

# Analiza proizvodnih kapaciteta, tržišta i kakvoće čvrstih biogoriva na području Županije Središnja Bosna (BIH)

---

Abaz, Jerko

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:679457>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**ŠUMARSKE TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU**

**JERKO ABAZ**

**ANALIZA PROIZVODNIH KAPACITETA, TRŽIŠTA I  
KAKVOĆE ČVRSTIH BIOGORIVA NA PODRUČJU  
ŽUPANIJE SREDIŠNJA BOSNA (BIH)**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**ANALIZA PROIZVODNIH KAPACITETA, TRŽIŠTA I KAKVOĆE  
ČVRSTIH BIOGORIVA NA PODRUČJU ŽUPANIJE SREDIŠNJA  
BOSNA (BIH)**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Šumski proizvodi

Ispitno povjerenstvo: 1. Izv. prof. dr. sc. Željko Zečić

2. Prof. dr. sc. Stjepan Risović

3. Dr. sc. Dinko Vusić

Student: Jerko Abaz

JMBAG: 0068216273

Broj indeksa: 575/14

Datum odobrenja teme: 11.04.2016.

Datum predaje rada: 02.09.2016.

Datum obrane rada: 09.09.2016.

**ZAGREB, rujan, 2016.**

## Dokumentacijska kartica

Naslov	Analiza proizvodnih kapaciteta, tržišta i kakvoće čvrstih biogoriva na području Županije Središnja Bosna (BiH)
Title	<i>Analysis of production capacity, market and quality of solid biofuels in the area of Central Bosnia Canton (BIH)</i>
Autor	Jerko Abaz
Adresa autora	Rastovci bb, 72290 Novi Travnik, Bosna i Hercegovina
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Željko Zečić
Izradu rada pomogao	Dr. sc. Dinko Vusić
Godina objave	2016.
Obujam	60 stranica; 11 tablica; 30 slika; 86 navoda literature
Ključne riječi	normizacija, certifikacija, drvni peleti
Keywords	<i>standardisation, certification, wood pellets</i>
Sažetak	<p>U radu je prezentiran kratak pregled šumarstva i drvne industrije u Bosni i Hercegovini s detaljnijim osvrtom na institucionalnu organiziranost i stanje šumarstva i drvne industrije u Županiji Središnja Bosna.</p> <p>Cilj istraživanja je analiza proizvodnih kapaciteta, tržišta i kakvoće čvrstih biogoriva u Županiji Središnja Bosna. Generalno su opisana različita čvrsta biogoriva i proizvodni procesi za sve od njih. Urađena je analiza proizvedenih količina čvrstih biogoriva te laboratorijske analize prikupljenih uzoraka drvnih peleta, piljevine i drvne sječke za jedan od uzoraka drvnih peleta. Prikupljeni uzorci za laboratorijsku analizu razlikovali su se s obzirom na vrstu drveća od koje su proizvedeni. Uzorci su se pripremali četvrtinskom metodom. Od svakog uzorka peleta uzimala su se 3 uzorka (300–500 grama) za provođenje gravimetrijske analize. Iz uzoraka drvnih peleta uzimao se uzorak za provođenje granulometrijske analize. Na tim uzorcima peleta provedeno je mjerenje duljine i promjera. Nakon gravimetrijske analize izuzeti su usitnjeni uzorci za određivanje udjela pepela i određivanje udjela vode pri analizi pepela.</p> <p>Kakvoća analiziranih uzoraka (5) nije deklarirana prema ENplus standardima. Najveća su odstupanja s obzirom na udio pepela u peletu koji četiri uzorka svrstava u A2 klasu. Jedan uzorak zbog udjela finih čestica ne zadovoljava kriterije ENplus.</p> <p>S aspekta proizvodnje i predviđene potrebe za ogrjevnim drvom u ovoj Županiji ustanovilo se da postoji znatan disbalans. Godišnja proizvodnja ogrjevnog drva u državnim šumama kreće se oko 100 000 m<sup>3</sup>, a predviđena godišnja potreba za ogrjevnim drvom iznosi oko 400 000 m<sup>3</sup>. Predviđena potreba za drvnim obujmom za proizvodnju drvnog ugljena s obzirom na broj podignutih žeznica (475) kreće se u iznosu oko 90 000 m<sup>3</sup>. Proizvodnja drvnih peleta u Bosni i Hercegovini pa tako i u ovoj Županiji bilježi sve veći rast. Trenutno instalirani kapaciteti za proizvodnju drvnih peleta iznose 20 000 tona godišnje od čega 80 % završava na inozemnom tržištu. Važnost certifikacije drvnih peleta bitna je iz razloga jednostavnijeg i sigurnijeg plasmana proizvoda na inozemno tržište.</p>

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Problematika .....	4
2.1 Organizacija šumarstva i prerade drva na razini Federacije BiH.....	4
2.2 Čvrsta biogoriva .....	6
2.2.1 Ogrjevno drvo.....	6
2.2.2 Drvni ugljen .....	11
2.2.3 Drvna sječka .....	15
2.2.4 Drvni briketi .....	23
2.2.5 Drvni peleti .....	25
2.3 Normizacija i certifikacija čvrstih biogoriva.....	28
2.3.1 Normizacija čvrstih biogoriva .....	28
2.3.2 Certifikacija čvrstih biogoriva .....	31
3. Materijal i metode istraživanja .....	36
3.1 Materijal .....	36
3.1.1 Županija Središnja Bosna .....	36
3.1.2 Šumarstvo i drvna industrija .....	39
3.2 Metode istraživanja .....	41
3.2.1 Analiza proizvedenih količina i vrijednosti čvrstih biogoriva .....	42
3.2.2 Laboratorijske analize .....	42
3.2.3 Kontrola kakvoće i klasifikacija prema ENplus.....	45
4. Rezultati .....	46
4.1 Proizvodnja i potrošnja čvrstih biogoriva u Županiji Središnja Bosna.....	46
4.2 Kakvoća drvnih peleta .....	51
4.2.1 Pelet 1.....	51
4.2.2 Pelet 2.....	52
4.2.3 Pelet 3.....	52
4.2.4 Pelet 4.....	52
4.2.5 Pelet 5.....	53
4.3 Kontrola kakvoće i klasifikacija prema ENplus.....	54
5. Zaključak.....	55
6. Literatura.....	56

## POPIS SLIKA

Slika 1. Kratko rezano i cijepano drvo	7
Slika 2. Proizvodnja klasičnog ogrjevnog drva	8
Slika 3. Hidraulički cjepač	8
Slika 4. Drvni ugljen	12
Slika 5. Ugljenica u radu	12
Slika 6. Slaganje ugljenice	14
Slika 7. Drvna sječka	16
Slika 8. Iverač u radu	16
Slika 9. Sustavi pridobivanja šumske biomase u Austriji prema porijeklu, mjestu iveranja i vrsti prevezene biomase (Stampfer i Kanzian 2006)	17
Slika 10. Korištenje šumskog ostatka nakon iznošenja stabala žičarom, skupljanje šumskog ostatka kamionima, neposredno iveranje u kamione za drvnu sječku	18
Slika 11. Korištenje šumskog ostatka nakon potpuno mehaniziranoga pridobivanja drva sortimentnom metodom, neposredno iveranje u kamione za drvnu sječku	19
Slika 12. Korištenje drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe u sustavu harvester – forvarder, neposredno iveranje u kamione s kontejnerom	20
Slika 13. Korištenje drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe pri radu traktorske ekipaže sa sječnom glavom, neposredno iveranje u kamione za drvnu sječku	21
Slika 14. Iverač na kamionu	21
Slika 15. Briketi	24
Slika 16. Drvni peleti	26
Slika 17. Prikaz procesa proizvodnje drvnih peleta	27
Slika 18. Pretvorba biomase u bioenergiju	30
Slika 19. Logo europskog udruženja za biomasu	32
Slika 20. Položaj Županije Središnja Bosna u središnjem dijelu Bosne i Hercegovine	36
Slika 21. Županija Središnja Bosna	37
Slika 22. Priprema uzoraka četvrtinskom metodom	43
Slika 23. Vaganje uzoraka prije sušenja	44

Slika 24. Sušionik BINDER FD 115	44
Slika 25. Natkriveni prostor za piljevinu	49
Slika 26. Utovarivač	49
Slika 27. Bubanjski iverač BRUKS Klockner	50
Slika 28. Sušara SCOLARI	50
Slika 29. Proizvodna linija Rose-wood	50
Slika 30. Proširenje proizvodnog pogona Rose-wood	51

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Dimenzije i tehnički maseni udio vode u ogrjevnom drvu	10
Tablica 3. Specifikacija svojstava za drveni ugljen prema EN ISO 17225-1	15
Tablica 4. Razredi drvne sječke prema granulometrijskom sastavu prema EN ISO 17225-4:22	
Tablica 5. Specifikacija određenih svojstava za drvnu sječku prema EN ISO 17225-4	23
Tablica 6. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće drvnih briketa	25
Tablica 7. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće peleta za »neindustrijsku« uporabu prema EN ISO 17225-2	35
Tablica 8. Iskaz površina po općinama	37
Tablica 9. Broj stanovnika u Županiji Središnja Bosna	38
Tablica 11. Predviđena potreba za ogrjevnim drvom u Županiji Središnja Bosna	47



## 1. Uvod

Od pojave vatre u službi čovjeka, točnije od trenutka kada je *Homo erectus* ovladao umijećem loženja vatre, drvo je bilo i ostalo čovjekov najvažniji izvor energije stotinama tisuća godina. Pojavom fosilnih i nuklearnih goriva upotreba drva kao energenta znatno se smanjila. Ipak, globalno gledano, drvo je još uvijek glavni izvor energije za većinu svjetskog stanovništva. Pored toga, i po načinu upotrebe drva, drvo za proizvodnju energije nalazi se na prvom mjestu (Jovanović i dr. 2008). Naime, preko 50 % posječenog drva u svijetu iskoristi se u svrhu proizvodnje različitih oblika energije (FAO 2005).

Šume su od davnina predstavljale jedno od najvećih i najvažnijih prirodnih bogatstava Bosne i Hercegovine. Njihova ekonomska vrijednost dugo vremena nije dolazila do izražaja u odgovarajućoj mjeri. Tek u prvoj polovici XIX. stoljeća počinje povijest bosanskohercegovačkog šumarstva kao posebne gospodarske grane.

Bosna i Hercegovina raspolaže s 3 231 500 ha šuma i šumskog zemljišta što je 63% kopnene površine države.

Drvna zaliha šuma u BiH se procjenjuje na oko 291 milijun m<sup>3</sup>, od čega na četinjače otpada oko 108 milijuna m<sup>3</sup>, a na listače oko 183 milijuna m<sup>3</sup>. Godišnji volumni prirast iznosi 7 942 200 m<sup>3</sup>, od čega četinjača 3 123 100 m<sup>3</sup>, a listača 4 819 100 m<sup>3</sup>. Mogući godišnji obujam sječa iznosi 7 235 500 m<sup>3</sup>, od čega četinjača 2 589 200 m<sup>3</sup>, a listača 4 646 300 m<sup>3</sup>, što je 706 700 m<sup>3</sup> manje od godišnjeg volumnog prirasta. Razlog tomu leži u činjenici da je kao posljedica rata ostala velika minirana površina od preko 100 000 ha koja je za duže vremensko razdoblje izgubljena za gospodarenje. Zbog nepotpunih podataka o stanju šuma zbog ratnih djelovanja, a da ne bi došlo do daljnje destrukcije šuma, nakon rata nijedne godine nije realiziran mogući obujam sječa.

Glavne vrste drveća su jela, smreka, bijeli i crni bor, bukva, različite vrste hrasta, a u manje značajnom broju zastupljene su vrste plemenitih listača, kao što su javor, brijest, jasen, te stabla voćkarica (trešnja, jabuka, kruška).

Prosječna potrošnja ogrjevnog drva u BiH kućanstvima kreće se oko 7,7 m<sup>3</sup> godišnje. Potrošnja ogrjevnog drva u ruralnim i poluurbanim područjima je veća oko 15 % u odnosu na potrošnju u urbanim područjima (Agencija za statistiku BiH 2015).

Korištenje šuma u BiH prošlo je kroz određene razvojne stadije. U svom razvoju iskorištavanje šuma u BiH prošlo je put od proste robne proizvodnje i podmirivanja potreba prirodne proizvodnje, pa sve do kapitalističkog načina robne proizvodnje u okviru manufakturne, a zatim i industrijske prerade drva. Opseg, način korištenja i ekonomska važnost proizvoda šuma odražavali su se u odnosu ljudi prema šumi i u mjerama za čuvanje i zaštitu šuma kao objekta iskorištavanja (Musić i dr. 2013).

Državne institucije BiH uređivale su i različite šumsko-vlasničke odnose. Za vrijeme Otomanske države šumsko-vlasnički odnosi su počivali na osnovama šerijatskog

prava i kanonskog zakonodavstva. Prema njima, šume su tretirane kao javno dobro i kao takve nisu mogle biti predmet privatnog vlasništva i posjeda (Begović 1960).

Od 1878. godine Austro-Ugarska provodi reguliranje šumsko-vlasničkih odnosa. Tada se priznaju prava privatnih šuma i vrši izdvajanje državnih šuma koje se daju na raspolaganje stranim kapitalistima. Paralelno sa iskorištavanjem šuma putem dugoročnih ugovora pristupilo se i eksploataciji državnih šuma BiH u vlastitoj režiji (Begović 1978).

Za vrijeme Kraljevine Jugoslavije nastavljena je velika eksploatacija šuma. To je dovelo do devastacije i pojave masovnih oboljenja šuma. Sredinom tridesetih godina XX. stoljeća uspostavljena je čvršća veza između iskorištavanja i obnove šuma te je šumarstvo krenulo naprijed (Begović 1985).

Poslije Drugog svjetskog rata u relativno kratkom vremenu obnovljeni su i podignuti rasadnici te se pristupilo pošumljavanju širih razmjera. Izrađena je dugoročna osnova obnove šuma. Zakon o šumama, donesen 1978. godine veoma dobro je regulirao brojna pitanja gospodarenja šumama (Begović 1985)

Nakon Dejtonskog sporazuma brigu o šumama preuzimaju entiteti (FBiH i RS). Zadnji federalni Zakon o šumama donesen je u svibnju 2002. godine, ali se prestao primjenjivati 2009. godine presudom Ustavnog suda BiH. Nakon toga se upravljanje i gospodarenje šumama vršilo na osnovu Uredbe o šumama koja je ukinuta 6. prosinca 2011. godine. Vladi Federacije dostavljen je prednacrt novog Zakona o šumama ove godine i očekuje se njegovo izglasavanje u skorije vrijeme. Federalna i županijske uprave koje upravljaju i čuvaju kako državne tako i privatne šume, gospodarenje državnim šumama, putem ugovora, prenose na šumsko-privredna društva, kojih u svakoj Županiji ima po jedno. Zakonom o šumama iz 2002. godine prerada drva je potpuno odvojena od šumarstva i dodiruju se samo u segmentu prodaje odnosno kupovine drva za potrebe njegove prerade.

Drvna industrija je važan segment gospodarstva Bosne i Hercegovine. Svoj razvoj zasniva na korištenju domaćih prirodnih resursa i tradicionalno je izvozno usmjerena. Najznačajniji parametri drvne industrije za ekonomiju BiH ogledaju se u domaćoj sirovini koja je raspodijeljena na čitavom prostoru BiH, pa pored ekonomskog ima i veliki lokalni, odnosno regionalni i socijalni značaj (zapošljavanje i zadržavanje stanovništva u malim sredinama). Drvna industrija BiH ima višegodišnju tradiciju i najstarija je industrijska grana u BiH. Ekološki je prihvatljiva, ima veliki izvozni potencijal i bilježi visok suficit (Musić i dr. 2013). Naime, drvna je industrija jedna od triju gospodarskih grana u BiH koje imaju pozitivnu trgovinsku bilancu. Izvoz drvne industrije u 2011. godini iznosio je 747,5 mil. BAM, što čini udio od 8,9 % u ukupnom izvozu roba, te udio od 14,3 % u ukupnom prihodu od proizvodnje u 2011. godini (Agencija za statistiku BiH, PRODCOM rezultati 2011).

Kapacitete drvne industrije 80-ih činilo je 220 različitih srednjih i velikih firmi, pretežno organiziranih u okviru »Šipada« i »Konjuha« (83%), i »Krivaje« (17%). Kapaciteti drvne

industrije su daleko premašivali potrebe BiH, pa je veliki dio proizvedenih roba plasiran na inozemno tržište. Za te potrebe se razvila veoma snažna mreža vlastitih firmi i predstavništava širom svijeta. Drvna industrija je bila aktivni izvoznik. Uvoz za potrebe drvne industrije u 1990. godini iznosio je oko 5 % ostvarenog izvoza. (Kulušić 1998).

Nesumnjivo je da su do sada ostvareni rezultati u sektoru drvne industrije dobrim dijelom posljedica njezinih komparativnih prednosti (velik udio domaćih sirovina, relativno niska ulaganja u pojedine objekte itd.). No, komparativne prednosti nisu dovoljne za daljnji opstanak i razvoj. Otuda i potreba za poticajem njezinih konkurentskih i izvoznih sposobnosti, u budućnosti orijentiranih ka većoj finalnoj proizvodnji (Iličić 2011).

Pored ovih napomena, prevladava opća ocjena da iskorištenost drva i šumskog potencijala, funkcionalnost i raspoloživost kapaciteta za preradu drva nisu na zadovoljavajućem nivou. Također je evidentno da nema koordiniranog strateškog sektorskog i međusektorskog pristupa za razvoj ove gospodarske grane iako se radi o poslovnim sustavima koji čine povezan lanac u stvaranju dodatne vrijednosti (Obućina i dr. 2010).

Iskorištavajući šumske ostatke nakon pridobivanja drva, šumarska poduzeća imaju mogućnost ostvariti veću ekonomsku korist uz istodobno održavanje šumskog reda u sastojinama.

Proizvodnjom tehnološki naprednijih oblika čvrstih biogoriva od ostataka nakon primarne obrade drva, drvnoindustrijska poduzeća imaju priliku proizvoditi biogoriva kojima je gotovo osiguran tržišni plasman. Na taj način rješavaju se problema skladištenja te sirovine uz stvaranje dodane vrijednosti proizvoda.

Korištenje šumske biomase kao važnog oblika iskorištavanja obnovljivih izvora energije u globalnim razmjerima ima sve važniju ulogu, a bitno je za donošenje nacionalnih strateških odluka. Sveobuhvatno korištenje šumske biomase velik je doprinos društvu, a posebno ekonomiji lokalnih zajednica, jer se time mogu riješiti važna socio-ekonomska pitanja (Zečić dr. 2015).

## 2. Problematika

### 2.1 Organizacija šumarstva i prerade drva na razini Federacije BiH

Prema zakonu o šumama Federacije BiH, federalni ministar je ugovorom prenio poslove upravljanja i gospodarenja šumama županijskim ministrima nadležnima za poslove šumarstva. U okviru Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, formirana je Federalna uprava za šumarstvo koja ima funkciju planiranja razvoja šumarstva, a u sastavu županijskih ministarstava formirane su županijske uprave za šumarstvo koje imaju funkciju planiranja i administrativnog nadzora nad gospodarenjem državnim i privatnim šumama.

U Federaciji BiH skupštine svih deset Županija formiraju po jedno šumskogospodarsko društvo na području Županije, kojem županijski ministar nadležan za poslove šumarstva ugovorom prenosi poslove gospodarenja državnim šumama u trajanju od pet godina i društvo je za svoj rad odgovorno županijskom ministarstvu.

Unutar županijskih šumskogospodarskih društava nadležnost za poslove šumarstva je povjerena šumarijama koje su osnovane u svakoj općini po jedna.

Na svim administrativno-političkim razinama, šumarstvo je u nadležnosti ministarstava poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (u nekim slučajevima, ministarstava gospodarstva), dok je drvoprerađivačka industrija (primarna drvoprerađivačka, proizvodnja celuloze i papira) u nadležnosti ministarstava industrije, energetike i rudarstva. Također postoji razlika po pitanju vrste gospodarskih subjekata koji se bave šumarstvom (javna poduzeća čiji su osnivači županijske vlasti u FBiH) i drvoprerađivačkom industrijom (uglavnom privatna poduzeća).

Institucionalna organiziranost drvne industrije pripada Federalnomu ministarstvu energije, rudarstva i industrije koje u sektoru industrije ima odjel za drvnu industriju. S obzirom na ulogu i značenje ostalih odjela (u prvom redu za energiju i rudarstvo), praktično se može utvrditi da je drvna industrija u tom ministarstvu prilično marginalizirana odnosno neravnopravna s drugim sektorima (Musić i dr. 2013).

Šume i šumska zemljišta u Federaciji Bosne i Hercegovine se prostiru na površini od oko 1 519 997 ha, od čega su u državnom vlasništvu oko 1 242 997 ha ili 82 %, a u privatnom vlasništvu i vlasništvu drugih pravnih osoba oko 277 000 ha ili 18 %.

Površina visokih šuma sa prirodnom obnovom je 572 902,9 ha, ili oko 39 %. Ovo je u odnosu na stanje i značaj ovih šuma na kojima se zasniva šumska proizvodnja relativno malo. Visokih degradiranih šuma ima 15 924,8 ha ili 1 %. Značajan udio u ukupnoj površini pod šumom čine i umjetno podignuti nasadi-kulture sa i bez procijenjenog drvnog obujma kojih ima 62 987,4 ha, ili 5 %. Udio panjača u ukupnoj površini pod šumom je 257 094,8 ha, što je 20 %. Produktivnih goleti koje su pogodne za pošumljavanje ima oko 166 192,5 ha, što iznosi 13 % i predstavljaju površine na kojima se pošumljavanjem odgovarajućim vrstama drveća u skladu sa prirodnim i ekološkim uvjetima može povećati površina pod šumom. Značajan problem za

šumarstvo Federacije BiH predstavlja oko 125.190,1 ha, ili 10 % svih kategorija šuma i šumskih zemljišta za koje se zna ili se pretpostavlja da su minirane.

Ukupna drvena zaliha svih šuma u državnom vlasništvu Federacije BiH iznosi 161 294 352 m<sup>3</sup>. Drvena zaliha četinjača iznosi 62 058 507 m<sup>3</sup> što je oko 38 %, a listača 99 235 845 m<sup>3</sup> ili 62 %. U strukturi drvene zalihe visoke šume su zastupljene sa 86,4 % a panjače sa 13,6 %. Prosječna drvena zaliha iznosi 192,4 m<sup>3</sup>/ha (kod visokih šuma 243,3 m<sup>3</sup>/ha, a kod panjača 85,2 m<sup>3</sup>/ha).

Ukupni godišnji volumni prirast svih šuma iznosi 4 418 953 m<sup>3</sup>, od toga na četinjače otpada 1 875 274 m<sup>3</sup> što je oko 42 %, a na listače 2 543 679 m<sup>3</sup> što je oko 58 %. Od ukupne količine prirasta na visoke šume otpada 81,2 % a na panjače 18,8 %. U visokim šumama prosječni godišnji volumni prirast iznosi 6,26 m<sup>3</sup>/ha, dok je kod panjača 3,23 m<sup>3</sup>/ha, odnosno prosječno za sve šume 5,27 m<sup>3</sup>/ha.

Ukupni sječivi etat iznosi 3 068 322 m<sup>3</sup> (krupno drvo), od toga na četinjače otpada 1 343 940 m<sup>3</sup> što je 44 %, a na listače 1 724 382 m<sup>3</sup> ili oko 56 %. Sječivi etat se uglavnom realizira u visokim šumama i iznosi 2 674 336 m<sup>3</sup> što je oko 87,2 % od ukupnog etata, a u panjačama 393 986 m<sup>3</sup> što je 12,8 %. Količina sječivog etata po jedinici površine kod visokih šuma iznosi 4,66 m<sup>3</sup>/ha, a kod panjača 1,53 m<sup>3</sup>/ha. Iz odnosa godišnjeg volumnog prirasta i sječivog etata vidljivo je da je godišnji sječivi etat manji od godišnjeg volumnog prirasta za 1 350 631 m<sup>3</sup>, odnosno da iznosi 69 % prirasta. Sječivi etat je manji od godišnjeg volumnog prirasta, što se pozitivno odražava na stanje drvnih zaliha, a to direktno utječe na očuvanje i povećanje drvnog fonda. No, smanjenje etata, povećana potražnja kao i ogromna razlika između proizvodnih mogućnosti i instaliranih kapaciteta su generatori bespravnih sječa četinjača. Eskalacija bespravnih sječa ogrjevnog drva je odraz teškog socijalnog stanja, nedostatka alternativnih energenata, kao i visoka cijena ostalih izvora energije (Informacija o gospodarenju šumama u Federaciji BiH u 2015. godini i planovima gospodarenja šumama za 2016. godinu 2016).

Problem realizacije manje vrijednih drvnih sortimenata, naročito listača, ostaje neriješen dok se u drvnoj industriji ne osiguraju kapaciteti za njihovu preradu. Preporuka Ministarstva i jedan od zaključaka Vlade Federacije BiH je da šumskogospodarska društva moraju provoditi sve mjere propisane šumskogospodarskim osnovama sa naglaskom na realizaciju etata u kulturama sa procijenjenim drvnim obujmom i šumama niskog uzgojnog oblika.

Kod proizvodnje drva četinjača plan za 2015. godinu je premašen za 78 975 m<sup>3</sup> ili za 7 %, ali je posječena količina još uvijek u okviru dozvoljenog etata. Plan proizvodnje listača je ostvaren sa 91 %. Uvidom u šumskogospodarske osnove, utvrđeno je da dozvoljeni sječivi etat iznosi 2 904 187 m<sup>3</sup>. Izvršenje sječa već duže vremenski razdoblje se ne planira u punom iznosu dozvoljenog etata i za period od posljednjih 7 godina iznosi prosječno 2,26 milijuna m<sup>3</sup> ili oko 74 % od dozvoljenog.

U 2015. godini od ukupno realiziranog drvnog obujma četinjača, na tehničku oblovinu (furnirske trupce, pilanske trupce i ostalu tehničku oblovinu) otpada oko 68 % što iznosi 706 014 m<sup>3</sup>. Proizvodnja celuloznog drva u 2015. godini iznosila je 327 275 m<sup>3</sup> ili 32 %, a ogrjevnog drva 1939 m<sup>3</sup> ili svega 0,2 % ukupno realiziranog drvnog obujma četinjača.

Sortimentna struktura realiziranog drvnog obujma listača je lošija u odnosu na četinjače. U 2015. godini realizirano je oko 30 % tehničke oblovine (furnirski i pilanski trupci te ostala tehnička oblovina), a proizvodnja ogrjevnog drva listača iznosila je 618 779 m<sup>3</sup> što je oko 70 % ukupno realiziranog drvnog obujma listača. Veći dio celuloznog drva se plasira kao ogrjevno drvo čime se umanjuje financijska dobit poduzeća koja gospodare šumama (Informacija o gospodarenju šumama u Federaciji BiH u 2015. godini i planovima gospodarenja šumama za 2016. godinu 2016).

Ukupna proizvodnja šumskih drvnih sortimenata u odnosu na prethodno razdoblje je ostala gotovo jednaka. Realizacijom etata u kulturama sa procijenjenom drvnom masom i u šumama niskog uzgojnog oblika proizvodnju bi trebalo povećati do iznosa mogućeg etata po šumskogospodarskim osnovama. Uvidom u plan proizvodnje za 2016. godinu, ne primjećuju se promjene niti opredijeljenost poduzeća u cilju ispunjavanja obveza prema šumskogospodarskim osnovama, ugovorima o prijenosu poslova gospodarenja šumama i preporukama Vlade FBiH (Informacija o gospodarenju šumama u 2015. godini u FBiH 2016).

## **2.2 Čvrsta biogoriva**

Prema normi EN ISO 16559:2014 u znanstvenom i tehničkom smislu, čvrsta biogoriva predstavlja materijal biološkog podrijetla, isključujući materijal pohranjen u geološkim formacijama i/ili pretvoren u fosile. Prema navedenoj normi biomasa se koristi za proizvodnju biogoriva i kao biomasa za drugu uporabu. Biogoriva dobivena iz biomase razvrstavamo na čvrsta, tekuća i plinovita dok biomasa za drugu uporabu predstavlja biomasu za industrijsku preradu i uporabu te za prehrambene potrebe, pri čemu se misli na izvore i oblike biomase bilnog i životinjskog podrijetla (Krpan i dr. 2015). Vrste čvrstih biogoriva, temeljne značajke i prosječne vrijednosti parametara kakvoće navedene su u normi EN ISO 17225-1:2014 Solid biofuels – Fuel specifications and classes -- Part 1: General requirements. Od normom navedenih tržišnih oblika čvrstih biogoriva danas su komercijalno najzanimljivija upravo drvena čvrsta biogoriva, i to drvena sječka, drvni briketi i drvni peleti te ogrjevno drvo; bilo u tradicionalnom jednometarskom obliku ili u obliku kratko rezanog i cijepanog ogrjevnog drva.

### **2.2.1 Ogrjevno drvo**

Ogrjevno drvo (eng. *firewood*, njem. *Brennholz*) predstavlja najzastupljeniji energent u kućanstvima za proizvodnju topline. Da bi poslužilo svojoj svrsi mora proći proces prerade u kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo. U velikom dijelu ruralnih, ali i u urbanim područjima ogrjevno drvo se koristi kao energent za zagrijavanje prostora i pripremu tople vode. Osobito se to odnosi na područja do kojih nije stigla plinska

mreža. Ako promatramo ogrjevno drvo, kao trgovačku robu, ono se izrađuje s korom, od svih vrsta drveća i to samo od onih stabala i dijelova stabala koji nisu upotrebljivi u korisnije svrhe (tehnički i financijski pogodnije). Ogrjevno drvo kao i svaka trgovačka roba mora zadovoljavati određene zahtjeve u pogledu oblika, dimenzija, stupnja vlažnosti, valjanosti obrade te slaganja (Janković 1987).

Učinkovitost prerade obloga energijskoga drva u kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo definira naravno utrošak vremena po jedinici proizvoda, ali svakako i kakvoća proizvoda (Vusić i dr. 2015). Današnje tehnologije prerade energijskoga obloga drva u kratko rezano i cijepano ogrjevno drvo usmjere su upravo na povećanje kakvoće istoga te smanjenje broja radnih operacija u samom proizvodnom procesu kako bi se povećala učinkovitost strojeva i smanjili troškovi proizvodnje. Kontrola kakvoće je potrebna kako bi se proizvelo čvrsto biogorivo najbolje moguće kakvoće s obzirom na postojeću sirovinu, odnosno radi izbjegavanja prerade vrsne sirovine u čvrsto biogorivo slabe kakvoće (Vusić i dr. 2014).



Slika 1. Kratko rezano i cijepano drvo  
([www.ogrjev.hr](http://www.ogrjev.hr))

### *Proizvodnja ogrjevnog drva*

Ovisno o primijenjenom procesu izrade ogrjevnog drva koji može biti ručni ili mehanizirani koriste se razni alati ili strojevi poput motorne pile, sjekire, hidrauličnih cjepača, kružne pile, klinova i procesora.

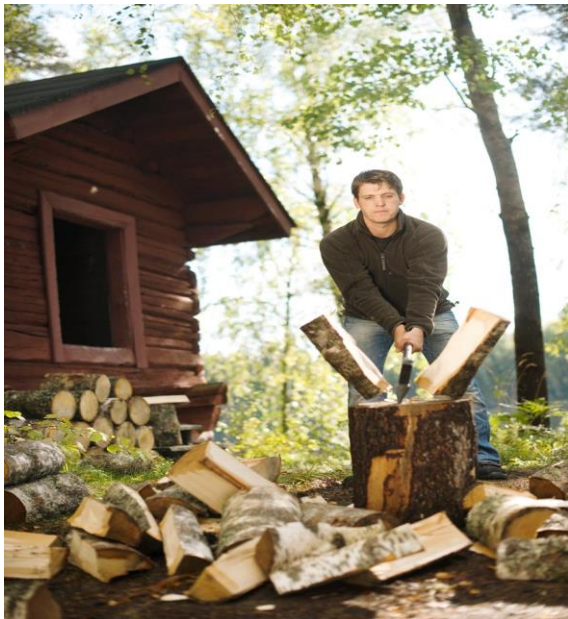
Ručni cjepački posao spada u teške i zahtjevne fizičke poslove u šumarstvu, što je ujedno razlog da se zamijeni radom strojeva. Neki strojevi rade na način cjepača, prodiranjem klina u drvo ili njegovim presijecanjem. Oblo se drvo, tzv. oblice, mora uzdužno cijepati u manje prizmatične komade ukoliko je promjer veći od 14 cm, da bi se omogućilo njegovo sušenje te spriječilo truljenje (Risović i dr. 2003).

Bašić Palković (2002) kao tehnike koje se primjenjuju u svrhu dorade i izrade ogrjevnog drva navodi sljedeće: prepiljivanje, cijepanje i sječenje. Prepiljivanje je presijecanje

drvnih vlaknaca, obično u okomitoj ili paralelnoj ravnini s obzirom na drvena vlakanca, a tim se postupkom treba savladati čvrstoća drva, te trenje i uklještenje. Piljenje se obično vrši pilama lančanicama te kružnim pilama. Cijepanje je rastavljanje žice drva po dužini. Pri tome se javljaju otpori čvrstoće drva prema cijepanju tj. elastičnost drva. Čvrstoća na cijepanje je definirana kao otpor što ga drvo pruža u rastavljanju svoje mase na dva dijela u longitudinalnom smjeru. Cijepanje se obično vrši prodiranjem klina kroz drvo. Sječenje je rastavljanje drvnih vlaknaca pod određenim kutom (3 do 90°). Ako je kut manji od 3° to se naziva tesanje, a ako je jednako 0°, to je već cijepanje.

Kako bi se podigao stupanj proizvodnosti rada, zaštite i sigurnosti na radu te humanizirao rad na proizvodnji ogrjevnog drva, teški ručni rad zamjenjuje se strojevima – cjepačima. Osim veće učinkovitosti proizvodnje, rad postaje i ergonomski povoljniji (Risović i dr. 2003).

Izrada ogrjevnoga drva može se odvijati u šumi ili na stovarištu te u specijaliziranim pogonima za izradu ogrjevnog drva. Izrada u šumi ili na stovarištu predstavlja najjednostavniju metodu izrade ogrjevnog drva. Karakteristike izrade na stovarištu su mali proizvodni prostor, mali broj radnika i mobilni strojevi. Potreban je cjepač na vlastiti pogon, motorna pila ili manji mobilni procesor te sjekira. Tako izrađeno drvo se odmah nakon izrade utovaruje i isporučuje kupcu.



Slika 2. Proizvodnja klasičnog ogrjevnog drva ([www.fiskars.com](http://www.fiskars.com))



Slika 3. Hidraulički cjepač ([www.forum.hr](http://www.forum.hr))

Izrada u specijaliziranim pogonima podrazumijeva postojanje postrojenja za izradu ogrjevnog drva. Postrojenje za proizvodnju ogrjevnog drva možemo podijeliti na slijedeće dijelove: stovarište, pogon prerade drva i skladište gotovih proizvoda. Višemetarsko oblo energijsko drvo sa stovarišta se prevozi pomoću viličara,



utovarivača ili nekog drugog stroja u pogon proizvodnje ogrjevnog drva. Sam proces obrade je jednostavan te se odvija na jednom ili više cjepača drva i/ili profesionalnim linijama za rezanje i cijepanje. Iz takve linije izlazi gotov proizvod te slijedi proces slaganja i skladištenja. Proizvod se slaže na paletama i u mrežama. Tako složeno ogrjevno drvo se prenosi viličarem na skladište gotovih proizvoda.

### *Kakvoća ogrjevnog drva*

Drvo za ogrjev, na temelju norme koja se i danas operativno koristi (JUS D.B5.023 1984), možemo promatrati kroz sljedeće značajke:

#### 1. Vrste drva:

- drvo tvrdih listača (bukva, grab, cer, bagrem, javor, jasen, brijest, klen i voćkarice),
- drvo mekih listača (breza, joha, lipa, topola, vrba),
- drvo četinjača (bor, smreka, jela, ariš).

#### 2. Oblik:

- cjepanice – komadi drva duljine 1 m, s dozvoljenim odstupanjem od  $\pm 5$  cm. Izrađuju se cijepanjem oblog drva promjera 15 cm naviše koje je s oba kraja prerezano pilom. Tetiva luka cjepanice iznosi 10 do 25 cm;
- oblice – izrađuju se od oblog drva, koje je s oba kraja prepiljeno pilom. Oblice su duljine kao i cjepanice, a promjera 7 do 25 cm;
- sječenice – izrađuju se od oblog drva koje je na oba kraja presječeno sjekirom ili pilom. Promjera su 3 do 7 cm, a duljine su od 0,90 do 1,20 m;
- gule – kvrgavi komadi drva, teško cjepivi, debljine od 15 do 40 cm, a duljine od 0,50 do 1,20 m;
- panjevina – komadi drva dobiveni cijepanjem panja debljine 15 do 40 cm;
- otpaci – komadi drva koji otpadaju pri sječi, rezanju, cijepanju, tesanju i koranju u šumi, na pilani i CMS-u. Komadi drva su debljine 0,50 do 25 cm, širine 2 do 25 cm i duljine 15 do 120 cm.

#### 3. Kvaliteta:

- I klasa – cjepanice i oblice. Dopuštene su kvрге svih vrsta i veličina, natrulost do 10 % od isporučene količine, 30 % prozuklih komada od isporučene količine, visina luka do 15 cm, neograničena usukanost;
- II klasa – cjepanice i oblice koje ne pripadaju I klasi te gule duljine 0,5 do 1,2 m i debljine 25 do 40 cm. Dopušta se zakrivljenost, usukanost je neograničena, 20 % trulih komada i 50 % prozuklih komada od isporučene količine, kvрге svih vrsta i veličina, komadi u obliku kratica koje zajedno čine duljinu i do 10 % od isporučene količine;
- Sječenice – dopuštene sve kvрге, prozukli i natruli komadi do 30 % isporučene količine. Panjevina – zdrava, očišćena od zemlje i kamenja. Dopušta se 30 % prozuklih i natrulih komada i nečistoće do 5 % obujma drva;

- Otpaci – dopušta se 30 % natrulih i prozuklih komada.

#### 4. Udio vode:

- sirovo – otprilike do 1 mjesec poslije sječe, s udjelom preko 40 % vode;
- šumski suho – oko 6 mjeseci poslije sječe, s udjelom vode 22 – 40 %;
- prosušeno – s udjelom vode od 8 – 22 % i
- zračno suho – od 1 do 2 godine nakon sječe.

Osnovne značajke kakvoće ogrjevnog drva opisane su normom EN ISO 17225-1:2014 (Tablica 1.). Norma za ogrjevno drvo EN ISO 17225-5:2014 detaljnije objašnjava značajke kakvoće ogrjevnoga drva i klasificira ga u različite razrede kakvoće (Tablica 2.). Razvojem normizacije napokon je omogućen uvid kupcima u kvalitetu proizvoda kroz deklaraciju, te isto tako omogućuje proizvođačima da se deklariraju na tržištu i prilože dokaz kvalitete svojih proizvoda (Kärhä i Jouhiano 2009). Norma EN ISO 17225-5:2014 kategorizira ogrjevno drvo s obzirom na dimenzije i tehnički maseni udio vode.

Tablica 1. Dimenzije i tehnički maseni udio vode u ogrjevnom drvu

Duljina (L) cm		Promjer (D) cm		Tehnički maseni udio vode (M) w - %	
L 20 -	< 20 cm	D 2 -	D < 2 cm drvo za potpalu	M 10	≤ 10 %
L 20	20 cm ± 2 cm	D 5	2 cm ≤ D ≤ 5 cm	M 15	≤ 15 %
L 25	25 cm ± 2 cm	D 10	5 cm ≤ D ≤ 10 cm	M 20	≤ 20 %
L 30	30 cm ± 2 cm	D 15	10 cm ≤ D ≤ 15 cm	M 25	≤ 25 %
L 33	33 cm ± 2 cm	D 20	10 cm ≤ D ≤ 20 cm	M 30	≤ 30 %
L 40	40 cm ± 2 cm	D 25	10 cm ≤ D ≤ 25 cm	M 35	≤ 35 %
L 50	50 cm ± 4 cm	D 35	20 cm ≤ D ≤ 35 cm	M 40	≤ 40 %
L 100	100 cm ± 5 cm	D 35 +	> 35 cm navesti maksim. vrijednost	M 45	≤ 45 %
L 100 +	> 100 cm navesti maksim. vrijednost			M 55	≤ 55 %
				M 55 +	> 55 %

Tablica 2. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće ogrjevnog drva prema normi EN ISO 17225-5

Svojstva klase	Oznaka	A1	A2	B
Porijeklo i izvor		Oblovina; Kemijski netretirani drvni ostaci	Cijela stabla bez korijenja; oblovina; ostaci od pridobivanja drva; Kemijski netretirani drvni ostaci	Cijela stabla bez korijenja; oblovina; ostaci od pridobivanja drva; Kemijski netretirani drvni ostaci
Vrsta drva		Potrebno navesti		Potrebno navesti
Promjer, D <sup>a</sup>	cm	D2 ≤ 2 D5 2 ≤ D ≤ 5 D10 5 ≤ D ≤ 10 D15 10 ≤ D ≤ 15 D15+ > 15 (navesti trenutnu vrijednost)		D15 < 15 D15+ > 15 (navesti trenutnu vrijednost)
Duljina, L <sup>b</sup>	cm	L20 ≤ 20 L25 ≤ 25 L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100		L33 ≤ 33 L50 ≤ 50 L100 ≤ 100
Udio vode, M	w-% na mokroj osnovi	M20 ≤ 20 M25 ≤ 25		M20 ≤ 20 M25 ≤ 25 M35 ≤ 35
Obujam ili masa	m <sup>3</sup> ili kg	Navesti volumen ili masu kod maloprodaje		
Udio rascijepljenog obujma	% od komada	≥ 90 %	≥ 50 %	Bez zahtjeva

<sup>a</sup> 85 % ogrjevnog drva treba biti navedenog promjera.

<sup>b</sup> Duljina može biti u granicama ± 2 cm. 15 % ogrjevnog drva može biti kraće od normom propisane duljine unutar granica klase.

### 2.2.2 Drvni ugljen

Drvni ugljen (eng. *charcoal*, njem. *Kohle*) je kruti ostatak pirolize (karbonizacije) drva pod kontroliranim uvjetima u zatvorenom prostoru. Postoje različiti načini proizvodnje

drvnog ugljena. Najčešće se proizvodi od drva, međutim, moguća je proizvodnja iz gotovo svih biljnih i nekih životinjskih materijala (Gujić 2015). Drvni ugljen je gorivo koje se koristi širom svijeta. Primjenu pronalazi u metalurgiji, proizvodnji topline u kućanstvima, u pripremi roštilja i drugim djelatnostima. Korištenje drvnog ugljena poznato je gotovo tijekom čitave povijesti čovječanstva, a prvi tragovi potječu još prije 30 000 godina kada su njime nacrtani prvi spiljski crteži. Proizvodnja drvnog ugljena datira još iz Brončanog doba i bila je ključna za razvoj metalurgije, sve do prijelaza na fosilni ugljen na početku 18. stoljeća. Pri procesu pougljavanja drva dešavaju se u drvu izvjesne fizičke i kemijske promjene te se mijenjaju njegova tehnička svojstva. Iz drva izlazi voda, umanjuje se njegova težina, utežu se dimenzije, smanjuje se obujam, mijenja boja, gubi miris, narušava tvrdoća i čvrstoća. Dakle, pougljavanje drva je proces koji po svojoj prirodi stoji u sredini između izgaranja drva i suhe destilacije drva (Ugrenović 1957). U novije vrijeme, drvni ugljen je ostao tehnološki važan materijal zbog svojih svojstava upijanja (Domac i dr. 2008). Svojstvo apsorpcije ugljena ovisi o vrsti drva i određuje kvalitetu ugljena. Upijanje je veće, što je veća poroznost, a što manja tvrdoća i težina (Ugrenović 1957). Prema Denzu (1910) ugljen može apsorbirati 4 do 21 % svoje težine. Ugljen se ne sastoji iz čistog ugljika. Sadržaj ugljika kreće se od 75 % do 80 %, kisika od 8 % do 12 %, vodika od 1,5 % do 2,3 %, pepela od 1,0 % do 2,5 % i higroskopske vode od 6% do 12%. Prema standardu drvni ugljen je definiran kao proizvod dobiven pougljavanjem drva u retortama ili žežnicama. Propisana sirovina za proizvodnju drvnog ugljena je drvo listača i četinjača, bez truleži. Značajke drvnog ugljena su odsutnost mirisa i okusa, izostanak smeđih nepougljenih dijelova drva, jasan zvuk na udarac, otpornost na manji pritisak, laka zapaljivost i mirno sagorijevanje slabim plavkastim plamenom bez dima.

Potražnja za drvnim ugljenom i danas je razmjerno velika i stalno raste. Ukupna svjetska potrošnja se prema FAO procjenjuje na 40,5 milijuna tona godišnje od čega samo u Africi 19,8 milijuna tona (Domac i dr. 2008).



Slika 4. Drvni ugljen  
([www.kako.hr](http://www.kako.hr))



Slika 5. Ugljenica u radu  
([www.panoramio.com](http://www.panoramio.com))

## *Proizvodnja drvnog ugljena*

Proizvodnja drvnog ugljena uključuje termičku razgradnju drva i može se odvijati u otvorenim jamama, pećima ili retortama. Tradicionalna proizvodnja u jamama ili pećima odvija se uz više ili manje kontrolirani dovod zraka, pri čemu se toplina razvija izgaranjem dijela drva. Takva proizvodnja koja se u pravilu odvija u ruralnim područjima vrlo je neučinkovita, a učinkovitost pretvorbe uobičajeno iznosi 10 do 15 %, odnosno, za 1 kg drvnog ugljena je potrebno 7 do 10 kg drva. Učinkovitost suvremenih sustava retorti je znatno viša i može iznositi i do 30 % uz znatno smanjenje ukupne emisije štetnih tvari (Domac i dr. 2008). U retortama, drveni ugljen se proizvodi bez prisutnosti zraka pri čemu se toplina mora dovesti iz drugog izvora ([www.drveniugljen.hr](http://www.drveniugljen.hr)).

Postupak proizvodnje drvnog ugljena u ugljenicama detaljnije opisuje Dubravec (2007). Prvi korak kod proizvodnje drvnog ugljena je nabavka drvnog materijala. Proizvođači drvnog ugljena često pristupaju izradi drva u samoizradi, ponajviše zbog smanjenja troškova cjelokupnog procesa. Nakon toga je potrebno drveni materijal transportirati do mjesta proizvodnje tj. ugljenice. Iza toga slijedi čišćenje rupa na ugljenici začepljenih zemljom zbog omogućavanja izlaska dima i djelomičnog ulaska zraka u ugljenicu. Sljedeći korak je slaganje podnica u ugljenici, oblicama promjera 10 cm – 15 cm i duljine 1,5 m do 2 m. Podnice se slažu zrakasto tako da su u sredini ugljenice spojene. Na podnice se slaže granjevina od 10 cm promjera, horizontalno i u visinu 50 cm do 60 cm. Sitnije drvo se slaže što niže zbog težeg pougljavanja. Ostatak drvnog materijala se slaže na način da se deblji krajevi komada slažu do zida, a sitniji i nepougljeni komadi iz prošlog ciklusa u sredinu. Nakon što se ugljenica napuni do vrha donjeg otvora, ostatak se slaže kroz otvor na vrhu pazeći pri tome da se zadnji redovi napune sitnom granjevinom zbog lakše potpale i početka pougljavanja.

Nakon što se ugljenica napuni do gornjeg vrha, donji otvor se zatvara, vatra se potpaljuje i čeka se pojava žeravice. Iza toga se ugljenica nadopuni kratkim drvom i zatvara nakon što se i ono zapali. Potrebno je pijeskom zasuti otvore oko poklopca zbog sprječavanja izlaska dima.

Nakon potpaljivanja vatre započinje pougljavanje i traje dok vatra ne dođe do donjeg nivoa rupa. Pougljavanje u prosjeku traje 10 – 15 dana ovisno o suhoći i vrsti drva.

Kako bi se povećala količina proizvedenog ugljena u jednom ciklusu, potrebno je svako jutro i večer nadopunjavati ugljenicu zbog stvaranja praznog prostora pougljavanjem dijela drva.

Pougljavanje završava kada se gornje rupe zatvore zemljom, a to je obično dan nakon zatvaranja zadnje donje rupe. Nakon toga slijedi hlađenje ugljenice koje traje 7 – 8 dana. Vađenje ugljena se vrši nakon što se ugljenica ohladi te se potom pakira. Vađenje ugljena se obavlja kroz donji otvor pomoću transportera koji se sastoji od elektromotora, gumene trake, sita i postolja koje nosi sve navedene dijelove.



Slika 6. Slaganje ugljenice (www.agroklub.com)

### *Kakvoća drvnog ugljena*

Pod svojstva drvnog ugljena spadaju njegova građa, kemijska svojstva, vanjski izgled, težina i snaga sagorijevanja.

Drvni ugljen djelomično zadržava građu drva, golim okom možemo zamijetiti anatomske tvari poput vlakana i sržnih trakova. Provodni elementi nisu uočljivi jer su ispunjeni produktima destilacije. Boja poprima sivo crni do tamno crni ton, uz mogući modri odsjaj. Sjaj se javlja samo na lomovima. Ugalj karakterizira poroznost, mekoća i mala masa zbog gubitka vode te utezanja drva za vrijeme zagrijavanja i pougljavanja (Ugrenović 1957).

Prema JUS D. B9.020 s obzirom na vrstu drva (sirovine) razlikuje se:

- bukov ugljen (od čiste bukovine ili sa primjesom grabovine),
- hrastov ugljen (od čiste hrastovine ili sa primjesom cerovine ili nekog drugog tvrdog drva),
- ugljen mekih listača i
- jelov ili smrekov ugljen.

Retortni drvni ugljen i ugljen iz žežnica dijele se prema krupnoći u tri kvalitete:

Kvaliteta I. - drvni ugljen krupnoće iznad 3 cm na dan utovara kod proizvodnog poduzeća s tolerancijom od 5 % krupnoće ispod 3 cm. Ovdje spada i drvni ugljen u šipkama (*cannella*) promjera od 2 cm do 8 cm, koji je proizveden od svježih bukovih ili grabovih grana i ne smije sadržavati sitni ugljen.

Kvaliteta II. – drvni ugljen krupnoće od 0,5 cm do 3 cm na dan utovara kod proizvodnog poduzeća s tolerancijom od 8 % krupnoće ispod 0,5 cm.

Kvaliteta III. – drvni ugljen u prašini, krupnoće zrna do 0,5 cm (Ugrenović 1957).



Tablica 3. Specifikacija svojstava za drvni ugljen prema EN ISO 17225-1

Dimenzije (mm)			
	Glavna frakcija (min. 75 % masenog udjela)	Fina frakcija (< 10 mm), maseni udio (%)	Gruba frakcija, maseni udio (%) najveća duljina čestice, mm
P150	$16 \leq P \leq 150$ mm	$\leq 7 \%$	$\leq 10 \%$ > 100 mm i sve < 150 mm
Udio vode, M (%)			
M8	$\leq 8 \%$		
M10	$\leq 10 \%$		
Udio pepela, A (%)			
A5.0	$\leq 5,0 \%$		
A8.0	$\leq 8,0 \%$		
A8.0+	> 8,0 % (navesti maksimalnu vrijednost)		
Vezani ugljik (%)			
C60	$\geq 60$		
C75	$\geq 75$		
Gustoća, BD (kg/m <sup>3</sup> )			
BD130	$\geq 130$		
BD150	$\geq 150$		
Neto kalorična vrijednost, Q (MJ/kg ili kWh/kg)			Navesti minimalnu vrijednost

### 2.2.3 Drvna sječka

Drvna sječka je (eng. *woodchips*, njem. *Holzhacksnitzel*, *Hackgut*) prema normi EN ISO 16559:2014 definirana kao usitnjena drvna biomasa u obliku čestica određene veličine proizvedenih mehaničkim postupkom oštrim sječivom. Prema porijeklu izvorište drvne biomase za proizvodnju drvne sječke mogu biti prirodne šume ili plantaže, ostatak drvno-industrijske prerade, reciklirano drvo ili mješavine navedenih kategorija (Vusić i Pandur 2010). Drvna sječka je jedan vrlo raznolik izvor energije, većina značajki joj je zadana i ograničava mogućnost poboljšanja kvalitete tijekom proizvodnog procesa (Vusić 2013). Prvenstveno se to odnosi na kemijski sastav drvne biomase, koji zbog većeg udjela kisika i vodika naspram ugljika rezultira manjom kaloričnom vrijednošću u usporedbi s fosilnim gorivima (McKendry 2002). Stoga, preostalim malobrojnim značajkama kojima se može manipulirati tijekom procesa pretvorbe iz sirovine (drvne biomase) u koristan oblik šumskog drvnog goriva kojim je lako rukovati u lancu dobave (drvnu sječku) treba posvetiti posebnu pažnju. Ako je šumsko biogorivo uskladišteno na optimalan način i usitnjeno u optimalno vrijeme udio vode može se značajno smanjiti, a smanjenje udjela vode smanjuje trošak pridobivanja i povećava učinkovitost proizvodnje energije. Korištenjem prikladnih i dobro održavanih strojeva za usitnjavanje drvne biomase moguće je neposredno utjecati na poboljšanje granulometrijske strukture drvne sječke, naravno ovisno o početnim značajkama i strukturi raspoložive sirovine. Tijekom svih faza u lancu dobave u kojima se rukuje

šumskim biogorivom posebna se pažnja mora posvetiti smanjenju kontakta s onečišćujućim anorganskim tvarima (zemljom, pijeskom, kamenom) kako bi se udio pepela održao na nivou što bližem izvornom (prirodno zadanom) (Vusić 2013).



Slika 7. Drvena sječka  
([www.pecinabiomasu.com](http://www.pecinabiomasu.com))



Slika 8. Iverač u radu  
([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Kakvoća drvene sječke, metode uzorkovanja i provođenja laboratorijskih ispitivanja propisane su odnosnim normama Tehničkoga odbora CEN/TC 335 Solid biofuels. Prema normi, EN ISO 17225-1:2014 Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements, svakoj je drvanoj sječki nužno specificirati porijeklo, granulometrijsku strukturu, maseni udio vode i maseni udio pepela. Informativno se u specifikaciji može navesti i neto kalorična vrijednost ili energijska gustoća, nasipna gustoća te temperatura deformacije tijekom taljenja pepela. Maseni udio dušika i maseni udio klora obavezno je navesti ako je drvena sječka proizvedena od prethodno kemijski tretirane biomase, a za ostale sirovine udio se dušika i klora može navesti informativno (Vusić 2013).

Vlažnom drvnom sječkom, te sječkom koja sadrži visoke udjele zelenog drva i kore te drva koje dolazi direktno iz šume mogu se opskrbljivati postrojenja kapaciteta većeg od 1 MW, dok se kod malih postrojenja udio vode u drvu mora smanjiti na vrijednost manju od 30 %, inače dolazi do mogućnosti zagušenja sustava i stvaranja čađe, te se zbog toga drvena sječka za manja postrojenja mora uskladištiti i prosušiti (Loibnegger 2011).

Drvena se sječka koristi za proizvodnju energije u velikim industrijskim sustavima grijanja (tvornice, stambene zgrade) te za proizvodnju električne energije, a prednost njezina korištenja dolazi do izražaja kod specijalizirano izrađenih kotlova (velika postrojenja) gdje se može koristiti i s većim udjelom vode. Izradom drvene sječke omogućeno je veće iskorištenje i potpunija upotreba drvene biomase koja zbog svojih značajki nije prikladna za proizvodnju »tradicionalnih« drvnih sortimenata i inače ostaje neiskorištena u šumi. Sustavi grijanja male i srednje snage moraju isključivo koristiti

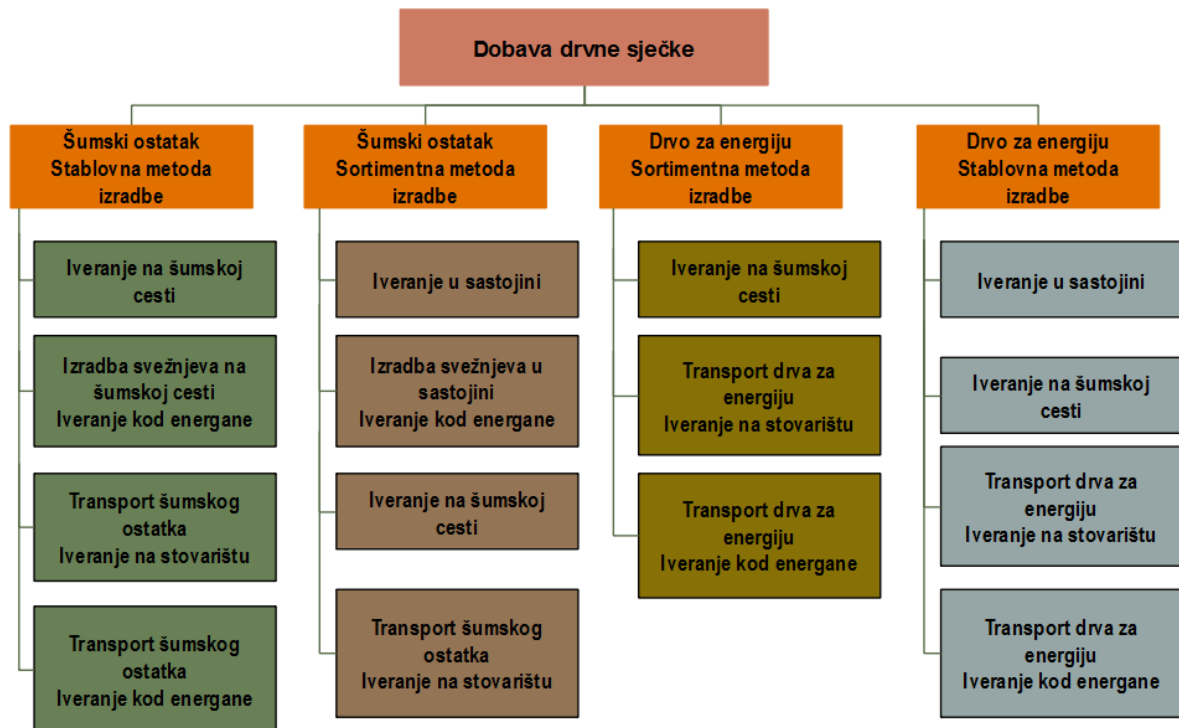


prosušenu, visokokvalitetnu drvenu sječku, dok se u velikim toplanama na biomasu može koristiti i sječka slabije kvalitete (Loibnegger 2011).

Drvena sječka dobre kvalitete (u odnosu na drvenu sječku loše kvalitete) daje visoku ogrjevnu vrijednost kroz propisno prosušivanje što rezultira manjom potrošnjom goriva, većom učinkovitošću sustava, učinkovitošću rukovanja, boljom regulacijom sustava i čistim sagorijevanjem (Loibnegger 2011).

### Proizvodnja drvene sječke

Sustav za proizvodnju drvene sječke čini niz različitih koraka, uključujući obradu, transport i donošenje odluka, s ciljem pretvorbe šumske biomase u gorivo te osiguravanje transporta tog energenta iz šume do energane. Prema Stampferu i Kanzianu (2006) u Austriji, drvena se sječka može proizvoditi od šumskog ostatka i drva za energiju (Slika 9.)



Slika 9. Sustavi pridobivanja šumske biomase u Austriji prema porijeklu, mjestu iveranja i vrsti prevezene biomase (Stampfer i Kanzian 2006)

S obzirom na značajke staništa, posebice nagib terena u šumskim sastojinama, navedeni sustavi bili bi primjenjivi i u Bosni i Hercegovini.

Sustavi za proizvodnju drvene sječke se obično organiziraju prema operaciji iveranja. Mjesto iveranja određuje vrstu šumske biomase za daljinski transport, te da li će ili ne ostali strojevi moći raditi neovisno o samom iveraču. Mjesto iveranja može biti u šumi,

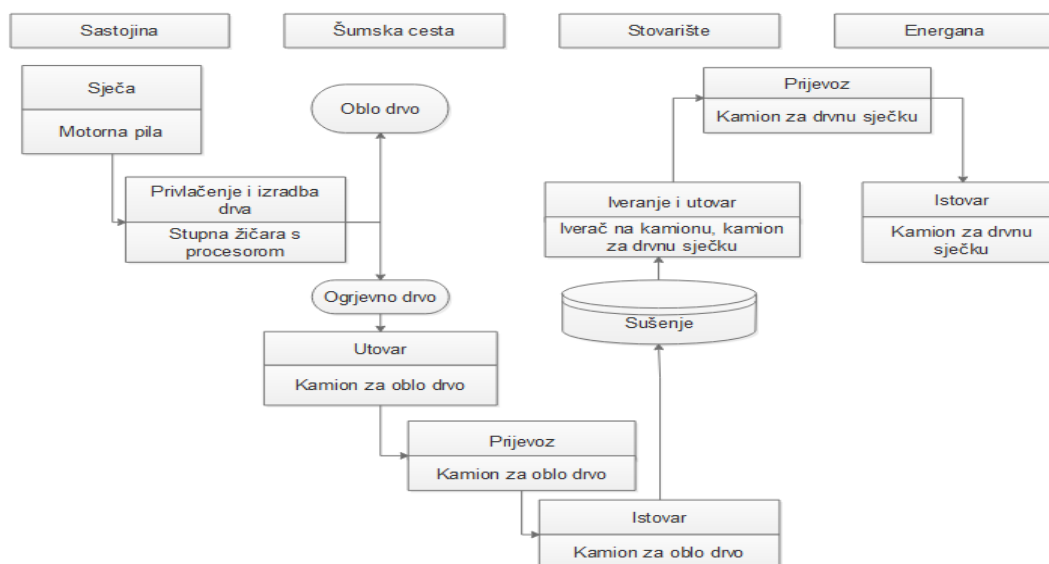
na šumskoj cesti, pomoćnom stovarištu ili kod energane. Biomasa može biti transportirana u obliku šumskog ostatka, oblog drva, sabijenih svežnjeva i u obliku drvene sječke. Konačna gustoća tovara i udaljenost transporta određuju uspjeh cijelog sustava (Stampfer i Kanzian 2006).

Iveranje u šumskim sastojinama se rijetko koristi. Najčešći izbor za proizvodnju drvene sječke jest iveranje na šumskoj cesti i prijevoz drvene sječke do energane. Daljnji problem u uvjetima povećanog nagiba terena je ograničen prostor na raspolaganju na šumskim cestama. Neposredni utovar drvene sječke u kamion izravno s iverača zahtijeva da se nalaze jedan pored drugoga, a prostorno su ograničeni širinom šumske ceste. Jedno od rješenja je razdvajanje radnog procesa, pri čemu strojevi postaju neovisni jedan od drugom. Međutim, dodatni troškovi nastaju u utovaru kamiona. Drugo rješenje je iveranje na pomoćnom stovarištu (Stampfer i Kanzian 2006). Iveranje kod energane čini proces iveranja i transporta neovisnim jednim od drugoga. Biomasa se transportira u obliku šumskog ostatka, cijelih stabla ili drvnih sortimenata.

### Osnovni sustavi pridobivanja drvene sječke

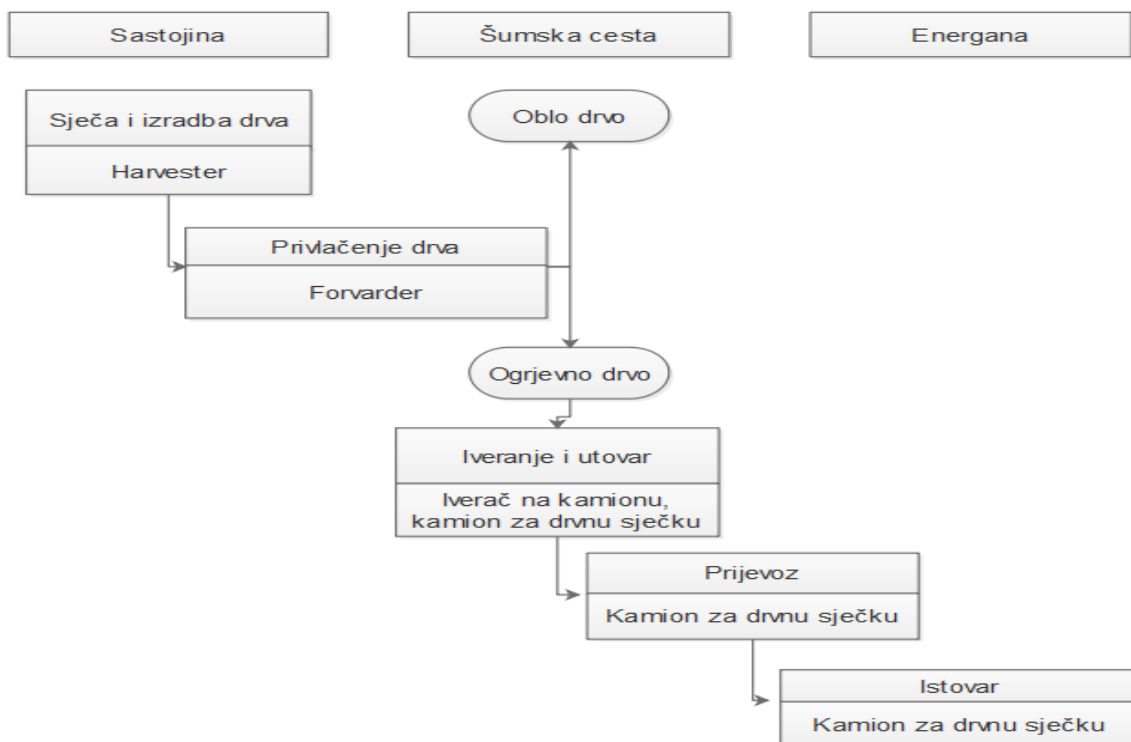
#### »Pridobivanje šumskog ostatka pri stablovnoj metodi izradbe«

Stablovna metoda izradbe primjenom sustava žičare ili skidera odvija se na šumskoj cesti. Preostali šumski ostaci se izvoze kamionima koji su opremljeni bočnim čeličnim šticama na odgovarajuće mjesto gdje se mogu grupirati u velike hrpe. Sirovina se neposredno ivera u kamione za drvenu sječku i prevozi do postrojenja (Slika 10.). Tako proizvedenu drvenu sječku preporuča se sušiti na zraku tijekom ljetnih mjeseci. Prednost ovog sustava je u tome što su troškovi sječe i izradbe povezani s konvencionalnim pridobivanjem i stoga su relativno niski za biomasu.



Slika 10. Korištenje šumskog ostatka nakon iznošenja stabala žičarom, skupljanje šumskog ostatka kamionima, neposredno iveranje u kamione za drvenu sječku  
 »Pridobivanje šumskog ostatka pri sortimentnoj metodi izradbe«

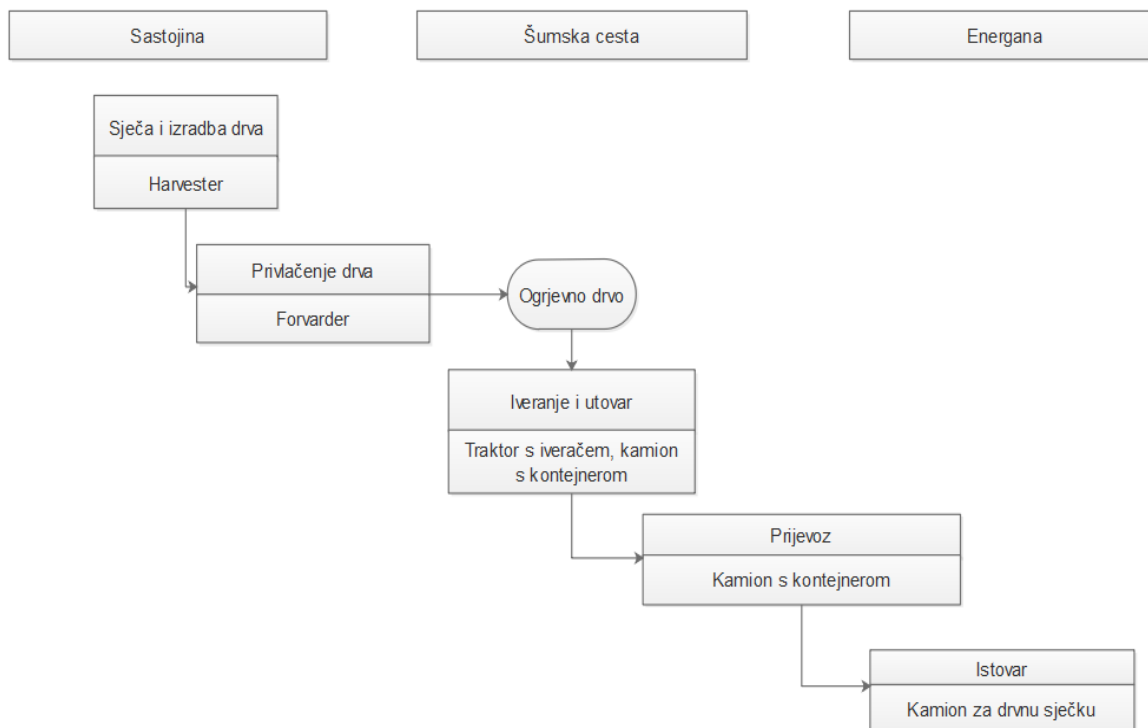
Šumski ostaci dobiveni harvesterom sječem izvoze se forvarderom na šumsku cestu. Iverač većih dimenzija na kamionu, ivera drvni materijal neposredno u kamion za prijevoz drvene sječke do energane (Slika 11). Dok se drvni materijal nalazi u sastojini, dodatni trošak se javlja kod prijevoza na šumsku cestu. I ovaj sustav je ograničen na prometne terene.



Slika 11. Korištenje šumskog ostatka nakon potpuno mehaniziranoga pridobivanja drva sortimentnom metodom, neposredno iveranje u kamione za drvnu sječku

*»Pridobivanje drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe«*

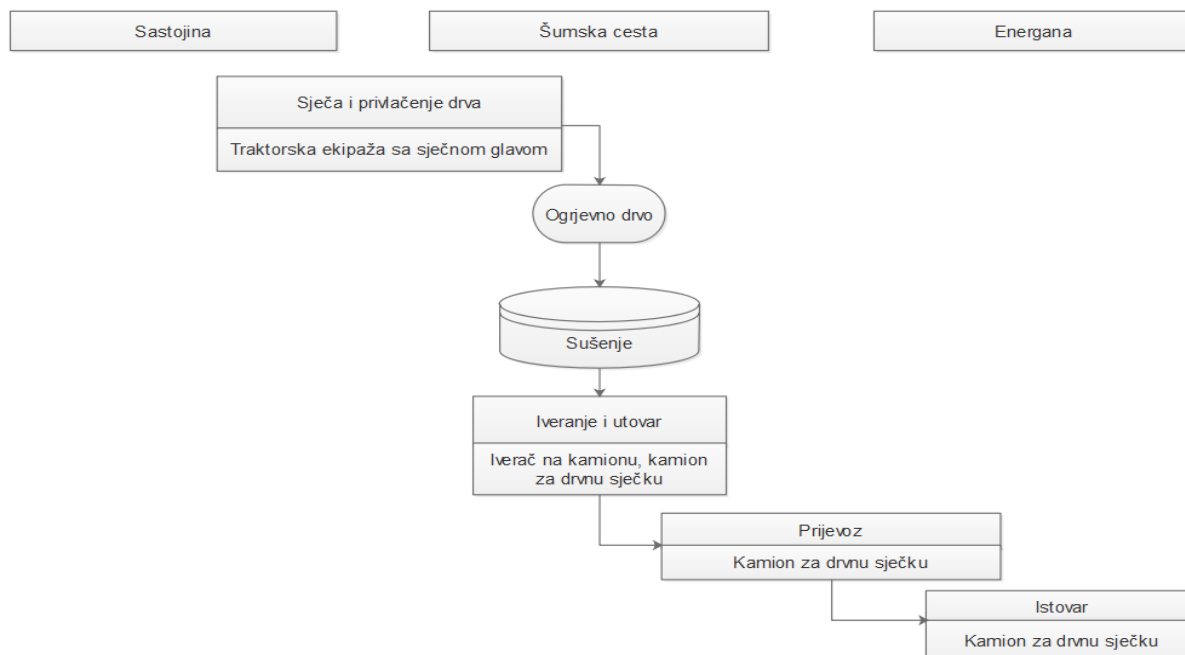
Sav drvni materijal pridobiven u prorjedama pretvara se u drvnu sječku. Sječu i izradbu drva obavlja harvester (Slika 12.). Sortimenti kao i šumski ostatak izvoze se forvarderom na šumsku cestu. Nakon mjesec dana skladištenja drvni materijal se ivera koristeći iverač montiran na šumski traktor. Kamioni opremljeni sustavom za bočni istovar i kliznim kontejnerima neposredno se utovaruju i prevoze drvnu sječku do energane (Stampfer i Kanzian 2006).



Slika 12. Korištenje drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe u sustavu harvester – forvarder, neposredno iveranje u kamione s kontejnerom

*»Pridobivanje drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe«*

Sječu i privlačenje drva obavlja traktorska ekipaža sa sječnom glavom koja obara stabla i polaže ih na šumsko tlo u grupama te se vrši utovar istih u prikolicu. Stabla se prevoze na šumsku cestu kako bi se osušila. Iveranje se vrši pomoću mobilnog iverača koji vrši neposredni utovar drvene sječke u kamione za drvenu sječku koji vrše transport do energane (Slika 13). Kod ove metode izradbe pridobivanje stabala malih promjera također je moguće upotrebom žičare. Sječa se obavlja motornim pilama, a izvlačenje stabala žičarom. Ovaj sustav u većini slučajeva nije ekonomski isplativ (Stampfer i Kanzian 2006).



Slika 13. Korištenje drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe pri radu traktorske ekipaže sa sječnom glavom, neposredno iveranje u kamione za drvenu sječku



Slika 14. Iverač na kamionu

## Kakvoća drvne sječke

Kvaliteta drvne sječke je ključna za pouzdan rad postrojenja. Postrojenja na drvnu sječku koja nisu predviđena za upotrebu goriva s povećanim sadržajem vode (sadržaj vode > 35%) mogu imati problema s izgaranjem, emisijama te energetskim gubicima. Veliki komadi drva mogu blokirati pužni vijak za doziranje goriva te prekinuti pogon postrojenja. Za nesmetani rad postrojenja instalirane snage preko 100 kW potrebno je koristiti ujednačenu granulaciju goriva. Homogenost, tj. ujednačenost veličine čestica može biti postignuta oštrim noževima te pravilno pozicioniranim rešetkama/sitima u stroju za iveranje. Nadalje, kako bi se osiguralo pravilno izgaranje potreban je ujednačen sadržaj vode u gorivu. Kategorije i specifikacije za drvnu sječku zajedno s pripadajućim svojstvima definirane su normama. U 2014. godini stupila je na snagu norma EN ISO 17225-4 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 4: Graded wood chips. Spomenuta norma predstavlja relevantnu normu te zamjenjuje sve prethodno korištene norme kao što su EN 14961-4 ([www.bioenergy4business.eu/2014](http://www.bioenergy4business.eu/2014)).

Norma EN ISO 17225-4 opisuje četiri razreda kvalitete (A1, A2, B1 i B2). Za svaki od navedenih razreda propisana su zahtijevana svojstva vezana uz korištenu sirovinu (npr. Udio vode, udio pepela, ogrjevna vrijednost, nasipna gustoća).

Svojstva klasa A1 i A2 predstavljaju drvnu sječku iz prirodnih šuma i kemijski netretiranih ostataka drva. A1 razred kakvoće predstavlja gorivo s niskim udjelom pepela, bez ili s vrlo malo kore i niskim udjelom vode, dok klasa A2 sadrži blago povišen udio pepela i/ili vode. B1 razred kakvoće sadrži drvni materijal iz prirodnih šuma, zatim šuma kratkih ophodnji, vrtova i plantaža uključujući industrijsko kemijski netretirano drvo i ostatke. Drvna sječka B2 razreda kakvoće također sadrži drvo kemijski netretirano drvo i ostatke, drvni materijal iz prirodnih šuma i plantaža te drugo korišteno drvo.

Tablica 4. Razredi drvne sječke prema granulometrijskom sastavu prema EN ISO 17225-4

Dimenzije (mm)					
	Glavna frakcija (min. 75 % masenog udjela)	Fina frakcija (< 3,15 mm), maseni udio (%)	Gruba frakcija, maseni udio (%)	Sve (mm)	Površina presjeka prevelikih čestica, cm <sup>2</sup>
P16S	$3,15 \leq P \leq 16$ mm	$\leq 12$ %	$\leq 6$ % > 31,5	$\leq 45$ mm	Nije određen
P31S	$3,15 \leq P \leq 31,5$ mm	$\leq 8$ %	$\leq 6$ % > 45	$\leq 150$ mm	< 2
P45S	$3,15 \leq P \leq 45$ mm	$\leq 8$ %	$\leq 10$ % > 63	$\leq 200$ mm	< 5

Tablica 5. Specifikacija određenih svojstava za drvenu sječku prema EN ISO 17225-4

Svojstva klase	Oznaka	A		B	
		1	2	1	2
Veličina čestica, P	mm	Određena iz Tablice 4.		Određena iz Tablice 4.	
Udio vode, M	w-%	M10 ≤ 10 M25 ≤ 25	M35 ≤ 35	Navesti maksimalnu vrijednost	
Udio pepela, A	w-%	A1.0 ≤ 1,0	A1.5 ≤ 1,5	A3.0 ≤ 3,0	
Gustoća, BD	pri preuzimanju, kg/m <sup>3</sup>	BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200 BD250 ≥ 250	BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200 BD250 ≥ 250 BD300 ≥ 300	Navesti minimalnu vrijednost	
Informativno					
Neto kalorična vrijednost, Q	pri preuzimanju, MJ/kg ili kWh/kg	Navesti minimalnu vrijednost	Navesti minimalnu vrijednost	Navesti minimalnu vrijednost	

#### 2.2.4 Drvni briketi

Drvni briketi (eng. *briquettes*, njem. *Briketts*) su geometrijski pravilni komadi prešane usitnjene drvene sirovine. Na tržištu su prisutni briketi valjkastog i prizmatičnog oblika. Ovaj energent prethodio je peletima, a bio je raširen u nekim razvijenim zemljama gdje su ga koristili osvješteniji kupci jer nije bilo prevelike razlike u cijeni u odnosu na klasična drvena goriva. Briketi su slični cjepanicama po obliku, dimenzijama i načinu uporabe, ali ih karakterizira veći energetske potencijal (Šafran 2015). Proizvode se prešanjem suhog usitnjenog drva i bez dodavanja vezivnih sredstava. Ogrjevna vrijednost briketa iznosi 18,5 MJ/kg, a energija koja se dobije izgaranjem 2 kg briketa ekvivalentna je onoj iz jedne litre loživog ulja (Krhen 2012). Briketi se mogu koristiti u svim vrstama ložišta za čvrsto gorivo, uz pažljivo doziranje (Herak 1987). Osim toga, korištenje briketa ima značajnu ekološku prednost jer sadržaj sumpora je u tragovima (dolazi do manjeg zagađenja okoliša), a nastali pepeo može poslužiti kao mineralno gnojivo (Brkić 2007).

##### *Proizvodnja briketa (briketiranje)*

Briketi se formiraju prešanjem usitnjenih čestica lignoceluloznog materijala bez vezivnog sredstva pod određenim uvjetima: visok tlak, povišena temperatura i optimalni sadržaj vode u sirovini. Udarni tlak klipa preše iznosi 210 bar-a (Herak 1987). Pri prešanju drvene sirovine volumen se višestruko smanjuje, pri čemu se postiže gustoća briketa 800–1200 kg/m<sup>3</sup>. Temperatura alata preše iznosi 90°C. Kompaktnost i zbijenost usitnjenih čestica u briketu osigurava se bez vezivnog sredstva



termoplastičnim sljepljivanjem čestica drvene sirovine. Osim odgovarajuće granulacije (usitnjenosti) polazne sirovine (do 3 mm), pri prešanju biomase značajnu ulogu ima i sadržaj vode u sirovini. Optimalan sadržaj vode je oko 15 %. Sadržaj pepela poslije sagorijevanja energetskog briketa iznosi od 1 % do 9 %, sumpora ima u tragovima, a ogrjevna vrijednost briketirane sirovine je 16 do 18,5 MJ/kg. Promjer briketa može biti od 25 do 90 mm, a duljina promjenjiva. Briketi se obično pakiraju u termoskupljajuću foliju, kartonske kutije, papirne ili plastične vreće. Tehnološki postupak briketiranja usitnjene lignocelulozne sirovine zasniva se na visokom tlaku u alatu preše 150 do 200 bar-a, koji biomasu pretvara u brikete kompaktne forme velike gustoće (Zubac 1996). Uslijed djelovanja visokog tlaka na biomasu nastaje trenje čestica materijala, što izaziva povišenu temperaturu materijala 70 do 90°C. Briketiranjem se volumen biomase smanjuje 7 do 12 puta i dobiva se gustoća briketa 1,0 do 1,4 kg/dm<sup>3</sup>. Briketi se pakiraju u kartonske kutije po 10 kg, natron i PVC vreće od 25 – 40 kg ili u termoskupljajuću plastičnu foliju. Pakiranje briketa je neophodno zbog izrazite higroskopnosti sabijene sirovine (Brkić 2007).



Slika 15. Briketi (www.ogrjev.hr)

### *Kakvoća briketa*

Prema normi EN ISO 17225-3: Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 3: Graded wood briquettes, drveni briketi predstavljaju zgusnuto biogorivo izrađeno s aditivima ili bez njih, prizmatičnog, kockastog ili cilindričnog oblika s promjerom većim od 25 mm. Proizvode se prešanjem samljevane biomase. Svrstavaju se u tri razreda kakvoće: A1, A2 i B.

Svojstva klasa A1 i A2 predstavljaju drvene brikete iz prirodnih šuma i kemijski netretiranih ostataka drva. A1 razred kakvoće predstavlja gorivo s niskim udjelom pepela i dušika, dok klasa A2 sadrži blago povišen udio pepela i dušika. B razred kakvoće sadrži kemijski tretirano industrijsko drvo i ostatke te korišteno drvo. Kemijski



tretirani drvni ostaci nakon primarne obrade drva i korišteno drvo spadaju u B razred kakvoće sve dok ne sadržavaju teške metale i halogene organske spojeve koji su rezultat različitih tretmana drva.

U tablici 6. prikazan je pregled određenih kriterija za ocjenjivanje kakvoće drvnih briketa prema normi EN ISO 17225–3 koja definira kategorije i specifikacije za drvene brikete zajedno s pripadajućim svojstvima.

Tablica 6. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće drvnih briketa

Parametar	Oznaka	A1	A2	B
Promjer, duljina, širina, visina	mm	Navesti vrijednost		
Udio vode	M, %	$M12 \leq 12$	$M15 \leq 15$	$M15 \leq 15$
Udio pepela	A, %	$A1.0 \leq 1,0$	$A1.5 \leq 1,5$	$A3.0 \leq 3,0$
Ogrjevna vrijednost	Q, MJ/kg	$Q15.5 \geq 15,5$	$Q15.3 \geq 15,3$	$Q14.9 \geq 14,9$
Gustoća	DE, g/cm <sup>3</sup>	$DE1.0 \geq 1,0$	$DE1.0 \geq 1,0$	$DE0.9 \geq 0,9$
Sadržaj dušika	N, %	$N0.3 \leq 0,3$	$N0.5 \leq 0,5$	$N1.0 \leq 1,0$
Sadržaj sumpora	S, %	$S0.03 \leq 0,03$		$S0.04 \leq 0,04$
Sadržaj klora	Cl, %	$Cl0.02 \leq 0,02$		$Cl0.03 \leq 0,03$

### 2.2.5 Drvni peleti

Peleti (eng. *wood pellets*, njem. *Holzpellets*) predstavljaju najpovoljniji uporabni oblik drvene biomase. To su geometrijski pravilni komadići prešane usitnjene drvene sirovine valjkastog oblika (Šafran 2015). Peleti su cilindričnog oblika s promjerom 5–6 mm i duljinom 10–25 mm. Usitnjavanjem drva i njegovim prešanjem u pelete stvoreno je gorivo koje je doseglo razinu automatizirane uporabe kao i fosilna goriva, a time i svu lagodnost koju pri korištenju osiguravaju tekuća i plinovita goriva (Risović i dr. 2008). Peleti su biogorivo koje se koristi za grijanje najrazličitijih prostora. Energetska vrijednost peleta je oko 18 MJ/kg peleta (5 kWh/kg). Prosječna gustoća čestica peleta kreće se u rasponu 1000 – 1400 kg/m<sup>3</sup> dok je nasipna gustoća peleta do 700 kg/m<sup>3</sup> (Stelte 2011). Glavne prednosti peleta su visoka nasipna i energijska gustoća što rezultira manjim skladišnim prostorom, manjim transportnim troškovima, visokom energijskom učinkovitošću i većom strukturnom homogenošću. Uz to, smanjen sadržaj vode (8–10 %) povećava mogućnost dugotrajnog skladištenja (Holm 2006). Peleti se zbog svoje veličine mogu transportirati pumpama, kao i tekuća goriva, k tome omogućuju potpunu kontrolu izgaranja, čime je smanjena emisija čestica pepela i čađe u okolinu (Li i Liu, 2000; Sokhansanj i dr. 2003). Količina prašine koja nastaje pri transportu i manipulaciji minimalna je pa je i rizik od zapaljenja neznatan (Porter i dr. 2008). Zbog svoje kompaktnosti i ujednačenosti korisniku omogućavaju sigurno korištenje i nesmetan rad dozirnog mehanizma i peći.

Proizvodnja drvnih peleta počela je u Europi i SAD-u za vrijeme naftne krize 70-ih. Peleti su pružili jeftinu i kvalitetnu zamjenu lož ulju za vrijeme trajanja krize.

Popularnost su stekli ponovo 90-tih kada su zemlje počele poticati upotrebu obnovljivih izvora energije ([www.peletgrupa.hr](http://www.peletgrupa.hr)).

### *Proizvodnja peleta*

Peletiranje je moguće opisati kao metodu povećanja gustoće biomase mehaničkim tlakom (Šafran 2015). Peletiranje (prešanje) različitih materijala našlo je primjenu u mnogim gospodarskim djelatnostima počevši od farmaceutske industrije, proizvodnje stočne hrane, a u posljednje vrijeme značajno mjesto zauzima u proizvodnji energijskih gorivih peleta (Stelte 2011). Prešanje biomase u brikete i pelete postupak je poznat više od 130 godina, budući da je William Harold Smith 1880. patentirao postupak proizvodnje »poboljšanog goriva iz piljevine« koji prema opisanom postupku odgovara današnjem briketu. Radi povećanja gustoće biomase, ona se preša u pelete, koristeći mehanički proces u kojem se narušava njezina stanična struktura (Stelte 2011).



Slika 16. Drvni peleti ([www.siska.hr](http://www.siska.hr))

Generalno, postupak proizvodnje drvnih peleta sastoji se od sljedećih operacija: prikupljanje i usitnjavanje sirovine, sušenje i kondicioniranje, peletiranje, hlađenje, prosijavanje, pakiranje i skladištenje. Prvi korak u procesu proizvodnje peleta predstavlja osiguravanje i doprema drvene sirovine. Pri tome razlikujemo sirovinu krupnog ili usitnjenog ostatka. Ako je dopremljena usitnjena sirovina, slijedi njeno skladištenje do ulaska u proces sušenja i kondicioniranja. Ako se radi o krupnom ostatku, potrebno ga je okorati i ukloniti nečistoće poput kamenja, pijeska i zemlje koji mogu uzrokovati zatupljivanje alata i nepotrebne zastoje u proizvodnom procesu. Kao sljedeća dva moguća slijeda navode se: sušenje sječke prije grubog usitnjavanja i usitnjavanje prije sušenja sječke (Šafran 2015).

S obzirom na medij koji se koristi kod sušenja, sušionice dijelimo na sušionice s dimnim plinovima, zrakom i pregrijanom parom (Šafran 2015). Sušionice dimnim plinovima imaju dvostruku ulogu: dovode toplinu za sušenje te odvođe vlagu nastalu procesom

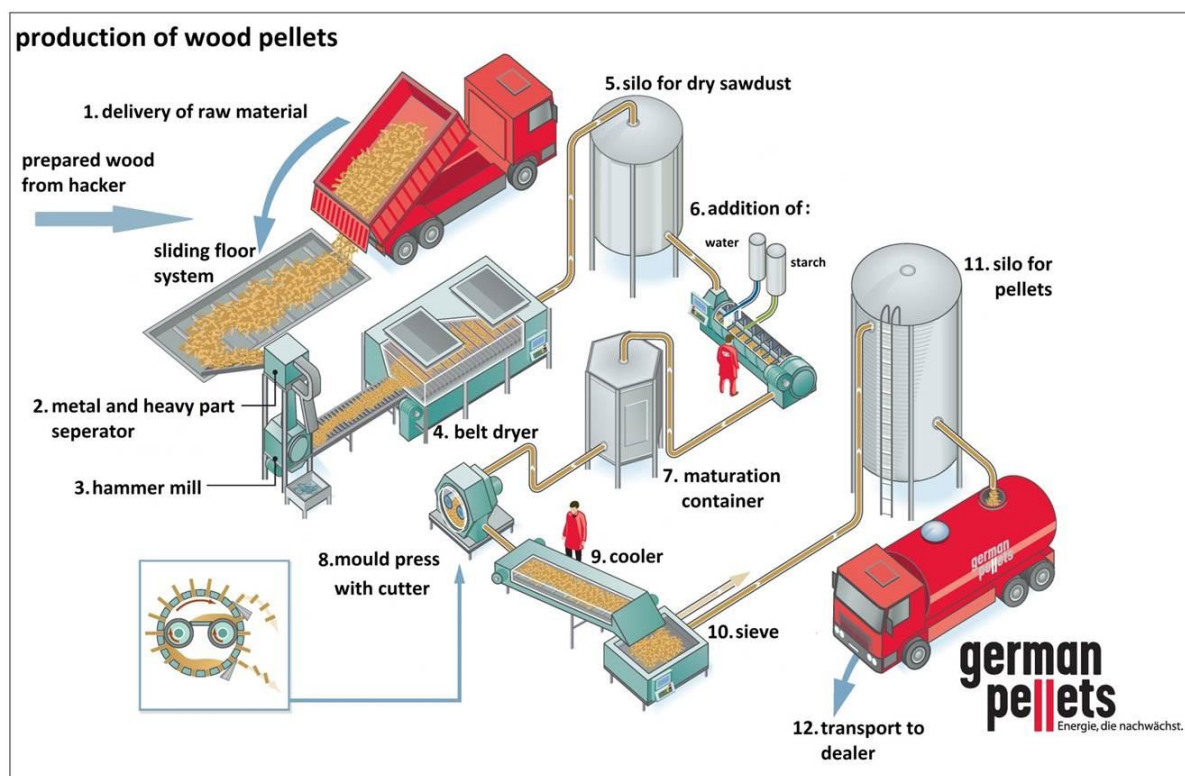
sušenja. Prednost sušionica pregrijanom parom u odnosu na sušionice dimnim plinovima očituje se u nemogućnosti oksidacije i izgaranja sirovine te znatno većoj brzini sušenja (Mujumdar 1995).

Nakon sušenja, drvenu sječku je potrebno usitniti na mlinu čekićaru ili mlinu s noževima. Prema Ciolkosz (2009) optimalan promjer čestica za proizvodnju peleta je oko 4 mm, te ako promjer komada premašuje 5 mm prije peletiranja potrebno je ponovno usitnjavanje.

Kondicioniranje predstavlja proces koji uključuje dodavanje pare ili vode neposredno prije peletiranja. Svrha kondicioniranja je smanjenje trenja među česticama drva, ali i između sirovine i stijenke čelične matrice u fazi prešanja, stvaranjem sloja vode na površini čestica drva (Šafran 2015).

Peletiranje se provodi na prešama gdje se pod povišenom temperaturom i tlakom kroz matricu istiskuju peleti cilindričnog oblika, standardno 6-8 mm, ne duži od 38 mm, ovisno o izlaznoj rešetki koja se po potrebi može zamijeniti. Vezivo za peletiranje drvene biomase je lignin, koji je prirodno sadržan u drvu, no u nekim slučajevima potrebno je dodavati vezivo (Ciolkosz 2009).

Duljina peleta propisana je normom. Formirani i zagrijani pelet izlazi iz preše, prelazi preko sita otvora 3,15 mm pri čemu se prosijava, hladi te skladišti ili pakira (Šafran 2015).



Slika 17. Prikaz procesa proizvodnje drvnih peleta ([www.german-pellets.de](http://www.german-pellets.de))

### Kakvoća peleta

Ujednačena veličina i kakvoća peleta preduvjeti su za razvoj tržišta. Ono je regulirano normama kojima se propisuju svojstva gorivih peleta. Pojedine zemlje Europske unije donijele su vlastite norme za kakvoću, skladištenje, transport te izgaranje peleta i

ostale čvrste biomase (Njemačka – DIN 51731 i DIN plus; Austrija – ÖNORM M 7135; Italija – CTI-R04/05; Švedska – SS 187120; Francuska – ITEBE) (Šafran 2015).

Program ENplus certifikacije obuhvaća tri klase kvalitete peleta s različitim zahtjevima o korištenoj sirovini, kao i karakteristikama drvnih peleta. Odgovaraju klasama norme EN ISO 17225-2 i nazvane su:

- ENplus-A1
- ENplus-A2
- EN-B

Kakvoća peleta ovisi o kemijskim, mehaničkim i fizikalnim svojstvima. Neka od svojstava direktno ovise o vrsti i sastavu korištene sirovine dok su druga vezana uz tehnološki postupak proizvodnje (prešanja) peleta. Peleti svojom kvalitetom u prvom redu moraju zadovoljiti zahtjeve potrošača, ali i standarde koje propisuje tržište i zakonodavac (Šafran 2015).

Detalniji pregled kriterija za ocjenjivanje kakvoće peleta nalazi se u tablici 7.

### **2.3 Normizacija i certifikacija čvrstih biogoriva**

Normizacija je djelatnost uspostavljanja odredaba za opću i opetovanu uporabu koje se odnose na postojeće ili moguće probleme radi postizanja najboljeg stupnja uređenosti u danome kontekstu. Ta se djelatnost u prvome redu sastoji od oblikovanja, izdavanja i primjene norma. Važne su koristi od normizacije poboljšavanje prikladnosti proizvoda, procesa i usluga za njihove predviđene svrhe, otklanjanje zapreka u trgovini te olakšavanje tehničke suradnje.

Ciljevi su normizacije osiguranje prikladnosti kojega proizvoda, procesa ili usluge da u određenim uvjetima služi svojoj namjeni, ograničavanje raznolikosti izborom optimalnoga broja tipova ili veličina, osiguravanje spojivosti različitih proizvoda, zaštita zdravlja, sigurnost, zaštita okoliša itd.

Certificiranje je postupak u kojem neovisna organizacija na temelju provedenog ocjenjivanja sukladnosti, utvrđuje zadovoljava li proizvod, proces, sustav upravljanja ili osoba kriterije sadržane u određenom normativnom dokumentu. Certifikacijsko tijelo koje provodi certifikaciju ocjenjuje dokumentaciju i rad u praksi organizacije koja se želi certificirati prema određenim normativnim dokumentima. Na temelju provedenog ocjenjivanja sukladnosti certifikacijsko tijelo dodjeljuje certifikat podnositeljima zahtjeva za certifikaciju, ako su ispunjeni svi uvjeti prema propisanim normativnim dokumentima.

#### **2.3.1 Normizacija čvrstih biogoriva**

*CEN (Comité Européen de Normalisation) – Europski odbor za normizaciju*

CEN je europsko normizacijsko tijelo osnovano 1975. godine u Bruxellesu. Zadaća CEN-a je uklanjanje zapreka u trgovanju unutar Europe i međunarodnom trgovanju.

Europski odbor za normizaciju usvaja norme i ostale tehničke specifikacije koje su primjenjive za područje Europe. CEN radi sukladno direktivi 98/34/EC »*laying down a procedure for the provision of information in the field of technical standards and regulations and of rules on Information Society services*« i novoj Uredbi (EU) broj 1025/2012. U rad CEN-a uključeni su predstavnici iz 33 zemlje koji pomažu u razvoju europskih norma koje se označavaju slovima EN.

Norme koje usvoji CEN postaju automatski i nacionalne norme u zemljama članicama Europskog odbora za normizaciju. Na taj način je olakšano trgovanje unutar prostora Europe jer se proizvod koji je ispitan u jednoj zemlji i dokazan da radi sukladno određenoj EN normi može prodavati u svim zemljama Europe. U rad CEN-a uključeno je oko 60.000 stručnjaka iz država europskog prostora.

CEN surađuje s međunarodnim normirnim tijelima ISO – *International Organization for Standardization*, IEC – *International Electrotechnical Commission* i ITU - *International Telecommunication Union*.

Prijedlog za potrebama izrade europske norme može doći od bilo koje zainteresirane strane. Prijedloge najčešće daju europska nacionalna normizacijska tijela, Europska komisija i EFTA - *European Free Trade Association*. Nakon pristizanja prijedloga CEN-ovi tehnički odbori (TC) odlučuju hoće li se prihvatiti ili odbaciti pristigli prijedlog. Kada se prijedlog prihvati osniva se radna skupina u kojoj će sudjelovati sve zainteresirane strane koje će raditi na usvajanju nove norme. Nakon izrađivanja skice, prijedlog se dostavlja na javno mišljenje i nakon toga su moguće pojedine izmjene. Kada se postigne dogovor norma se prihvaća kao europska i dobiva oznaku EN.

ISO (*International Organization for Standardization*) - Međunarodna organizacija za normizaciju

ISO je svjetski savez nacionalnih normizacijskih tijela (tijela članica ISO). ISO je osnovan 1947. godine u Ženevi. ISO naziv je izabran od grčke riječi »/sos« što znači »jednak«. Zadaća ISO organizacije je priprema, prihvaćanje i objavljivanje međunarodnih norma. ISO organizacija izdavanjem norma pomaže razvoju gospodarstva i uklanjanju prepreka u međunarodnoj trgovini. Iako se ISO definira kao nevladina organizacija, njezina sposobnost postavljanja norma koje često postanu zakoni čini ISO organizaciju moćnijom od većine nevladinih organizacija. U praksi, ISO se ponaša kao konzorcij usko povezan s vladama. ISO organizacija se sastoji od članova iz 162 zemlje svijeta. ISO norme i neki dokumenti su zaštićeni, odnosno ISO raspolaže pravima tih dokumenata i većina dokumenata koje izdaje ISO se naplaćuju. ISO organizacija je najveći izdavač međunarodnih norma s oko 20.000 izdatih norma.

Postoje tri kategorije članstva u ISO-u. Prva kategorija su nacionalna tijela koja su najvažnija za donošenje norma u svakoj zemlji članici. Oni su jedini članovi ISO-a koji imaju pravo glasa. Zemlje koje nemaju nacionalna normizacijska tijela spadaju u kategoriju dopisnih članova. U ovoj kategoriji članovi se obavještavaju o radu ISO-a,

ali nemaju pravo sudjelovanja u ISO-u. I na kraju postoje članovi pretplatnici za zemlje sa slabije razvijenim gospodarstvom. Ovi članovi plaćaju manje članarine, ali i dalje mogu pratiti razvoj novih normi.

Norme se usvajaju na tehničkim odborima. Predstavnici svih zainteresiranih strana mogu sudjelovati u radu tehničkih odbora. Svaka ISO norma koja se pojavi u prodaji napravljena je i usuglašena na tehničkom odboru koji je zadužen za donošenje takvih vrsta norma. Objava norme kao međunarodne norme zahtijeva odobrenje minimalno 75 % glasova tijela članica.

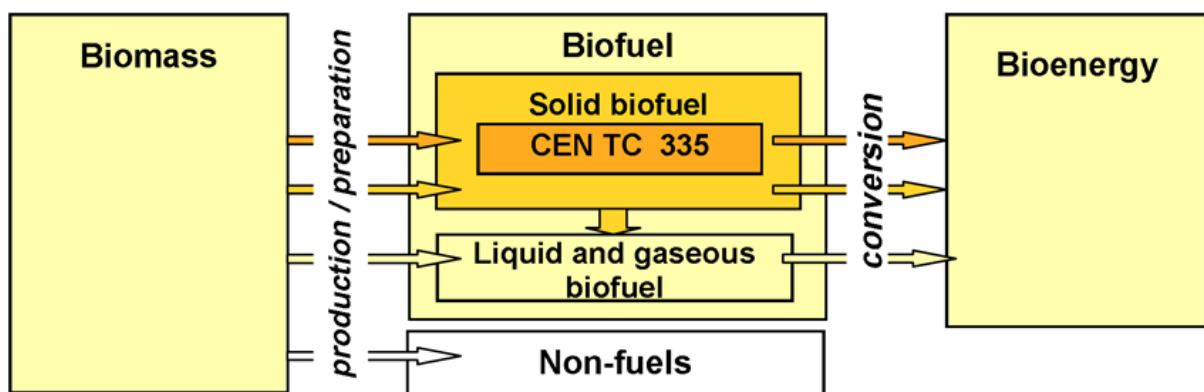
Razne tehničke specifikacije (CEN/TS) pripremljene su u razdoblju između 2000. i 2006. godine u Tehničkom odboru CEN/TC 335 za čvrsta biogoriva, a potom su razvijene u potpuno prihvaćene standarde. Većina tih normi objavljena je između 2009. i 2012. godine.

Norme za čvrsta biogoriva prihvaćene od Tehničkog odbora TC 335 mogu se podijeliti u nekoliko skupina:

- Terminology, definitions and descriptions – EN ISO 16559
- Fuel specifications and classes – EN ISO 17225-1 ..... EN ISO 17225-6
- Sampling – EN 14778
- Sample preparation – EN 14780
- Physical and mechanical properties – EN 15210, EN 15149, EN 15103...
- Determination of calorific value – EN 14918
- Fuel quality assurance – EN 15234.

Cilj međunarodnih normi u sustavu certifikacije čvrstih biogoriva jest pružiti nedvosmislene i jasne principe klasifikacije za čvrsta biogoriva i poslužiti kao alat kako bi se omogućilo učinkovito trgovanje biogorivima te omogućilo dobro razumijevanje između prodavatelja i kupca, kao i alat za komunikaciju s proizvođačima opreme.

Slika 18. opisuje korištenje i pretvorbu bioenergije iz izvora biomase u biogoriva do konačne pretvorbe u bioenergiju. Iako se biomasa može koristiti za proizvodnju energije, ona ima i druge primarne namjene poput sirovine za gradnju, namještaj, pakiranje, papirne proizvode i drugo.



Slika 18. Pretvorba biomase u bioenergiju

Tehnički odbor ISO/TC 238 za čvrsta biogoriva osnovan je 2007. godine i namijenjen je podršci razvoja međunarodnih tržišta za čvrsta biogoriva. Brojne europske norme koje su već objavljene koriste se kao predlošci normi u ISO/TC 238 i djelomično se dalje razvijaju i dopunjavaju na odgovarajuće načine.

### **2.3.2 Certifikacija čvrstih biogoriva**

Prema Direktivi o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora EU je do 2020. godine obvezna najmanje 20 % svoje krajnje potrošnje energije pokriti energijom iz obnovljivih izvora. Nadalje, Direktivom je propisano da »svaka država članica osigurava da udio energije iz obnovljivih izvora u svim oblicima prometa 2020. iznosi barem 10 % ukupne potrošnje energije u prometu u toj državi članici«. S obzirom na trenutačno stanje u pogledu tehnoloških napredaka i mogućnosti uporabe alternativnih oblika energije u prometu, 10 %-tna ciljna vrijednost u praksi može se postići samo znatnom uporabom biogoriva (Članak 3. stavak 4. Direktive o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora).

Kako bi se zajamčilo da su biogoriva koja se stavljaju na tržište EU-a održiva, Direktivom je propisan niz kriterija održivosti koje moraju ispunjavati gospodarski subjekti. Nadalje, države članice za računanje postizanja 10 %-tne ciljne vrijednosti za promet smiju uzimati u obzir samo ona biogoriva koja su certificirana kao održiva. Održivost većine biogoriva koja su stavljena na tržište EU-a certificira se u okviru dobrovoljnih programa koje priznaje Komisija (Sustav EU-a za certifikaciju održivih biogoriva 2016).

Certifikacija peleta ENplus kvalitete predstavlja veliki korak prema upotrebi peleta kao masovno korištenog energenta. Po prvi puta, brojni nacionalni standardi i certifikati, zamjenjuju se jednim jedinstvenim sustavom certificiranja baziranim na EN 14961-2 standardu za drveni pelet. Ovaj sustav je definiran od strane Europskog vijeća za pelete (European Pellet Council) i time uživa potporu velikog dijela europskog sektora peleta.

Cilj certifikacijskog sustava ENplus za pelete jest osigurati opskrbu peleta za grijanje i kogeneracijska postrojenja (CHP - combined heat and power plant) do 1 MW izlazne snage u stambenim, poslovnim i javnim zgradama s jasno definiranom i stalnom kvalitetom. Kako bi se zajamčila konstanta razina kvalitete isporučenih peleta, proizvodnja, logistika te postupci isporuke se kontroliraju. Kao rezultat toga, aspekti certifikata proizvoda su usklađeni s certifikatom sustava.

Sustav certificiranja sadrži sljedeće bitne točke:

1. zahtjevi za proizvodnju peleta i osiguranja kvalitete,
2. zahtjevi za proizvod (EN ISO 17225-2),
3. zahtjevi za označavanje, logistiku i privremeno skladištenje te
4. zahtjevi za isporuku krajnjim kupcima.

S klasama ENplus-A1, ENplus-A2 kao i klasom EN-B definirane su tri razine kvalitete peleta koje su utemeljene na značajkama europske norme EN-14961-2.





Slika 19. Logo europskog udruženja za biomasu ([www.aebiom.org](http://www.aebiom.org))

Vlasništvo ENplus znaka ima Europsko udruženje za biomasu - AEBIOM (koji su pokrovitelji europskog vijeća za pelete - EPC). AEBIOM dodjeljuje nacionalnim udrugama peleta koji su prihvaćeni kao nacionalni Davatelji licence pravo na izdavanje ENplus certifikata kvalificiranim tvrtkama.

U zemljama u kojima ne postoje davatelji ENplus licence na nacionalnoj razini, tvrtke mogu izabrati ovlašteno certifikacijsko tijelo diljem svijeta.

*Davatelji licence na nacionalnoj razini* su udruge koje zastupaju interese sektora peleta u svojim zemljama te imaju potpisan ugovor s AEBIOM-om koji im omogućuje izdavanje ENplus licence kvalificiranim poduzećima.

Osnovne komponente programa certificiranja su:

1. Definiranje klasa kvaliteta i specifikacija svojstava peleta,
2. Specifikacije za upravljanje kvalitetom »in-house« (oprema i postupci, kvalifikacije zaposlenika, unutarnja kontrola kvalitete),
3. Pregled i potvrda usklađenosti drvnih peleta, proizvodnje peleta, logističkog sustava (do maloprodaje) i upravljanja kvalitetom s europskim standardima i odredbama ENplus priručnika,
4. Izvršenje certificiranja i vanjske kontrole, licenciranja i oduzimanja licence, rukovanja i reklamacije i
5. Označavanje i korištenje ENplus oznake.

#### *Izdavatelj licence*

Proizvođač ili trgovac peleta može ishodovati licencu za korištenje ENplus zaštitnog znaka od Nacionalnog davatelja licence odgovornog za zemlju u kojoj se nalazi sjedište tvrtke. Ako takva udruga ne postoji, licenca se može dobiti direktno od europskog vijeća za pelete (EPC). Ako Nacionalni davatelj licence prestane izdavati ili izgubi prava na ENplus licence, korisnici licence iz te zemlje dobiti će svoja prava na licencu izravno od AEBIOM-a bez daljnjeg odgađanja osim ako korisnik licence nije u skladu sa zahtjevima ENplus norme. Nacionalni davatelj licence može ovlastiti jedno ili više tijela za rad na postupku licenciranja u svojoj zemlji, ali ne smije prenijeti pravo licenciranja. Dozvolu za korištenje ENplus zaštitnog znaka uvijek izdaje europsko vijeće za pelete (EPC) ili Nacionalni davatelj licence.



### *Potvrda treće strane*

EPC ili Nacionalni davatelj licence ovlašćuje jedno ili više certifikacijskih tijela za provedbu procesa certifikacije. Sporazum između EPC-a ili Nacionalnog davatelja licence i odabranog certifikacijskog tijela mora biti potpisan s obje strane. Ako je licenca izdana prije nego je Nacionalni davatelj licence ostvario prava na ENplus licencu ili prije izbora ekskluzivnog certifikacijskog tijela, ugovor između certificirane tvrtke i prethodnog certifikacijskog tijela biti će prihvaćen od strane Nacionalnog davatelja licence do datuma isteka. Obnovu certifikata izdaje ovlašteno certifikacijsko tijelo.

### *Grupna certifikacija*

Nacionalni davatelj licence može odabrati model grupne certifikacije gdje djeluje kao organizacija za sustavnu podršku. Nacionalni davatelj licence mora izabrati akreditirano certifikacijsko tijelo za ocjenu sukladnosti nacionalne ENplus provedbe prema normi ISO 9001 i ENplus priručniku. Organizacija za sustavnu podršku ocjenjuje sukladnost proizvođača ili trgovca peleta s odredbama ENplus priručnika na temelju ENplus zahtjeva i izvješća inspekcije za nadzor iz navedenog inspekcijskog tijela.

### *Organizacija za sustavnu podršku*

Organizacija za sustavnu podršku je Nacionalni davatelj licence koji odlučuje organizirati nacionalnu ENplus certifikaciju kao grupnu certifikaciju.

### *Certifikacijska tijela*

Certifikacijska tijela osiguravaju neovisnost sustava certificiranja i prate (nadgledaju) postupke. Navedeno certifikacijsko tijelo mora biti akreditirano prema ISO / IEC 17065 s članstvom Europske organizacije za akreditaciju (EA). Djelokrug akreditacije mora uključivati EN 14961-2 i EN 15234-2. EPC ili Nacionalni davatelj licence može odobriti razložne iznimke.

### *Valjanost certifikata*

Certifikat je valjan za jedno certifikacijsko razdoblje koje traje tri godine. Certifikacijsko razdoblje započinje ishodom certifikata, u slučaju grupne certifikacije ono traje jednako za sve članove grupe. Kada se jave kršenja ENplus programa certificiranja ili certifikacijsko tijelo prijavi nesukladnost certificirane tvrtke, Nacionalni davatelj licence ili EPC ima pravo obustaviti dozvolu za korištenje ENplus zaštitnog znaka u ograničenom vremenskom razdoblju ili raskinuti ugovor o licenciranju i zatražiti od tijela za certifikaciju oduzimanje certifikata. U slučaju oduzete dozvole i certifikata, identifikacijski broj tvrtke ide na crnu listu i nikada više neće biti dodijeljen nijednoj certificiranoj tvrtki. Bivši nositelj licence može ponovno podnijeti zahtjev za licencu nakon jedne godine. Nakon uspješnog odobrenja njegovih aplikacija dodijelit će mu se novi identifikacijski broj.

### *Inspekcije i kontrolna tijela*

Navedena inspekcijska tijela moraju biti akreditirana prema EN ISO 17020. Djelokrug akreditacije mora uključivati EN 14961-2 i EN 15234-2. EPC ili Nacionalni davatelj licence može odobriti razložne iznimke ako ne postoje prigovori. Navedena kontrolna tijela moraju biti akreditirana prema ISO 17025 uključujući EN 14961-2 i moraju koristiti standarde testiranja navedene u EN 14961-2.

### *ENplus oznaka*

ENplus identifikacijski broj je jedinstvena oznaka vezana za određenog certificiranog proizvođača ili trgovca peletima. Sastoji se od 5 znamenki počevši s brojem zemlje, a završava s troznamenkastim brojem dodijeljenim od strane EPC-a.

### *Peleti za neindustrijsku uporabu*

Drvni peleti za neindustrijsku upotrebu predstavljaju zgusnuto biogorivo proizvedeno od drvene biomase sa ili bez aditiva obično cilindričnog oblika, prosječna duljina obično iznosi 5 do 40 mm s promjerom do 25 mm i odlomljenim krajevima. Sirovina za drvene pelete je drvenasta biomasa. Peleti su obično proizvedeni u kalupu, s ukupnim sadržajem vode obično manje od 10 % svoje mase na mokroj bazi.

Pod aditivima kod peleta za neindustrijsku uporabu podrazumijeva se materijal koji je namjerno dodan u proizvodnom procesu, bilo zbog učinkovitije proizvodnje, poboljšanja kvalitete goriva ili smanjenja određenih emisija. Mast i druga maziva koja se koriste za održavanje strojeva i koja se možda pronađu u peletu, ne smatraju se aditivima. Pod kemijskom obradom ovih peleta smatra se bilo koji tretman izuzev zrakom, vodom ili toplinom.

ISO 17225 podržava upotrebu drvnih peleta za stambene, male poslovne i javne zgrade, kao i za pogone za proizvodnju električne energije koji zahtijevaju određenu kvalitetu peleta. Stambene, male poslovne i javne zgrade zahtijevaju veću kvalitetu goriva iz sljedećih razloga:

- Sustavi malih razmjera obično nema napredne kontrole za praćenje dimnih plinova i za čišćenje.
- Aparatima općenito ne rukuju profesionalni inženjeri
- Takvi sustavi se često nalaze u stambenim i naseljenim četvrtima.

ISO 17225 utvrđuje klase kvaliteta goriva i specifikacije drvnih peleta za neindustrijsku i industrijsku uporabu. ISO 17225 pokriva samo drvene pelete proizvedene od sljedećih sirovina:

- Šume, nasadi i drugo netaknuto drvo;
- Nusproizvodi i ostaci od industrije obrade drva;
- Korišteno drvo.

Termički obrađeni peleti (npr. torificirani peleti) nisu uključeni u opseg ovog dijela ISO 17225. Torifikacija je blagi predtretman biomase na temperaturi između 200 °C i 300 °C.

Tablica 7. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće peleta za »neindustrijsku« uporabu prema ENplus

Parametar	A1	A2	B
Promjer, mm	6 ili 8		
Duljina, mm	$3,15 \leq L \leq 40$		
Udio vode, %	$\leq 10$		
Udio pepela, %	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$
Mehanička otpornost, %	$\geq 97,5$		$\geq 96,5$
Količina finih čestica, %	$\leq 1,0$		
Ogrjevna vrijednost, MJ/kg	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,3 \leq Q \leq 19$	$16,0 \leq Q \leq 19$
Nasipna gustoća, kg/m <sup>3</sup>	$\geq 600$		
Sadržaj dušika, %	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$
Sadržaj sumpora, %	$\leq 0,03$		$\leq 0,04$
Sadržaj klora, %	$\leq 0,02$		$\leq 0,03$
Temp. taljenja pepela, °C	Informativno se može navesti		

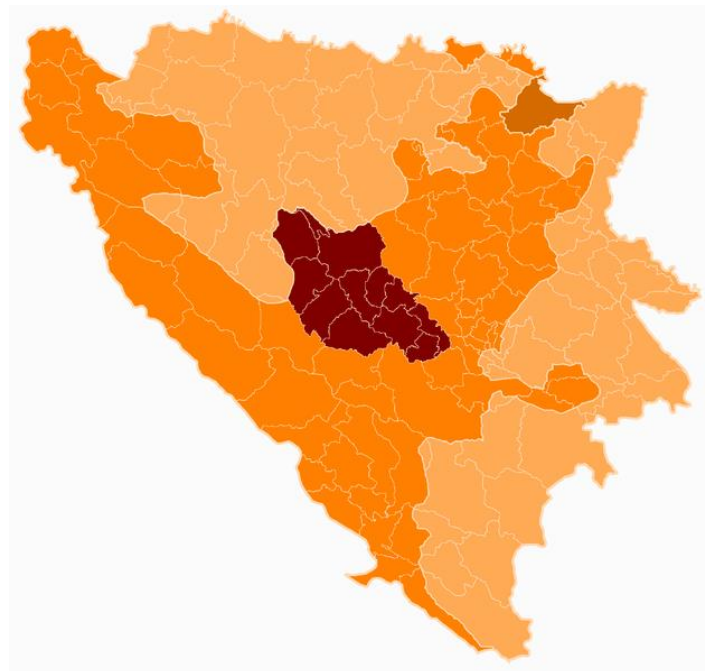
### 3. Materijal i metode istraživanja

#### 3.1 Materijal

##### 3.1.1 Županija Središnja Bosna

###### *Geografski položaj i prirodne značajke*

Županija Središnja Bosna zauzima površinu od 3.189 km<sup>2</sup> i jedna je od 10 administrativnih jedinica u sastavu Federacije Bosne i Hercegovine (slika 20). U usporedbi s drugim Županijama u Federaciji, Županija se po površini nalazi na petom mjestu i u svom sastavu ima 12 općina: Bugojno, Busovača, Dobretići, Donji Vakuf, Fojnica, Gornji Vakuf – Uskoplje, Jajce, Kiseljak, Kreševo, Novi Travnik, Travnik i Vitez (slika 21). Nalazi se u središnjem dijelu Bosne i Hercegovine i graniči sa Zeničko-dobojskom županijom, Sarajevskom županijom, Hercegovačko-neretvanskom županijom i Županijom broj 10, te sa entitetom Republika Srpska. Županija je izrazito brdsko-planinsko područje sačinjeno od: dolinsko-kotlinskih dijelova Lašve, Vrbasa i Fojnice te planinskih dijelova s nadmorskom visinom i do 2.110 m.



Slika 20. Položaj Županije Središnja Bosna u središnjem dijelu Bosne i Hercegovine  
([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))



Slika 21. Županija Središnja Bosna (www.sbk-ksb.gov.ba)

Promatrajući veličinu i broj stanovnika općina koje su u sastavu Županije, najveći udio u površini ima općina Travnik, dok je površinom najmanja općina Dobretići. Kada je riječ o broju stanovnika, općina Travnik se ponovo nalazi na prvom mjestu u Županiji, a slijede je Bugojno, Jajce, Vitez, Novi Travnik, itd.

Tablica 8. Iskaz površina po općinama

Općine	Ukupna površina (u ha)	Površina poljoprivrednog zemljišta				Površina šuma (u ha)	Ostalo (u ha)
		Ukupno	Oranice	Voćnjaci	Livade i pašnjaci		
Bugojno	36.093	13.307	6.616	568	6.123	21.453	1.333
Busovača	14.760	4.257	1.937	584	1.736	9.809	694
Dobretići	3.850	3.000	50	-	2.950	850	-
Donji Vakuf	34.755	11.086	5.706	420	4.960	22.546	1.123
Fojnica	30.800	5.421	1.897	138	3.386	23.256	2.123
Gornji Vakuf-Uskoplje	40.200	16.230	5.800	130	10.300	21.540	2.430
Jajce	38.234	17.256	7.230	305	9.721	20.978	-
Kiseljak	16.490	7.822	5.734	305	1.783	8.077	591
Kreševo	14.924	3.590	2.229	102	1.259	11.104	230
Novi Travnik	24.247	6.328	3.212	312	2.804	17.214	705
Travnik	56.300	22.970	8.227	957	13.786	28.868	4.462
Vitez	15.852	4.816	3.014	398	1.404	10.087	949
<b>Ukupno</b>	<b>326.505</b>	<b>116.083</b>	<b>51.652</b>	<b>4.219</b>	<b>60.212</b>	<b>195.782</b>	<b>14.640</b>

Izvor: Prostorni plan Županije Središnja Bosna (2005.), »Službene novine Županije Središnja Bosna«, broj 11/05.

Ukupna površina pod šumama u odnosu na 2005. godinu kada je iznosila 195 782 ha se povećala i sada iznosi 211 196 ha.

Tablica 9. Broj stanovnika u Županiji Središnja Bosna

Općina	Broj stanovnika
Bugojno	31 470
Busovača	17 910
Dobretići	1629
Donji Vakuf	13 985
Fojnica	12 356
Gornji Vakuf-Uskoplje	20 933
Jajce	27 258
Kiseljak	20 772
Kreševo	5273
Novi Travnik	23 832
Travnik	53 482
Vitez	25 836
Ukupno	254 736

Izvor: Agencija za statistiku BiH, Popis stanovništva 2013. godine

Na prostoru Županije se nalaze značajne rezerve ugljena raspoređene u tri bazena (Bugojanski, Jajački i Sarajevsko-zenički), zatim ležišta crnih metala i značajna nalazišta nemetala, nalazišta različitih obojenih metala od kojih najveći značaj ima ruda boksita, zatim cinka, olova, srebra, žive i zlata. Osim toga zastupljene su i druge industrijske mineralne sirovine kao što su rude aluminija – boksit, rude željeza – magnetit, hematit i limonit, rude gipsa, rude kvarcita, žive, bakra, olova i cinka te građevinski materijali kao što su tehnički i arhitektonsko-građevinski kamen u koji spadaju dolomit, krečnjak, kvarc-diorit, riolit, mramor, tufo i sedra, kao i glina. Prirodne karakteristike tla u Županiji definiraju ovaj resurs kao izrazito osjetljiv, što zahtijeva odgovorno upravljanje njime. Činjenice da 84,2 % teritorije ima nagib veći od 13 %, da je 40 % zemljišta pliće od 30 cm, te da je 17 % zemljišta vrlo plitko tlo, ukazuju da se najveći dio teritorija može svrstati u kategoriju osjetljivih tala koja zahtijevaju dodatnu brigu i posebne načine upravljanja te primjenu posebnih proizvodnih praksi.

Industrijsku proizvodnju u Županiji je u 2013. godini obavljalo 708 gospodarskih društava te 711 obrtnika koji su zapošljavali približno 11.400 osoba. Učešće Županije u ukupnoj industrijskoj proizvodnji u Federaciji u posljednjih pet godina (2009. – 2013. godine) povećalo se, a u 2013. godini je iznosilo 7,5 %. Prema tome, Županija se nalazi na petom mjestu rang-liste Županija prema učešću u industrijskoj proizvodnji u Federaciji. Najznačajnije vrste djelatnosti zastupljenih u Županiji su: proizvodnja prehrambenih proizvoda i pića; proizvodnja tekstila; prerada drva i proizvodnja proizvoda od drva, osim namještaja; proizvodnja kemikalija i kemijskih proizvoda; proizvodnja baznih metala; proizvodnja metalnih proizvoda.

Proizvodnja električne energije u Županiji predstavlja važnu gospodarsku djelatnost. U razdoblju od 2009. do 2013. godine najveća ukupna proizvodnja električne energije u Županiji ostvarena je 2010. godine kada je ukupna proizvodnja iznosila 514,6 GWh. U 2011. godini ostvareno je značajno smanjenje ukupne proizvodnje električne energije

u odnosu na 2010. godinu, i to za 41%. Međutim, 2012. i 2013. godine ukupna proizvodnja električne energije bilježi rast u odnosu na 2011. godinu. Osim proizvodnje električne energije, rudarstvo je industrijska grana koja ima veliku razvojnu perspektivu koja se prvenstveno ogleda u dostupnosti raznovrsnih mineralnih sirovina i njihovoj nadprosječnoj kvaliteti (Strategija razvoja Srednjobosanske Županije 2016).

### **3.1.2 Šumarstvo i drvna industrija**

#### *Šumarstvo*

Upravljanje državnim šumama u nadležnosti je Vlade Županije, koja je u sastavu resornog ministarstva osnovala Županijsku upravu za šumarstvo, kojoj su u nadležnost povjereni upravni, stručni i drugi poslovi u vezi s kontrolom i stručnim nadzorom korištenja šuma i šumskog zemljišta radi očuvanja i unapređenja trajnosti upravljanja šumama. Upravom rukovodi direktor, ista se sastoji od direkcije Uprave sa sjedištem u Travniku u kojoj su formirane dvije osnovne organizacijske jedinice – službe i to Služba za opće, pravne i ekonomske poslove i Služba za integralnu zaštitu šuma, praćenje realizacije šumskogospodarskih osnova i katastar, te tri dislocirane organizacijske jedinice - odjeljenja, koje u svom sastavu imaju unutarne organizacijske jedinice - odsjeke za zaštitu šuma u smislu čuvarske službe (u svakoj od općina Županije), sa sjedištima i mjesnom nadležnošću nad općinama Županije kako slijedi:

- Odjeljenje Bugojno, koje obuhvaća područja općina: Jajce, Gornji Vakuf-Uskoplje, Bugojno i Donji Vakuf, sa sjedištem u Donjem Vakufu;
- Odjeljenje Novi Travnik, koje obuhvaća područja općina: Dobretići, Travnik, Novi Travnik, Vitez i Busovača, sa sjedištem u Travniku;
- Odjeljenje Fojnica koje obuhvaća područja općina: Kiseljak, Fojnica i Kreševo, sa sjedištem u Fojnici.

Istovremeno sa osnivanjem Županijske uprave za šumarstvo, osnovano je i Županijsko šumskogospodarsko društvo kome su povjereni poslovi upravljanja državnim šumama na području Županije. Na području Županije državnim šumama gospodari županijsko poduzeće Šumskogospodarsko društvo »Šume Središnje Bosne« u okviru kojega su uspostavljena četiri šumskogospodarska područja, a to su »Lašvansko«, »Gornjevrasko«, »Fojničko« i »Srednjevrasko«. Također, kao operativna organizacijska razina osnovane su šumarije i to u svakoj općini po jedna.

Ukupna površina šumskog zemljišta u državnom vlasništvu za područje Županije iznosi 184 526 ha, od toga površine pogodne za gospodarenje zauzimaju 167 866 ha ili 91 % dok na minirane površine otpada 16 600 ha ili 9 %. Ukupna drvna zaliha iznosi 28 872 777 m<sup>3</sup> s godišnjim prirastom od 695 286 m<sup>3</sup>. Površina privatnih šuma iznosi 26 670 ha sa drvnom zalihom od 4 404 620 m<sup>3</sup>. Ukupna površina šuma (državne + privatne) u Županiji iznosi 211 196 ha. Planirani godišnji etat za državne šume u 2015. godini iznosio je 567 127 m<sup>3</sup> i realiziran je u iznosu od 400 304 m<sup>3</sup>, odnosno sa 71 %.

Šume predstavljaju jedan od značajnih prirodnih resursa Županije. Proizvodnja šumskih sortimenata u Županiji u razdoblju 2009.–2013. godine zasniva se na

produktivni trupaca četinjača, koji podrazumijevaju drvene sortimente odgovarajućih fizičkih i mehaničkih svojstava, namijenjenih za daljnju mehaničku preradu te na proizvodnju ogrjevnog drva listača koje podrazumijeva drvo namijenjeno za ogrjev ili proizvodnju drvnog ugljena. Proizvodnja tih dviju vrsta sortimenata u promatranom petogodišnjem razdoblju je imala prosječan udio od 65,7 % u ukupnoj proizvodnji šumskih sortimenata u Županiji. Bez obzira na veliko bogatstvo šumama, Županija još uvijek nije uspjela izgraditi veće kapacitete za obradu te sirovine i kreiranje polugotovih i gotovih proizvoda u ukupnom lancu vrijednosti. Prodaja šumskih sortimenata je također najvećim dijelom zasnovana na prodaji dviju spomenutih vrsta sortimenata. Proizvodnja trupaca listača u odnosu na proizvodnju ogrjevnog drva listača u Županiji je u odnosu 30 % : 70 % u korist proizvodnje ogrjevnog drva. Planirani obujam sječe na godišnjem nivou je oko 20 % manji od etatnih mogućnosti.

### *Drvena industrija*

Drvena industrija u Županiji Središnja Bosna u nadležnosti je resornog Ministarstva gospodarstva. Na području Županije trenutno je registrirana 131 legalna pilana, a stanje po općinama je slijedeće: Travnik 25, Gornji Vakuf-Uskoplje 17, Bugojno 18, Vitez 13, Jajce 12, Novi Travnik 11, Donji Vakuf 9, Busovača 7, Kreševo 6, Fojnica 7, Kiseljak 3 i Dobretići 3 pilane. Postoje slučajevi da pojedine legalne pilane vrše otkup i primarnu preradu drvnog obujma koji potiče od bespravnih sječa, te iste vrše i daljnju distribuciju prerađenog drvnog obujma koji ima porijeklo od nelegalnih sječa (Izveštaj o radu županijske uprave za šumarstvo 2015).

Nadležne službe evidentirale su 78 nelegalnih pilanskih kapaciteta i improviziranih postrojenja za primarnu preradu drva. Stanje po općinama je slijedeće: Jajce 2, Gornji Vakuf-Uskoplje 5, Bugojno 10, Donji Vakuf 2, Dobretići 2, Travnik 18, Novi Travnik 8, Vitez 5, Busovača 8, Kiseljak 2, Fojnica 9 i Kreševo 7 pilana. Nelegalne pilane svoj rad zasnivaju uglavnom na »pribavljanju« drva od bespravnih sječa, vrše primarnu preradu i daljnju distribuciju drvnog obujma. U usporedbi sa 2013. godinom došlo je do povećanja broja nelegalnih pilanskih kapaciteta za 18 subjekata ili 30% (Izveštaj o radu županijske uprave za šumarstvo 2015).

Instalirani kapaciteti za primarnu preradu drvnog obujma (legalni i nelegalni), objekata za proizvodnju drvnog ugljena (žežnice) i potrebe lokalnog (ruralnog i urbanog) stanovništva za ogrjevnim drvom su višestruko veći od planskih sječa u šumama.

Prema neslužbenim podacima nadležne službe evidentirale su na području Županije 475 žežnica koje su uglavnom podignute u nelegalnoj proceduri, a stanje po općinama je kako slijedi: Fojnica 293, Busovača 56, Gornji Vakuf-Uskoplje 54, Kreševo 32, Kiseljak 20, Bugojno 16, Vitez 2 i Travnik 2. Spomenute žežnice za rad koriste drvo čije je porijeklo uglavnom od bespravnih sječa bilo da vlasnici žežnica direktno provode bespravne sječe ili nelegalni drveni obujam preuzimaju od drugih lica, počinitelja bespravnih sječa (Izveštaj o radu županijske uprave za šumarstvo 2015).



Ukoliko se uradi samo osnovna analiza ukupnih kapaciteta legalnih postrojenja koja su instalirana za primarnu preradu drvnog obujma dolazimo do preliminarnog podatka da trenutno na području Županije postoje instalirani kapaciteti koji imaju potrebu za drvnim obujmom u količini od cca. 800 000 m<sup>3</sup>. Ako izvršimo samo grubu usporedbu sa količinom drvnog obujma koji se korisnicima u legalnoj proceduri nudi od strane korisnika državnih šuma (oko 450 000 m<sup>3</sup>) tada možemo utvrditi da i pored drvnog obujma koji se u legalnoj proceduri isporučuje pilanama sa područja drugih Županija ili susjednog entiteta ipak postoji znatna neravnoteža u ponudi i potražnji tehničkog drva (Pružan i Konjalić 2011).

Trenutna proizvodnja peleta u Županiji Središnja Bosna se procjenjuje na približno 20 000 tona od čega se gotovo 80 % izvozi u zemlje Europske unije prvenstveno Austriju, Italiju i Sloveniju.

Peleti su prepoznati kao proizvod koji svake godine bilježi sve veću potražnju. Njihova je osnovna prednost visok udio energije, standardiziranost te niski troškovi transporta odnosno skladištenja. Europska unija je i dalje glavno tržište za plasman drvnog peleta. Od 2008. do 2009. potrošnja peleta u EU porasla je za 43,5 % te dosegla 11,4 milijuna tona 2010. godine, što odgovara udjelu od 85 % globalne potražnje ([www.drvnipelet.hr](http://www.drvnipelet.hr)). AEBIOM procjenjuje da će se do 2020. godine u EU godišnje trošiti oko 80 milijuna tona peleta, što odgovara količini od 33 milijuna tona nafte. Projekcije također pokazuju da će udio peleta, u ukupno korištenoj biomasi za proizvodnju topline do 2020. godine u EU iznositi oko 15-20 %.

S obzirom na instalirane kapacitete drvne industrije u Županiji Središnja Bosna, pretpostavka je da će poduzetnici iz tog sektora još više prepoznati veliki izvozni potencijal drvnih peleta na europskom tržištu te se u budućnosti okrenuti ka većem iskorištenju drvnoindustrijskog ostatka i na taj način poboljšati svoje poslovanje i ojačati gospodarstvo lokalnih zajednica.

Od ostalih gospodarskih subjekata koji se bave preradom drva nisu evidentirani proizvođači drvne sječke, briketa, kao ni industrijski pogoni za proizvodnju ogrjevnog drva.

### **3.2 Metode istraživanja**

Istraživanje se temelji na analizi proizvedenih i potrebnih količina čvrstih biogoriva. Rezultati primarnog istraživanja tržišta ukazali su na potrebu detaljnijih laboratorijskih analiza drvnih peleta kao čvrstog biogoriva od kojeg se očekuje povećanje proizvodnje s obzirom na instalirane kapacitete drvne industrije te povećanje potrošnje u kućanstvima kao zamjena za ogrjevno drvo.

Prikupljeno je ukupno pet uzoraka drvnih peleta od četiri različita proizvođača. Tri uzorka peleta potječu iz proizvodnih pogona s područja Županije Središnja Bosna dok su dva uzorka kupljena u trgovačkom centru s porijeklom iz Unsko-sanske Županije.

Za laboratorijsku analizu dostavljena su i dva uzorka piljevine i jedan uzorak drvene sječke iz proizvodnog pogona u Županiji Središnja Bosna.

Sirovinu za proizvodnju peleta čini uglavnom drvnoindustrijski ostatak nakon proizvodnje namještaja. U slučaju da se iskaže potreba za dodatnom sirovinom, nabavlja se višemetarsko oblo drvo.

### **3.2.1 Analiza proizvedenih količina i vrijednosti čvrstih biogoriva**

Provedena je analiza proizvodnih kapaciteta, tržišta i kakvoće čvrstih biogoriva na području Županije Središnja Bosna. Prikupljeni su uzorci drvnih peleta, njih ukupno pet te drvene sječke piljevine (suhe i mokre) od koje se proizvodi pelet od jednog proizvođača. Uzorci su dostavljeni u Laboratorij za šumsku biomasu Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije na šumarski fakultet u Zagrebu.

### **3.2.2 Laboratorijske analize**

#### *Priprema uzoraka*

Prikupljeni uzorci drvnih peleta, piljevine i drvene sječke za laboratorijske analize pripremali su se četvrtinskom metodom. Od svakog pojedinog uzorka uzimala su se 3 uzorka (300–500 grama) za provođenje gravimetrijske analize. Također, iz uzoraka drvnih peleta uzimao se uzorak za provođenje granulometrijske analize. Od uzorka izuzetog za provođenje granulometrijske analize uzima se uzorak kojem se precizno mjere promjer i duljina.

Nakon provedene gravimetrijske analize uslijedilo je usitnjavanje uzorka je obavljeno reznim mlinom Retch SM 300, frekvencijom vrtnje  $1800 \text{ min}^{-1}$  na nominalnu veličinu čestica 1,0 mm. Tako usitnjeni uzorci podijeljeni su na uzorke za određivanje pepela i uzorke za određivanje udjela vode pri analize pepela. Kako bi došli do referentnog uzorka usitnjeni uzorci su se također obrađivali četvrtinskom metodom dok ne bi došli do željene mase od 30 g.



Slika 22. Priprema uzoraka četvrtinskom metodom

#### *Gravimetrijska analiza zaprimljenog uzorka*

Gravimetrijskom analizom u uzorcima peleta, drvne sječke i piljevine određivao se udio vode te razlika u masi uzorka prije i nakon 24-satnog sušenja na temperaturi od 105°C. Masa uzorka prije i nakon sušenja se određuje mjerenjem analitičkom digitalnom vagom sa preciznošću očitavanja na 0,1 g. Razlika masa uzorka prije sušenja i poslije sušenja jednaka je količini vode. Postotni udio udjela vode izražava se u odnosu na masu uzorka prije sušenja.

#### *Gravimetrijska analiza laboratorijskog uzorka*

Tehnički maseni udio vode u usitnjenim laboratorijskim uzorcima za određivanje pepela utvrđen je sukladno normi EN ISO 18134-1:2015. Sušenje u sušioniku Binder FD 115 na  $105 \pm 2$  °C sa izmjenom zraka je trajalo 3 sata, odnosno do postizanja konstantne mase. Masa tih laboratorijskih uzoraka i masa standardno suhих uzoraka utvrđena je mjerenjem analitičkom vagom Mattler Toledo XA 204 preciznosti očitavanja na 0,1 mg.



Slika 23. Vaganje uzoraka prije sušenja



Slika 24. Sušionik BINDER FD 115

Izračunavanje udjela vode u uzorcima provodi se na način da se od mase uzorka u svježem stanju oduzima masa uzorka u standardno suhom stanju, a dobiveni broj dijeli se masom uzorka u svježem stanju te množi sa 100 kako bi se iskazao u postotku.

#### *Utvrđivanje granulometrijskog sastava*

Granulometrijska struktura uzorkovanog peleta utvrđena je metodom ručnog prosijavanja prema postupku opisanom u normi EN 15149-2:2010. Korišteno je sito okruglih otvora promjera 3,15 mm. Mase uzoraka prije analize i mase prosijanih uzoraka određene su mjerenjem laboratorijskom digitalnom vagom Kern 440-49A s preciznosti očitavanja 0,1 g. Od mase prosijanih uzoraka četvrtinskom metodom su se pripremili uzorci za određivanje duljine i promjera. Minimalna masa uzorka za mjerenje iznosila je 40,0 grama. Pomičnim mjerilom određivala se duljina i promjer svakog pojedinačnog komada peleta. Nakon unošenja podataka o duljini i promjeru u Excel, odredila se prosječna vrijednost i standardna devijacija za svaki uzorak.

#### *Utvrđivanje udjela pepela*

Maseni udio pepela u pripremljenim uzorcima usitnjenog peleta utvrđen je sukladno normi EN ISO 18122:2015. Žarenje uzoraka vrši se prema propisanom režimu povećanja temperature i to: povećanje temperature na 250 °C tijekom 30 min, zatim održavanje temperature od 250 °C 60 min, zatim povećanje temperature na 550±10 °C tijekom 30 min te održavanje temperature od 550 ± 10 °C 120 min. Pošto se uzorci izvade iz peći stavljaju se na hlađenje na keramičku ploču 5 min kako zbog prevelike temperature ne bi oštetili posudu za hlađenje. Nakon žarenja uzorci se hlade u posudi za hlađenje 30 min (eksikator). Masa uzorka prije i nakon žarenja se određuje mjerenjem analitičkom digitalnom vagom sa preciznošću očitavanja na 0,1 mg.

Postotni udio pepela se određuje na način da neto masu pepela nakon žarenja dijelimo s neto masom suhog uzorka i množimo sa 100.

### **3.2.3 Kontrola kakvoće i klasifikacija prema ENplus**

Rezultati laboratorijskih istraživanja uspoređeni su s deklariranom kakvoćom peleta. Na temelju utvrđene kakvoće provedena je klasifikacija prema Enplus.

## 4. Rezultati

### 4.1 Proizvodnja i potrošnja čvrstih biogoriva u Županiji Središnja Bosna

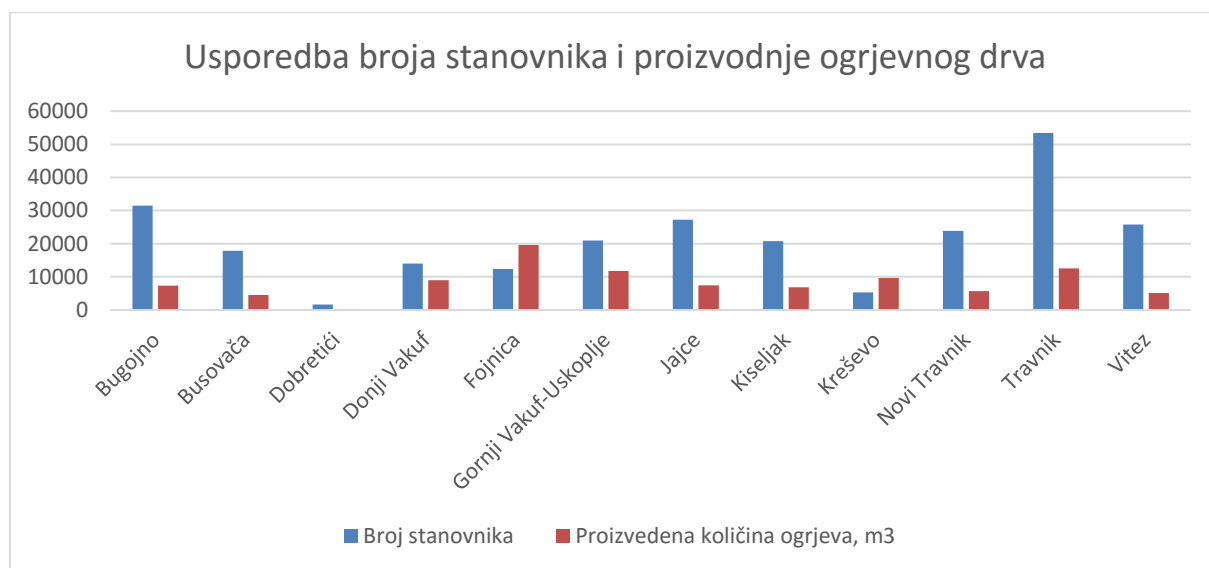
Što se tiče proizvodnje ogrjevnog drva, ona se u prethodne dvije godine odvijala prema sljedećoj dinamici. U 2014. godini na području Županije proizvedeno je 1.411 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva četinjača i 92.807 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva listača I/III klase te 1.843 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva mekih listača. U 2015. godini proizvedeno je 1.592 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva četinjača i 89.159 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva listača I/III klase te 1.598 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva mekih listača. Također, u 2014. godini proizvedeno je 8 560 m<sup>3</sup> drvnog obujma koji uključuje maloprodaju na panju te pobir i sječenicu, a za prethodnu 2015. godinu ona iznosi 8 330 m<sup>3</sup>. Potreba stanovništva za ogrjevnim drvom koje se na području Županije Središnja Bosna može smatrati primarnim i osnovnim energentom iznosi približno 400 000 m<sup>3</sup> drvnog obujma (Pružan i Konjalić 2011). Uspoređujući ukupni broj stanovnika na području Županije s godišnjom potrebom stanovništva za ogrjevnim drvom, dolazi se do brojke koja iskazuje prosječnu potrebu od 1,57 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva po stanovniku.

S aspekta osiguranja lokalnog stanovništva (ruralnog i urbanog) ogrjevnim drvom listača od strane korisnika državnih šuma u 2015. godini izvršena je realizacija u količini od 99 446 m<sup>3</sup>.

Tablica 10. Proizvodnja ogrjevnog drva listača u 2015. godini

Općina / šumarija	Proizvedena količina ogrjevnog drva, m <sup>3</sup>
Bugojno	7 339
Busovača	4 509
Dobretići	96
Donji Vakuf	8 952
Fojnica	19 596
Gornji Vakuf-Uskoplje	11 762
Jajce	7 392
Kiseljak	6 815
Kreševo	9 684
Novi Travnik	5 719
Travnik	12 497
Vitez	5 085
<b>Ukupno</b>	<b>99 446</b>

Grafikon 1. Usporedba broja stanovnika i proizvodnje ogrjevnog drva u 2015. godini



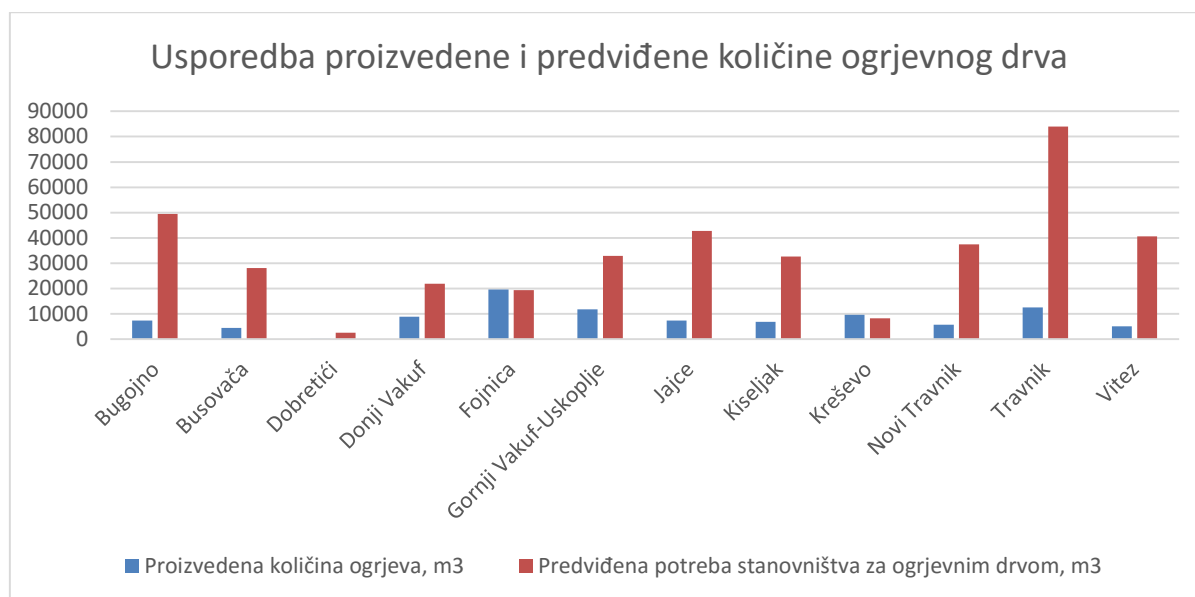
Tablica 11. Predviđena potreba za ogrjevnim drvom u Županiji Središnja Bosna

Općina/šumarija	Predviđena potreba za ogrjevnim drvom, m <sup>3</sup>
Bugojno	49408
Busovača	28118
Dobretići	2557
Donji Vakuf	21956
Fojnica	19399
Gornji Vakuf-Uskoplje	32865
Jajce	42795
Kiseljak	32612
Kreševo	8278
Novi Travnik	37416
Travnik	83967
Vitez	40562
Ukupno	399933

Predviđena potreba za ogrjevnim drvom je izračunata na način da se množio broj stanovnika u pojedinoj općini s prosječnom potrebom stanovnika za ogrjevnim drvom koja iznosi približno 1,57 m<sup>3</sup>.



Grafikon 2. Usporedba proizvedene i predviđene količine ogrjevnog drva po općinama



S obzirom na prikazanu predviđenu potrebu za ogrjevnim drvom i godišnju proizvodnju po općinama, može se ustanoviti da je prisutan određeni nesrazmjer. Tako primjerice u općini Bugojno predviđena godišnja potreba za ogrjevnim drvom iznosi oko 49408 m<sup>3</sup>, a godišnja realizacija u državnim šumama u 2015. godini je iznosila 7339 m<sup>3</sup>. Znatna disbalans u proizvodnji i predviđenoj potrebi za ogrjevnim drvom je prisutan i u općinama Busovača, Donji Vakuf, Gornji Vakuf-Uskoplje, Jajce, Kiseljak, Novi Travnik, Travnik i Vitez. U općini Dobretići, razlika između proizvedene i predviđene potrebe za ogrjevnim drvom iznosi 2461 m<sup>3</sup> i možemo reći da je zanemariva u usporedbi s drugim općinama. U općinama Fojnica i Kreševo prisutna je suprotna situacija, proizvedena količina ogrjevnog drva veća je od predviđene godišnje potrebe za tim energentom. Razlika u Fojnici iznosi 197 m<sup>3</sup>, a u općini Kreševo 1406 m<sup>3</sup> u korist proizvedene količine ogrjevnog drva.

U općini Travnik s obzirom na instaliranu plinsku mrežu koju koriste uglavnom urbana kućanstva mogla bi se očekivati i manja predviđena potreba za ogrjevnim drvom od navedene. Ta brojka vjerojatno nije puno manja, uzimajući u obzir da se radi o općini s najvećom površinom i najvećim brojem stanovnika u Županiji te znajući da samo 28 % stanovnika živi u gradu.

Ako na osnovu broja podignutih žeznica (475) izvršimo samo osnovnu analitičku obradu potreba za drvnim obujmom koju imaju postojeći objekti za proizvodnju drvnog ugljena i objektivnih mogućnosti instaliranih objekata dolazimo do količine drvnog obujma od cca. 90 000 m<sup>3</sup> na godišnjoj razini (Pružan i Konjalić 2011).

#### *Opis postrojenja za proizvodnju peleta*

Jedan od proizvodnih pogona jest pogon u sklopu poduzeća FIS u Vitezu, smješten je u poslovnom centru PC-96. Instalirani kapacitet za proizvodnju peleta iznosi 16.500

tona godišnje, a dnevno se proizvede približno 56 tona. Rad je organiziran u 3 smjene kroz cca. 25 radnih dana mjesečno. Od vrsta drva koriste se jela, bukva i smreka, i redovito se vrši okoravanje. U proizvodnju ulaze ostaci iz proizvodnje namještaja i piljevina koja se kupuje od susjednih pilana. Dnevna potreba za piljevinom iznosi 500 m<sup>3</sup>, godišnje oko 125.000 m<sup>3</sup>. Utrošak sirovine za 1 tonu peleta po vrstama drveća je sljedeći: bukova sirovina 5,5 m<sup>3</sup> i jelova sirovina 7,5-8 m<sup>3</sup>.

Cijena piljevine koju kupuju od drugih pilanara iznosi do 18 KM (približno 70 kuna) (franco) za 1 tonu.

Sirovina se na stovarištu razvrstava prema tri kriterija;

1. okorano i neokorano drvo (neokorani ostaci iz proizvodnje prolaze kroz drobilicu i koriste se u vlastitoj kotlovnici za loženje),
2. tvrdo i meko drvo te
3. komadni ostaci i ostalo.



Slika 25. Natkriveni prostor za piljevinu      Slika 26. Utovarivač  
Koristi se bubanjski iverač BRUKS Klockner (Drum Klockner) 240x650, 110 kW. Izlazna frakcija 25-30 x 3 mm. Sušara talijanskog proizvođača Scolari, kapaciteta 2 tone/sat, dužine 22 metra s dvije trake. Sito za mljevenje prosušene frakcije veličine očica 8 mm. Odnos mekog i tvrdog drva je 2 : 1. Ne koriste se nikakve vrste aditiva. Instaliran je gravitacijski separator za odvajanje svih materija težih od prosušene piljevine. Nakon izlaska iz mješača piljevina sadrži otprilike 12,5 % vode te se postotak spušta na 7,5-8 % udjela vode nakon preše. Pelet se pakira u vreće po 15 kg.



Slika 27. Bubanjski iverač BRUKS Klockner



Slika 28. Sušara SCOLARI

Drugo proizvodno poduzeće, »Rose-wood«, smješteno je u Gornjem Vakufu-Uskoplju. Nakon višegodišnje proizvodnje briketa ovo poduzeće koje je s proizvodnjom peleta započelo krajem 2015. godine, trenutno nastoji proizvesti 20.000 tona peleta u prvoj godini. Kapaciteti za proizvodnju peleta se proširuju s ciljanom proizvodnjom 30.000 tona godišnje. Pelet se proizvodi samo od bukve bez dodavanja vezivnih sredstava. Povećanjem kapaciteta za proizvodnju peleta u obzir dolaze i druge vrste drveća, prvenstveno četinjače jela i smreka kojima obiluje područje Županije Središnja Bosna.



Slika 29. Proizvodna linija Rose-wood (Izvor: GornjiVakuf-x.com)





Slika 30. Proširenje proizvodnog pogona Rose-wood

Na tržištu se donedavno mogao pronaći pelet iz poduzeća »Vitales« smještenog u Novoj Bili kod Travnika ali je poduzeće prekinulo s radom. Instalirani kapacitet za proizvodnju peleta iznosio je približno 15.000 tona godišnje.

Na osnovu broja firmi koje se bave primarnom i finalnom preradom drva, te na osnovu tradicije u korištenju i preradi drva, može se reći da ova grana industrije može biti nositelj razvoja u Županiji. Upravo iz tog razloga ovaj rad se fokusira na detaljnom istraživanju drvnih peleta znajući da se u posljednjih nekoliko godina u Bosni i Hercegovini proizvodnja znatno povećala, s ukupnim instaliranim kapacitetom od preko 150 tisuća tona godišnje (video prilog »Trend proizvodnje i izvoza peleta«, AJB 2015).

## 4.2 Kakvoća drvnih peleta

### 4.2.1 Pelet 1

Deklariran je udio vode u iznosu  $\leq 10\%$  što prema normi EN ISO 17225-2 odgovara razredu M10. Deklarirani promjer peleta je 6 mm što prema navedenoj normi odgovara razredu D06. Deklarirana je ogrjevna vrijednost u iznosu  $\geq 18$  MJ/kg.

Laboratorijskim analizama utvrđeni udio vode iznosi 6,2 % što odgovara razredu M8, a utvrđeni udio pepela iznosi 1,27 % što odgovara razredu kakvoće A1.5. Utvrđena je prosječna duljina peleta u iznosu  $9,42 \text{ mm} \pm 3,25 \text{ mm}$  što odgovara razredu D06. Utvrđen je prosječni promjer peleta koji iznosi  $6,02 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$  i odgovara razredu kakvoće D06. Analizom je utvrđen udio finih čestica ( $< 3,15 \text{ mm}$ ) u iznosu 3,0 % što odgovara razredu F3.0.

Pri analizi je utvrđen udio vode manji od 10 % kao što stoji na deklaraciji s razlikom od 3,8 %. Deklarirani promjer se nalazi u granicama utvrđenoga. S obzirom na analizom

utvrđene značajke, ovaj pelet ne zadovoljava kriterije ENplus certifikacije. Ono što ovaj pelet deklasira jest udio finih čestica koji iznosi 3,0 %, a za sve tri klase kakvoće mora biti ispod 1 %.

#### **4.2.2 Pelet 2**

Deklarirani udio vode ovog peleta iznosi < 10 % što prema normi EN ISO 17225-2 odgovara razredu kakvoće M10. Deklarirani udio pepela iznosi 0,6 % i prema tome odgovara razredu kakvoće A0.7. Deklarirana duljina iznosi 10–25 mm i odgovara razredu kakvoće D06. Deklariran je promjer u iznosu 6 mm što odgovara razredu D06. Deklarirana ogrjevna vrijednost iznosi 5,75 kWh/kg.

Utvrđeni udio vode u iznosi 6,8 % što odgovara razredu M8, a udio pepela iznosi 1,18 % što odgovara razredu kakvoće A1.5. Prosječna duljina peleta iznosi 13,77 mm ± 4,67 mm što odgovara razredu kakvoće D06. Utvrđen je prosječni promjer peleta koji iznosi 6,0 mm ± 0,08 mm i odgovara razredu kakvoće D06. Udio finih čestica (< 3,15 mm) je utvrđen u iznosu 0,51 % što odgovara razredu F1.0.

Razlika između deklariranog i utvrđenog udjela vode iznosi 3,2 % i ovaj pelet svrstava u povoljniji razred kakvoće. Razlika deklariranog i utvrđenog udjela pepela iznosi 0,58 % što automatski ne zadovoljava kriterije za A1 klasu prema Enplus. Utvrđena duljina i promjer peleta nalaze se u deklariranom rasponu. Dakle, prema ENplus ovaj pelet spadao bi u A2 klasu, razlog tomu je utvrđeni udio pepela, koji za A1 klasu ne smije iznositi više od 0,7 %.

#### **4.2.3 Pelet 3**

Deklarirani udio vode iznosi 7,94 % što prema EN ISO 17225-2 odgovara razredu kakvoće M8. Deklarirani udio pepela iznosi 0,67 % i prema tome odgovara razredu kakvoće A0.7. Deklarirana ogrjevna vrijednost iznosi 4,8 kWh/kg.

Analizom je utvrđen udio vode u iznosi 9,8 % što odgovara razredu M10, a udio pepela iznosi 1,5 % što odgovara razredu kakvoće A1.5. Prosječna duljina peleta iznosi 12,49 mm ± 5,70 mm što odgovara razredu kakvoće D06. Utvrđen je prosječni promjer peleta koji iznosi 6,0 mm ± 0,08 mm i odgovara razredu kakvoće D06. Analizom je utvrđen udio finih čestica u iznosu 0,94 % što odgovara razredu A1.0.

Razlika između deklariranog i utvrđenog udjela vode iznosi 1,86 % što više ne odgovara razredu M8 već razredu kakvoće M10. Utvrđena je razlika u udjelima pepela u iznosu 0,83 %. Prema ENplus ovaj pelet zadovoljio bi klasu A2 .

#### **4.2.4 Pelet 4**

Deklarirani udio vode iznosi 6,31 % što odgovara razredu M8 prema normi EN ISO 17225-2. Deklarirani udio pepela iznosi 0,62 % i prema tome odgovara razredu kakvoće A0.7. Deklarirana duljina iznosi 19,42 mm što odgovara razredu kakvoće D06. Deklarirani promjer peleta iznosi 6 mm što odgovara razredu D06. Deklarirana je ogrjevna vrijednost u rasponu od 16,84 do 19,28 MJ/kg.

Analizom je utvrđen udio vode u iznosu 9,8 % što odgovara razredu M10, a udio pepela iznosi 0,71 % što odgovara razredu kakvoće A1.0. Prosječna duljina peleta iznosi 13,03 mm ± 6,65 mm što odgovara razredu kakvoće D06. Utvrđen je prosječni promjer peleta koji iznosi 5,92 mm ± 0,14 mm i odgovara razredu kakvoće D06. Udio finih čestica (< 3,15 mm) iznosi 0,01 % što odgovara razredu kakvoće A1.0.

Razlika između deklariranog i utvrđenog udjela vode iznosi 3,49 % te bi po tome ovaj pelet spadao u razred kakvoće M10. Razlika u udjelima pepela iznosi 0,9 % što utječe na to da ovaj pelet više ne odgovara razredu kakvoće A0.7 već ga svrstava u razred A1.0. Prema tome ovaj pelet ne zadovoljava kriterije najviše A1 klase peleta prema ENplus standardima te ga to svrstava u A2 klasu. Utvrđena prosječna duljina peleta i promjer nalaze se u granicama onih koje se deklarirane. Također, udio finih čestica koji je manji od 1 % i iznosi 0,01 % omogućava da se ovaj pelet svrsta u A1 klasu prema ENplus, ako bi se usto snizio udio pepela ispod 0,7 %.

#### **4.2.5 Pelet 5**

Deklarirani udio vode iznosi ≤ 10 % što odgovara razredu M10. Deklarirani promjer peleta iznosi 6 mm što prema EN ISO 17225-2 odgovara razredu D06. Deklarirana je ogrjevna vrijednost u iznosu ≥ 18 MJ/kg.

Utvrđeni udio vode u peletu iznosi 6,6 % što odgovara razredu M8, a udio pepela iznosi 1,27 % što odgovara razredu kakvoće A1.5. Prosječna duljina peleta iznosi 10,52 mm ± 3,60 mm što odgovara razredu kakvoće D06. Utvrđen je prosječni promjer peleta koji iznosi 6,06 mm ± 0,08 mm i odgovara razredu kakvoće D06.

Razlika između deklariranog i utvrđenog udjela vode iznosi 3,4 % te ovaj pelet po tome smješta u razred kakvoće M8. Utvrđeni promjer peleta nalazi se u granicama deklariranoga. S obzirom na utvrđeni udio pepela koji iznosi 1,27 % prema EN ISO 17225-2 pelet odgovara razredu kakvoće A1.5. Prema utvrđenim značajkama ovaj pelet spadao bi u A2 klasu prema ENplus.

Kao sirovina za proizvodnju ovog peleta analizirana je i suha piljevina. Utvrđeni udio vode u iznosu od 10,0 % odgovara razredu kakvoće M10. Udio pepela iznosi 1,28 % i odgovara razredu A1.5.

Analizirana je i mokra piljevina proizvedena od jele i bukve. Utvrđeni udio vode u iznosu od 40,0 % odgovara razredu kakvoće M40. Udio pepela iznosi 1,32 % i odgovara razredu A1.5.

Također, analizirana je i drvna sječka za proizvodnju ovog peleta. Utvrđen je udio vode u iznosu 46,2 % što odgovara razredu M50. Utvrđen je udio pepela u iznosu 0,79 % što odgovara razredu A1.0.

Pretpostavka je da bi se kvaliteta ovog peleta mogla poboljšati ukoliko bi se za proizvodnju što više koristila analizirana sječka kojoj je utvrđen udio pepela od

0,79 %. Usto, preporuča se okoravanje sirovine koja ulazi u proizvodni proces, znajući da smanjenje učešća kore rezultira nižim udjelom pepela u peletu.

### **4.3 Usporedba deklarirane i utvrđene kakvoće**

Nijedan uzorak peleta nije imao deklariranu kakvoću prema ENplus. Od pet analiziranih uzoraka peleta, s obzirom na utvrđene udjele vode, pepela i finih čestica te izmjerene duljine i promjere, nijedan uzorak ne zadovoljava kriterije najviše A1 klase dok bi četiri uzorka spadala u A2 klasu, a jedan uzorak ne zadovoljava kriterije ENplus certifikacije.

Kod analiziranih uzoraka najveća su odstupanja s obzirom na udio pepela u peletu. Taj udio bio je presudan za četiri uzorka peleta koja s obzirom na udio pepela viši od 0,7 % spadaju u A2 klasu prema ENplus. Jedan uzorak peleta zbog udjela finih čestica iznad 1,0 % ne zadovoljava kriterije ENplus certifikacije.



## 5. Zaključak

Proizvodnja ogrjevnog drva u državnim šumama u Županiji Središnja Bosna jako je niska s obzirom na predviđenu potrebu za tim energentom. Primjerice, u 2015. godini od strane korisnika državnih šuma izvršena je realizacija u količini od 99 446 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva listača, dok godišnja predviđena potreba na razini Županije prema Pružanu i Konjaliću (2011) iznosi približno 400 000 m<sup>3</sup> ogrjevnog drva. Proizvedene količine ogrjevnog drva četinjača su u ovom kontekstu zanemarive. Sumnja se na to da se dio razlike između proizvedene i predviđene količine realizira bespravnim sječama. Kao moguće rješenje za ublažavanje ovog negativnog trenda predlaže se uvoz ogrjevnog drva iz susjednih županija te informiranje i poticanje stanovništva na korištenje drugih oblika čvrstih biogoriva poput drvnih peleta i drvnih briketa. Kroz promotivno-informativne aktivnosti se može ukazati na financijske prednosti efektivnijeg korištenja drva za proizvodnju toplinske energije. S druge strane, krajnjim potrošačima se mogu osigurati informacije o pozitivnom utjecaju na stanje okoliša kroz korištenje šumske biomase za proizvodnju energije i time utjecati na ekološku svijest krajnjih potrošača.

Proizvodnja drvnih peleta u Bosni i Hercegovini pa tako i u ovoj Županiji bilježi sve veći rast. To pokazuje opredijeljenost pojedinih privatnih poduzeća koja proširuju svoje kapacitete i odlučni su proizvoditi biogorivo koje ima veliki izvozni potencijal. Trenutno instalirani kapaciteti za proizvodnju drvnih peleta iznose 20 000 tona godišnje od čega 80 % završava u izvozu za Italiju, Austriju i Sloveniju. Ostatak proizvedenih peleta završava na domaćem tržištu.

Od pet analiziranih uzoraka peleta nijedan nema ENplus certifikat. Važnost certifikacije drvnih peleta bitna je iz razloga jednostavnijeg i sigurnijeg plasmana proizvoda na inozemno tržište. Svakako, preporuča se uvođenje ENplus certifikata jer bi to u konačnici rezultiralo i boljom izvoznom cijenom koja bi imala opravdanje u kvaliteti proizvoda. Od pet analiziranih uzoraka nijedan uzorak ne zadovoljava kriterije A1 klase dok bi 2 uzorka spadala u A2 klasu, te tri uzorka u B klasu. Kroz tehnološka poboljšanja treba težiti što kvalitetnijoj proizvodnji jer bi se samo na taj način u slučaju certificiranja proizvoda mogla zadovoljiti viša klasa i bolja prodajna cijena.

Povećana potražnja za obnovljivim izvorima energije na europskom i svjetskom tržištu, a posebno za šumskom biomasom, novi je izazov u šumarstvu, pa se javlja potreba za uvođenjem novih tehnologija pridobivanja energijskog drva i većeg korištenja raspoloživih resursa. Novi šumski proizvodi, kao što su drvni peleti, drvna sječka i kratko cijepano drvo, imaju sve veću dodanu vrijednost u odnosu na jednometarsko ogrjevno drvo. Uvođenjem novih tehnologija pridobivanja energijskog drva i većeg korištenja raspoloživih resursa u šumama stvara se dodana vrijednost kroz nove šumske proizvode, a time i mogućnost većeg zapošljavanja ruralnog stanovništva (Zečić 2015).

## 6. Literatura

1. Agencija za statistiku BiH, 2011: Industrijska proizvodnja u Bosni i Hercegovini za 2011. godinu. PRODCOM rezultati.
2. Agencija za statistiku BiH, 2013: Popis stanovništva u BiH, Sarajevo.
3. Agencija za statistiku BiH, 2015: Anketa o potrošnji energije u domaćinstvima u BiH, Sarajevo.
4. Bašić Palković, P., 2002: Šumski cjepači – jedna metoda pridobivanja energijskog drva. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–70.
5. Begović, B., 1960: Strani kapital u šumskoj privredi BiH za vrijeme otomanske vladavine. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju 5: 1–274.
6. Begović, B., 1978: Razvojni put šumske privrede u BiH u periodu Austrougarske uprave (1878–1919) sa posebnim osvrtom na eksploataciju šuma i industrijsku preradu drveta. ANU BiH, Odjeljenje društvenih nauka, knj. 31: 1–204.
7. Begović, B., 1985: Šumarska privreda Bosne i Hercegovine za vrijeme monarhističke Jugoslavije (1914–1941) sa posebnim osvrtom na eksploataciju šuma i industrijsku preradu drveta. Šumarska enciklopedija (svezak 2), Z. Potočić (ur.). Jugoslavenski leksikografski zavod »Miroslav Krleža«, Zagreb, 1–487.
8. Brkić, M., 2007: Savremene tehnologije na pilot postrojenjima za proizvodnju briketa i peleta od biomase. Studija: Potencijali i mogućnosti briketiranja i peletiranja otpadne biomase na teritoriji pokrajine Vojvodine, Pokrajinski sekretarijat za energiju i mineralne sirovine, Novi Sad, 47–53.
9. Ciolkosz, D., 2009: Manufacturing Fuel Pellets from Biomass, The Pennsylvania State University, 1–4.
10. Domac J., Benković Z., Starčić T., 2008: Razvitak održive industrije drvenog ugljena, Šumarski list, 132(11–12) 555–561.
11. Dubravec, M., 2007: Pougljavanje drva u ugljenicama. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–51.
12. EN 14778:2011 Solid biofuels – Sampling.
13. EN 15149-2:2010 Solid biofuels -- Determination of particle size distribution -- Part 2: Vibrating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and below.
14. EN ISO 16559:2014 Terminology, definitions and descriptions.
15. EN ISO 17225-1:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 1: General requirements.
16. EN ISO 17225-2:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 2: Graded wood pellets.
17. EN ISO 17225-3:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 3: Graded wood briquettes.
18. EN ISO 17225-4:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 4: Graded wood chips.
19. EN ISO 17225-5:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 5: Graded firewood.
20. EN ISO 18122:2015 Solid biofuels -- Determination of ash content.

21. EN ISO 18134-1:2015 Solid biofuels -- Determination of moisture content -- Oven dry method -- Part 1: Total moisture -- Reference method.
22. EN ISO 18134-3:2015 Solid biofuels -- Determination of moisture content -- Oven dry method -- Part 3: Moisture in general analysis simple.
23. FAO (2005): State of the World forests, Rome.
24. Gujić, A., 2015: Svrha proizvodnje i korištenja drvenog ugljena. Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1–27.
25. Hakkila, P., 2004: Developing technology for large-scale production of forest chips – Wood Energy Technology Programme 1999–2003. Research report, VTT Processes, 1–99.
26. Herak, S., 1987: Iskustva u radu linija za briketiranje biomase, Zbornik radova sa XIV. savetovanja stručnjaka poljoprivredne tehnike Vojvodine, VDPT, Dubrovnik, 279–285.
27. Holm, J. K., Henriksen, U. B., Hustad, J. E., Sørensen, L. K., 2006: Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production. *Energy & Fuels* 20: 2686–2694.
28. Iličić, L., 2011: Perspektive razvoja drvne industrije u Bosni i Hercegovini i njen uticaj na ukupnu vanjskotrgovinsku bilancu. *Tranzicija – časopis za ekonomiku i politiku tranzicije* 28: 80–88.
29. Informacija o gospodarenju šumama u Federaciji BiH u 2015. godini i planovima gospodarenja šumama za 2016. godinu, Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, 2016.
30. Janković, B., 1987: Ogrjevno drvo. *Šumarska enciklopedija*, (ur.) Z. Potočić, JLZ, Zagreb, 542–543.
31. Johansson, J., Liss, J., Gullberg, T., Bjorheden, R., 2006: Transport and handling of forest energy bundles – advantages and problems. *Biomass-and-Bioenergy* 30(4): 334–341.
32. Jovanović, B., Musić, J., Lojo, A., 2008.: Energetski potencijal drvne biomase u Bosni i Hercegovini. *Šumarski fakultet Sveučilišta u Sarajevu*, Sarajevo, 91–98.
33. JUS D. B9.020: 1958 Drveni ugalj. Savezni zavod za standardizaciju 30: 1–5.
34. JUS D.B5.023: 1984 Proizvodi eksploatacije šuma. Drvo za ogrev i suhu destilaciju, Savezni zavod za standardizaciju 9: 1–3.
35. Kantonalna uprava za šumarstvo, 2015: Izvještaj o radu za period 01. 01. 2015. do 30. 06. 2015. godine, Travnik.
36. Kanzian, C., Fenz, B., Holzleitner, F., Stampfer, K., 2006: Waldhackgut aus Schlagrücklass – Fallbeispiele im Laubund Nadelholz. 1–29.
37. Krapfenbauer, A., 1983: Von der Streunutzung zur Ganzbaumnutzung. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen* 100(2–3): 143–174.
38. Krhen, P., 2012: Energetsko iskorištavanje šumske biomase u Hrvatskoj. Diplomski rad, Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–53.

39. Krpan, A. P. B., Tomašić, Ž., Zečić, Ž., Vuletić, D., 2015: Bioproizvodnost amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u jednogodišnjoj, dvogodišnjoj i četverogodišnjoj ophodnji. *Šumarski list* 143(3–4): 123–135.
40. Kulušić, B., 1998: Nacionalni izvještaj o šumama i šumarstvu Bosne i Hercegovine i Federacije Bosne i Hercegovine. Međunarodni PHARE program za životnu sredinu –Međunarodni šumarski program, str. 1–60.
41. Li, Y.; Liu, H., 2000: High pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. *Biomass and Bioenergy* 19: 177–186.
42. Loibnegger, T., 2011: Smjernice za primjenu normi za goriva iz drvne biomase. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske, (ur.) V. Šegon, Zagreb, Hrvatska, 1–32.
43. McKendry, P., 2002: Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83(1): 37–46.
44. Mogućnosti korištenja šumske biomase iz šumarstva i drvne industrije u BiH, 2014. Razvojni program Ujedinjenih nacija u Bosni i Hercegovini, Sarajevo, 1–16.
45. Mujumdar, A.S.: 1995 Superheated steam drying. In: Mujumdar AS, editor. *Handbook of industrial drying*. New York, Basel: Marcel Dekker, Inc.; 1995. p. 195–233.
46. Musić, J., Obućina, M., Gurda, S., Halilović, V., 2013: Odnosi šumarstva i drvne industrije u Federaciji BiH. *Nova mehanizacija šumarstva* 34 (1): 51–60.
47. Obućina, M., Š. Šorn, J. Musić, Š., Alimanović, 2010: Odnosi šumarstva i drvoprerađivačke industrije. CEPOS, str. 1–95.
48. Porter, P.; Barry, J.; Samson, R.; Doudlah, M., 2008: *Growing Wisconsin Energy - A Native Grass Pellet Bio-Heat Roadmap for Wisconsin*. Madison, Wisconsin. Agrecol Corporation. 77 p. + app. 7 p.
49. Prostorni plan Županije Središnja Bosna (2005.), »Službene novine Županije Središnja Bosna«, broj 11/05.
50. Pružan, E., Konjalić, Š., 2011: Iskustva, prevencija i mjere protiv nezakonitih postupanja u šumarstvu Srednjobosanskog kantona. Studija slučaja, Sarajevo.
51. Ranta, T., Rinne, S., 2006: The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass and Bioenergy* 30(3): 231–237.
52. Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., Sever, S., 2003: Razvrstavanje šumarskih strojeva za pretvorbu primarnoga energenta u koji oblik sekundarnoga goriva. *Šumska biomasa*, M. Figurić i S. Risović (ur.). Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, 54–96.
53. Risović, S., Đukić, I., Vučković, K., 2008: Energy analysis of pellets made of wood residues. *Croatian journal of forest engineering* 29(1): 95–108.
54. Silversides C. R., Sundberg, U., 1989: Operational efficiency in forestry. Vol. 2: practice, 1–169.
55. Sokhansanj, S.; Cushman, J.; Wright, L., 2003: Collection and delivery of feedstock biomass for fuel and power production. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal, Invited Overview Paper*. Vol. V.

56. Stampfer, K., Kanzian, C., 2006: Current state and development possibilities of wood chip supply chains in Austria. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Zagreb, 27 (2): 135–145.
57. Stelte, W., 2011: Fuel Pellets from Biomass - Processing, Bonding, Raw Materials, *Risø-PhD-90 (EN)*, 1–47.
58. Strategija razvoja Srednjobosanske Županije, 2016: Kantonalni odbor za razvoj Srednjobosanskog Kantona, Travnik.
59. Sustav EU-a za certifikaciju čvrstih biogoriva, 2016. Tematsko izvješće, *Europski revizorski sud*, Luxembourg, br. 18.
60. Šafran, B., 2015: Ovisnost mehaničkih svojstava peleta o ulaznim veličinama drvene sirovine. *Doktorski rad*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–144.
61. Talbot, B., Suadiciani, K., 2005: Analysis of two simulated in-field chipping and extraction systems in spruce thinnings. *Biosystems Engineering* 91(3): 283–292.
62. Ugrenović, A., Benić, R., 1957: Eksploatacija šuma. *Grafički zavod Hrvatske*, 1–481.
63. Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvene biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. *Doktorska disertacija*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–156.
64. Vusić, D., Pandur, Z., 2010: Pregled europskih normi za drvno iverje. *Nova mehanizacija šumarstva* 31(1): 75–82.
65. Vusić, D., Zečić, Ž., Paladinić, E., 2014: Optimization of energy wood chips quality by proper raw material manipulation. *Proceedings Natural resources, green technology & sustainable development*, I. Radojčić Redovniković, T. Jakovljević, J. Halambek, M. Vuković, D. Erdec Hendrih (ur.), Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, 159–166.
66. Vusić, D., Zečić, Ž., Smetko, M., 2015: Učinkovitost mehanizirane izrade kratko rezanoga i cijepanoga ogrjevnoga drva. *Nova mehanizacija šumarstva*, 36(1): 29–38.
67. Zečić, Ž., Tikvić, I., Vusić, D., 2015: Potencijali proizvodnje drvene biomase za energiju u kontinentalnoj Hrvatskoj u odnosu na određene stanišne uvjete i vrste drveća. *Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti–Zbornik radova sa znanstvenog skupa »Prizvodnja hrane i šumarstvo–temelj razvoja istočne Hrvatske«*, Zagreb, 313–341.
68. Zubac, M., 1996: Domaća tehnika i tehnologija briketiranja. *Zbornik radova: „Značaj i perspektiva briketiranja biomase”*, Ekološki pokret Vojvodine, Vrnjačka Banja, 25–34.
69. <http://www.bioenergy4business.eu>
70. <http://www.german-pellets.de>
71. <http://www.GornjiVakuf-x.com>
72. <http://www.aebiom.org>
73. <http://www.agroklub.com>
74. <http://www.drveniugljen.hr>
75. <http://www.fiskars.com>
76. <http://www.forum.hr>

77. <http://www.kako.hr>
78. <http://www.ogrjev.hr>
79. <http://www.panoramio.com>
80. <http://www.pecinabiomasa.com>
81. <http://www.peletgrupa.hr>
82. <http://www.siska.hr>
83. <http://www.usitfbih.ba>
84. <http://www.sbk-ksb.gov.ba>
85. <http://www.wikipedia.org>
86. <http://www.drvnipelet.hr>