve osobe slažu pokrivač i pomoću utovarivača transportuju u skladište i halu sa mašinama. Tu se pokrivači šire ispod krova da bi se osušili. Oni se koriste ponovo za pokrivanje u periodu od više godina. I kod drugog postupka prosejavanja kroz sito se prosejavaju sitna frakcija (nusproizvod 2) i prekomerne dužine (nusproizvod 1). Sitna frakcija se prodaje konjušnicama kao prostirka, a prekomerne dužine se prepuštaju velikim kogenerativnim postrojenjima na insineraciju.

Posle drugog prosejavanja, drvena sečka (glavni proizvod) se utovarivačem prebacuje u skladište i ostaje u njemu dok se materijal ne proda krajnjem kupcu. Na ovaj način se kod ove vrste obrade dobijaju tri asortimana koja se mogu prodati. Da bi transportni put u okviru pogona biomase bio što kraći, mobilno sito se postavlja u blizini gomile koju treba obraditi. Ukupno u postupku obrade učestvuje od 1 do 3 lica, pri čemu jedno lice stalno upravlja utovarivačem. U redovnim razmacima se direktno u pogonu uzimaju uzorci tretirane sečke i određuju parametri kvaliteta. Pored sadržaja vode, može se odrediti i distribucija



Poluotkrivene gomile drvene sečke sa formiranjem slojeva (gore) i zvezdastim sitom (dole)

veličine čestica. Za to su na raspolaganju peć za određivanje vlage i sito. Drugi parametri, poput sadržaja pepela i toplotne vrednosti, u redovnim razmacima delom se određuju u eksternim laboratorijama, delom u saradnji sa regionalnim visokoškolskim ustanovama.

Kvalitet goriva: u studiji slučaja 5 naizmenično su prosejavani i skladišteni šumski ostaci četinarara. Skladištenje je trajalo do pet meseci. U okviru studije slučaja stoga nije mogla da se isprati nijedna cela šarža u celokupnom procesnom lancu, te je teško direktno vršiti poređenje goriva. Ulazna sirovina je imala tipične vrednosti za šumske ostatke (v. tab. 7.15) [7-7]. Udeo sitne frakcije je u odnosu na druge studije slučaja u kojima se koristila drvena sečka od šumskih ostataka četinarara, otprilike upola manji. To se verovatno može objasniti nepostojanjem igličastog udela. Klasifikacija u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 ni u ovom slučaju nije bila moguća (visok procenat pepela, visok udeo prekomernih dužina). Kroz prosejavanje pomoću zvezdastog sita smanjuje se udeo prašine, sitne frakcije, kao i supstanci kritičnih

za sagorevanje, kako kod sveže, tj. maksimalno dve nedelje prosušene, tako i kod prethodno uskladištene drvene sečke. Efekat je bio jasniji kod duže prethodno sušenog materijala nego kod prosušene, još relativno sveže drvene sečke. Drugim prosejavanjem ostvarena je osim toga klasa čestica P31S, odnosno P45S. Sadržaj vode je smanjen usled sušenja, pri čemu je prvi duži korak u sušenju (4–6 meseci) još uvek pokazivao vrednosti analogne ovde upotrebljenom „svežem“ materijalu. Razlog za to može biti visok sadržaj vode u spoljnjem sloju gomile, pri čemu je materijal u sredini gomile mogao već da bude prilično suv (vidi poglavlje 6). Veliki raspon oscilacija saržaja vode u neprosejanim materijalima upućuje takođe na heterogeno sušenje u okviru gomile. Pošto drvena sečka pak potiče iz različitih šarži, nije moguće direktno poređenje. Zato početni sadržaj vode kod drvene sečke koja je ovde sušena u periodu od 4 do 6 meseci nije poznat, čime se otežava uspeh u sušenju.

Tab. 7.15: Kvalitet goriva u procesnom lancu 5.
(wf = bez vode, ar = u isporučenom stanju (engl. „as received“))

Parametri/ klase osobina	Sveža ulazna sirovina	Sveža prosejana	1 x prosejavanje 1 x skladišna gomila	2 x prosejavanje 1 x skladišna gomila	2 x prosejavanje 2 x skladišna gomila
Gorivo br.	5-A1	5-E1	5-A2	5-E2	5-E3
M (m-%)	42,5	39,1	41,7	32,4	25,3
M _{max-min} (m-%)	17,3	1,5	18,8	4,1	6,8
A (m-%, wf)	3,7	3,0	2,6	1,7	2,5
Hu (MJ/kg, wf)	17,66	17,77	18,25	18,17	17,88
Hu (MJ/kg, ar)	9,12	9,87	9,62	11,50	12,75
BD (kg/m ³ , ar)	298	294	297	261	220
F (M-%)	9,6	4,3	5,8	2,0	2,9
P-klasa u skladu sa DIN EN ISO 17225-1/4	P45 –	P45 –	P45 –	P31 P31S	P31 P45S
N (m-%, wf)	0,34	0,33	0,32	0,23	0,38
S (m-%, wf)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Cl (mg/kg, wf)	63	57	67	56	72
K (mg/kg, wf)	2.380	2.090	1.980	1.860	2.490
Si (mg/kg, wf)	4.560	2.260	3.620	2.080	2.560
∑ (K, Na, Pb, Zn) (mg/kg, wf)	2.560	2.210	2.110	1.950	2.660
Specifikacija prema DIN EN ISO 17225-4	–	–	–	B1	B1



Sveža drvena sečka od šumskih ostataka (četinara) pre (gore) i posle (dole) obrade iz studije slučaja 5. ulazna sirovina i krajnji proizvod nisu iz iste šarže. Veličina sekcije slike oko DIN A5

Prosejavanjem se smanjuje i sadržaj vode i spektar njegovih oscilacija. To navodi na zaključak da se usled formiranja slojeva u gomili ulazna sirovina prosejavanjem homogenizovala. Primećeno smanjenje apsolutnog sadržaja vode bi teorijski moglo da se objasni različitim sadržajima vode u prosejanim frakcijama, ipak su one sa 33,5 m-% (sitne frakcije) i 31,3 m-% (prekomerna dužina) blizu sadržaja vode drvene sečke posle drugog prosejavanja (32,4 m-%). Naročito je druga faza prosejavanja još jednom smanjila sadržaj vode, što je možda pospešeno skladištenjem u hali zaštićenoj od kiše i možda dobrom ventilacijom gomila zbog veće zapremine pora. Sečka je nakon tretmana mogla da se svrsta u specifikaciju B1 prema DIN EN ISO 17225-4.

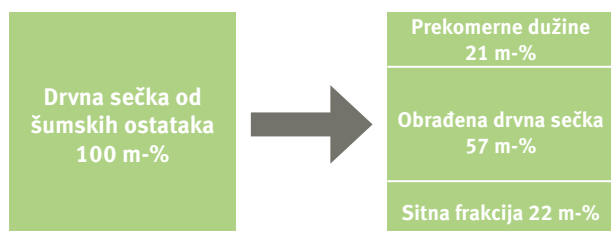
Troškovi proizvodnje: kod studije slučaja 5 prosejavanje u svežem i suvom stanju posmatrano je kao dva pojedinačna procesna koraka.

Prvo prosejavanje (procesni korak 2) sa svežom ulaznom sirovinom zabeležilo je stopu protoka od 13,82 t_{atro}/h. Troškovi su iznosili 3,47 €/t_{atro} (vidi Tab. 7.16). Kod drugog proseja-

vanja (procesni korak 4) prosejana je drvena sečka koja se već više meseci sušila pod pokrivačem (procesni korak 3). Kod tog prosejavanja protok je bio manji, iznosio je 8,38 t_{atro}/h. Zato su troškovi za drugo prosejavanje bili veći i iznosili su 5,73 €/t_{atro}. Razlog za veliku razliku kod stopa protoka nije konačno razjašnjen.

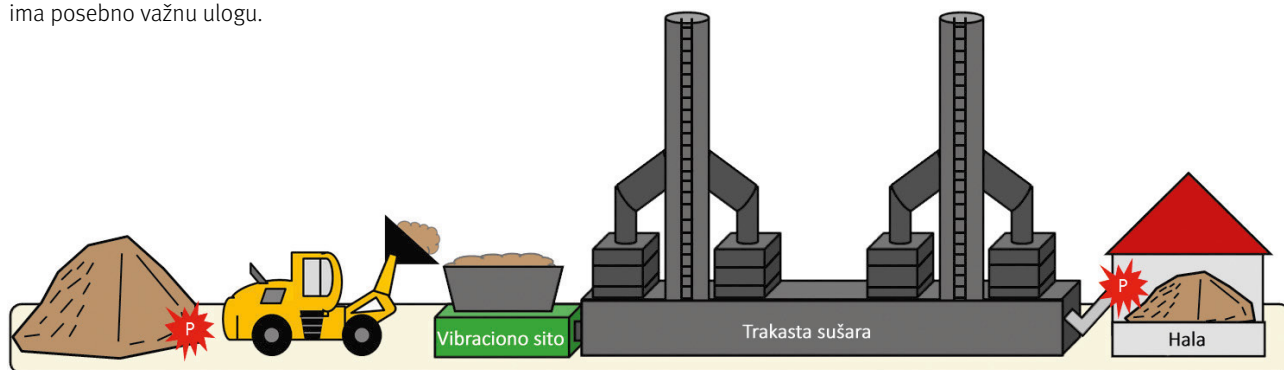
Tab. 7.16: Troškovi proizvodnje u studiji slučaja 5

Procesni koraci	€/t _{atro}
2 prosejavanje 1 (doboš sito)	3,47
3 sušenje (gomila pod pokrivačem)	2,49
4 prosejavanje 2 (doboš sito)	5,73
Ostali troškovi (uklj. i procesne korake 1 i 5)	34,19
Troškovi proizvodnje	45,88
Vezano za krajnji proizvod	31,03 €/t (M = 32,4 m-%)



Prosečna distribucija u dva prosejavanja iz studije slučaja 5 (vezano za suhu masu)

Troškovi višemesečnog skladištenja i sušenja drvene sečke (procesni korak 3) iznosili su 2,49 €/t_{atro}. U ostale troškove su pored troškova za mašine i pogon uvršteni i troškovi skladištenja za procesni korak 1 i 5. Iz toga su proistekli ostali troškovi u iznosu od 34,19 €/t_{atro}. Ukupno su troškovi proizvodnje u ovoj studiji slučaja iznosili 45,88 €/t_{atro}. Vezano za krajnji proizvod sa sadržajem vode od 32,4 m-%, to znači 31,03 €/t. Prerađena drvena sečka je posle dva prosejavanja i skladištenja imala udeo nešto veći od 57 m-% ulazne sirovine. Tako je udeo nusproizvoda bio oko 43 m-%, od čega je oko polovine odlazilo na prekomerne dužine i sitnu frakciju. Plasman nusproizvoda zato ima posebno važnu ulogu.



Procesni koraci i tačke za uzorkovanje („P“) u studiji slučaja 6a

© LWF

7.2.6 Studija slučaja 6: Tretman pomoću trakaste sušare i vibracionog sita (povezano) i pomoću doboš sita (nepovezano)

Opis postupka: studija slučaja 6 sprovedena je u velikom preduzeću u okrugu Švaben/Bavarska. Preduzeće poseduje trakastu sušaru i suši pretežno stočnu hranu. Toplotu uzima iz sopstvenog kogenerativnog postrojenja na biomasu. Njegov pogon je na drvo iz regiona. Dodatno, pored struje klijenti iz industrije se procesnom toplotom snabdevaju preko toplotnog voda u toku cele godine, a pre svega zimi. Da bi postrojenje bilo dovoljno opterećeno u toku godine, toplota se pre svega leti koristi za sušenje različitih materija. Pored sušenja stočne hrane, suši se i drvena sečka, pre svega drvena sečka od ostataka iz pilana. Pritom se proizvode i drveni peleti i briketi. Pored toga, firma proizvodi i drvenu sečku kao pokrivni materijal i zaštitu od pada za igrališta. Za prerađivanje drvene sečke na raspolaganju je nekoliko skladišnih hala (> 3.600 m²) i veliko skladište sa oko 6.000 m².

Tab. 7.17: Profil u vezi studije slučaja 6a

Upotrebljene mašine/procesna podešavanja	
Procesni korak 1: prosejavanje	Oscilaciono sito Zeno P90
Procesni korak 2: sušenje 1	Trakasta sušara Stela
Izvor toplote	Kogenerativno postrojenje na biomasu
Stepen povezanosti	Svi procesni koraci su međusobno povezani
Polazni i krajnji proizvod	
Ulazna sirovina	Sveža sečka od drvnih ostataka / sveža sečka od pilanskih ostataka
Glavni proizvod	Sušena i prosejana drvena sečka
Nusproizvod 1	Prekomerne dužine (> 45 mm)
Nusproizvod 2	sitna frakcija (< 15 mm)

Proces obrade u varijanti 6a sastoji se od dva međusobno povezana koraka (v. tab. 7.17). Drvna sečka se isporučuje pogonu u iseckanom stanju i meri. Potom se pomoću utovarivača puni u jedan rezervoar. Odatle se drvna sečka prosejava, prvo pomoću oscilacionog sita (Zeno, model P 90, procesni korak 1) u tri frakcije. Prekomerne dužine (nusproizvod 1) i sitna frakcija (nusproizvod 2) se sakupljaju, pri čemu se prekomerne dužine sagorevaju u sopstvenom kogenerativnom postrojenju, a sitna frakcija se koristi za proizvodnju briketa. Drvna sečka (glavni proizvod) se preko transportne trake prevozi do trakaste sušare (Stela, procesni korak 2). Tu sečka stoji na traci koja odozdo propušta vazduh. Zavisno od aktuelnog sadržaja vode u drvnj sečki, infracrveni merni uređaj (Mesa, model MM 710) u unutrašnjosti sušare određuje da li će se traka kretati brže ili sporije, te tako utiče na vreme sušenja. Kada drvna sečka dostigne sadržaj vode od oko 15 m-%, ona se iz sušare transportuje u privremeno skladište i tu ubacuje direktno u kontejnere ili u kamion sa pokretnim dnom ili se transportuje u skladišnu halu. Zavisno od potražnje, tu može da se skladišti do isporuke klijentima. Različiti parametri kvaliteta mogu da se odrede na licu mesta. Preduzeće osim toga poseduje doboš sito (Doppstadt, model 620), koje se retko koristi za tretman drvene sečke od šumskih ostataka. Usled toga, studija slučaja 6 omogućila je direktno poređenje promene kvaliteta ulazne sirovine kod prosejavanja pomoću dva različita sita. Prosejavanje pomoću doboš sita bez sušenja ispitano je kao varijanta 6b.

Kvalitet goriva: kao ulazna sirovina za studiju slučaja 6 korišćeno je tipično drvo od šumskih ostataka četinarara (v. tab. 7.18). Sadržaj vode i sitna frakcija bili su u očekivanom rasponu [7-7]. Sadržaj pepela je bio blago povišen i pored velikog udela iglica i kore može se pretpostaviti da je bilo i značajnog unosa mineralnog tla [7-2]. Klasifikacija ulazne sirovine u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 nije bila moguća (visok sadržaj pepela, neodgovarajuća veličina čestica).

Prosejavanje pomoću vibracionog sita znatno je smanjilo kako sadržaj pepela, sitnu frakciju, udeo prekomernih dužina, tako i koncentraciju sastojaka kritičnih za sagorevanje. Drvna sečka je potom svrstana u kategoriju B1 prema DIN EN ISO 17225-4. Zbog sušenja pomoću trakaste sušare (povezanog sa vibracionim sitom), smanjio se sadržaj vode na 15,2 m-%. Značajno je smanjena i paleta oscilacija u sadržaju vode. Prosejana i osušena drvna sečka svrstana je u kategoriju B1 prema DIN EN ISO 17225-4. U ovom slučaju je bio ograničavajući sadržaj pepela od 1,7 m-%. Ponovno prosejavanje u suvom stanju ili upotreba ulazne sirovine sa niskim sadržajem pepela (npr.ogrevno/celulozno drvo) ovde bi mogla da ostvari poboljšanje.

Opciono prosejavanje sveže drvene sečke pomoću mobilnog doboš sita (varijanta 6b) pokazalo je prosejavanje sličnog nivoa kao i kod oscilacionog sita, pošto se i na ovaj način smanjuje sitna frakcija i sadržaj pepela. Međutim, pomoću ovde upotrebljenog doboš sita nisu izdvojene prekomerne dužine, zbog čega drvna sečka nije mogla da se svrsta u klasu čestica prema DIN EN ISO 17225-4. Dodatna separacija prekomernih dužina zahteva zamenu sita ili primenu doboš sita koja mogu da izdvoje više od jedne frakcije.

Tab. 7.18: Kvalitet goriva u studiji slučaja 6 (wf = bez vode, ar = u isporučenom stanju (engl. „as received“))

Parametar/ klasa osobine	Sveža ulazna sirovina	Sveža prosejana (vibraciono sito)	Sušena prosejana	Sveža prosejana (doboš-sito)	Sušena prosejana (doboš-sito)
Gorivo br.	6-A	6-S	6-E1	6-E2	6-E3
M (m-%)	48,1	48,4	15,2	45,0	8,5
M _{max-min} (m-%)	15,3	13,4	6,7	6,9	8,9
A (m-%, wf)	5,3	1,6	1,7	1,5	1,5
Hu (MJ/kg, wf)	18,49	18,96	19,11	18,87	18,84
Hu (MJ/kg, ar)	8,43	8,61	15,84	9,29	17,03
BD (kg/m ³ , ar)	334	–	189	292	166
F (M-%)	18,3	1,55	1,0	0,9	0,49
P-klasa u skladu sa DIN EN ISO 17225-1/4	P45 –	P31 P45S	P31 P45S	P45 –	P31 P45S
N (m-%, wf)	0,36	0,15	0,19	0,21	–
S (m-%, wf)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Cl (mg/kg, wf)	84	62	87	74	83
K (mg/kg, wf)	2.040	1.300	1.490	1.330	–
Si (mg/kg, wf)	7.380	1.880	1.410	1.020	–
∑ (K, Na, Pb, Zn) (mg/kg, wf)	2.190	1.380	1.570	1.400	–
Specifikacija prema DIN EN ISO 17225-4	–	B1	B1	–	A2

Ponovo prosejavanje drvene sečke koja je već obrađena pomoću vibracionog sita i trakaste sušare kao dodatna varijanta pokazala je malo efekta, pošto je drvna sečka već bila dobrog kvaliteta. Dalje smanjenje sitne frakcije i sadržaja pepela omogućila je klasifikacija u kategoriju A2 prema DIN EN ISO 17225-4. Takođe je izmenjen i redosled procesnih koraka, tako da se prvo vrši sušenje pomoću trakaste sušare, a potom pomoću oscilacionog sita. Pritom treba obratiti pažnju na to da na ovaj način veća masa goriva prvo mora da se osuši, što bi dovelo do dužeg trajanja i manjeg protoka u trakastoj sušari (u odnosu na glavni proizvod).

Troškovi proizvodnje: kod obrade u varijanti 6a radi se o povezanom procesu. Utvrđena stopa protoka od 3,75 t_{atro}/h odnosila se stoga i na sito i na sušaru. Trakasta sušara sa sobom nosi najveće investicione troškove u odnosu na sve upotrebljene mašine. Troškovi za postupak sušenja iznosili su 34,06 €/t_{atro} (v. tab. 7.19). Prosejavanje prekomernih dužina i sitne frakcije pomoću vibracionog sita iznosilo je 3,00 €/t_{atro}. Ostali troškovi mašina i preduzeća iznosili su 15,22 €/t_{atro}. Ukupni troškovi proizvodnje bili su 52,28 €/t_{atro}. Vezano za sadržaj vode u krajnjem proizvodu koji je iznosio 15,2 m-%, to od govora troškovima proizvodnje od 44,36 €/t.



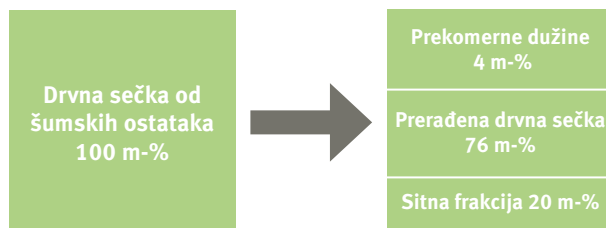
Sveža drvena sečka od šumskih ostataka (gore) pre i posle (dole) obrade iz studije slučaja 6a pomoću vibracionog sita i trakaste sušare. Drveni okvir DIN A 5

Posao opsluživanja postrojenja može da se oceni kao relativno mali. Popunjenost kapaciteta postrojenja tokom cele godine i raspodela fiksnih troškova na više oblasti poslovanja imaju pozitivan uticaj na troškove proizvodnje.

Udeo sitne frakcije iznosio je 20 m-%. Od ovog nusproizvoda preduzeće pravi brikete i takođe ih prodaje kao gorivo.

Tab. 7.19: Troškovi proizvodnje u studiji slučaja 6a

Procesni koraci	€/t _{atro}
1 prosejavanje (vibraciono sito)	3,00
2 sušenje (trakasta sušara)	34,06
Ostali troškovi	15,22
Troškovi proizvodnje	52,28
Vezano za krajnji proizvod	44,36 €/t (M = 15,2 m-%)

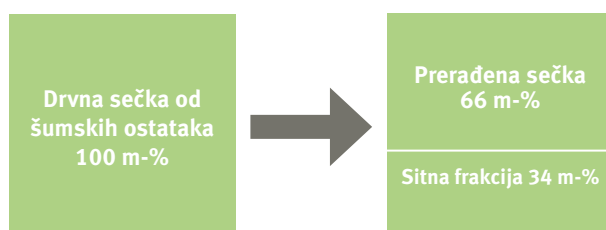


Distribucija glavnih i nusproizvoda iz studije slučaja 6a (vezano za suhu masu)

Tab. 7.20: Troškovi proizvodnje u studiji slučaja 6b

Procesni koraci	€/t _{atro}
1 prosejavanje (doboš-sito)	3,63
Ostali troškovi	15,22
Troškovi proizvodnje	18,57
Vezano za krajnji proizvod	10,22 €/t (M = 45,0 m-%)

Dodatno ispitivana varijanta 6b sa prosejavanjem u svežem stanju pomoću doboš sita kao rezultat je imala protok od 7,15 t_{atro}/h. Kalkulisani troškovi su iznosili 3,63 €/t_{atro}. Za ostale troškove poslovanja pošlo se analogno sa prethodnom varijantom od 15,22 €/t_{atro}. Tako se došlo do troškova proizvodnje od 18,57 €/t_{atro}, što vezano za sadržaj vode u krajnjem proizvodu od 45,0 m-%, odgovara 10,22 €/t. Usled prosejavanja nastao je udeo od 66 % drvene sečke i 34 % sitne frakcije. I ovde je deo prosejane sitne frakcije iskorišten za brikete. Mora se međutim obratiti pažnja da glavni proizvod bez sušenja i dalje ima visok udeo vode, a za upotrebu u malim postrojenjima bilo bi potrebno dodatno sušenje.



Distribucija glavnih i nusproizvoda iz studije slučaja 6b (vezano za suhu masu)

7.2.7 Rezime kvaliteta goriva

Sadržaj vode je kod svih ulaznih sirovina bio od 41,2 do 51,0 m-%, te stoga u tipičnom okviru za svežu šumsku sečku [7-7]. I sadržaj pepela je bio u očekvanom rasponu za šumske ostatke, pri čemu u studiji slučaja 2 (A = 7,4 m-%, wf) i studiji slučaja 5 (A = 5,3 m-%, wf) vrednosti pored visokog udela iglica i kore, dodatno upućuju na unos mineralnog tla [7-2]. Na isti zaključak navodi i sadržaj silicijuma u ulaznoj sirovini studije slučaja 2 od > 10.000 mg/kg. Usled velikog udela sitne frakcije i maksimalne dužine čestica, nijedna ulazna nije mogla da se

svrsta u klasu čestica prema DIN EN ISO 17225-4. Ni klasifikacija prema specifikacijama A1 do B2 nije bila moguća za ulaznu sirovinu. U delu 1 standarda netretirana drvena sečka je mogla da se svrsta u klase P31, odnosno P45. Kako toplotna vrednost, tako i sastav prema sastojcima, npr. zbir elemenata koji formiraju aerosol, bili su tipični za šumske ostatke [7-2].

Sve primenjene tehnike sušenja (studija slučaja 1, 2, 4 i 6) smanjuju sadržaj vode sveže drvene sečke pouzdano na vrednosti od < 15 m-%. Zavisno od dužine boravka u sušari, gorivo pritom može poprimiti i vrednosti ispod stanja sušenog na vazduhu, npr. 3,8 i 7,1 m-% u studiji slučaja 2 odnosno 4. Pored toga, sadržaj vode usled sušenja, ali i mešanja materijala prilikom prosejavanja goriva može postati homogeniji. Na ovaj način se značajno smanjuju oscilacije u sadržaju vode u odnosu na delom veoma heterogene ulazne sirovine.

Sušenje goriva pomoću prirodnih procesa u skladišnim gomilama dovelo je pak u oba posmatrana slučaja do manjeg efekta sušenja (studija slučaja 3 i 5), pri čemu se usled formiranja slojeva u skladišnim gomilama povećala i heterogenost u sadržaju vode. Ipak su ostvareni sadržaji vode manji od 35 m-%. Pritom se preporučuje pre svega dobra homogenizacija materijala. Iz studija slučaja nije moglo da se garantuje pri kom sadržaju vode je moguće prirodno sušenje. Kontrola sadržaja vode prilikom isporuke se stoga preporučuje. Za ostalo važe opšte preporuke za sušenje gomile iz poglavlja 6.

Prosejavanje je imalo prvenstveno pozitivan efekat na sadržaj pepela, distribuciju veličina čestica i koncentraciju supstanci kritičnih za sagorevanje. Sadržaj pepela je pritom kod prosejane sečke bio za 20% (studija slučaja 5) do 75% (studija slučaja 2) niži u odnosu na ulaznu sirovinu i u svim slučajevima je mogao da se svrsta u kategoriju A3.0 ($\leq 3,0$ m-%), odnosno u nekim slučajevima čak i u kategoriju A1.0 ($\leq 1,0$ m-%) ili A1.5 ($\leq 1,5$ m-%) prema DIN EN ISO 17225-4. Postignuto je i da se supstance koje su kritične za sagorevanje delom značajno

smanje. Dok za ulazne sirovine nije bila moguća kategorizacija prema P-klassi u skladu sa DIN EN ISO 17225-4 (P16S, P31S i P45S) zbog velikog udela sitne frakcije i prekomernih dužina, posle prosejavanja većina proizvoda je mogla da se svrsta u klase P31S ili P45S. Pritom je u svim slučajevima udeo sitne frakcije smanjen na pouzdan način, dok u pojedinačnim slučajevima još uvek nije bila moguća klasifikacija zbog čestica prekomerne dužine. Uzrok može biti i izabrana tehnika prosejavanja, ako se npr. prekomerne dužine ne izbacuju odvojeno kroz sito, ali i podešavanje mašine.

Na pitanje da li prosejavanje treba da se vrši pre ili posle sušenja, ne može jasno da se odgovori. Prosejavanje suve drvene sečke često je dovelo do značajnog smanjenja sitne frakcije i sadržaja pepela. Prosejavanje sveže drvene sečke čije sušenje može da se podrži ako se pre svega pri tehničkim postupcima sušenja u sušaru ubaci manja količina goriva, a ventilacija se olakša zbog veće zapremine pora. U kojoj meri prethodno prosejavanje može da ima pozitivan ili negativan uticaj na prirodno sušenje u skladišnim gomilama (npr. usled manjeg razvoja topline usled smanjenja sitne frakcije naspram bolje ventilacija usled veće zapremine pora), ne može da se zaključi iz aktuelnih saznanja. Konačno, postavlja se i pitanje koji sadržaj vode treba da ima prosejani materijal za predviđenu dalju upotrebu, bilo da se radi o proizvodnji energije, kompostiranju ili prostirkama. Kod sekundarne obrade goriva prosejavanjem i sušenjem, treba paziti da prilikom kretanja i skladištenja goriva ne dođe do unosa mineralnog zemljišta, pa da umesto poboljšanja kvaliteta goriva ne dođe do pogoršanja. Pored dobre obuke zaposlenih, tu je neophodno i korišćenje betoniranih površina i njihovo čišćenje. Specifikacija drvene sečke koja obuhvata sve parametre goriva prema DIN EN ISO 17225-4 za netretirane šumske ostatke nije bila moguća u celini (visok udeo sitne frakcije, često veoma visok sadržaj pepela itd.). Zavisno od tretmana prosejavanjem ili sušenjem, drvena sečka je uprkos veoma heterogenoj ulaznoj



sirovini mogla da se svrsta u kategorije A2 i B1. U slučaju nemoгуće klasifikacije (npr. studija slučaja 4, 5) to je bilo uslovljeno samo klasom čestica koje odstupaju od standarda (nema klasifikacije prema P16S, P31S ili P45S), dok su na drugoj strani svi ostali parametri kvaliteta nakon tretmana ispunili uslove bar za kategoriju B1.

Naročito kod šumskih ostataka pogodna je prerada za proizvodnju kvalitetnog goriva koje može da obezbedi pogon postrojenja sa što manje smetnji, npr. koja uopšte može da se sagori (smanjenje visokog sadržaja vode). U kojoj meri tretman pozitivno utiče na ponašanje malih postrojenja pri emisiji, biće odvojeno predstavljeno u poglavlju 8.

7.2.8 Rezime troškova proizvodnje

U pet od šest studija slučajeva utvrđeni su troškovi prerade drvene sečke različitim tehnikama u preduzećima različitih veličina i struktura. Pri tome su određene stope protoka i troškovi poslovanja primenjenih mašina. To je utvrđeno tokom relativno kratkog radnog angažovanja. Rezultati stoga mogu samo da daju prvi utisak o vrednostima koje se očekuju i nisu adekvatni za konačnu procenu ekonomičnosti različitih tehnika ili koncepta poslovanja.

Sušenje drvene sečke predstavlja značajan faktor u pogledu troškova. Nizak sadržaj vode pak može biti preduslov za pristup tržištu operatera malih postrojenja. Pored toga, suva drvna sečka je znatno stabilnija za skladištenje od sveže, tako da u većim količinama može da se drži i pretovaruje u preduzeću. Prednost povećane toplotne vrednosti u isporučenom stanju kod krajnjih kupaca direktno se koristiti prilikom plasmana u skladu sa količinom energije. Prilikom obračuna prema zapremini ili masi, u cenu mora da se uvrsti investicija u mali sadržaj vode preko kategorizacije cena.

Cenovno najpovoljnije sušenje je prirodno sušenje u gomilama na otvorenom (studija slučaja 5). Za to su međutim neophodne značajne površine za skladištenje. Sadržaj vode prilikom uzimanja iz skladišta znatno je veći u odnosu na vrednosti merene prilikom tehničkog sušenja.

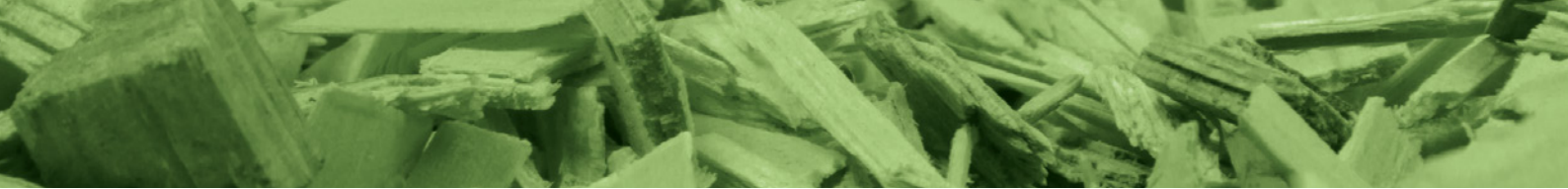
Prilikom tehničkog sušenja potrošnja struje (uglavnom za neophodne ventilatore), pored troškova toplote, ima presudnu ulogu. Kod visokotehnoloških postrojenja sušara velikih dimenzija posao upravljanja postrojenjem nije veliki, uz dugačak period rada postrojenja na godišnjem nivou. Ovde je moguća i kombinacija sa drugim materijalima za sušenje, npr. stočnom hranom, kao u studiji slučaja 6, ukoliko nije moguća dovoljna popunjenost kapaciteta isključivo sušenjem drvene sečke.

Sušenje bi stoga trebalo da se vrši u najoptimalnijoj formi. U studijama slučajeva se pokazalo da je posebno značajno da se na pouzdan način kontroliše ostvarenost željenog sadržaja vode. Znatno manji sadržaj vode smanjuje protok i zato dovodi do bespotrebno uvećanih troškova sušenja, koji ne mogu da se automatski prebace na tržište.

Prosejavanje drvene sečke je moguće uz etablirane tehnike i uz prihvatljive troškove. Integrisanje dalekosežnijih koncepta poslovanja, u kojima se pored drvene sečke prosejavaju i drugi materijali, čini se i ovde primerenim da bi se obezbedila popunjenost kapaciteta mašina. Veliko sito sa velikim kapacitetom (npr. Multistar M proizvođača Komptech u studiji slučaja 2), čiji kapaciteti mogu da se popune samo kroz proizvodnju drvene

sečke visokog kvaliteta, slično kao i kod sušare, nije uvek moguće za regionalne strukture plasmana sa ograničenim razdaljinama za isporuku.

Upravo kod pogona na velikoj površini (npr. u studiji slučaja 5 sa sušenjem gomile) mobilna sita su bila u prednosti, pošto je zahvaljujući njima skraćen put transporta. Stacionarna postrojenja su naročito podesna ako rade povezano sa daljim procesnim koracima, ili ako mogu da se pune direktno iz posuda za transport. Ostali troškovi koji nastaju u svakom preduzeću mogu kod šire postavljenog koncepta poslovanja da se prebace na više proizvoda u većoj količini. Povezivanjem procesnih koraka u velikoj meri se omogućava automatizacija procesa, čime može da se smanji posao. Ovde se kombinuju procesi različite brzine, tako da ono nije svrsishodno u svakom slučaju. Dodatna integracija proizvodnje drvene sečke u postojeće koncepte poslovanja čini se naročito zanimljivom. Dobit od ovog glavnog proizvoda je u studijama slučajeva sa prosejavanjem iznosila između 57 i 89 m-% od ulazne sirovine (u odnosu na suhu masu). Shodno tome je važno da se i za nusproizvode nađe svrsishodna namena. Preduzeća koja su učestvovala u studijama slučaja su se tu opredelila za različite opcije. Udeo sitne frakcije nalazi svoju primenu npr. u vidu prostirke u preduzećima u kojima se uzgajaju životinje ili se prerađuje u pelete. Moguća interna namena na nivou preduzeća je prebacivanje u proizvodnju biogasa ili kompostiranje. Prekomerne dužine mogu da se prodaju kao gorivo kupcima sa većim postrojenjima ili da se vrate u proces iveranja.



POGLAVLJE 8

Ponašanje obrađene drvne sečke
od šumskih ostataka pri emisiji



8 PONAŠANJE OBRADENE DRVNE SEČKE OD ŠUMSKIH OSTATAKA PRI EMISIJI

Sistemi grejanja na drvenu sečku bez smetnji i uz malo emisije snage manje od 100 kW, pored dobre tehnike ložišta i informisanog operatera, zahtevaju i definisan, visok kvalitet goriva. Kvalitet goriva ima značajan uticaj na ponašanje pri sagorevanju i emisije u ložištu. Heterogeni sirovi materijali, kao npr. drvena sečka od svežih šumskih ostataka samo je u ograničenoj meri podesna za direktnu primenu u malim postrojenjima zbog relativno velikog sadržaja pepela i vode, kao i relativno visokog udela sitne frakcije i visokog udela elemenata nepogodnih za sagorevanje (npr. azot, kalijum). Shodno tome, na osnovu sekundarne obrade goriva ostvaruje se mogućnost da se smanji emisija poboljšavanjem kvaliteta materijala prosejavanjem i tehničkim sušenjem. U narednom poglavlju na osnovu eksperimenata sagorevanja u dva moderna postrojenja na drvenu sečku želimo da ukažemo na potencijale poboljšanja kvaliteta drvene sečke da bi se zadovoljili zahtevi Prve uredbe (1. BlmSchV) za sagorevanje uz malo emisije. Ovde su primenjene ulazne sirovine kao i obrađen asortiman drvene sečke iz šest studija predstavljenih u poglavlju 7.

8.1 Izvođenje Eksperimenata sagorevanja

Prvo je u kotlu 1 ispitivan uticaj na ponašanje drvene sečke od ostataka iz pilana pri sagorevanju i emisiji, optimizovan za pogon u punom kapacitetu i pogon sa pola kapaciteta. Potom je drvena sečka od šumskih ostataka u obrađenom i neobrađenom stanju spaljena u optimizovanom ložištu. Dodatno je angažovano i drugo postrojenje radi poređenja (kotao 2). U tom smislu ovi rezultati predstavljaju optimizovan pogon sa punim kapacitetom. Rezultati merenja emisija daju informacije o kvalitetu sagorevanja i o izazovu pri poštovanju graničnih vrednosti emisija u okviru Prve uredbe (1. BlmSchV). U ovom poglavlju će biti predstavljeni primenjeni kotlovi, kao i rezultati eksperimenata sagorevanja i merenja emisija.

Primenjena ložišta

Kotao 1 raspolaže nominalnom toplotnom snagom od 50 kW i podesan je za drvenu sečku, pelet i piljevinu. Gorivo se ubacuje sa strane preko okretno rešetke, koja se u redovnim razmacima čisti od pepela koji se javlja. Gorivo se pali automatski pomoću ventilatora sa vrelim vazduhom. Dovod goriva, kao i primarnog i sekundarnog vazduha, regulisani su nezavisno jedan od drugog (v. tab. 8.1).

Tab. 8.1: Specifikacija kotao 1

Kotao 1	
Princip loženja	Okretna rešetka sa ubacivanjem sa strane
Nominalna toplotna snaga	50 kW
Paljenje	Automatski pomoću ventilatora za paljenje
Dovod goriva	Automatski pomoću transportnog puža
Regulacija ložišta	Regulacija snage i sagorevanja
Kvalitet drvene sečke prema proizvođaču	Sadržaj vode < 31 m-% (podatak proizvođača: sadržaj vlage < 45 m-%), veličina čestica P31S

Kotao 2 raspolaže pokretnom stepenastom rešetkom i dovodom primarnog i sekundarnog vazduha na više nivoa (v. tab. 8.2). Primarni vazduh se preko rešetke dovodi u komoru za izgaranje. Sekundarni vazduh se tangentalno dovodi do gasa sagorevanja u zonu sagorevanja, da bi se ostvarila dobra promešanost i optimalno sagorevanje gasa u sekundarnoj zoni. Gorivo se automatski pali pomoću ventilatora sa vrelim vazduhom na pokretnoj stepenastoj rešetki koja u toku sagorevanja obezbeđuje automatsko čišćenje rešetke, kretanje u sloju goriva i transport pepela. Postrojenje raspolaže elektronskom regulacijom sagorevanja pomoću lambda-sonde. Vreli gasovi sagorevanja se odvođe pomoću usisnog sistema preko transporterera snopa cevi, koji se sam čisti, u dimnjak.

Tab. 8.2: Specifikacija kotao 2

Kotao 2	
Princip loženja	Pokretna stepenasta rešetka
Nominalna toplotna snaga	30 kW
Paljenje	Automatski pomoću ventilatora za paljenje
Dovod goriva	Automatski pomoću transportnog puža
Regulacija ložišta	Regulacija snage i sagorevanja
Kvalitet drvene sečke prema proizvođaču	Sadržaj vode < 30 M-%, veličina čestiva P16B ili P45A (odličan kvalitet) u skladu sa EN14961-4

Eksperiment sagorevanja i merenje emisije

Za eksperiment sagorevanja oba ložišta su integrisana u jednu toplotnu mrežu da bi se omogućio kontinuiran rad postrojenja. Pošto korišćena ložišta prema podacima proizvođača mogu da rade uz male emisije i bez smetnji samo sa drvnom sečkom ispod maksimalnog sadržaja vode od oko 30 m-%, uzorcima drvene sečke od svežih ulaznih sirovina koji po pravilu imaju veći sadržaj vode smanjene su vrednosti pomoću kutija sušara sa niskom temperaturom na vrednosti od oko 30 m-%. Zbog toga sadržaj vode svežeg sirovog materijala u poglavlju 7 ne odgovara sadržaju kod eksperimenata loženja. Po pravilu su eksperimenti sagorevanja izvođeni pri punom kapacitetu u što statičnijim uslovima. Na strani izduvnih gasova kotlovi su priključeni na adekvatnu deonicu merenja, da bi se registrovale sve relevantne merne veličine emisije i parametri postrojenja. Tu je spadala i analiza izduvnih gasova na ugljen-monoksid

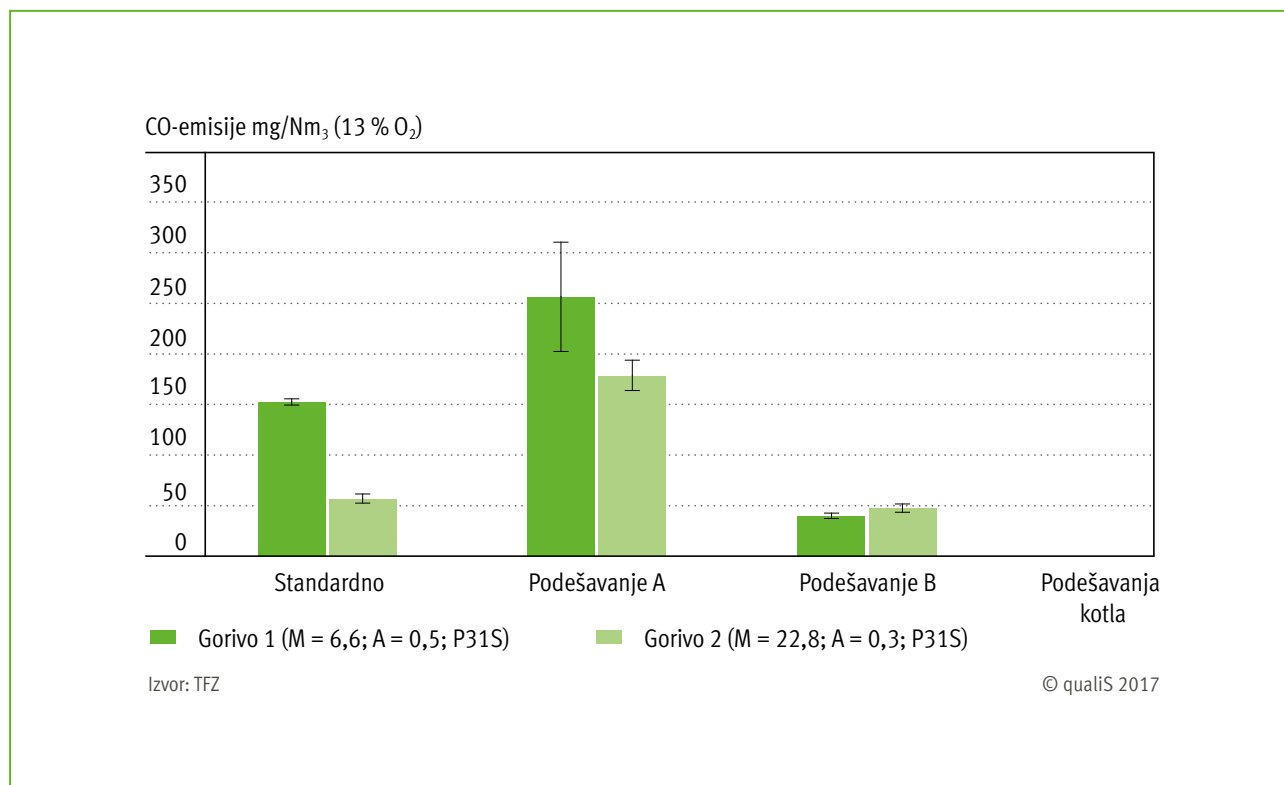
(CO), azotne okside (NO_x) kao i na ukupnu prašinu u skladu sa VDI 2066. Izmerene vrednosti emisije dovedene su u vezu, bez odbitaka na nesigurnost merenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BImSchV), sa obimom izduvnih gasova u redovnom stanju (273 K, 1.013 hPa), nakon odbitka sadržaja vlage i udela kiseonika od 13 vol-%.

8.2 Potencijali za optimizaciju na strani ložišta

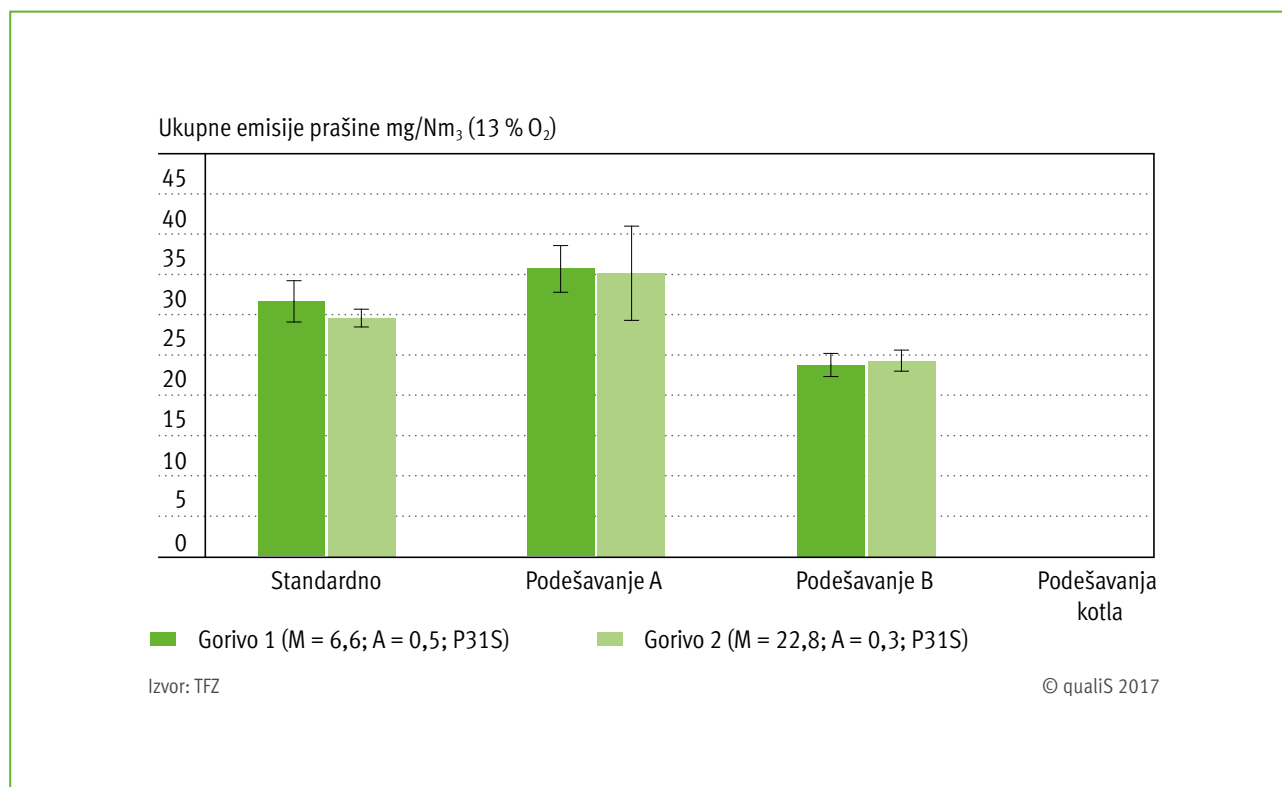
IU okviru komplikovanih prethodnih eksperimenata na kotlu 1, varirana su podešavanja da bi se ostvario pogon uz što manje emisije kako pri punom opterećenju, tako i sa pola kapaciteta. Za to su upotrebljeni ostaci iz pilana sa dva različita nivoa sadržaja vode i sličnim sadržajem pepela. Kao što se vidi na slici 8.1, emisije CO-su npr. mogle da se smanje sa 150 mg/m³ na 40 mg/m³ za gorivo 1. Sa najnepovoljnijim podešavanjem kotla (A) u poređenju sa tim oslobada se oko 250 mg/m³ CO. Za gorivo 2 došlo je samo do neznatnog poboljšanja vrednosti emisija u odnosu na standardna podešavanja kotla u stanju isporuke.

Uticao na ukupne emisije gasova bio je manje izražen za kotao 1 posle optimizacije kotla (v. sliku 8.2). Ipak, ova optimizacija može biti od presudnog značaja i u pogledu povremenih merenja dimnjačara, ukoliko treba da se ispoštuje ukupna prašina u iznosu od 0,02 g/m³.

Ovi rezultati potvrđuju da se kotao na drvenu sečku uvek prilagođava odgovarajućem gorivu da bi se obezbedio pogon sa što manje emisija i smetnji.



Slika 8.1: Srednje vrednosti CO-emisija pri sagorevanju dva goriva sa različitim podešavanjima na kotlu 1 (± standardno odstupanje)



Slika 8.2: Srednje vrednosti ukupnih emisija prašine pri sagorevanju dva goriva sa različitim podešavanjima na kotlu 1 (\pm standardno odstupanje)

8.3 Potencijali za optimizaciju na strani goriva

U ovom delu se pokazuje u kojoj meri sekundarni koraci u obradi drvene sečke od šumskih ostataka pri optimizovanom pogonu ložišta mogu da doprinesu da se ispoštuju granične vrednosti emisije 2. nivoa Prve uredbe (1. BImSchV). Ukupno je u najboljem slučaju uspeo da se ostvari kvalitet nivoa A2 odnosno B1 prema ISO 17225-4, vidi poglavlje 7. Eksperimenti ložišta su izvršeni u uslovima rada pri punom kapacitetu, pri čemu su primenjivana optimizovana podešavanja kotla koja po pravilu nisu menjana.

Emisije CO

Povišene vrednosti ugljen monoksida u izduvnim gasovima postrojenja upućuju na nepotpuno dogorevanje izduvnih gasova i karakteristika su neoptimalnog procesa sagorevanja. U cilju izbegavanja povišenih emisija CO, mogu se izvesti sledeći opšti uslovi pogona:

- dovoljno visoke temperature sagorevanja (> 800 °C),
- dovoljno zadržavanje gasova sagorevanja,
- dovoljno kiseonika iz vazduha kroz primarno i sekundarno ubacivanje vazduha,
- dobra promešanost gasa sagorevanja sa kiseonikom iz vazduha.

Na osnovu prethodne optimizacije kotla može se početi od toga da će se gore navedeni uslovi rada u najvećoj meri ispoštovati, što je potvrđeno stabilnim pogonom u toku eksperimenta.

Takođe, u prostoru ložišta nije primećeno formiranje šljake. U mnogim slučajevima emisija CO je uspevala da se smanji na niži nivo u odnosu na ulaznu sirovinu, ali ne kod svih studija slučajeva. Treba napomenuti da je ulazna sirovina za eksperimente u ložištima stalno sušena na sadržaj vode ispod 30 m-%. U daljem tekstu će prvo biti predstavljeni rezultati za kotao 1 (vidi Sliku 8.3). Za studiju slučaja 1 je usled sušenja i potom prosejavanja ostvareno jasno smanjenje emisije CO sa prosečnih 109 na 68 mg/m³. Kod studije slučaja 2 prvi konačan proizvod (2-E1) je prvo prosejan, a potom sušen, čime je ostvareno smanjenje za 40 %, sa 71 na 42 mg/m³, pri čemu je sadržaj vode za eksperimente sa ložištima za 2-A bio na 34 a za 2-E1 na 4,3 m-%. U odnosu na to evidentirana je neznatno viša emisija CO za drugi krajnji proizvod 2-E2, koji je proizveden sušenjem, a potom prosejavanjem. U studiji slučaja 3 primenjena su dve različite ulazne sirovine koje su dovele do različitih nivoa emisija CO. Dok je sveža drvena sečka samo prosejana, emisija CO je ipak smanjena sa 150 na 84 mg/m³. Druga ulazna sirovina je pre eksperimenta sušena na skladišnoj gomili, pa potom prosejan, što u ovom slučaju nije dovelo do smanjenja vrednosti emisije. Razlog bi mogao da bude i dalje prilično visok sadržaj vode od 39 odnosno 33 m-%, koji nije dozvolio stabilan eksperimentalan rad kotla 1. Sušenje drvene sečke pomoću sušare sa pokretnim dnom iz četvrte studije slučaja uticalo je na smanjenje emisija CO, pošto je i sadržaj pepela i sitne frakcije u ulaznoj sirovini i u krajnjem proizvodu bio na sličnom nivou. Sadržaj vode za eksperimente sagorevanja bio je 28 odnosno 8 m-%. Za lance obrade u studiji slučaja 5 kod

primene u kotlu 1 nije ostvareno smanjenje emisije CO. Nasuprot tome, u poslednjoj studiji slučaja još jednom je ostvareno poboljšanje ponašanja pri emisiji, usled prosejavanja, te stoga i smanjenje sadržaja pepela i sitne frakcije.

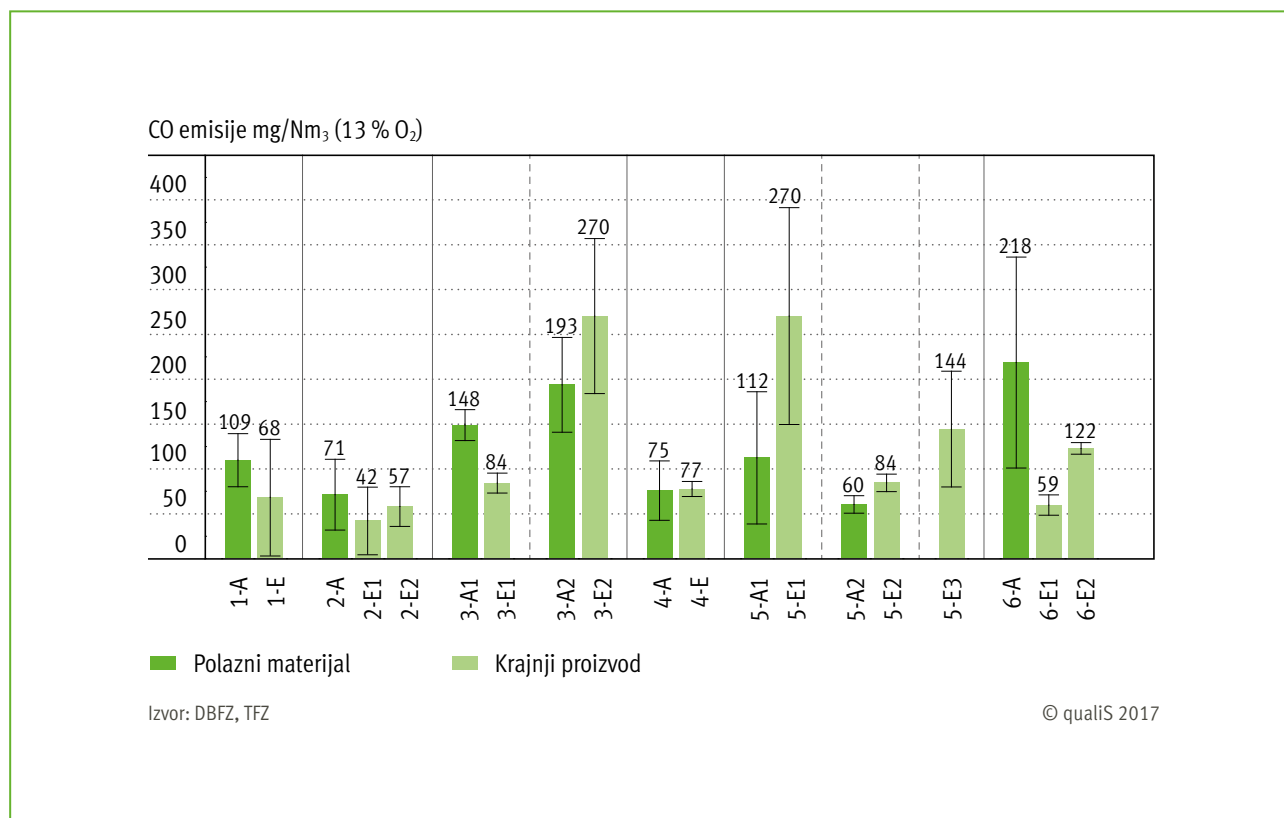
Kod kotla 2 ostvareno je smanjenje emisije CO u jednom slučaju čak do 97 % (vidi prikaz 8.4). Prilikom primene obradene drvene sečke u kotlu 2 ostvarena je prosečna emisija CO od maksimalno 1.270 mg/m³ ili 446 mg/m³ (studija slučaja 3 odnosno 6). Kod drugih eksperimenata sagorevanja izmerene su emisije CO od maksimalno 315 mg/m³. Za razliku od toga emisije CO u kotlu 1 sa maksimalnih 270 mg/m³ bile su znatno niže od emisija u kotlu 2 i konstantno ispod granične vrednosti emisije 2. nivoa Prve uredbe (1. BlmSchV) od 0,40 g/m³.

Povišene emisije u kotlu 2 se objašnjavaju pre svega time što uprkos šaržnoj sušari sadržaj vode ispod 30 m-% nije uvek mogao da bude obezbeđen (v. Poglavlje 8.1.) i što su povišene vrednosti delom značajno premašivale maksimalan sadržaj vode od 30 m-% koji propisuje proizvođač. Poštovanje maksimalnog sadržaja vode u gorivu stoga može biti važan preduslov da se obezbedi pogon postrojenja sa niskim emisijama CO (v. sliku 8.5). Ovaj izraženi uticaj sadržaja vode nije primećen kod kotla 1, iako je i on prema podacima proizvođača namenjen samo za sadržaj vode u gorivu do 31 m-%. On se čini ipak donekle otpornijim na povišen sadržaj vode u gorivu. Pritom je važna i optimizovana distribucija veličine čestica u gorivu koja doprinosi radu postrojenja bez smetnji.

Emisija NO_x

Kod ložišta na biomasi sadržaj azota u gorivu je najvažniji parametar za formiranje azotnih oksida. Nezavisno od principa sagorevanja, više puta je dokazana veza između porasta sadržaja azota u gorivu i rasta emisija NO_x kod potpunog sagorevanja [8-1].

Obrada drvene sečke od šumskih ostataka imala je direktan uticaj na ponašanje pri emisiji NO_x pri sagorevanju goriva u upotrebljenim ložištima. Prilikom pogona kotla 1 evidentirane su srednje emisije NO_x uz upotrebu ulazne sirovine iz studije slučaja 4 od maksimalno 459 mg/m³ (v. sliku 8.6). Za razliku od toga srednja vrednost emisije NO_x u kotlu 2 iznosila je maksimalno 297 mg/m³ za ulaznu sirovinu iz studije slučaja 5 (bez slike). Često je emisija NO_x za kotao 1 bila veća nego za kotao 2. Usled mehaničke obrade i prosejavanja sitne frakcije u većini slučajeva došlo je do smanjenja srednje emisije NO_x do 30,5 % (kotao 1) odnosno 28,7 % (kotao 2), pri čemu su sekundarne mere tretmana goriva u studiji slučaja 6 (kotao 2) odnosno studiji slučaja 2 (kotao 1) pokazale najveći efekat. Pošto u Prvoj uredbi (1. BlmSchV) nisu definisane granične vrednosti za emisije NO_x pri pogonu ložišta, trenutno se za procenu primenjuje aktuelna granična vrednost NO_x Tehničkog uputstva za vazduh od 0,02 g/m³ (vezano za 13 vol-% O₂) za primenu prirodnog drveta u postrojenjima za koje je potrebna dozvola sa toplotnom snagom ložišta od 1 MW naviše. Pokazalo se da može da se ostvari poštovanje ove granične vrednosti emisije NO_x u pojedinačnom



Slika 8.3: Srednje vrednosti emisije CO kod sagorevanja različitih drvnih sečki iz šumskih ostataka iz šest studija slučajeva u kotlu 1 (± standardno odstupanje)

slučaju kroz sekundarni tretman goriva (npr. za kotao 2 prilikom primene krajnjeg proizvoda 6-E1, nema prikaza). Tretman goriva ima smisla pre svega onda kada tehničke mere za sekundarno smanjenje NO_x nisu isplative. Smanjenje emisija NO_x se pritom direktno objašnjava smanjenjem sadržaja azota u gorivu, npr. usled prosejavanja igličastog udela (vidi poglavlje 7).

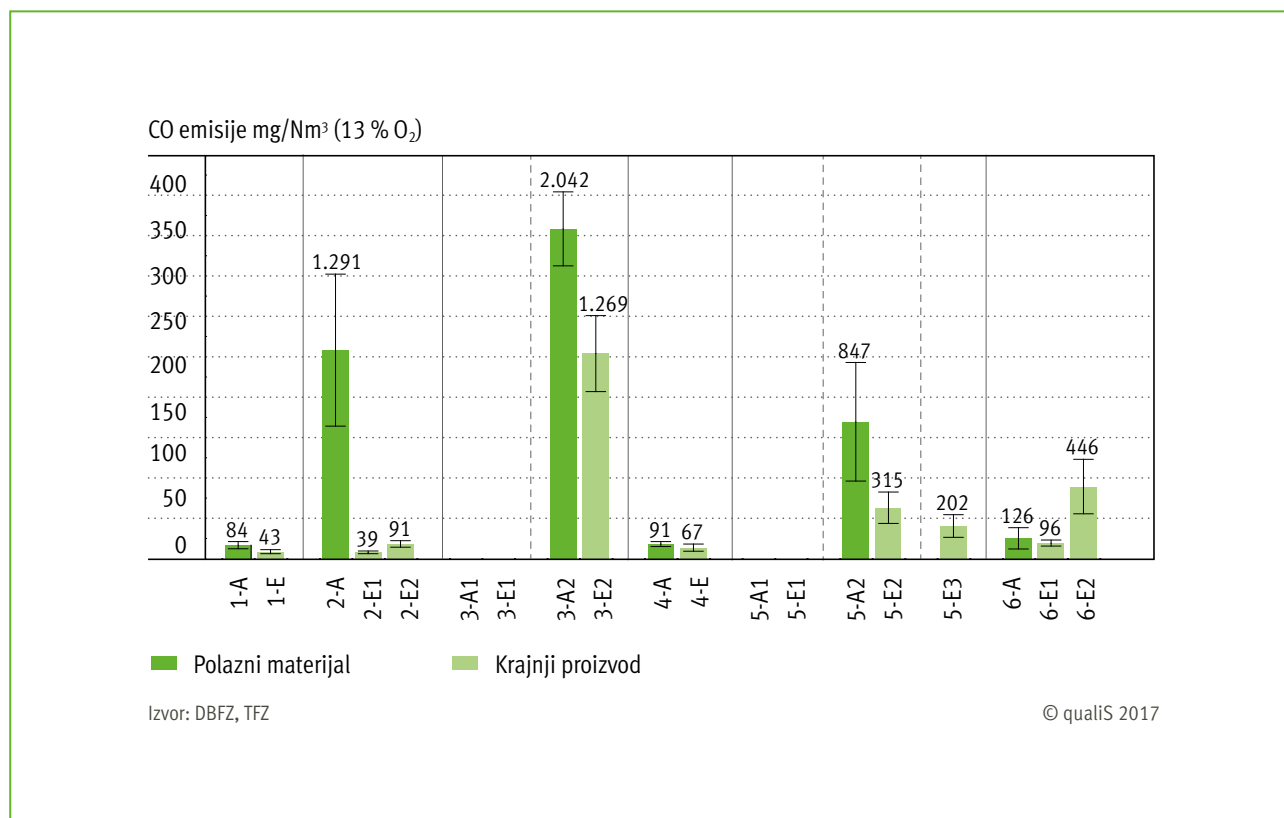
Ukupna emisija prašine

Prilikom sagorevanja drvene sečke dolazi do formiranja i oslobađanja sitnih frakcija prašine. Ove emisije čestica mogu nastati načelno na više načina iz proizvoda prilikom potpunog odnosno nepotpunog sagorevanja [8-2]. Formiranje emisije čestica pri potpunom sagorevanju direktno je povezano sa sastavom goriva. Glavni sastavni elementi emisija čestica koje se formiraju prilikom potpunog sagorevanja su jedinjenja pepela (tzv. aerosoli), koja nastaju isparavanjem (npr. pretežno kalijuma i natrijuma) i kondenzacijom ili novim formiranjem u ložištu kao i veoma volatilni, mineralni delovi pepela koji se usled vazduha sagorevanja povlače iz ložišta.

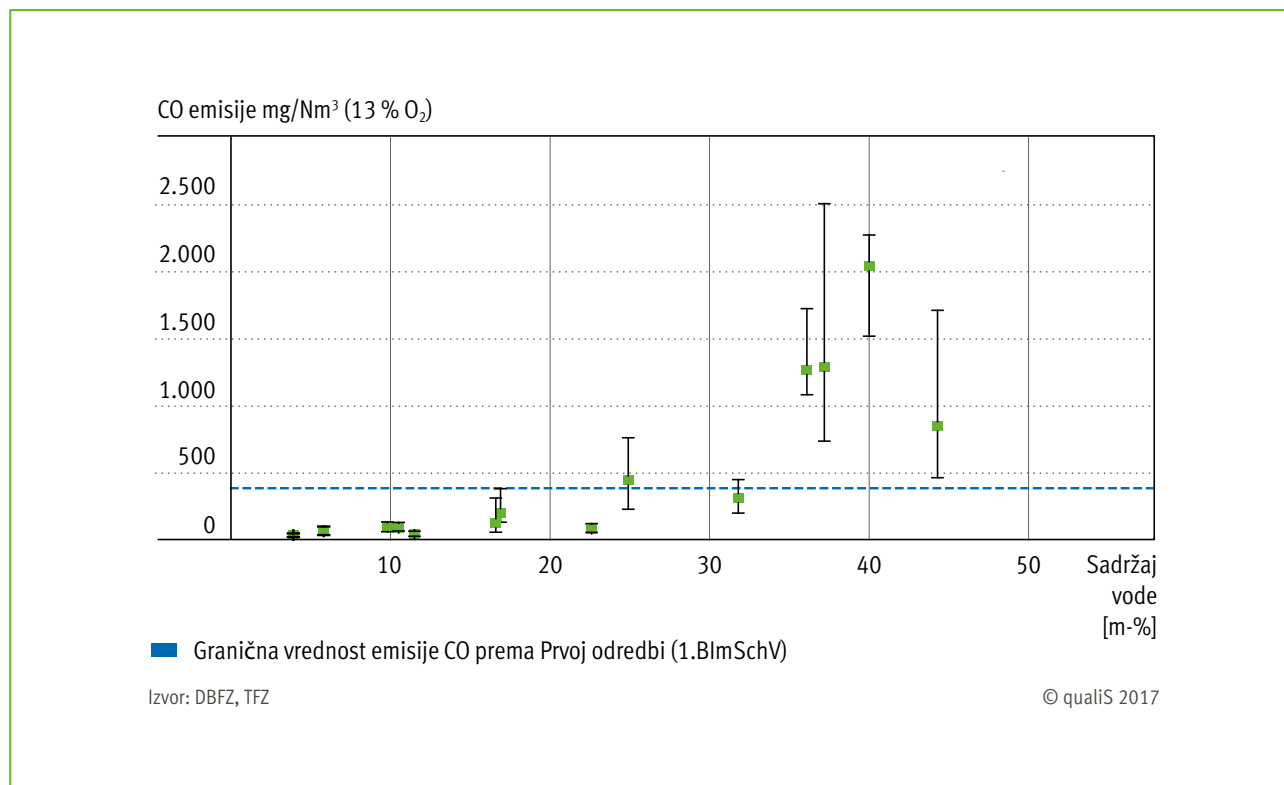
U literaturi poznata korelacija ukupne emisije prašine sa parametrima sastojaka (tj. kalijum, natrijum, hlor, sumpor, olovo i cink) [8-3], [8-4] nije potvrđena prilikom sprovedenih eksperimenata sagorevanja. U suprotnom bi prilikom eksperimenata sagorevanja sa obrađenom drvnom sečkom od šumskih ostataka u odnosu na odgovarajuću ulaznu sirovinu stalno moralo da dolazi do smanjenja emisije ukupne prašine, pošto je uku-

pan zbir tvoraca aerosoli opadao sa svakim korakom obrade (v. odnosnu tabelu u vezi kvaliteta goriva iz pojedinačnih studija slučajeva u poglavlju 7). Poštovanje granične vrednosti emisije za ukupnu prašinu prema Prvoj uredbi (1. BImSchV) od $0,02 \text{ g/m}^3$ ostvareno je samo u studiji slučaja 6 za obrađen krajnji proizvod (6-E1) sa 16 mg/m^3 u kotlu 2. Za sve ostale ulazne sirovine ili obrađene šarže goriva utvrđene su prosečne vrednosti emisije ukupne prašine od najmanje 37 mg/m^3 za kotao 1 odnosno 31 mg/m^3 za kotao 2 (za ulaznu sirovinu studije slučaja 1) (vidi slike 8.7 i 8.8).

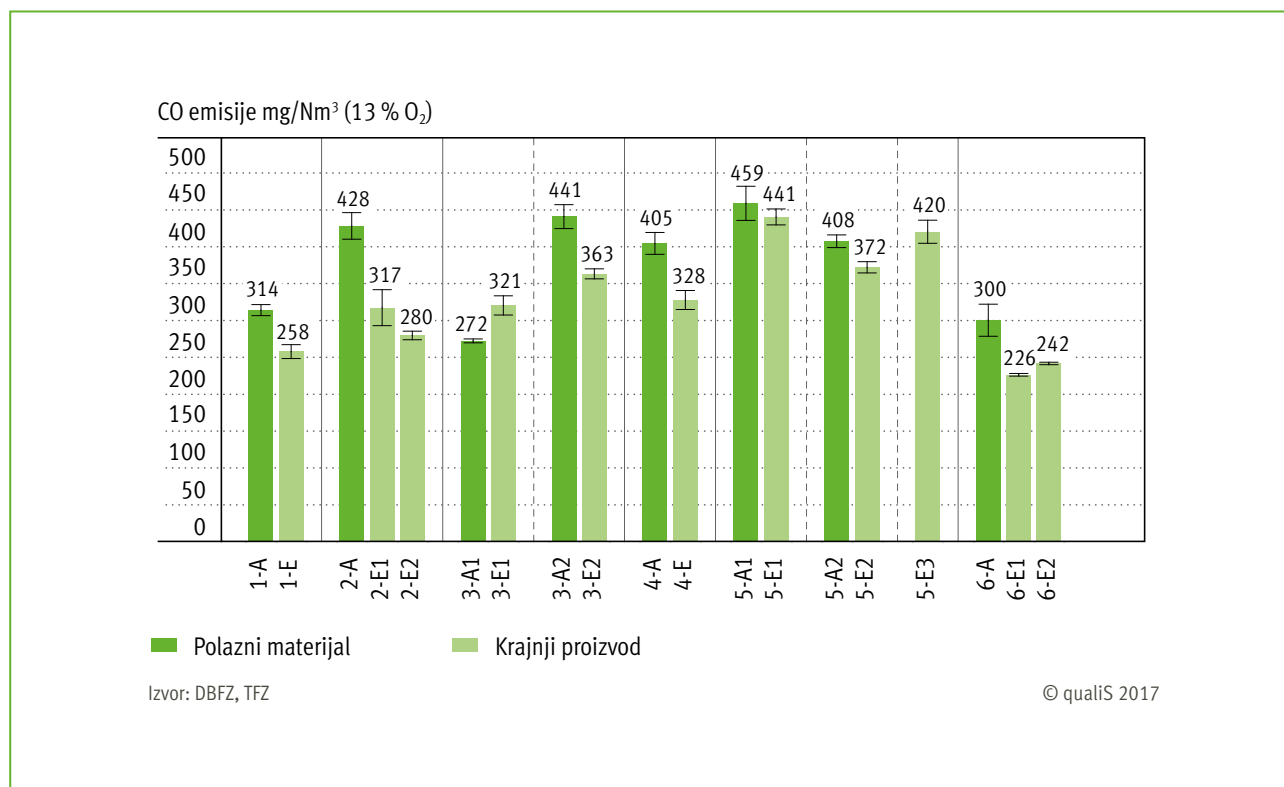
Prilikom primene obrađene drvene sečke iz šumskih ostataka studija slučaja 2 i 6 u odnosu na ulazne sirovine, pokazalo se smanjenje ukupne emisije prašine u oba ložišta. Za razliku od toga nije evidentirano smanjenje emisije ukupne prašine usled sekundarne obrade u studijama slučajeva 1 i 5 za oba ložišta. Suprotni trendovi su primećeni prilikom primene obrađenih goriva iz studija slučaja 3 i 4 u oba ložišta. Da bi se obezbedilo bezbedno poštovanje granične vrednosti za ukupnu prašinu u postrojenjima manje snage, mora da se ispita da li eventualno daljom optimizacijom sekundarne obrade goriva od šumskih ostataka do nivoa klase A1 prema ISO 17225-2 može da se stvori dodatni potencijal za smanjenje emisije. Da li je to dovoljno ili mora da se dodatno instalira separator za prašinu, mora da se razjasni i odluči u konkretnom slučaju. Smanjenje opterećenja izduvnih gasova prašinom koje može da se ostvari sekundarnim tretmanom goriva imalo bi pozitivan uticaj na rad separatora prašine.



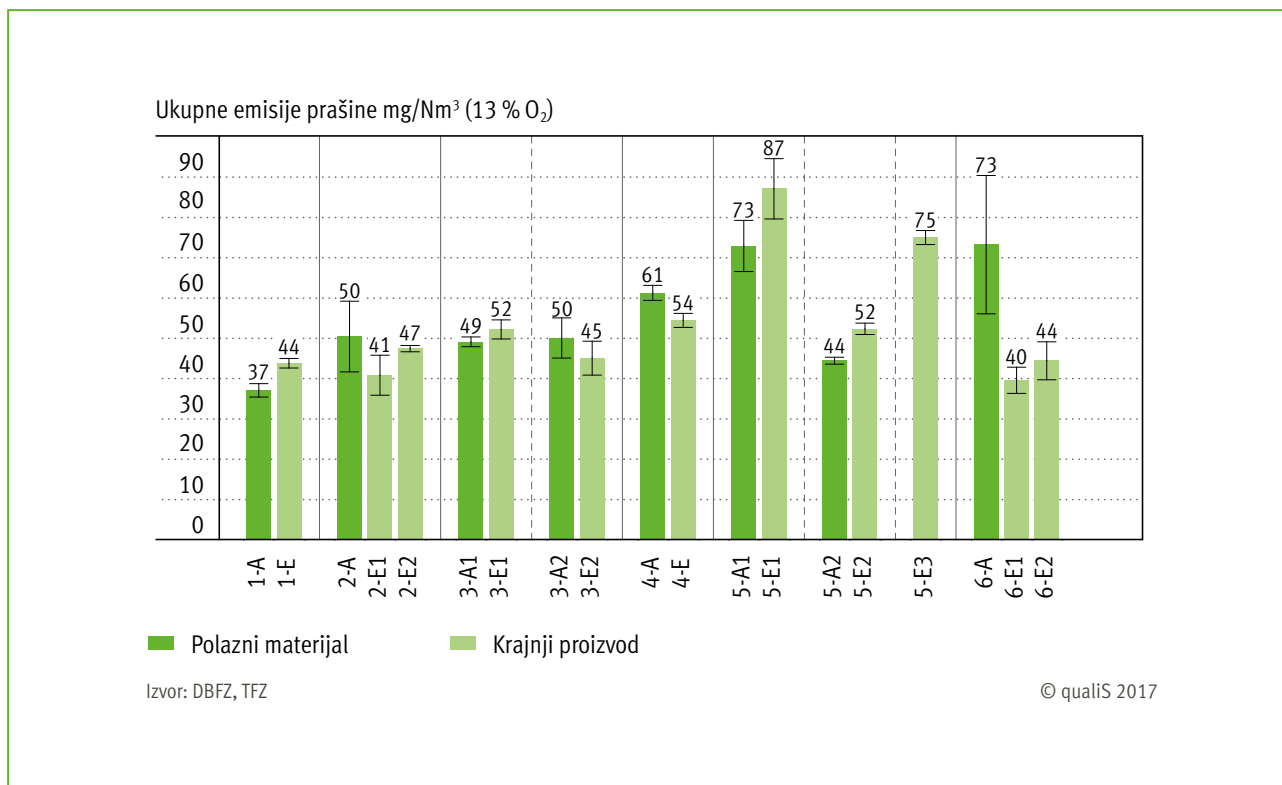
Slika 8.4: Prosečna emisija CO pri sagorevanju različitih sečki od šumskih ostataka iz 6 studija slučajeva u kotlu 2 (\pm standardno odstupanje)



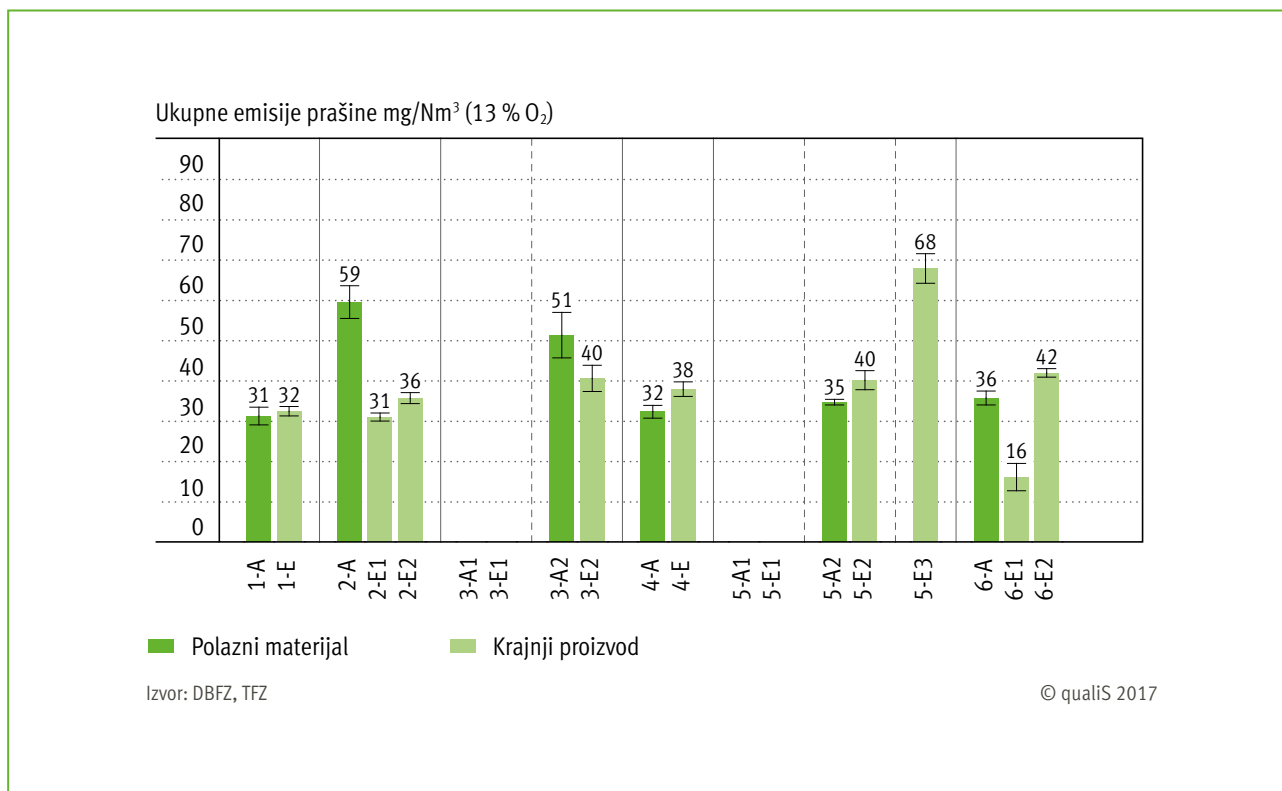
Slika 8.5: Prosečna emisija CO zaviso od prosečnog sadržaja vode pri sagorevanju različitih sečki od šumskih ostataka iz 6 studija slučaja u kotlu 2 (± min/maks.vrednosti)



Slika 8.6: Prosečna emisija NO_x prilikom sagorevanja različitih sečki od šumskih ostataka iz 6 studija slučaja u kotlu 1 (± standardno odstupanje)



Slika 8.7: Prosečna emisija ukupne prašine prilikom sagorevanja različitih sečki od šumskih ostataka iz 6 studija slučajeva u kotlu 1 (± standardno odstupanje)



Slika 8.8: Prosečna emisija ukupne prašine prilikom sagorevanja različitih sečki od šumskih ostataka iz 6 studija slučajeva u kotlu 2 (± standardno odstupanje)

8.4 Rezime i preporuke za korisnike postrojenja na drvenu sečku visokog kvaliteta od šumskih ostataka

Kao gorivo sagorevana je obrađena i neobrađena drvena sečka od šumskih ostataka u ložištu sa obrtnom rešetkom 50 kW i ložištu sa stepenastom rešetkom 30 kW (kotao 1 odnosno kotao 2) i analizirana je u pogledu ponašanja pri emisiji. Na osnovu eksperimenata sagorevanja ustanovljeno je sledeće:

I. Uticaj podešavanja postrojenja ložišta

- Optimalno podešavanje postrojenja može dovesti do značajnog smanjenja vrednosti emisije. Stoga je idealno da se izvrši optimizacija u skladu sa postojećim kvalitetom goriva.

II. Tretman goriva obezbeđuje pogon postrojenja bez smetnji i uglavnom pozitivno utiče na potpuno dogorevanje i za njega povezanu emisiju CO iz ložišta.

- Poštovanje granične vrednosti emisije CO u skladu sa Prvom uredbom (1. BImSchV) od 400 mg/m³ obezbeđeno je izuzev malog broja izuzetaka na osnovu sekundarne obrade goriva.
- Poštovanje maksimalnog sadržaja vode u gorivu koje navodi proizvođač predstavlja važan preduslov da se obezbedi pogon postrojenja sa niskim emisijama CO.

III. Pokazalo se da kroz sekundarni tretman goriva može da se ostvari smanjenje emisija NO_x zavisno od kotla koji se koristi.

- Sekundarna obrada goriva ima smisla pre svega kada tehničke mere za sekundarno smanjenje NO_x nisu isplative ili izvodljive.
- Smanjenje emisija NO_x direktno se objašnjava smanjenjem sadržaja azota, npr. usled smanjenja iglica u gorivu.

IV. Uticaj tretmana goriva na količinu emisije prašine nije do kraja razjašnjen.

- Poštovanje strogih graničnih vrednosti za prašinu (npr. 0,02 g/m³ u skladu sa nivoom 2 Prve uredbe (1. BImSchV)) moguće je kod primene šumskih ostataka posle sekundarnog tretmana prosejavanjem i sušenjem, ali sa primenjenim ložištima ne može uvek da se obezbedi.
- Pritom sekundarni tretman goriva može da podrži dodatne mere za smanjenje emisije prašine (npr. kroz separator prašine, naročito za ložišta u malom domenu snage), ako se smanji opterećenje izduvnog gasa prašinom.

Zbog toga o primeni sekundarnog tretmana goriva drvene sečke od šumskih ostataka mora da se odluči u pojedinačnom slučaju u skladu sa raspoloživim asortimanom drveta i zavisno od raspoložive tehnike sagorevanja.

The background of the entire page is a close-up, high-angle shot of a large pile of light-colored wood chips. The chips are irregular in shape and size, with some showing the natural grain of the wood. The lighting is soft and even, highlighting the texture of the wood. The overall color palette is a range of light to medium greens, which is used as a filter over the wood chip image.

POGLAVLJE 9 | 10

Upravljanje kvalitetom u obezbeđenju drvne sečke

Pojednostavljene metode za samostalnu kontrolu kvaliteta drvne sečke

9 UPRAVLJANJE KVALITETOM U OBEZBEĐENJU DRVNE SEČKE

Za proizvodnju i obezbeđenje drvne sečke uvođenje upravljanja kvalitetom predstavlja svrsishodnu meru za obezbeđenje goriva doslednog kvaliteta. Standard DIN EN 15234-4 o obezbeđenju kvaliteta drvne sečke pritom pruža dobru pomoć u orijentaciji, pomoću nje različiti aspekti mogu da se utvrde i sprovedu. Ovaj standard je takođe uzet kao osnova za preglede mernih i kontrolnih tačaka u lancu snabdevanja predstavljene u ovom poglavlju.

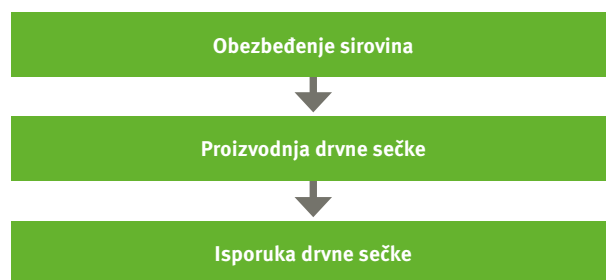
Pored standarda za obezbeđenje kvaliteta drvne sečke, sledeći standardi služe kao osnova za upravljanje kvalitetom u celom procesu proizvodnje:

- DIN EN ISO 17225-1: čvrsta biogoriva – specifikacije i klase goriva – deo 1: opšti zahtevi
- DIN EN ISO 17225-4: čvrsta biogoriva – specifikacije i klase goriva – deo 4: Klasifikacija drvne sečke
- DIN EN 15234-4: čvrsta biogoriva – obezbeđenje kvaliteta goriva – deo 4: drvna sečka za neindustrijsku namenu
- DIN EN 14778: čvrsta biogoriva – uzorkovanje (zamenjen je standardom: DIN EN ISO 18135: čvrsta biogoriva – uzorkovanje)
- DIN EN 14780: čvrsta biogoriva – proizvodnja uzoraka
- DIN EN ISO 17827-1: čvrsta biogoriva – određivanje distribucije veličine čestica za nekomprimirana goriva – deo 1: horizontalni postupak pomoću vibracionih sita sa veličinom rupica od 3,15 mm i više
- DIN EN ISO 18134-2: čvrsta biogoriva – određivanje sadržaja vode – sušenje u peći – deo 2: ukupan sadržaj vode – pojednostavljen postupak

Pošto su mogućnosti za pojedinačnog proizvođača malih šarži goriva ili tzv. proizvođača za sopstvene potrebe ograničene, iako se i u ovim slučajevima postavljaju veliki zahtevi za ravnomernost i dobre karakteristike kvaliteta goriva, u poglavlji koja slede biće opisano koje pojednostavljene mogućnosti proizvođač ili onaj koji proizvodi za sopstvene potrebe može da primeni u obezbeđenju kvaliteta. Posao kod ovih metoda je relativno mali, pošto se postupak odvija po uzoru na navedene standarde, a i dokazana je dovoljna saglasnost sa rezultatima standardnih metoda.

Ovde opisano upravljanje kvalitetom tiče se dve linije u proizvodnji drvne sečke. Na jednoj strani, fokus je na lancu snabdevanja sa obradom. Na njega se uglavnom nailazi kada je logistički posao obrade u srazmernom odnosu sa količinom drvne sečke koja se obrađuje. To se pre svega odnosi na veletrgovce i preprodavce drvne sečke, poput preduzeća za biomasu. Na drugoj strani, lanac snabdevanja bez dodatnih koraka se smatra obradom goriva. Na njega se nailazi kada posao prosejavanja i aktivnog sušenja nije moguć zbog mesta, vremena i utroška. Tipičan primer za to su proizvođači za sopstvene potrebe. Obezbeđenje kvaliteta za snabdevanje drvnom sečkom bez tretmana i za one koji proizvode za sopstvene potrebe razlikuje se u malom broju procesnih koraka od lanca snabdevanja uz obradu.

Snabdevanje drvnom sečkom može načelno da se podeli na tri glavna procesa u skladu sa standardom DIN EN 15234-4 (v. sliku 9.1). Prvi je obezbeđenje ulazne sirovine, na njega se nadovezuje proizvodnja drvne sečke. Poslednji procesni korak je isporuka drvne sečke, koja se kod proizvođača za sopstvene potrebe uglavnom vrši direktno posle iveranja. Kod krajnjeg kupca/proizvođača za sopstvene potrebe potom, ako nije moguće korišćenje otpadne toplote nekog postrojenja na biogas, često sledi samo prirodno sušenje skladištenjem do potrošnje. Koraci obrade poput prosejavanja, aktivnog sušenja ili privremenog skladištenja odvijaju se uglavnom samo kod snabdevača drvnom sečkom sa obradom.



Slika 9.1: Struktura lanca isporuke drvne sečke u skladu sa DIN EN 15234-4

9.1 Koraci u obezbedjenju kvaliteta

Za odgovor na pitanje koji su parametri adekvatni da opišu kvalitet drvene sečke, ispitana je lista parametara koju daje DIN EN ISO 17225-4. Pošto su u ovom priručniku u prvom planu proizvodnja i primena drvene sečke relativno visokog kvaliteta, merodavni su pre svega sledeći parametri:

- sadržaj vode,
- distribucija veličine čestica,
- sadržaj pepela.

Različiti dodatni parametri, poput ponašanja pepela pri topljenju ili sadržaj natrijuma i kalijuma su od značaja pre svega za karakterizaciju lošijih nivoa kvaliteta. Navedeni parametri se po pravilu ispituju u odgovarajuće opremljenim laboratorijama u skladu sa DIN EN ISO 17225-4. Učestalost ispitivanja zavisi od vrste i količine upotrebljene drvene sečke. Navedeni parametri su merodavni i za ispunjavanje odredbi za kvalitet goriva iz Prve uredbe (1. BlmSchV). Pošto postoji direktna veza između parametara koje treba utvrditi i osobina pri sagorevanju i emisija drvene sečke, na osnovu ova tri parametra direktno može da se opiše kvalitet goriva:

Sadržaj vode

Što je suvlja drvena sečka, to je bolje dogorevanje i to su veće temperature sagorevanja u ložišnom prostoru. Posledica je da se očekuju relativno male emisije ugljen monoksida (CO). Pored toga, toplotna vrednost direktno zavisi od saržaja vode, tj. kod opadajućeg sadržaja vode raste energetska eksploatacija. Međutim, ne bi trebalo ići ispod minimalnog sadržaja vode za optimalan pogon koji zavisi od postrojenja. Na navedene parametre može da se utiče pre i u toku proizvodnje drvene sečke, a i prilikom naknadne obrade. Prilikom kontrole kvaliteta u pojedinačnim procesnim koracima, pored standardne analitike mogu se primeniti i pojednostavljeni postupci za određivanje po uzoru na važeće standarde, opisani u ovom priručniku. U daljem tekstu će biti predstavljeni pojedinačni koraci za obezbeđenje kvaliteta. Za te potrebe celokupan procesni lanac je po uzoru na standard DIN EN 15234-4 podeljen na sekcije snabdevanje sirovinama, proizvodnja drvene sečke i skladištenje kod krajnjeg korisnika (v. sliku 9.1 i poglavlje 6).

Veličina čestica

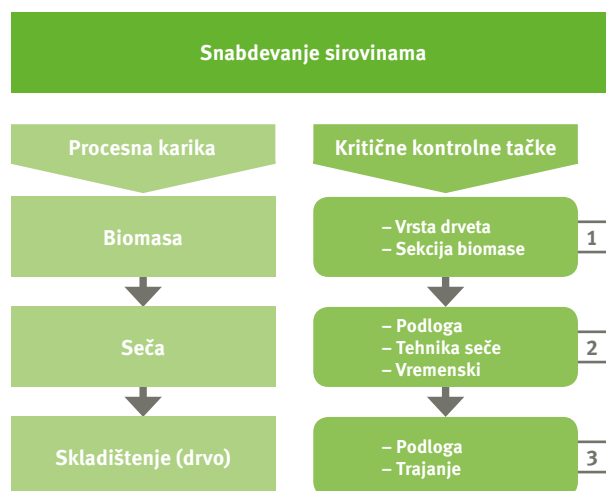
Sa porastom udela sitne frakcije mogu se javiti povećane emisije prašine. To se na jednoj strani objašnjava povećanim udelom mineralnog materijala u sitnoj frakciji, a na drugoj mogućnošću da se sitne čestice u kotlu povuku ka gore usled sagorevanja. Pored toga je moguće da se čestice sa strujom izduvnih gasova pre vremena iznesu iz zone sagorevanja, te stoga ne sagore u potpunosti. Koliki je uticaj sitne frakcije na emisiju prašine, zavisi i od konstrukcije kotla i usmeravanja sagorevanja.

Sadržaj pepela

Pošto čisto drvo od debla ima znatno manji sadržaj pepela od 1 m-%, za sadržaj pepela su primarno odgovorni visok udeo iglica i/ili komadići kore, ili mineralna nečistoća poput peska.

Ovaj udeo se velikim delom nalazi u sitnoj frakciji, tako da ova frakcija značajno utiče na ukupan sadržaj pepela u drvanoj sečki.

Kritične kontrolne tačke i mere koje utiču na kvalitet i metode kontrole objašnjene su u odgovarajućim tabelama. Za snabdevanje drvnom sečkom uz obradu, većina procesnih koraka su identični sa onima bez obrade. Dodatni procesni koraci koji prističu iz obrade su na šemi označeni žuto-narandžastom bojom. Ovde prikazana šema nudi gotovo potpuni pregled svih relevantnih karika u procesu, pri čemu procedura u pojedinačnim koracima i konkretnom slučaju može da odstupa od ove šeme. Navedene mere za obezbeđenje kvaliteta se onda prema smislu prenose na konkretne lance u procesu.



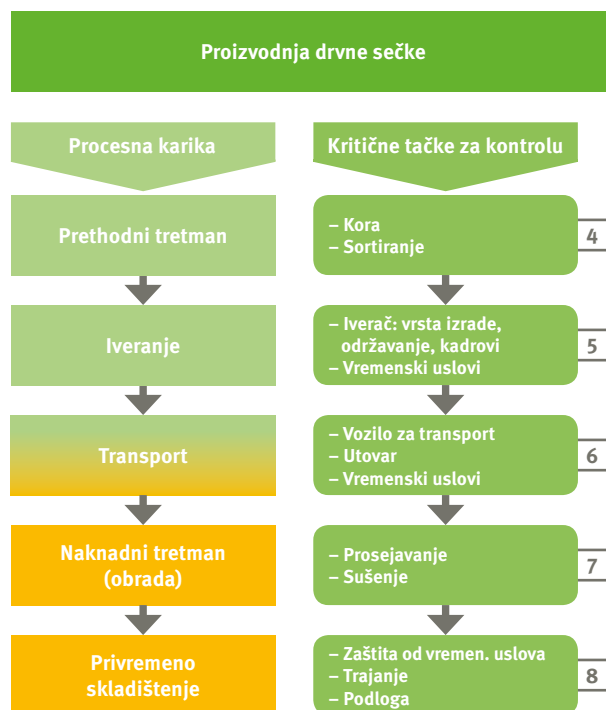
Slika 9.2: Opis procesa za snabdevanje sirovinama (po uzoru na DIN EN 15234-4)

Prva šema (vidi sliku 9.2) pokazuje pojedinačne korake obezbeđenja drveta za dalji tretman u drvenu sečku. Pored opisa procesa snabdevanja, navedene su kritične tačke za kontrolu koje imaju uticaj na kvalitet drvene sečke. U odgovarajućoj tabeli 9.1 je na pojednostavljen način prikazano koji od navedenih koraka u snabdevanju utiče na koju navedenu osobinu goriva.

Određene osobine materijala su već određene njegovim poreklom. Tako se npr. deblo smrče zrele za seču iz šume razlikuje od žetvenog materijala četvorogodišnje brzorastuće plantaže, između ostalog u sadržaju pepela i vode u materijalu zreloom za žetvu. I primenjena metoda seče utiče na kvalitet kasnijeg proizvoda. Tako kod seče novijim harvesterima postoji mogućnost da se udeo kore u pojedinačnom stablu minimizuje pomoću glave za obaranje i skidanje kore. To doprinosi smanjenju udela pepela u kasnijem proizvodu. Posle seče i obrade drveta, nadovezuju se zavisno od sekcije sečenog drveća, procesni koraci transporta drveta. Ukoliko se oborena debbla transportuju u šumi, pri transportu može doći do zaprljanja usled pripajanja supstrata zemljišta, te stoga i do povećanja sadržaja pepela. Prilikom seče postoji mogućnost da se granje odloži u

svežnjevima, da bi se na licu mesta sušilo, a potom iskoristilo u energetske svrhe. Usled sušenja dolazi do gubitka iglica i tankog granja, te stoga do izvesnog gubitka supstance, koji je pak povezan i sa smanjenjem sadržaja pepela. Na drugoj strani postoji opasnost zagađenja materijala. Načelno, kod kasnijeg utovara debela, granja ili drugih sekcija drveta treba paziti da zaprljanje bude minimalno. Zaprljani materijal bi eventualno trebalo da ostane u šumi. Trajanje skladištenja bi moralo da se ograniči na željeni period neophodan za sušenje, da bi se izbegli bespotrebni gubici supstance usled procesa razgradnje. Transport ulazne sirovine na kvalitet goriva se ocenjuje kao mali. Ukoliko potom sledi skladištenje, ima više mogućnosti da se utiče na kvalitet drvine sečke zavisno od vrste i trajanja skladištenja (v. tab. 9.1).

Druga šema (vidi sliku 9.3) predstavlja tok proizvodnje drvine sečke u pojedinačnim procesnim koracima.



Slika 9.3: Opis procesa za proizvodnju drvine sečke (po uzoru na DIN EN 15234-4)

Tab. 9.1: Kontrolne tačke i uticaj na kvalitet drvine sečke (deo 1)

Procesna karika	Kritične tačke za kontrolu	Uticaj na kvalitet drvine sečke
1 Biomasa	Vrsta drveta	<ul style="list-style-type: none"> Slamasta, koja ima sitniju strukturu od debela i visok udeo kore i lišća/iglica, zato ima i veći sadržaj pepela. U odnosu na četinare, upotreba liščara pak može da dovede do povećane emisije prašine.
	Sekcija biomase	<ul style="list-style-type: none"> Sitna struktura biomase krošnje drveća ima veći udeo kore i lišća/iglica i stoga veći sadržaj pepela. Upotrebom debela sa što manjim udelom granja i kore smanjuje se udeo pepela.
2 Seča	Podloga	<ul style="list-style-type: none"> Mokra podloga u vezi sa žitkom zemljom može dovesti do pripajanja minerala na debela (zaprljanja). Smrznuto žitko zemljište umanjuje prilepljivanje.
	Vremenski uslovi	<ul style="list-style-type: none"> Vlažni vremenski uslovi mogu povećati sposobnost vezivanja zemljišta, što dovodi do prilepljivanja za drvo i većeg mineralnog udela u kasnijoj sečki. Ako se drvo seče prilikom padavina, pre iveranja po mogućstvu ostaviti da se prosuši.
	Tehnika seče	<ul style="list-style-type: none"> Kod motorno-manuelne seče usled velikog rasterećenja može se poboljšati kvalitet drvine sečke (smanjenje prekomernih dužina usled poprečnog ubacivanja u iverač). Kod primene mašine za seču sa integrisanom funkcijom uklanjanja granja kora punog drveta delom može direktno na licu mesta da se odstrani pomoću alata koji je podešen na oštar režim (nož za uklanjanje granja), pa se na ovaj način može smanjiti mineralni udeo u biomasi.
3 Skladištenje (drvo)	Podloga	<ul style="list-style-type: none"> Što čvršća podloga smanjuje opasnost nalepljivanja mineralnih slojeva Ukoliko nema čvrste podloge, drvo može alternativno da se iskoristi za podizanje naslagane gomile, a to drvo se onda ne koristi i ostaje na mestu skladištenja. Kod šumskih ostataka se tako najniži sloj ostataka ostavlja u šumi. Prilikom skladištenja na tucaniku, čvrsta podloga takođe može da zaštiti od prilepljivanja za drvo
	Trajanje	<ul style="list-style-type: none"> Tokom skladištenja uz dovoljnu temperaturu i ventilaciju sadržaj vode opada prilikom prirodnog sušenja. Padavine mogu da speru nečistoće Trajanje skladištenja pak ne bi trebalo da bude duže od perioda vegetacije, pošto bi u suprotnom biološka razgradnja mogla da dovede do velikih gubitaka na kvalitetu U pogledu zaštite šume treba obratiti pažnju da skladištenje traje samo toliko da se ne pospešuje nastanjanje odnosno ponovno izletanje šumskih insekata – štetočina.

Ovaj deo proizvodnje drvne sečke se nadovezuje na snabdevanje sirovinama i obuhvata više koraka, koji se primenjuju u procesu proizvodnje.

Ako je neophodno, proizvodnja drvne sečke počinje prethodnim tretmanom primenjene sirovine. To bi npr. moglo da bude uklanjanje kore, što dovodi do minimizacije sadržaja pepela. Potom sledi proces proizvodnje drvne sečke –iveranje (v. i poglavlje 6). Najveći uticaj na proizvedenu drvnu sečku ima primenjena mašinska tehnika, dakle iverač. Već način izrade iverača ima veliki uticaj na kvalitet drvne sečke. Tako puž, točkasti i bubanjski iverači zbog svojih tehničkih mogućnosti stvaraju različite drvne sečke. To se odnosi pre svega na veličinu čestica i homogenost drvne sečke. Pored toga, stanje primenjene mašinske tehnike je merodavno za kvalitet drvne sečke. To je pak neposredno povezano sa sirovinom koja se koristi. Ako su noževi primenjenog iverača dovoljno oštri i ako se redovno održavaju i naknadno oštire, načelno može da se proizvede relativno homogena drvna sečka. Ako pak ulazna sirovina nije čista, noževi iverača postaju tupi i opada kvalitet drvne sečke. Habanje noža pritom zavisi i od podešene dužine iveranja. Što se sitnije seče, noževi se brže habaju.

U praksi se najčešće koriste bubanjski iverač. To su naveli učesnici jedne studije u Bavarskoj [9-1]. Pored toga, koriste se puž i točak/disk iverači. [9-2].

Nakon stvarne proizvodnje drvne sečke, sledi dodatni korak za naknadni tretman (v. i poglavlje 7). Ako se smatra neophodnim, može se izvršiti prosejavanje u cilju odvajanja čestica neželjene veličine i/ili sušenje. Homogenizacija distribucije veličine čestica ima za posledicu da zbog nedostatka relativno velike drvne sečke, u nasipu eventualno nedostaju relativno velike pore. Usled toga se ograničava cirkulacija vazduha koja je nužna za sušenje drvne sečke. Zbog manje cirkulacije vazduha, ras-

te i opasnost pojačanog samozagrevanja. Ovo samozagrevanje je na jednoj strani značajno za sušenje, ali na drugoj strani zbog osnovnih procesa razlaganja dovodi do gubitka supstance. Odvajanjem sitne frakcije, pre svega zelenog udela poput iglica i lišća, smanjuje se opasnost prekomernog samozagrevanja. Usled toga cirkulacija vazduha u nasipu/gomili postoji, pa je moguće brže sušenje. Zavisno od konkretnih uslova u vezi kore, prosejavanje, te stoga i odvajanje razgradive sitne frakcije pre sušenja, predstavlja mogućnost da se isključe opisani rizici.

Kad treba da se izvrši sušenje, valja razmotriti koja vrsta sušenja je iz ekonomskih i praktičnih aspekata najsvrsishodnija. Za smanjenje sadržaja vode u drvnoj sečki postoje dve načelne mogućnosti:

- tehničko sušenje uz dovod toplote,
- prirodno sušenje.

Prednost tehničkog sušenja je što relativno brzo može da se završi, tako da se u optimalnom slučaju za relativno kratko vreme proizvede drvna sečka stabilna za skladištenje. Međutim, i ovde je potrebna stabilna oprema, na primer dobošasta sušara ili sličan ekonomski i ekološki svrsishodan izvor toplote.

Prirodno sušenje predstavlja relativno povoljnu alternativu za tehničko sušenje, ali za njega je potrebno puno prostora. Ovaj vid skladištenja je u odnosu na tehničko sušenje povezan sa velikim rizicima. Kod privremenog skladištenja pre i posle tretmana mogu se javiti sledeći rizici (v. i poglavlje 6):

- gubitak supstance usled bioloških procesa (rizik gubitka),
- rizik samozapaljenja i požara (rizik ugrožavanja),
- rast gljivica i formiranje gljivičnih spora (rizik po zdravlje),
- opterećenje zbog neprijatnih mirisa (rizik po životnu sredinu),
- ponovno vlaženje, odnosno preraspodela sadržaja vode (rizik po kvalitet).

Tab. 9.2: Kontrolne tačke i uticaj na kvalitet drvne sečke (deo 2)

Procesna karika	Kritične tačke za kontrolu	Uticaj na kvalitet drvne sečke
4 Prethodni tretman	Kora	<ul style="list-style-type: none"> • Kora može da se odstrani primenom mašine za uklanjanje kore, glave obarača i skidača kore na mašini za seču-harvesteru ili manuelno.
	Sortiranje	<ul style="list-style-type: none"> • Vršni vozač iverača. Ako se pritom odstrani veoma zaprljano drvo, opada mineralni udeo, time i sadržaj pepela.
5 Iveranje	Način izrade iverača	<ul style="list-style-type: none"> • Za manje osnovne prečnike puž iverači usled načina izrade često mogu da daju bolji kvalitet u odnosu na doboš ili točak/disk iverače (u kontekstu prekomernih dužina), pošto oni imaju sklonost da i ostatke povuku u isečeni materijal. • Prečnik ulaznog valjka je takođe presudan za kvalitet drvne sečke: valjak sa manjim prečnikom može pravolinijski da uvlači materijal i da stoga ostvari bolji kvalitet drvne sečke • Pražnjenje drvne sečke pomoću transportne trake ili ventilatora uz smanjeni pritisak može da smanji naknadno usitnjavanje, a stoga i udeo sitne frakcije. • Pored toga, treba da se podesi i ispravna brzina uvlačenja u odnosu na broj obrtaja agregata za iveranje da bi se dobile željene veličine čestica.

Tab. 9.2: Kontrolne tačke i uticaj na kvalitet drvene sečke (deo 2) NASTAVAK

Procesna karika	Kritične tačke za kontrolu	Uticaj na kvalitet drvene sečke
5 Iveranje	Očekivanja od iverača	<ul style="list-style-type: none"> Samo redovnim oštrenjem, odnosno zamenom noža iverača može da se garantuje visok kvalitet sečenja, te stoga i drvena sečka visokog kvaliteta. Mineralna nečistoća drveta koje se secka može značajno da smanji vek trajanja noža.
	Radnici na iveraču	<ul style="list-style-type: none"> Radnici na iveraču moraju da se obuču, da bi se za proizvodnju drvene sečke koristilo po mogućnosti samo čisto drvo, bez prilepljenih slojeva. Prilikom punjenja iverača mora da se obrati pažnja na konstantno i pravolinijsko uvlačenje materijala do kraja komada drveta. Prepunjavanje iverača može da dovede do zastoja sečke, te stoga i do naknadnog usitnjavanja ponovnim sečenjem. Intervali za očekivano iveranje treba da se poštuju i da se zavisno od uslova prilikom iveranja skrate.
	Vremenski uslovi	<ul style="list-style-type: none"> Ako se seče prilikom padavina, sadržaj vode u drvnj sečki može da poraste. Ako se voda koja se taloži (pa i u vidu leda i snega) obrađuje prilikom sečenja i rapoređuje po materijalu, porašće i udeo vode u drvnj sečki.
6 Transport	Transportno vozilo	<ul style="list-style-type: none"> Prilikom transporta drvene sečke mora da se obrati pažnja da posuda u kojoj se transportuje ne sadrži materije koje predstavljaju faktor smetnje. To na jednoj strani može da spreči povećanje mineralnog udela u sečki, a na drugoj stvara manje smetnji pri grejanju. Čista posuda za transport (prikolica ili kontejner) može da se garantuje najpre ako se isključivo koristi za transport drvene sečke. Ukoliko to nije moguće, posle zamene posuda za transport mora da se dobro prekontroliše i eventualno očisti.
	Utovar (u šumi)	<ul style="list-style-type: none"> Utovar bi ako je moguće trebalo da vrši direktno iverač. (odlaganje u posudu za transport) Ako je neophodno, privremeno skladištenje sečke u šumi, vidi tačku 8. Kod utovara pomoću utovarivača posle privremenog skladištenja u šumi mora da se obrati pažnja da samo čista drvena sečka dospe u materijal, a ne i čestice tla i kamenje.
	Utovar (kod onog ko vrši obradu)	<ul style="list-style-type: none"> Posle privremenog skladištenja drvena sečka se kod pretovara, utovara i istovara homogenizuje, npr. na taj način različit sadržaj vode u sredini gomile i spoljnim slojevima može da se ujednači. Pritom pak treba paziti da se drvena sečka ne utovaruje nepromešana (npr. samo najviši sloj gomile) Kod utovara pomoću utovarivača posle privremenog skladištenja treba obratiti pažnju da u materijal dospe samo neuprljana sečka, a ne i čestice zemlje i kamenje.
	Vremenski uslovi	<ul style="list-style-type: none"> Pri transportu drvene sečke posuda za transport (prikolica ili kontejner) pri lošim vremenskim uslovima mora da se pokrije, tako da drvena sečka ne bude mokra i da se ne pogorša kvalitet drvene sečke.
7 Prerada	Prosejavanje	<ul style="list-style-type: none"> Cilj prosejavanja je smanjenje sitne frakcije i sa njom povezanog mineralnog udela iglica. Pritom se bira takva veličina ušica, da se sitna frakcija i mineralni udeo proseju, ali da se što manje ukloni iz glavne frakcije. Još jedan cilj je prosejavanje prekomernih dužina koje predstavljaju glavni uzrok za smetnje u dovodu goriva u grejnim postrojenjima. Ponašanje pri protoku se takođe poboljšava na osnovu konfekcioniranja. Da li je nakon prosejavanja ostvaren željeni kvalitet ili da li je uopšte neophodno prosejavanje, može da se utvrdi pomoću pojednostavljene metode koja je predstavljena u ovom priručniku.
	Sušenje	<ul style="list-style-type: none"> Pošto je sadržaj vode merodavan za osobine sagorevanja, te stoga i za potencijal emisije drvene sečke, on bi trebalo da bude u što optimalnijem domenu za odnosno ložište Usled (pretežno tehničkog) sušenja kvalitet drvene sečke načelno može da se poboljša Kontrola kvaliteta može da se vrši u skladu sa pojednostavljenim postupkom za određivanje sadržaja vode iz ovog priručnika, i trebalo bi da se sporvede pre postupka sušenja
8 Privremeno skladištenje	Podloga	<ul style="list-style-type: none"> Čvrsta, čista podloga smanjuje opasnost zaprljanja zbog nepostojanja materijala koji predstavljaju smetnju poput kamenja ili sl, poboljšava kvalitet drvene sečke i sprečava rizike ometanja pogona pri grejanju.
	Zaštita od vremenskih uslova	<ul style="list-style-type: none"> Pokrivanje gomile ili skladištenje u hali sprečava vlaženje usled padavina, te tako često omogućava brže sušenje. Pošto se ovo skladištenje uglavnom vrši posle jednog sušenja, preporučuje se skladište zaštićeno od vremenskih uticaja Pored toga, kod niskih spoljnih temperatura može doći od formiranja kondenzacionog sloja
	Trajanje	<ul style="list-style-type: none"> U slučaju dužeg trajanja skladištenja veća vlaga pospešuje procese razgradnje (truljenje) neželjenog zelenog udela (lišća i iglica). Ovaj deo bi potom trebalo da se proseje, eventualno posle ponovnog sušenja, pošto prosejavanje suvog sitnog materijala funkcioniše znatno bolje u odnosu na vlažni materijal. Pošto se kvalitet u pogledu sadržaja vode tokom skladištenja može menjati, on bi s vremena na vreme trebalo da se kontroliše. Za to se može primeniti i pojednostavljena metoda koja je predstavljena u ovom priručniku

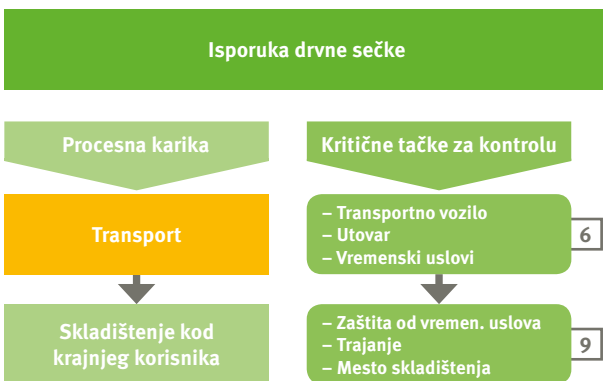
Tab. 9.3: Kontrolne tačke i uticaj na kvalitet drvene sečke (deo 3)

Procesna karika	Kritične tačke za kontrolu	Uticaj na kvalitet drvene sečke
9 Skladištenje kod krajnjeg kupca	Zaštita od vremenskih uslova	• Da bi se garantovao ravnomeran kvalitet drvene sečke u grejnoj sezoni, zaštita od vremenskih uslova bi u ovoj fazi trebalo da bude obavezna.
	Trajanje	• Drvena sečka ne bi trebalo da bude na skladištu duže od godinu dana.
	Mesto skladištenja	• Skladište bi trebalo da bude izvedeno tako da može da se isključi zaprljanje u toku skladištenja ili prilikom punjenja grejnih postrojenja

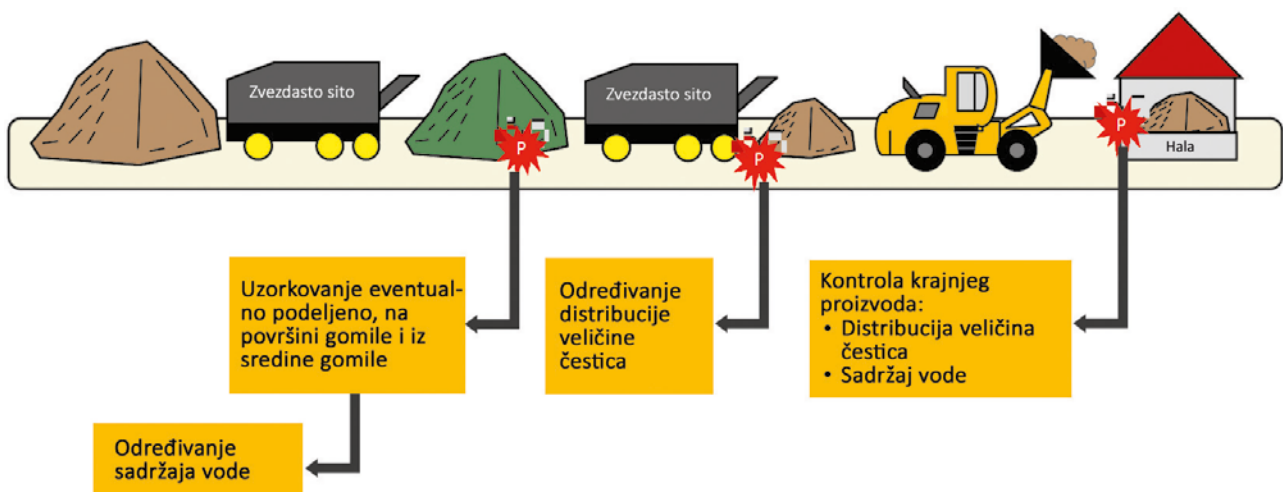
Iscrpne detalje u vezi skladištenja drvene sečke nude Hartmann [9-3] i Bosch et al. [9-4]. Odgovarajuće kritične kontrolne tačke i uticaj na kvalitet pri proizvodnji drvene sečke prikazan je u tabeli (samo u lancima snabdevanja sa preradom procesni koraci su na slikama i u tabelama prikazani žuto-narandžastom bojom).

Treća šema (v. sliku 9.4) sa isporukom (ukoliko odgovara) i skladištenjem drvene sečke kod krajnjeg korisnika predstavlja poslednji korak u snabdevanju drvnom sečkom. Pošto će ponovni transport biti neophodan tek nakon obrade i privremenog skladištenja, kritične kontrolne tačke ove karike u procesu su identične kao kod proizvodnje drvene sečke.

Kod skladištenja drvene sečke kod krajnjeg korisnika takođe se javljaju rizici kao i kod privremenog skladištenja (v. gore). Najvažnije stavke na koje treba obratiti pažnju prilikom transporta su čistoća posude za transport i utovar homogenizovane drvene sečke. Transport zaštićen od vremenskih uslova u slučaju očekivanih padavina takođe utiče na kvalitet. Pritom mora da se pazi da skladištenje ne traje duže od godinu dana i da se izbegavaju nečistoće i vlaga. Dodatne polazne osnove za ispravno skladištenje drvene sečke nudi Bosch et al. [9-3]. Kritične kontrolne tačke i uticaj na kvalitet drvene sečke mogu da se nađu u odgovarajućim tabelama (v. tab. 9.2 i 9.3).



Slika 9.4: Opis procesa za isporuku drvene sečke (po uzoru na DIN EN 15234-4)



Slika 9.5: Tačke uzorkovanja (P) pri obradi (primer)

U tabeli 9.4 navedene su najvažnije kontrolne tačke u vezi sa odgovarajućim merama za obezbeđenje kvaliteta. Uključene pojednostavljene metode za određivanje pritom treba shvatiti kao smislenu dopunu standardnim metodama koje ne mogu da zamene.

Opisane mere za obezbeđenje kvaliteta, naročito kod snabevanja sečkom uz obradu, predstavljaju merodavan preduslov za proizvodnju drvne sečke visokog kvaliteta, pri čemu uzorkovanje i ispitivanje relevantnih parametara na kritičnim tačkama u procesu ima presudnu ulogu. Za primer tretmana drvne sečke na slici 9.5 predstavljene su tri najvažnije tačke za uzorkovanje za optimalno obezbeđenje kvaliteta. Zavisno od individualnog toka procesa prerade i druge kontrolne tačke mogu biti svrsishodne za uzorkovanje. Kod predstavljenog primera prvo uzorkovanje bi trebalo da se izvrši posle, odnosno u toku sušenja. Kroz određivanje sadržaja vode u drvnj sečki na ovaj način mogu da se izvedu zaključci u vezi napretka u sušenju i da se prilagodi proces obrade, tj. u ovom slučaju eventualno promeni trajanje

sušenja. Drugi smisljeni trenutak za uzimanje uzorka je posle konačnog prosejavanja. Naknadnom analizom sastava veličine čestica se na jednoj strani kontroliše da li je smanjenje sitne frakcije u skladu sa zahtevima, a na drugoj da li su prekomerne dužine uspešno odstranjene. Poslednja kontrolna tačka za uzorkovanje i određivanje kvaliteta je skladištenje prerađenog proizvoda posle eventualnog privremenog skladištenja u toku procesa obrade. Kroz kontrolu krajnjeg proizvoda u pogledu sadržaja vode i sastava raznih veličina čestica, sprovodi se odlučujući korak u obezbeđenju kvaliteta proizvoda. Pomoću odgovarajućih analiza i dokumentovanja rezultata, ostvaren kvalitet može da se dokaže i kupcu. U slučaju odstupanja od željenog kvaliteta, ova kontrola omogućava odgovarajuće korekcije, poput npr. naknadnog sušenja da bi se izbegle reklamacije i nezadovoljstvo klijenata. Parametri koje treba ispitati na kontrolnim tačkama u okviru samostalne kontrole mogu da se odrede u skladu sa važećim standardom ili prema pojednostavljenim postupcima opisanim u poglavlju 10. Prilikom uzimanja

Tab. 9.4: Kontrolne tačke i mere obezbeđenja kvaliteta u proizvodnji drvne sečke

Sekcija/deo procesa	Mera optimizacije kvaliteta	Uticaj na kvalitet kroz:	Mera obezbeđenja kvaliteta
Seča sirovine	Izbor adekvatnih vrsta drveća, odnosno asortimana drveta	Minimizacija sadržaja pepela, vode i zelenog udela, povećanje stabilnosti skladištenja kao posledica	Kontrola pre i u toku seče
Proces seče	Izbor adekvatnog postupka seče	Minimizacija sadržaja pepela usled manjeg udela kore, zelenila i smanjenja opasnosti od nečistoća (materije koje su faktor smetnje)	Upućivanje kadrova u način za smanjenje udela kore ili zelenog udela u okviru seče (ako postoje odgovarajuća podešavanja glave za obaranje i skidanje kore na mašini – harvesteru, što više uklanjanja granja motorno-manuelne s, smanjenje udela iglica/lišća kod ponovnog uzimanja granja posle skladištenja)
Skladištenje (drvo)	Slaganje ili odlaganje na što čistiju podlogu, trajanje skladištenja koje nije duže od perioda vegetacije ili u skladu sa šumarskim higijenskim odredbama	Sušenje, minimizacija sadržaja pepela usled malog udela kore, zelenog udela i smanjenja opasnosti od zagađenja (materije koje predstavljaju smetnju)	Izbor adekvatnog mesta za skladištenje, vizuelna kontrola zaprljanja drveta nakon skladištenja
Proizvodnja/ iveranje	Izbor adekvatne tehnike, kontinuirano održavanje, angažovanje adekvatnih kadrova, obuka kadrova	Prilagodavanje veličine čestica, forma čestica sa ravnim ivicama, stabilnost skladišta	Prosejavanje u cilju kontrole distribucije veličine čestica po uzoru na DIN EN ISO 17827-1, tačno praćenje sitne frakcije (v. poglavlje 10)
Transport	Izbor adekvatnih čistih tehnika i kontinuirana provera čistoće, obuka kadrova	Smanjenje opasnosti od nečistoća (materije koje predstavljaju smetnju)	Obezbediti da se koriste samo čiste posude za transport
Tehničko ili prirodno sušenje	Izbor ekonomski prihvatljivog postupka, prirodno sušenje sa pokrivanjem ili bez nje, eventualno pod krovom zavisno od skladišne površine	Smanjenje sadržaja vode, povećanje stabilnosti skladišta, gubitak supstance	Pojednostavljeno određivanje sadržaja vode po uzoru na DIN EN ISO 18134-2 (vidi poglavlje 10)
Prosejavanje	Prosejavanje sitne frakcije i prekomernih dužina	Minimizacija emisije prašine, uticaj na protok	Pojednostavljeno prosejavanje zbog kontrole distribucije veličine čestica po uzoru na DIN EN ISO 17827-1 (vidi poglavlje 10)
Skladištenje (drvne sečke)	Skladištenje na što čistijoj podlozi, suvo skladištenje	Sprečavanje ponovnog vlaženja usled padavina, smanjenje opasnosti od nečistoća (materije koje predstavljaju smetnju)	Pojednostavljeno određivanje sadržaja vode po uzoru na DIN EN ISO 18134-2 (vidi poglavlje 9) pojednostavljeno prosejavanje sa ciljem kontrole distribucije veličine čestica po uzoru na DIN EN ISO 17827-1 (vidi poglavlje 10)

uzoraka takođe može da se postupi u skladu sa standardom DIN EN ISO 18135 ili prema donekle pojednostaljenom postupku opisanom u poglavlju 10.

9.3 Dopunske mere za poboljšanje kvaliteta

Pored mera obezbeđenja kvaliteta u toku procesa obrade i drugi delovi procesnog lanca za snabdevanje drvom sečkom imaju uticaj na kvalitet drvne sečke. Ako se obrati pažnja na odgovarajuće kritične kontrolne tačke pojedinačnih karika u procesu, to može doprineti optimizaciji procesa, odnosno obezbeđenju kvaliteta. Odgovarajuće tabele za pojedinačne lance u procesu daju informacije o parametrima koje treba uzeti u obzir (v. tab. 9.2, 9.3 i 9.4). Dopunske mere za poboljšanje kvaliteta, te stoga i smanjenje emisije pri grejanju, može preduzeti potrošač. On npr. proverom kvaliteta drvne sečke metodama opisanim u poglavlju 10 ubuduće može da kupuje dajući prednost kvalitetu, te da tako načelno poboljša kvalitet drvne sečke u ponudi.

Dodatnu mogućnost za obezbeđenje kvaliteta predstavlja dokumentovanje u smislu upravljanja kvalitetom. Ono pomaže pri pronalaženju uzroka grešaka, npr. to što se nož iverača upadljivo često haba u vezi je sa određenim (zaprljanim) asortimanom drveta. Pored toga, dokaz kvaliteta proizvoda uvek predstavlja prednost ako dođe do konflikta između klijenata ili dobavljača, odnosno preprodavaca.

10 POJEDNOSTAVLJENE METODE ZA SAMOSTALNU KONTROLU KVALITETA DRVNE SEČKE

Primena drvne sečke kao goriva u preduzećima koja prerađuju poljoprivrednu i drugu biomasu nameće se sama po sebi imajući u vidu prirodne okolnosti za povoljno i održivo snabdevanje toplotom kako preduzeća, tako i privatnih poseda. Pre svega, kod proizvođača za sopstvene potrebe i proizvođača drvne sečke kao sporedne delatnosti, obezbeđenje kvaliteta kroz uključivanje eksternih analiza u snabdevanje drvnom sečkom teško može da se sprovede u delo usled uglavnom malih količina i individualno veoma različitih lanaca snabdevanja. Za proizvođače i za trgovce kod tehničke prerade bitno je da sami uvedu kontrolu kvaliteta. U onome što sledi biće predstavljene pojednostavljene metode za obezbeđenje kvaliteta koje služe kao uputstvo za kontrolu kritičnih parametara u pogledu poboljšanja kvaliteta drvne sečke kroz optimizaciju i kontrolu lanaca snabdevanja.



10.1 Pojednostavljene metode kontrole

Da bi se odredile osobine goriva drvne sečke neophodna je kontrola u skladu sa metodikom provere prema DIN EN ISO 17225, deo 1 odnosno 4, koja se po pravilu vrši u laboratoriji koja ima odgovarajuću opremu. Ovaj postupak pak podrazumeva veliki trošak i značajno vreme. Postoje različiti razlozi koji govore u prilog tome da analize kvaliteta drvne sečke treba da se vrše češće nego što je to prema metodici u skladu sa standardom:

- proizvođač za sopstvene potrebe proizvodi samo količine potrebne za sopstvenu potrebu i potrebni su mu podaci o kvalitetu za optimalno usmeravanje kotla i za pogon bez smetnji,
- trgovac želi da ispita kvalitet drvne sečke u periodu između dve eksterne analize, da bi mogao da isporuči ravnomeran kvalitet,
- svako ko drži kotao u okviru kontinuiranog nadzora, svake dve godine dimnjačaru mora da dokaže neophodan kvalitet goriva.

Imajući ovo u vidu, razvijeni su pojednostavljeni postupci pomoću kojih mogu da se analiziraju najvažniji parametri po uzoru na važeće standarde. Ti parametri su:

- distribucija veličina čestica,
- sadržaj vode.

Opisani postupci za kontrolu kvaliteta drvne sečke služe za samokontrolu i ne zamenjuju analize u skladu sa DIN EN ISO 17225-4. Za parametar sadržaja pepela nije razvijen pojednostavljen postupak, jer je za njegovo određivanje neophodna specijalna peć za spaljivanje uzorka do nivoa pepela na 550 °C, kao i precizna vaga. To je laboratorijska oprema i ona se koristi samo u laboratoriji. Ova specijalna oprema, kao i neophodnost stručnog rukovanja, ne dopuštaju da se analize vrše izvan odgovarajuće laboratorije.

U ovom priručniku opisane pojednostavljene metode za određivanje sadržaja vode i distribucije veličine čestica, mogu da se izvrše pomoću detaljnog i opšterazumljivog uputstva i odgovarajuće liste za analizu u excelu. Uputstvo sa formularom, za unošenje rezultata merenja (v. sliku 10.1) i list za analizu u excel-u mogu se naći na: www.qualis-holzenergie.de

Qualitätskontrolle von Holzhackschnitzeln
Vereinfachte Analysen angelehnt an DIN EN ISO 17225-4

HAWK Rekultiviert Ressourcenmanagement Gültigen

Probenbezeichnung	Bearbeiter
	Datum

Manuelle Siebung angelehnt an DIN EN ISO 17827-1

Vorgesehene Partikelgrößen-Klasse:

Sieb (mm)	Massen der Einzelbestimmungen		
	Sieb, leer (g)	Teilprobe 1 (g)	Teilprobe 2 (g)
Gesamtprobe			
Auffangschale			
Sieb 3,15 mm			
Sieb _____ mm ¹⁾			
> 100 mm (Handsortierung)			
Obergrenzen (Handsortierung)			
Längstes Stück (mm)			
Max. Querschnittsfläche (cm ²)			

1) Lochgröße des Siebes gemäß vorgesehener Partikelgrößenklasse eintragen

Wassergehalt (Backofenmethode) angelehnt an DIN EN 18134-2

Wägung	Backblech		
	leer (g)	mit frischer Probe (g)	mit trockener Probe (g)

Bemerkungen

Vereinfachte HHS-Analyse-Formblatt

Slika 10.1: Formular za analizu – pojednostavljen postupak

10.1.1 Uzorkovanje po uzoru na DIN EN ISO 18135 (do sada: DIN EN 14778)

Uzorkovanjem treba da se dobije uzorak drvne sečke koji je reprezentativan za celu šaržu (gomilu, skladište, itd.). Za te potrebe se uzima određen broj pojedinačnih uzoraka sa različitih mesta u šarži i sjedinjuje u ukupan uzorak. Posle mešanja delovi se uzimaju za određivanje sadržaja vode i distribucije veličine čestica.

Pošto je drvna sečka veoma nehomogeno gorivo, uzorkovanje mora da se vrši veoma pažljivo. Važan preduslov za reprezentativan uzorak je optički relativno jedinstvena šarža, npr. bez vidno drugačijih zona sa i bez zelenog udela ili navlažene drvne sečke na površini gomile. U slučaju većih razlika i nehomogenih šarži, uzorci bi trebalo da se uzimaju odvojeno i da se ispituju ili da se šarža pre uzorkovanja homogenizuje mešanjem ili premeštanjem.

Od očigledno ujednačene šarže uzima se određen broj pojedinačnih uzoraka iz materijala u padu, kao i iz gomile. Minimalan broj pojedinačnih uzoraka zavisi od veličine šarže, njena minimalna zapremina zavisi od veličine čestica (v. tab. 10.1 i 10.2).

Tab. 10.1: Broj uzoraka

Broj pojedinačnih uzoraka	
Veličina šarže	Broj uzoraka
$m \leq 10 \text{ t}$	10 (5*)
$10 \text{ t} < m \leq 30 \text{ t}$	11 (5*)
$30 \text{ t} < m \leq 100 \text{ t}$	15 (8*)

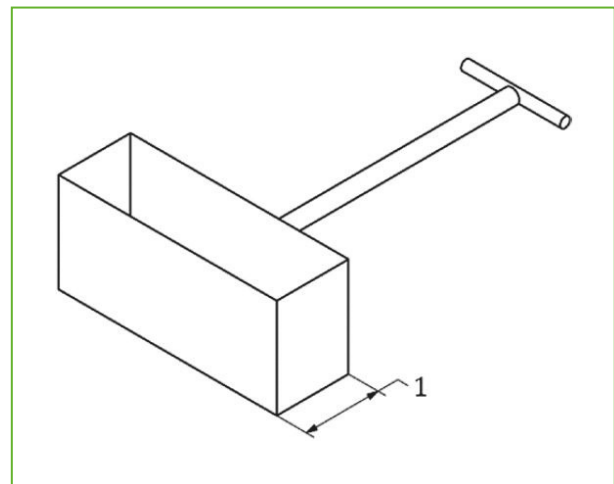
* brojevi u zagradama važe za uzorkovanje iz materijala u padu

Tab. 10.2: Zapremina uzoraka

Zapremina pojedinačnih uzoraka	
Klase veličine čestica	Zapremina uzoraka
P16/P16S	1,5 l
P31/P31S	2,5 l
P45/P45S	3 l

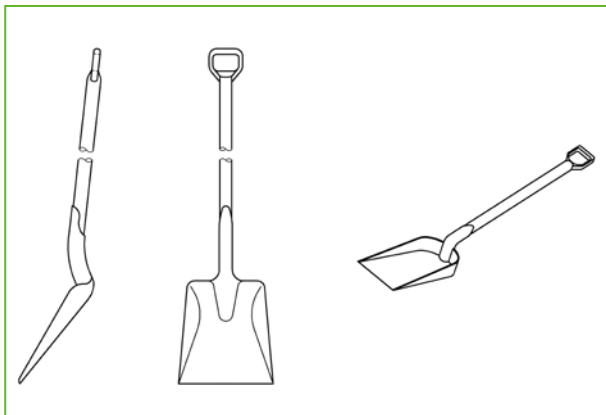
Kod uzorkovanja pažnju treba obratiti na neophodne aspekte zaštite na radu, npr. poštovanje bezbednosne razdaljine prilikom istovara iz kamiona.

Ako postoji mogućnost da se uzorci uzimaju iz materijala u padu, npr. prilikom istovara sa kamiona ili izbacivanja sa pokretne trake, prednost treba dati ovoj mogućnosti. Uzorkovanje bi trebalo da se vrši pre svega pomoću adekvatne kutije za uzorkovanje (v. sliku 10.2). Ako ona nije na raspolaganju, može se upotrebiti i kanta odgovarajuće veličine za uzimanje uzorka iz materijala u padu. Za uzimanje reprezentativnog uzorka iz materijala u padu se u redovnim vremenskim razmacima uzimaju pojedinačni uzorci iste zapremine (broj/zapremina pojedinačnih uzoraka: v. tab. 10.1 i 10.2).



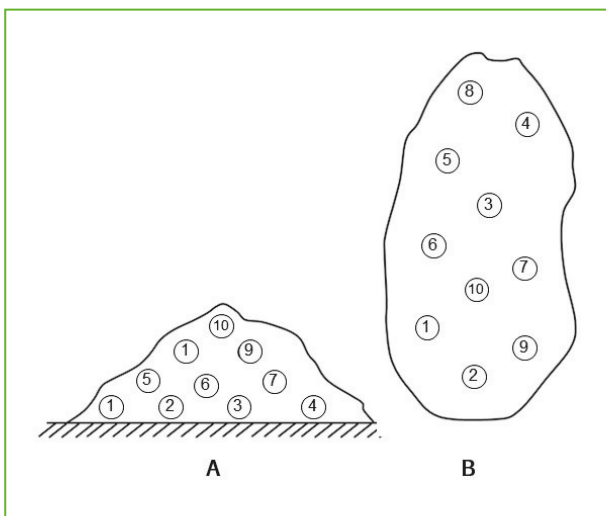
Slika 10.2: Model kutije za uzorkovanje iz materijala u padu (dužina 1: 2,5-puta u odnosu na veličinu čestica glavne frakcije) (uzeto iz [10-1])

Ako ne postoji mogućnost da se uzorak uzme iz materijala u padu, onda moraju da se uzimaju uzorci iz gomile. Za to je neophodna lopata odgovarajuće širine (v. sliku 10.3).



Slika 10.3: Primer lopate za uzorkovanje sa gomila (širina: min. 2,5-puta veća od veličine čestice glavne frakcije) (uzeto iz [10-1])

Kod uzimanja uzorka sa gomile, iz svih delova gomile moraju da se uzmu pojedinačni uzorci, koji se posle sjedinjuju u mešoviti uzorak. Idealna mesta za uzimanje uzorka bi trebalo birati tako da se u obzir uzmu sve oblasti, uključujući i unutrašnjost gomile. Primer distribucije tačaka za uzorkovanje za što ravnomernije uzimanje uzorka iz gomile dat je na slici 10.4.



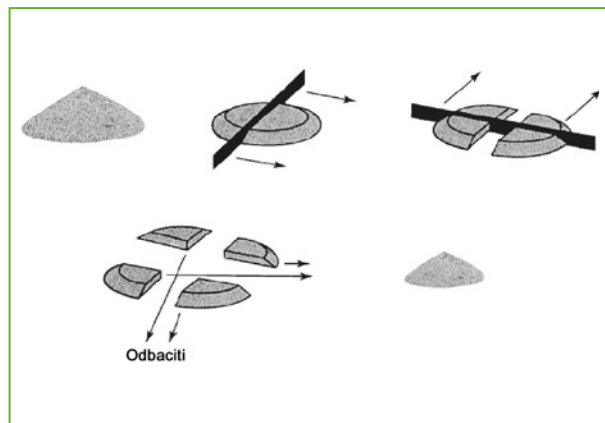
Slika 10.4: Tačke za uzorkovanje na gomili; pogled sa strane (A), odozgo (B)

Važno je i da u uzorak ne uđu nečistoće sa tla. Da bi se došlo do donjih tačaka za uzorkovanje, uglavnom je neophodan utovarivač ili slično pomoćno sredstvo. Maksimalna veličina gomile koja sme da se smatra jednom partijom obuhvata oko 100 t. Veće gomile se dele na delove partija i moraju odvojeno da se ispituju.

Pojedinačni uzorci se potom nasipaju na glatku, čistu i suhu površinu u obliku kupa, pa se onda jednom ili još bolje dva puta pomešaju u novu kupu. Vrh kupa se poravna a kupa podeli na četiri dela, pri čemu se dve naspramne četvrtine odbace, a

preostale dve ponovo pomešaju i napravi se nova kupa (v. sliku 10.5). Po potrebi se postupak ponavlja sve dok se preostalim delom uzorka ne dođe do željene količine (4 l za distribuciju veličine čestica, 1–2 l za određivanje sadržaja vode). Da bi se izbegla promena sadržaja vode prilikom uzorkovanja, treba poštovati sledeća pravila:

- brzo raditi
- privremeno skladištenje pojedinačnih uzoraka do smanjenja uzorka zaštititi od kiše ili isušivanja, npr. skladištenjem u poklopljenim kantama.



Slika 10.5: Koraci za smanjenje zapremine uzorka (uzeto iz [10-2])

10.1.2 Određivanje sadržaja vode

Određivanje sadržaja vode može da se vrši u skladu sa DIN EN ISO 18134-2. Ako za to neophodna sredstva nisu na raspolaganju, za procenu sadržaja vode u drvanoj sečki može da se koristi metoda koja će biti predstavljena u daljem tekstu (metoda pećnice), po uzoru na standard. Za određivanje prema pojednostavljenom postupku potrebni su sledeći materijali:

- pećnica sa funkcijom cirkulacije vazduha (optočna funkcija), prednost se daje standardnoj širini od 60 cm za dobru razmenu vazduha;
- lim za pečenje koji je podesan za rad sa cirkulacijom vazduha;
- termometar min/maks. (otpornost na temperaturu i skala do najmanje 120 °C);
- vaga (sa mogućnošću očitavanja na 0,1 g; kapacitet: najmanje 2 kg);
- oko 300 g drvene sečke.

Za pojednostavljeno određivanje sadržaja vode potrebno je oko 300 g drvene sečke koja se koristi neposredno posle uzorkovanja (vidi poglavlje 10.1.1) ili se do određivanja sadržaja vode pakuje u vakumiranoj formi da bi se sprečilo sušenje uzorka. Pre nego što sušenje može da se odvija u pećnici, prvo mora da se ustanovi ispravno podešavanje temperature za odgovarajuću pećnicu, pošto ono značajno može da odstupa od navedene vrednosti.

Za te potrebe se temperatura peći podesi na 105 °C i zagreje na funkciji cirkularnog vazduha do predviđene temperature. Kad se dostigne podešena željena temperatura, u pećnicu se stavlja termometar. Posle oko 30 minuta pomoću termometra treba da se proverí da li je temperatura ostala ispod 120 °C i da

li je prosečna temperatura bila oko 105 °C. Po potrebi postupak mora da se ponovi uz izmenjeno podešavanje temperature peći, sve dok izmerene temperature ne budu odgovarale željenim temperaturama. Ako su potom poznata individualna podešavanja za pećnicu, sadržaj vode može da se odredi prema pojednostavljenoj metodi. Za te potrebe postupa se u skladu sa sledećim koracima:

1. Prazan, suv i hladan lim za pečenje staviti na vagu i njegovu težinu uneti u obrazac.
2. Nasuti oko 300 g drvene sečke na lim za pečenje, ravnomerno ga raspodeliti i odmah izmeriti. Očitati težinu lima za pečenje sa svežim uzorkom i uneti je u obrazac.
3. Lim za pečenje staviti u hladnu pećnicu, uključiti pećnicu na cirkulaciju vazduha, podesiti regulator temperature na testiranu temperaturu i grejati oko 24 sata. U slučaju veoma svežeg/vlažnog drveta u određenim razmacima više puta otvarati vrata pećnice da bi izašla para (oprez, vrela para!).
4. Posle 24 sata izvaditi lim za pečenje, ostaviti da se ohladi 15 minuta i ponovo izmeriti. Očitati težinu lima sa suvim uzorkom i uneti u obrazac.

Za analizu sadržaja vode pažnju treba obratiti na sledeće bezbednosne napomene:

- sa proizvođačem pećnice treba proveriti da li peć može da radi bez nadzora. Autor ovog uputstva ne preuzima odgovornost za štete nastale npr. pogrešnim funkcionisanjem pećnice;
- obezbediti da temperatura nikad ne bude veća od 120 °C!
- prethodno osušiti drvenu sečku sa vidnim udelom lišća ili iglica na oko 60 °C, u suprotnom postoji opasnost od požara!

10.1.3 Određivanje distribucije veličine čestica i sitne frakcije

Za pojednostavljeno određivanje distribucije veličine čestica vrši se ručno prosejavanje. Ovaj manuelni postupak prosejavanja obuhvata najvažnije kriterijume za klasifikaciju drvene sečke. Da bi ručno prosejavanje ostalo u prihvatljivim granicama, pored sitne frakcije i prekomernih veličina određuje se samo još glavni udeo očekivane klase, a ne kao kod prosejavanja u skladu sa DIN EN ISO 17827-1 otvoreno za sve klase. Po potrebi mora da se izvrši i drugo prosejavanje pomoću izmenjenog sita za glavnu frakciju. Usled kraćeg trajanja prosejavanja (4 min.) i manjeg kretanja pri prosejavanju u odnosu na postupak u skladu sa standardom, može doći do neznatnih manjih nalaza kod sitne frakcije i glavne frakcije (v. poglavlje 10.1.4).

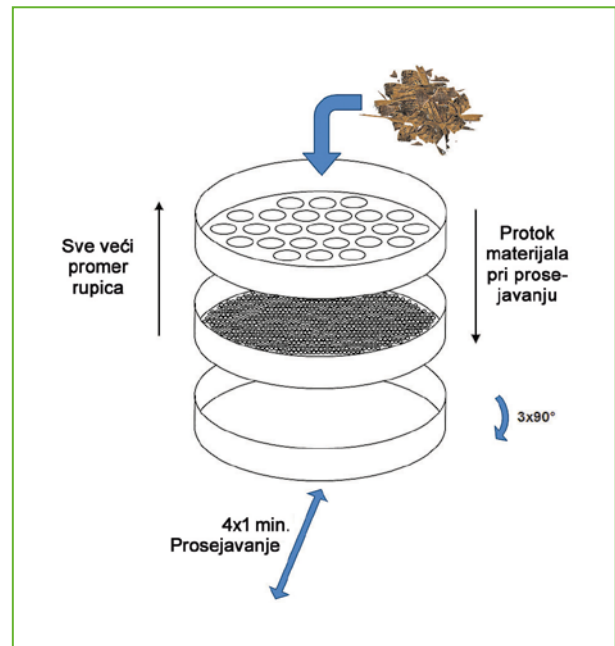
Za distribuciju veličine čestica i određivanje klase veličine čestica po uzoru na standard, potrebni su sledeći materijali:

- 2 l merna posuda;
- vaga (mogućnost očitavanja: 0,1 g, kapacitet: min. 2 kg);
- 2 sita za analizu (Ø: 300 mm; rupica-Ø: 3,15 mm i rupica-Ø glavne frakcije, npr. 16 mm za P16/P16S);
- posuda za prihvat frakcije < 3,15 mm;
- štoperica;
- providan šablon sa modelom cm²-ili lenjir;
- formular i list u excel-u za analizu.

4 l uzorka se širi u većoj posudi (npr. lim za pečenje) i ostavi da se osuši na dobro provetrenom mestu. Po pravilu je uzorak posle 1–3 dana (zavisno od sadržaja vode) dovoljno osušen: čim je

drvena sečka po osećaju suva ili kad se težina uzorka kod drugog merenja u roku od sat vremena razlikuje najviše za 5 g. Prethodno sušenje služi za to da se male čestice ne zalepe za druge i da ne dođe do značajnog gubitka težine usled sušenja u toku prosejavanja. Za kasniju pojednostavljenu podelu drvene sečke na klase veličina čestica, sprovode se sledeći radni koraci:

1. posuda za prihvat, 3,15 mm-sito i sito za glavnu frakciju staviti jedno preko drugog na glatku radnu površinu;
2. za prvi protok ubaciti 2 l uzorka u mernu posudu, izmeriti uzorak (odbiti težinu merne posude) a potom nasuti na gornje sito;
3. sita sa uzorkom protresti 4 puta u minuti. Posle svakog intervala okrenuti sito za četvrtinu, da bi se promenio pravac kretanja čestica (v. sliku 10.6).



Slika 10.6: Pojednostavljeno prosejavanje (po uzoru na DIN EN ISO 17827-1)

4. Gornje sito skinuti sa gomile i u dva sita tražiti sledeće delove, pa postupiti kako je opisano:

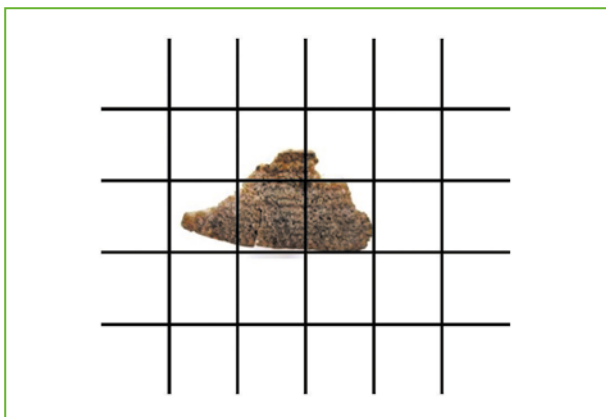
Najduži deo: u obzir uzeti samo delove koji imaju minimalan prečnik od 7 mm; izmeriti dužinu. Ako je kraća od 100 mm pre merenja vratiti u sito iz kog je uzeta.



Slika 10.7: Primer za određivanje dužine drvene sečke. U obzir je uzet samo deo koji ima prečnik najmanje 7 mm. (Dužina drvene sečke iz primera: 57 mm)

Svi delovi preko 100 mm: u obzir uzeti samo delove čiji je prečnik min. 7 mm; izmeriti dužine; izmeriti sakupljene delove i uneti u obrazac kao frakciju „> 100 mm“ (vidi sliku 10.7).

Deo sa najvećom površinom preseka: naći deo sa očigledno najvećom površinom preseka i držati ga tako ispred providnog šablona sa modelom sa cm^2 da bude vidljiva i najmanja površina dela (kod redovnih uzdužnih delova, uspravno u odnosu na šablon). Proceniti veličinu površine prebrojavanjem kvadrata na šablonu (delimične kvadrate zaokružiti, odnosno sabrati; v. sliku 10.8).



Slika 10.8: Primer za određivanje površine preseka nepravilne drvene sečke (površina primera drvene sečke: $2,5 \text{ cm}^2$; dužine ivica kvadrata šablona: 1 cm)

5. Izmeriti prihvatnu posudu i oba sita sa odgovarajućom frakcijom i težine uneti u obrazac.

6. Ponoviti postupak prosejavanja sa drugim uzorkom od 2 l. Sve težine kao i najveću dužinu i najveću površinu poprečnog preseka sa formulara, preneti u list za analizu u excel-u, kao i naziv uzorka, ciljanu veličinu glavne frakcije (odgovara situ sa većom veličinom rupice!), ime kontrolora, datum kontrole i po potrebi napomene. Udeli frakcija, veličina čestica i klasifikacija (po uzoru na DIN EN ISO 17225-4 i -1) automatski se obračunavaju u listu za analizu. Detaljni kriterijumi klasifikacije za manuelnu analizu prosejavanja, kao i razlike u odnosu na klasifikaciju prema DIN EN ISO 17225-4 i DIN EN ISO 17225-1 nalaze se u listu za analizu u excel-u. Za prosejavanje u skladu sa pojednostavljenom metodom na raspolaganju je pored toga

i film sa uputstvom koji se može naći na video.hawk-hhg.de (reč za pretraživanje: drvena sečka) ili preko QR-koda. Odredbe za maksimalan i minimalan udeo odnosno veličine čestica, kao i maksimalne veličine drvene sečke za klase veličina čestica, proističu iz standarda 17225-4 (v. tab. 10.3).



Tab. 10.3: Klase veličine čestica i sitna frakcija u skladu sa DIN EN ISO 17225-1/-4 [10-3],[10-4]

Klasa ^{a)}	Glavna frakcija mm (min. 60 m-%)	Sitna frakcija ^{b)} m-% (≤ 3,15 mm)	Krupna frakcija		
			Krupna frakcija ^{c)} m-% (dužina čestice, mm)	Maks. dužina čestice, mm	Maks. poprečna površina ^{d)} , cm^2
P16S	3,15 mm < P ≤ 16 mm	≤ 15 %	≤ 6 % > 31,5 mm	≤ 45 mm	≤ 2 cm^2
P16	3,15 mm < P ≤ 16 mm	–	≤ 6 % > 31,5 mm	≤ 150 mm	–
P31S	3,15 mm < P ≤ 31,5 mm	≤ 10 %	≤ 6 % > 45 mm	≤ 150 mm	≤ 4 cm^2
P31	3,15 mm < P ≤ 31,5 mm	–	≤ 6 % > 45 mm	≤ 200 mm	–
P45S	3,15 mm < P ≤ 45 mm	≤ 10 %	≤ 10 % > 63 mm	≤ 200 mm	≤ 6 cm^2
P45	3,15 mm < P ≤ 45 mm	–	≤ 10 % > 63 mm	≤ 350 mm	–
P63	3,15 mm < P ≤ 63 mm	–	≤ 10 % > 100 mm	≤ 350 mm	–

Napomene:

P Klasa veličine čestice, u odnosu na česticu koja prolazi kroz kružne otvore na situ zadatih veličina. Mere stvarnih čestica mogu da odstupaju od tih vrednosti, posebno u pogledu dužine.

– nema definicije u standardu.

a) DIN EN ISO 17225-1 navodi još klasa (P100 do P300).

b) Granice za sitnu frakciju su navedene samo u DIN EN ISO 17225-4; prema DIN EN ISO 17225-1 sitna frakcija se odvojeno navodi.

c) Kod ručnog prosejavanja različite frakcije se ne razlikuju između gornje granice glavne frakcije i 100 mm. Kod niže vrednosti u odnosu na granicu navedenu u DIN EN ISO 17225-1 daje se odgovarajuća napomena.

d) Površina preseka se određuje samo za čestice krupne frakcije.

10.1.4 Validacija metoda (poređenje sa analizama i standardima)

Iza razvijanja pojednostavljenih metoda krije se namera da se olakša kontrola parametara koji imaju uticaj u toku procesa snabdevanja, te da se tako poboljša kvalitet drvene sečke. Poređenje rezultata dobijenih pojednostavljenim postupkom sa analizama prema DIN EN ISO 18134-2 (određivanje sadržaja vode) i DIN EN ISO 17827-1 (određivanje distribucije veličine čestica) pokazalo je da za asortimane P16S do P45S, odnosno drvene sečke sa sadržajem vode između 5 i 50 m-%, uz pridržavanje ovde opisanih uputstava za rad mogu da se ispoštuju sledeća maksimalna odstupanja (v. Tab. 10.4):

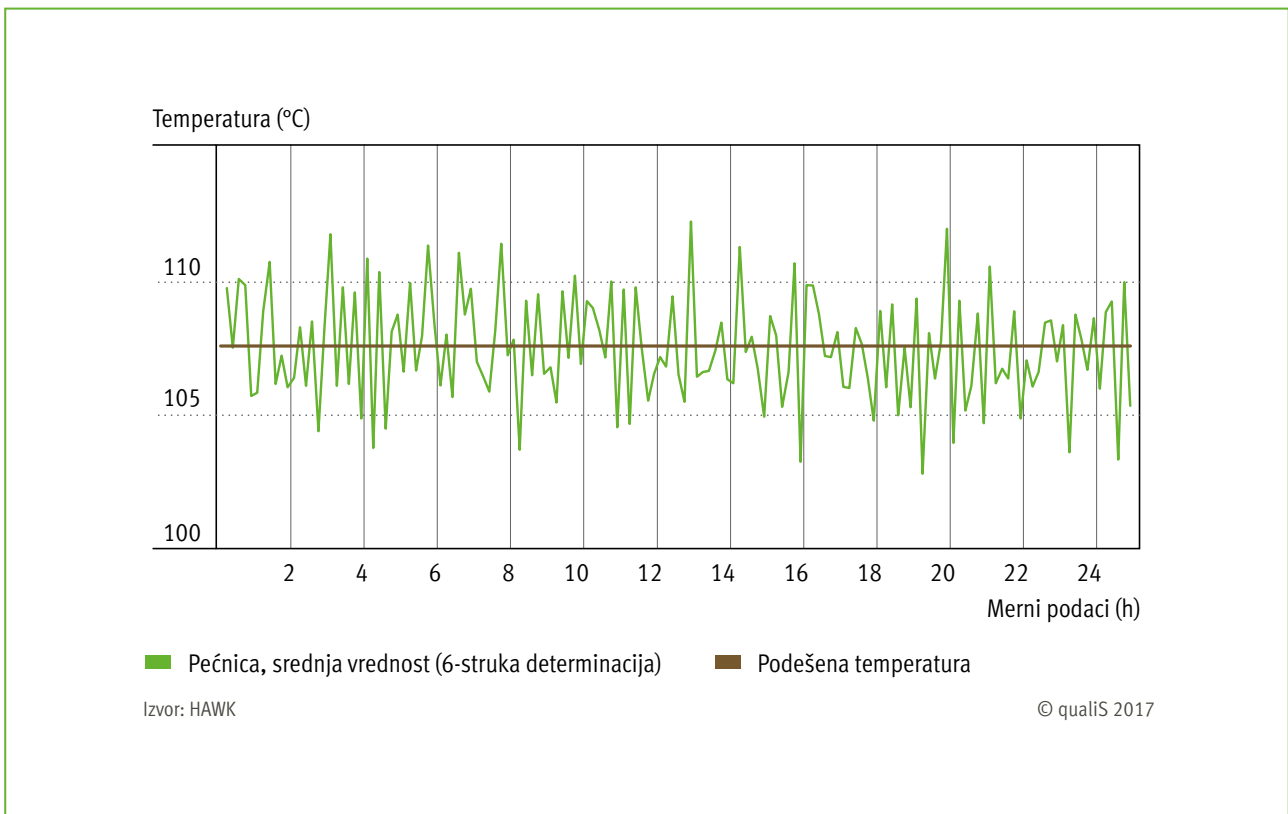
Tab. 10.4: Utvrđena maksimalna odstupanja pojednostavljene metode i odstupanja prema standardu

Klasa parametra	Distr.velič.čestica (relativno odstupanje) %		Klasa parametra	Sadržaj vode (apsolutno odstupanje) m-%
	Sitna frakcija	Glavna frakcija		
P16S manuelno	15	3	M 10	1
P31S manuelno	15	2	M15–M30	3
P45S manuelno	15	2	≥ M35	3,5

Za validaciju pojednostavljenog određivanja sadržaja vode na jednoj strani je kontrolisana postojanost temperature korišćene peći u toku sušenja, a na drugoj sadržaj vode prema pojednostavljenom postupku i prema standardu, pa je izvršeno poređenje. Kod temperaturnih oscilacija koje se javljaju u fazi grejanja kod ispitane peći sa funkcijom cirkularnog vazduha, pokazalo se da je temperatura u periodu ispitivanja varirala između 104 °C i 113 °C, u proseku je pak uspeła da se postigne temperatura iznad 105 °C i ispod 120 °C (v. sliku 10.9). Stabilnost temperature trebalo bi da se odredi pojedinačno za svaku pećnicu pre primene pojednostavljene metode, da bi pri pojednostavljenoj metodi mogli da se odrede tačni rezultati.

Pri poređenju metode pećnice sa metodom prema standardu, pokazalo se da su rezultati dvostrukog određivanja jednog uzorka kod obe metode pokazali slične oscilacije. Utvrđeni sadržaj vode je kod obe metode bio na sličnom nivou, sa prosečnim odstupanjem od 0,1 °C u odnosu na svih 14 ispitanih uzoraka. Na osnovu postojećih rezultata pojednostavljeno određivanje sadržaja vode može da se okarakterise kao adekvatno za procenu sadržaja vode (v. sliku 10.10).

U okviru projekta qualiS nije ispitivan kraći period sušenja od ovde primenjenih 24 sata. Naročito za drvenu sečku sa niskim sadržajem vode moguće je da se na taj način ostvare rezultati sa dovoljnim poklapanjem u vezi sa analizom prema DIN EN ISO 18134-2. Ako treba da se primeni metoda sa kraćim periodima,



Slika 10.9: Histereza upotrebljene peći u periodu od 24 sata rada

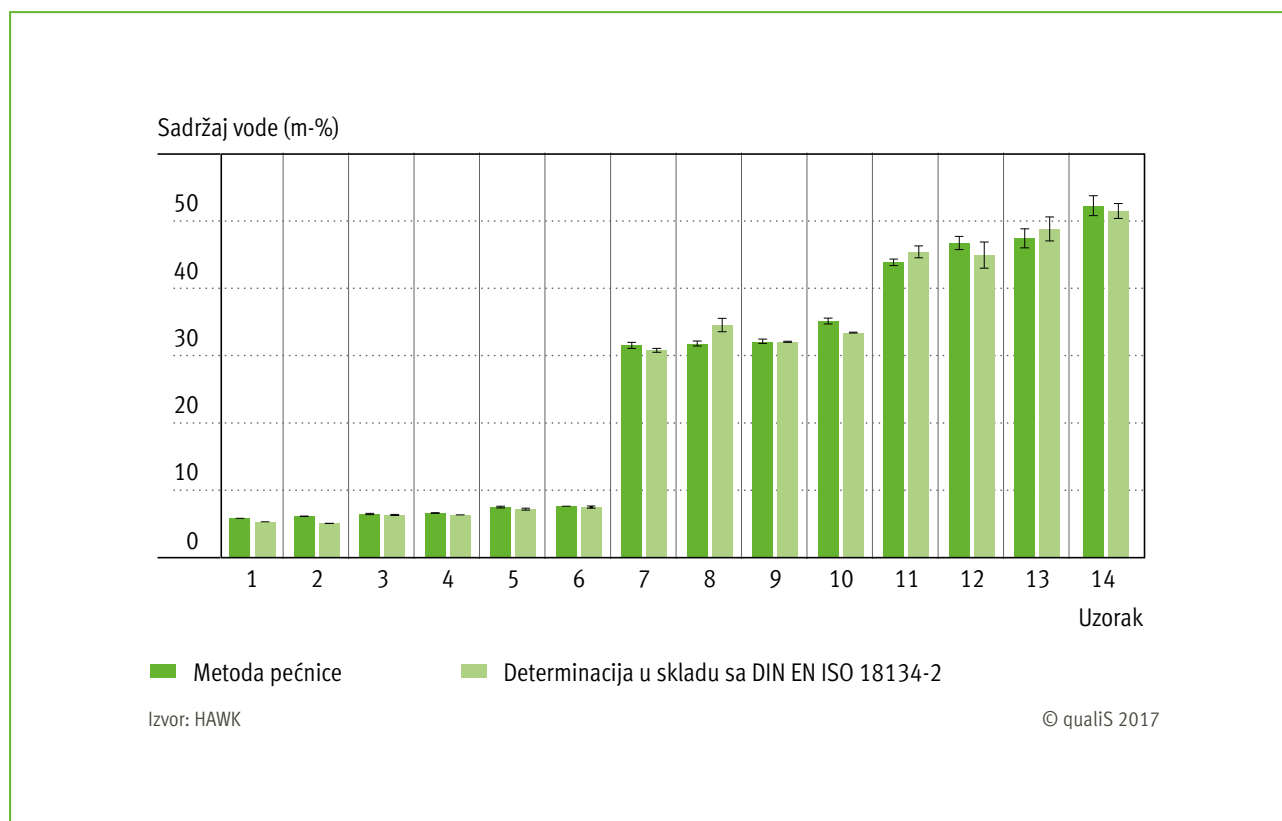
onda bi sadržaj vode trebalo da se odredi u odnosu na gorivo koje se ispituje pri željenom trajanju sušenja. Potom isti uzorak mora da se suši još sat vremena i da se izmeri kako bi se obezbedilo da više nema značajnijeg odstupanja (maks. dodatno 0,2 % gubitak težine).

Prilikom prosejavanja prema pojednostavljenom postupku ne mogu da se pokriju svi kriterijumi standarda, pošto se u odnosu na prekomerne veličine ne vrši podela na sve frakcije koje su neophodne prema standardu (v. tab. 10.3). Pored toga, kod ručnog prosejavanja u pojednostavljenom postupku postoji veća tendencija da se odvajaju manje količine sitne frakcije nego kod automatskog prosejavanja u skladu sa standardom (v. sliku 10.13). Posledica toga je da se sitna frakcija procenjuje kao pre mala za klasifikaciju u skladu sa standardom kod pojednostavljene metode. Imajući ovo u vidu, moguća je relativno precizna procena kvaliteta drvene sečke.

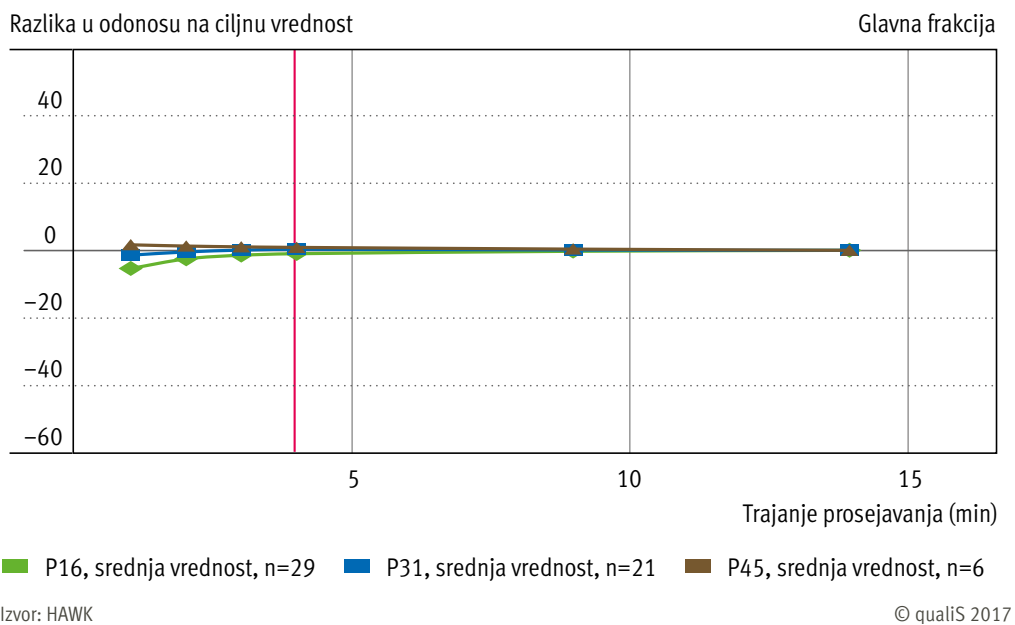
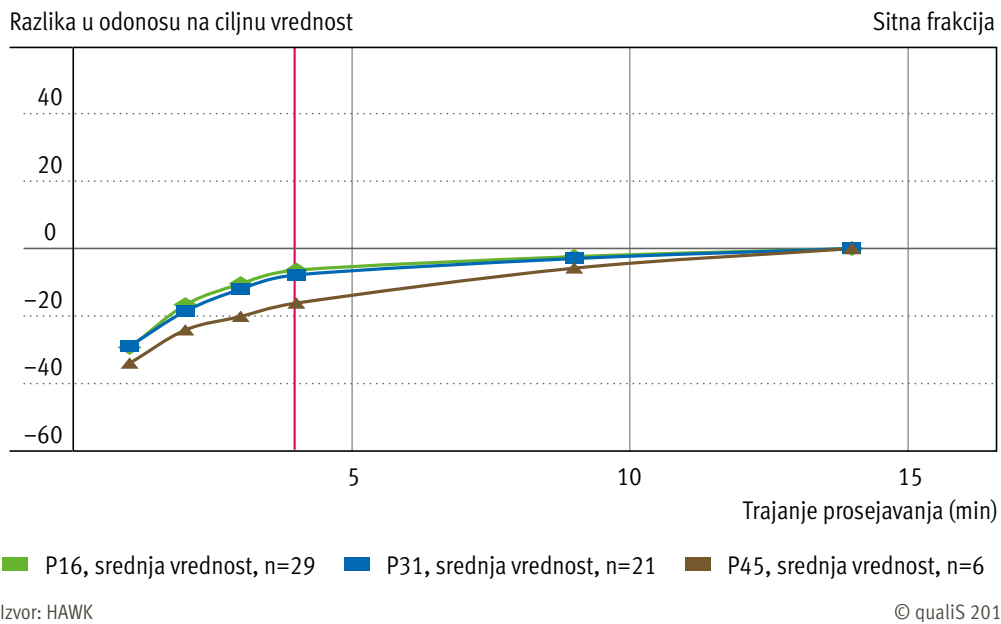
Na slici 10.11 za sitnu i glavnu frakciju je predstavljeno koliko je razlika zavisno od trajanja prosejavanja u odnosu na ciljnu vrednost. Za ciljnu vrednosti uzeta je vrednost posle potpunog prosejavanja prema standardu. Jasno se vidi da naročito kod sitne frakcije vidne promene nastaju u roku od 3 minute, a nakon 4 minute se vide još samo male promene. Na osnovu toga trajanje prosejavanja u pojednostavljenom postupku definisano je na 4 minute.

Proverena je i postojanost metode. Za ovu potrebu uzorak drvene sečke je prosejavalo pet različitih korisnika da bi se proverili subjektivni faktori uticaja (v. sliku 10.12). Pokazalo se da je uticaj korisnika na rezultat klasifikacije zanemarljiv.

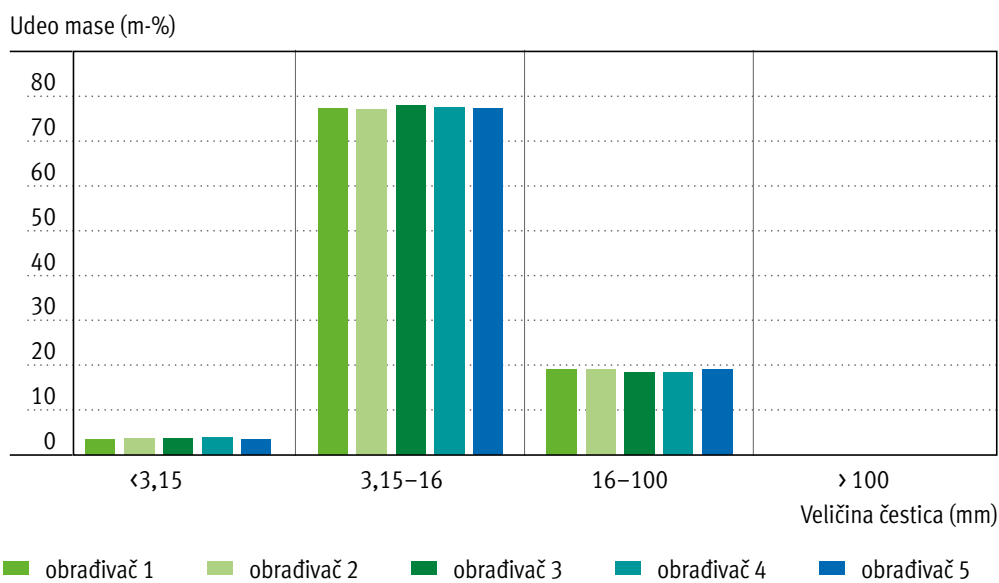
Ako se uporede oblasti oscilacija za određivanje prema standardu i manuelno prosejavanje kod višestrukog određivanja jednog uzorka, kod pojednostavljene i standardne metode dolazi do sličnih oscilacija između pojedinačnih određenja (v. sliku 10.13). Pojednostavljena metoda je dakle podesna npr. za to da se dokaže poboljšanje kvaliteta kroz tretman.



Slika 10.10: Poređenje 14 određenja sadržaja vode (uvek dvostruko određivanje) pomoću metode pećnice

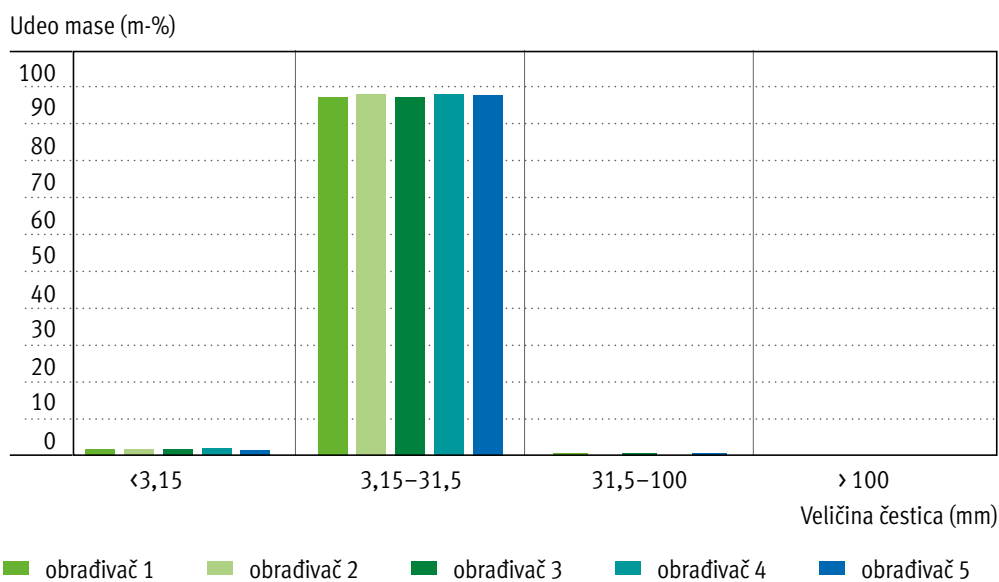


Slika 10.11: Prosejavanje po intervalima: 4 x 1 min. manualno (ciljna vrednost: 2 x 5 min. po situ (DIN EN ISO 17827-1))



Izvor: HAWK

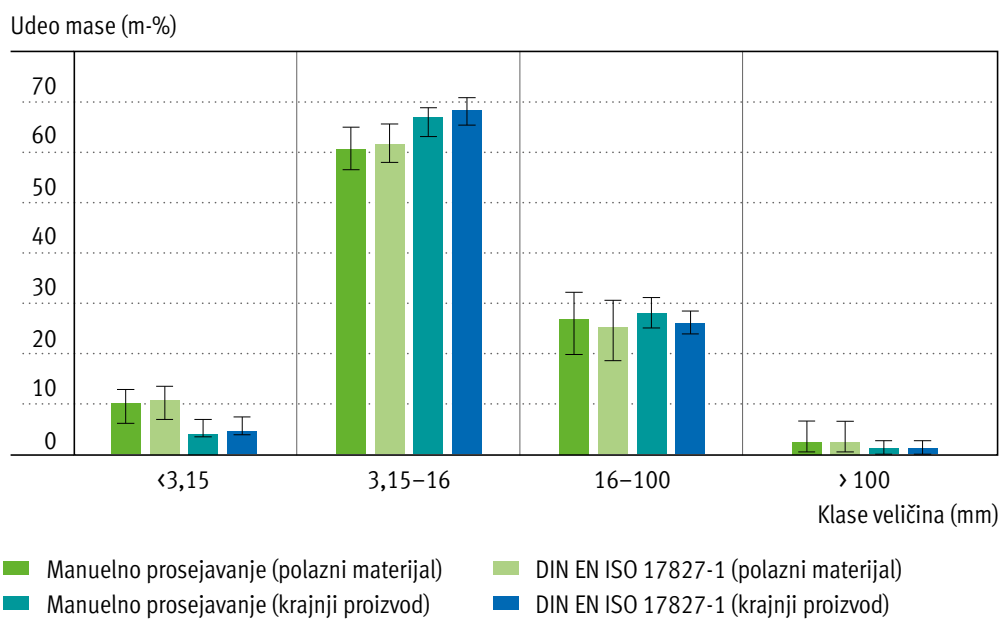
© qualiS 2017



Izvor: HAWK

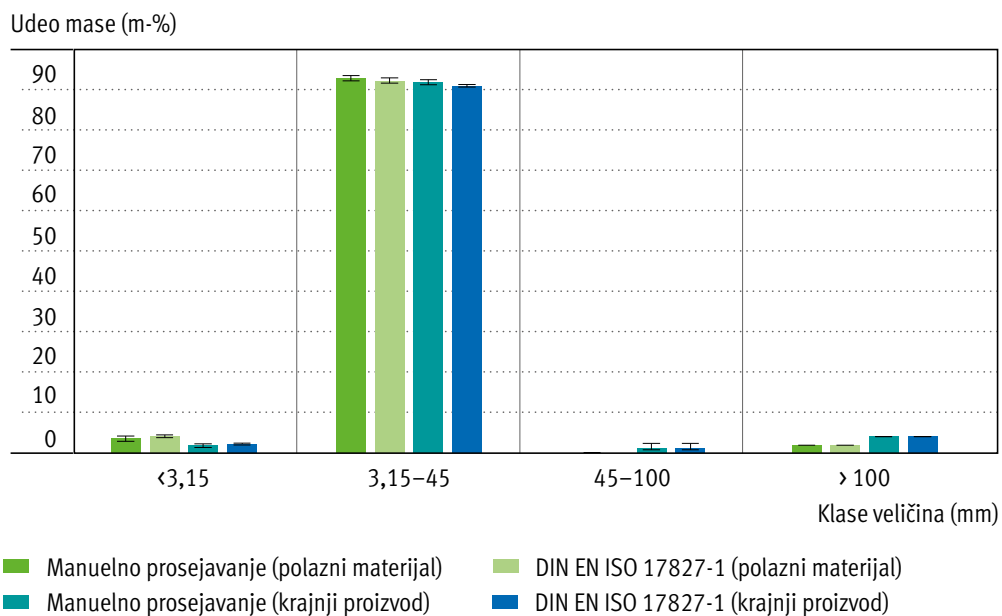
© qualiS 2017

Slika 10.12: Paralelno prosejavanje uzorka drvene sečke prema klasama veličina čestica P16 (gore) i P31 (dole) od strane 5 lica



Izvor: HAWK

© qualiS 2017



Izvor: HAWK

© qualiS 2017

Slika 10.13: Proizvodnja drvne sečke P16- (tretman pomoću doboš-sita) (gore); proizvodnja drvne sečke P45 (G50) (tretman pomoću sušenja gomila, zvezdastog sita, sušenja gomila ispod pokrivke) (ispod)

1 1 REZIME

U zajedničkom projektu koji je finansiralo Savezno ministarstvo prehrane i poljoprivrede preko Specijalizovane agencije za regenerativne sirovine reg. udr. (FNR) „qualiS – Zahtevi za gorivo i upravljanje kvalitetom u proizvodnji drvne sečke kao doprinos smanjenju štetnih emisija i održivosti“, stečena su brojna saznanja o nemačkom tržištu drvne sečke i o proizvodnji i obezbeđivanju kvaliteta drvne sečke visokog kvaliteta za postrojenja u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV).



U delu „Analiza tržišta“ na osnovu rezultata merenja Saveznog udruženja dimnjačara – centralnog strukovnog udruženja (ZIV) do 2011. godine [3-1], kao i dopunskim pretpostavkama za izgradnju dodatnih postrojenja u narednim godinama, u 2015. godini procenjen je broj postrojenja na drvnu sečku snage manje od 1 MW na 44.360 postrojenja. Nominalna toplotna snaga koja iz njih proističe iznosi oko 3.733 MW.

Zahtevi koji se stavljaju pred gorivo visokog kvaliteta i potražnja za takvim gorivom predstavljeni su preko ankete među proizvođačima. U poslovnoj 2015. godini oko trećina anketiranih proizvođača drvne sečke beleži nove klijente sa višim zahtevima za kvalitetom drvne sečke. Ova potražnja bi ubuduće prema rečima proizvođača mogla da raste.

Na osnovu podataka o postojećim postrojenjima i odgovarajućim ukupnim nominalnim snagama, kao i na osnovu dodatnih pretpostavki o načinu funkcionisanja postrojenja na drvnu sečku i ankete među proizvođačima, ustanovljena je potrošnja goriva specifično za ovu klasu snage u iznosu od oko 2,37 miliona tona suve materije (atro), koje se u vidu drvne sečke koristi u energetske svrhe u postrojenjima u skladu sa Prvom uredbom (1. BlmSchV).

Visok kvalitet goriva može da se ostvari pažljivom proizvodnjom drvne sečke u celom procesnom lancu. Pomoću mera za sekundarni tretman goriva, npr. prosejavanja i/ili sušenja, dodatno može da se smanji sadržaj vode, pepela, sitne frakcije i sadržaj materija kritičnih za sagorevanje, tako da čak i sa nehomogenom i možda zaprljanom ulaznom sirovinom, kao npr. drvnom sečkom od šumskih ostataka, nakon odgovarajuće obrade može da se dostigne nivo specifikacije A2 i B1 u skladu sa DIN EN ISO 17225-4. Dodatni koraci u obradi su međutim povezani i sa troškovima. Visina troškova u suštini zavisi od primenjene tehnike obrade i nivoaprotoka. Viši kvalitet goriva može dovesti i do viših cena u prodaji, tako da proizvodnja drvne sečke viso-



kog kvaliteta može biti svakako i ekonomična. Ipak, preporučuje se da se ekonomičnost poveća kroz nove namene prosejanog materijala (prekomerna dužine i sitna frakcija).

Tretman goriva može da ima pozitivan uticaj na ponašanje ložišta pri emisiji. Pored toga, on istovremeno obezbeđuje rad postrojenja uz malo smetnji. Pod uslovima eksperimenata u ložištima u okviru projekta koji su izvedeni bez sekundarnih mera za smanjenje emisije, ispoštovana je granična vrednost emisije za prašinu ($0,02 \text{ g/m}^3$ prema 2. nivou Prve uredbe (1. BlmSchV)) i pomoću drvene sečke obrađene prosejavanjem i sušenjem, ali ne u svim slučajevima. Emisija prašine eventualno može još da se smanji dodatnim merama u proizvodnji goriva (npr. izbor sirovog materijala) ili tehnici postrojenja (geometrija prostora sagorevanja, separator za prašinu, prilagođavanje podešavanja kotla gorivu). Nesumnjivo je da gorivo visokog kvaliteta podržava dodatne mere za smanjenje emisije.

Još jedna svrsishodna mera pri proizvodnji drvene sečke jeste uvođenje mera za obezbeđenje kvaliteta. One pomažu proizvođaču da obezbedi ravnomeran i razumljiv kvalitet goriva. Sadržaj vode i distribucija veličina čestica jesu merodavni parametri za opis kvaliteta drvene sečke i njeno ponašanje pri emisiji. U zajedničkom projektu qualiS su zato razvijene pojednostavljene metode bliske praksi za određivanje sadržaja vode

i veličine čestica. Ove metode na licu mesta pokazuju dovoljnu usaglašenost sa standardnim metodama u skladu sa DIN EN ISO 17225-4. U poređenju sa standardnim normiranim postupkom, ove metode mogu da se sprovedu uz relativno male troškove i bez puno posla. Opšterazumljivo uputstvo i list za analizu u excel-u mogu da se nađu na www.qualiS-holzenergie.de.

Pomoću mera predstavljenih u priručniku i preporuka za postupanje, dakle, može da se optimizuje i trajno obezbedi kvalitet goriva drvene sečke. Kvalitativno optimizovana drvena sečka ne doprinosi samo minimizaciji radova na održavanju samog postrojenja, već omogućava i ekološki prihvatljivo grejanje.

SPISAK LITERATURE

Poglavlje 2

- [2-1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Erneuerbare Energien in Zahlen. Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung der Zahlen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), abgerufen am 19.10.2016 unter:
www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/erneuerbare_energien_in_zahlen.html
- [2-2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2014, Stand: 21.10.2015, abgerufen am 19.10.2016 unter:
www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2014.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- [2-3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Leitfaden feste Biobrennstoffe, Bestell-Nr. 1894., vollständig überarbeitete Auflage, Mai 2014
- [2-4] Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e. V. (C.A.R.M.E.N.): Feinstaubabscheider für den Kessel-Leistungsbereich von 100 kW bis 1 MW, abgerufen am 27.10.2016 unter:
www.carmen-ev.de/infothek/rechtlicher-rahmen/gesetze-verordnungen/567-1-bimschv-erste-verordnung-zur-durchfuehrung-des-bundes-immissionsschutzgesetzes
- [2-5] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Marktanzreizprogramm (MAP), abgerufen am 27.10.2016 unter:
www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende-im-Gebaeudebereich/marktanreizprogramm-map,-did=727300.html
- [2-6] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Formulare, abgerufen am 27.10.2016 unter:
www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Biomasse/biomasse_node.html
- [2-7] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Förderübersicht Biomasse (Basis-, Innovations- und Zusatzförderung, Stand 08.05.2015), abgerufen am 19.10.2016 unter:
www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/biomasse/publikationen/index.html
- [2-8] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Heizen mit nachwachsenden Rohstoffen, abgerufen am 27.10.2016 unter:
www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Biomasse/biomasse_node.html
- [2-9] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): KfW-Programm Erneuerbare Energien „Premium“, abgerufen am 27.10.2016 unter:
[www.kfw.de/Download-Center/Foerderprogramme-\(Inlandsfoerderung\)/PDF-Dokumente/6000002410-Merkblatt-271-281-272-282.pdf](http://www.kfw.de/Download-Center/Foerderprogramme-(Inlandsfoerderung)/PDF-Dokumente/6000002410-Merkblatt-271-281-272-282.pdf)
- [2-10] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Richtlinie über die Förderung der Heizungsoptimierung durch hocheffiziente Pumpen und den hydraulischen Abgleich, abgerufen am 19.10.2016 unter:
www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/P-R/richtlinie-ueber-die-foerderung-der-heizungsoptimierung,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf
- [2-11] Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016): 10.000-Häuser-Programm: abgerufen am 19.10.2016 unter:
www.energie-innovativ.de/energieeffizienz/10000-haeuser-programm/
- [2-12] HESSENENERGIE, 2016: Hessenenergie: Förderprogramme Energie, Biomasse Holz, abgerufen am 19.10.2016 unter:
www.hessenenergie.de/FoerProg/Hessen/hess-biom/hess-biom.shtml

Poglavlje 3

- [3-1] Bundesministerium für Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Messergebnisse des Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV); 2011.
- [3-2] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. (BDH): 10 Jahresverlauf Absatz Wärmeerzeuger Deutschland; 2015, abgerufen am 19.10.2016 unter: www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Daten_Fakten/BDH_Marktentwicklung_2005-2015.pdf
- [3-3] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Hackschnitzel-Heizungen Marktübersicht; 4. Auflage, November 2012, abgerufen am 19.10.2016 unter: <https://mediathek.fnr.de/hackschnitzel-heizungen-marktuebersicht.html>
- [3-4] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Scheitholz – Produktion, Lagerung, Kennzahlen, Merkblatt 20, Freising 2009.
- [3-5] Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ): Heizwerke-Datenbank, Auswertung 2016.
- [3-6] Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ): Erhebung 2014 mit dem Schornsteinfegerhandwerk, Auswertung 2016.
- [3-7] Technologie- und Förderzentrum (TFZ): Kleine Biomassefeuerungen – Markt Betrachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit; TFZ-Bericht 21, Straubing 2010.
- [3-8] Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ): Herstellerbefragung zu den Investitionskosten von Partikelabscheidern, Auswertung 2016.
- [3-9] Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ): Preisbeobachtung von Holzhackschnitzeln, Auswertung 2016.
- [3-10] Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e. V. (C.A.R.M.E.N.): Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln, abgerufen am 19.10.2016 unter: www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/hackschnitzel
www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/kup-hackschnitzel
- [3-11] EUWID: Holz und Holzwerkstoffe, Marktberichte für LPH und HHS der letzten Jahre.

Poglavlje 5

- [5-1] Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (2016): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin.
- [5-2] Kuptz, D.; Schulmeyer, F.; Hüttl, K.; Dietz, E.; Turowski, P.; Zormaier, F.; Borchert, H.; Hartmann, H. (2015): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Eigenverlag Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Straubing & Freising-Weihenstephan.
- [5-3] Sommersacher, P.; Brunner, T.; Obernberger, I. (2012): Fuel Indexes: A Novel Method for the Evaluation of Relevant Combustion Properties of New Biomass Fuels. In: Energy & Fuels Bd. 26, Nr. 1, S. 380–390.
- [5-4] Deutsches Institut für Normung e. V. (2014): DIN EN ISO 17225-4 Biogene Festbrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 4: Klassifizierung von Holzhackschnitzeln. Berlin, Beuth Verlag.

Poglavlje 6

- [6-1] Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (2016): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin.
- [6-2] Kuptz, D.; Schulmeyer, F.; Hüttl, K.; Dietz, E.; Turowski, P.; Zormaier, F.; Borchert, H.; Hartmann, H. (2015): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Eigenverlag Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Straubing & Freising-Weihenstephan.
- [6-3] Dietz, E.; Kuptz, D.; Blum, U.; Schulmeyer, F.; Borchert, H.; Hartmann, H. (2016): Qualität von Holzhackschnitzeln in Bayern. Eigenverlag Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Straubing & Freising-Weihenstephan.

Poglavlje 7

- [7-1] Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (2016): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin.
- [7-2] Dietz, E.; Kuptz, D.; Blum, U.; Schulmeyer, F.; Borchert, H.; Hartmann, H. (2016): Qualität von Holzhackschnitzeln in Bayern. Eigenverlag Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Straubing & Freising-Weihenstephan.
- [7-3] Kuratorium für Waldarbeit u. Forsttechnik (KWF) e. V. (2011): KWF-Marktübersicht „Hackschnitzel-Siebanlagen“
www.kwf-online.org/marktuebersichten/hackschnitzelsiebanlagen.html
(abgerufen am 28.10.2016)
- [7-4] Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) e. V. (2011): KWF-Marktübersicht „Hackschnitzeltrockner“
www.kwf-online.org/en/marktuebersichten/trockner.html (abgerufen am 28.10.2016)
- [7-5] Deutsches Institut für Normung e. V. (2014): DIN EN ISO 17225-1 Biogene Festbrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Berlin, Beuth Verlag.
- [7-6] Deutsches Institut für Normung e. V. (2014): DIN EN ISO 17225-4 Biogene Festbrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 4: Klassifizierung von Holzhackschnitzeln. Berlin, Beuth Verlag.
- [7-7] Kuptz, D.; Schulmeyer, F.; Hüttl, K.; Dietz, E.; Turowski, P.; Zormaier, F.; Borchert, H.; Hartmann, H. (2015): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Eigenverlag Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Straubing & Freising-Weihenstephan.

Poglavlje 8

- [8-1] Nussbaumer, T. (1997): Primary and Secondary Measures for the Reduction of Nitric Oxide Emissions from Biomass Combustion. In: BRIDGWATER, A. V.; BOOCOOCK, D. G. B. (Hrsg.): Developments in Thermochemical Biomass Conversion, Springer Netherlands.
- [8-2] Loo, S. V.; Koopejan, J. (2008): The handbook of biomass combustion and co-firing, London: Earthscan.
- [8-3] Sommersacher, P.; Brunner, T.; Obernberger, I. (2012): Fuel Indexes: A Novel Method for the Evaluation of Relevant Combustion Properties of New Biomass Fuels. In: Energy & Fuels Bd. 26.
- [8-4] Zeng, T.; Weller, N.; Pollex, A.; Lenz, V. (2016): Blended biomass pellets as fuel for small scale combustion appliances: Influence on gaseous and total particulate matter emissions and applicability of fuel indices. In: Fuel Bd. 184.

Poglavlje 9

- [9-1] Kuptz, D.; Schulmeyer, F.; Hüttl, K.; Dietz, E.; Turowski, P.; Zormaier, F.; Borchert, H.; Hartmann, H. (2015): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Eigenverlag Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing & Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Straubing & Freising-Weihenstephan.
- [9-2] Denking, B. (2005): Wie forstliche Hacker arbeiten. In: LWF aktuell 48, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- [9-3] Bosch, T.; Neuhofer, I.; Mergler, F.; Zormaier, F.; Weichert, B.; Hüttl, K. (2012): Qualitätssicherung bei der Lagerung von Hackschnitzeln. In: Merkblatt 11 – Hackschnitzel richtig lagern! Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising.
- [9-4] Hartmann, H. (2014): Produktion, Bereitstellung und Eigenschaften biogener Festbrennstoffe. In: Leitfaden biogene Festbrennstoffe, Hrsg.: FNR e.V., Gülzow.

Poglavlje 10

- [10-1] Deutsches Institut für Normung e. V. (2011): DIN EN 14778 Feste Biobrennstoffe – Probenahme, Berlin, Beuth Verlag.
- [10-2] Deutsches Institut für Normung e. V. (2011): DIN EN 14780 Feste Biobrennstoffe – Probenherstellung, Berlin, Beuth Verlag.
- [10-3] Deutsches Institut für Normung e. V. (2014): DIN EN ISO 17225-1 Biogene Festbrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Berlin, Beuth Verlag.
- [10-4] Deutsches Institut für Normung e. V. (2014): DIN EN ISO 17225-4 Biogene Festbrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 4: Klassifizierung von Holzhackschnitzeln. Berlin, Beuth Verlag.



Stručna agencija za obnovljive resurse, registrovano udruženje (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: +49 3843/6930-0
Faks: +49 3843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

FNR 2017