

GORIVA



DRVA IN SEKANCI



**PROIZVODNJA, STANDARDI KAKOVOSTI
IN TRGOVANJE**

LESNA

LESNA GORIVA

DRVA IN LESNI SEKANCI

**PROIZVODNJA, STANDARDI KAKOVOSTI IN
TRGOVANJE**

Ljubljana, 2009

Izdaja

Gozdarski inštitut Slovenije, Založba *Silva Slovenica*
SI-1000 Ljubljana, Večna pot 2, Slovenija

Avtorji: Nike KRAJNC, Mitja PIŠKUR, Jaka KLUN, Tine PREMRL, Barbara PIŠKUR,
Robert ROBEK, Marija MIHELIČ, Iztok SINJUR

Fotografije: Arhiv AIEL in Lk-Stmk, Nike KRAJNC, Jaka KLUN, Iztok SINJUR, Mirko
MEDVED, Tine PREMRL

Lektor: Henrik CIGLIČ

Tehnični urednik: Robert KRAJNC



S podporo

Intelligent Energy Europe EIE/07/054/2007

Za vsebino te publikacije, za katero ni nujno, da odseva mnenje članic Evropske skupnosti, so v celoti odgovorni njeni avtorji.

Evropska komisija ni odgovorna za nobeno morebitno uporabo informacij, objavljenih v tej publikaciji.

Tisk je podprl Te-Tol Ljubljana d.o.o.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

662.63
630*33:620.97
630*831.1

LESNA goriva : drva in lesni sekanci : proizvodnja, standardi
kakovosti in trgovanje / [avtorji Nike Krajnc ... [et al.] ;
fotografije arhiv AIEL ...et al.]. - Ljubljana : Gozdarski inštitut
Slovenije, Založba Silva Slovenica, 2009
ISBN 978-961-6425-50-6
1. Krajnc, Nike
249112576

Tisk: BIROGRAFIKA BORI d.o.o.
Natisnjeno v 800 izvodih

KAZALO

PREDGOVOR	7
1 LESNA GORIVA	8
2 MERSKE ENOTE ZA LESNA GORIVA.....	9
2.1 Prostornina (volumen) lesnih goriv	9
2.2 Masa lesnih goriv	10
2.3 Gostota lesnih goriv.....	10
2.4 Pretvorbeni faktorji za okrogli les, polena in lesne sekance	12
3 VODA V LESU IN VLAŽNOST LESA.....	14
4 KEMIJSKA SESTAVA LESA	14
5 VSEBNOST ENERGIJE	15
5.1 Merske enote za toplotno energijo	15
5.2 Kurilna sezona	18
5.3 Energijska vrednost	19
5.4 Analitični izračun kurilnosti	21
5.5 Energijski ekvivalenti	24
5.6 Vsebnost pepela in taljivost pepela	26
5.7 Glavne značilnosti pepela in njegova uporaba.....	27
6 PROIZVODNJA POLEN IN LESNIH SEKANCEV	28
6.1 Delovne faze in delovni sistemi	28
6.2 Stroji in oprema	28
6.3 Proizvodnja drv in sekancev.....	32
6.3.1 <i>Proizvodnja drv</i>	32
6.3.2 <i>Proizvodnja sekancev</i>	33
6.3.3 <i>Proizvodnja sekancev v Sloveniji (stanje l. 2008)</i>	35
6.4 Dostopnost lesa za energetske namene iz gozdov.....	37
6.5 Oskrbovalna veriga za lesno biomaso in njeni stroški.....	38
7 ZAHTEVE GLEDE KAKOVOSTI LESNIH GORIV IN STANDARDI.....	41
7.1 Določila tehničnih specifikacij za drva in lesne sekance.....	43
7.2 Ugotavljanje vlažnosti ali vsebnosti vode v lesnem gorivu.....	45
7.2.1 <i>Merilne naprave za drva</i>	46
7.2.2 <i>Merilne naprave za lesne sekance</i>	46
7.3 Ugotavljanje porazdelitve velikost lesnih sekancev	47
7.4 Kakovostne zahteve različnih kotlov	49
7.5 Proces sušenja lesa	50
7.5.1 Biološki procesi pri skladiščenju sekancev	50
7.6 Sušenje in skladiščenje drv	52

7.6.1	<i>Priporočila za skladiščenje drv</i>	54
7.6.2	<i>Kontejnerji za sušenje, skladiščenje in prevoz drv</i>	55
8	SKLADIŠČENJE LESNIH GORIV	55
8.1	Biomasní logistični center (BLTC).....	56
8.1.1	<i>Pokriti prostori za skladiščenje in sušenje sekancev</i>	57
8.1.2	<i>Zaščitna ponjava za lesne sekance</i>	58
8.2	Sistemi prisilnega sušenja drv in lesnih sekancev.....	59
8.2.1	<i>Sušenje s pomočjo toplote fermentacijskega procesa</i>	59
8.2.2	<i>Sistem prisilne ventilacije za sušenje sekancev z uporabo zraka, predhodno segretega s sončno energijo</i>	59
8.2.3	<i>Sistemi prisiljene ventilacije za sušenje drv</i>	60
8.2.4	<i>Poenostavljene sušilne naprave</i>	61
9	STROŠKI ENERGIJE IN PRIMERJAVE MED RAZLIČNIMI GORIVI	62
9.1	Končni stroški energije.....	63
10	PRODAJA DRV IN LESNIH SEKANCEV	66
10.1	Drva.....	66
10.2	Lesni sekanci.....	67
11	PROIZVODNJA ENERGIJE IN EMISIJE TOPLOGREDNIH PLINOV	69
12	DODATKI	73
12.1	Osnutek pogodbe za prodajo lesnih sekancev na osnovi vsebnosti energije (glej SIST–TS CEN/TS 14961:2005).....	73
12.2	Primer deklaracije o kavovosti lesnih sekancev.....	76
12.3	Primer cenika za transparentno in urejeno trgovanje s cepanicami	77
12.4	Okrajšave in simboli	78
12.5	Mednarodni sistem merskih enot.....	79
13	VIRI	80



KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1	Prikaz merskih enot za prostornino in maso, ki se na splošno uporabljajo pri trženju lesnega goriva.....	10
Preglednica 2	Gostote zračno suhega lesa ($u = 12-15\%$ oz. $w = 11-13\%$) (vir: Holz atlas)	11
Preglednica 3	Gostote sušilnično (absolutno) suhega lesa (vir: Rohholz).	11
Preglednica 4	Tipične vrednosti gostote nasutja lesnih goriv (vir: UBET).	11
Preglednica 5	Primer pretvorbni faktorjev za okrogli les/drva/sekance.	12
Preglednica 6	Pretvorbni faktorji za nekatere oblike lesnih ostankov	13
Preglednica 7	Gostote različnih oblik lesnega goriva za bukev, hrast in smreko.....	13
Preglednica 8	Razmerja med vlažnostjo u in vsebnostjo vode w	14
Preglednica 9	Kemijska sestava lesa [SIST-TS CEN/TS 14961:2005].	15
Preglednica 10	Pretvorbni faktorji pri toplotni energiji.	16
Preglednica 11	Ekvivalenti med najpogosteje uporabljanimi enotami toplotne energije.	16
Preglednica 12	Okvirni izkoristki kotlov glede na vrsto goriva in vrsto kotla.....	17
Preglednica 13	Kurilnost in delež pepela različnih biomasnih goriv [SIST-TS CEN/TS 14961:2005].....	20
Preglednica 14	Kurilnost ($H_i = 18,5$ MJ/kg) kot funkcija vsebnosti vode ($w\%$).	21
Preglednica 15	Primer faktorjev za polena (Vir: Austrian energy Agency).....	22
Preglednica 16	Primer faktorjev za polena (Vir: Austrian energy Agency).....	23
Preglednica 17	Primer faktorjev za lesne sekance G30 (Vir: Austrian energy Agency).....	23
Preglednica 18	Primer faktorjev za lesne sekance G50 (Vir: Austrian energy Agency).....	23
Preglednica 19	Primer faktorjev za skorjo (Vir: Austrian energy Agency).	23
Preglednica 20	Primerjava kurilnosti lesnih goriv z nekaterimi fosilnimi gorivi.....	24
Preglednica 21	Kemijska sestava različnih pepelov lesnih biogoriv.....	27
Preglednica 22	Stroški izbranih strojev in opreme za pripravo lesnega goriva.....	29
Preglednica 23	Gostote cest ter obseg preteklih in načrtovanih gradenj gozdnih prometnic v Sloveniji leta 2004 (ZGS 2004).....	38
Preglednica 24	Seznam tehničnih specifikacij na področju trdnih biogoriv (stanje november 2009).....	42
Preglednica 25	Tehnična specifikacija za drva (SIST-TS CEN/TS 14961: 2005).....	44
Preglednica 26	Pregled tehničnih specifikacij, ki opredeljujejo postopke za določanje posameznih lastnosti goriv in priprave vzorcev	44
Preglednica 27	Tehnična specifikacija za sekance (SIST-TS CEN/TS 14961: 2005).	45
Preglednica 28	Opis mejnih vrednosti posameznih velikostnih razredov po SIST-TS CEN/TS 14961:2005.	49
Preglednica 29	Opis mejnih vrednosti posameznih velikostnih razredov po ÖNORM M7133: 1998.....	49
Preglednica 30	Kakovostne zahteve za lesna goriva pri različnih kotlih.	49
Preglednica 31	Ocena letne izgube suhe snovi za nekatere tipe lesnega goriva.	52
Preglednica 32	Stroški primarne energije različnih energentov, razmerje cen lesnih sekancev in drugih energentov ter prikaz vpliva zviševanja cen sekancev na cenovna razmerja.....	63
Preglednica 33	Kategorije stroškov in njihove vrednosti (februar 2009).	65

Preglednica 34	Cena lesnih sekancev glede na razrede vlažnosti pri ceni energije 25 €/MWh.....	68
Preglednica 35	Emisije CO ₂ in ekvivalenti CO ₂ za posamezna goriva, za male kotle (IPCC GPG 2003) v kg na TJ primarne energije.....	69

KAZALO SLIK

Slika 1	Praktični primer uporabe pretvorbenih faktorjev.....	12
Slika 2	Dolžina ogrevalne sezone v odvisnosti od nadmorske višine (prirejeno po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje).....	19
Slika 3	Produktivnost (nm ³ /h) za različno vhodno surovino.....	34
Slika 4	Statistične regije in zabeleženi sekalniki v Sloveniji.....	35
Slika 5	Število sekalnikov po statističnih regijah.....	36
Slika 6	Proizvodnja sekancev po statističnih regijah (l. 2007).....	37
Slika 7	Prikaz različnih proizvodnih verig.....	39
Slika 8	Stresalna naprava s siti za ugotavljanje porazdelitve velikosti lesnih sekancev in struktura sekancev po sejanju (GIS, 2009).....	47
Slika 9	Primer rezultatov sejalne analize (GIS 2009).....	47
Slika 10	Primer sušenja drv v različnih pogojih: na sončni in v senčni legi ter pokrite in nepokrite skladovnice.....	53
Slika 11	Primerjava sušenja različnih oblik drv.....	54
Slika 12	Primerjava skladiščnega prostora za proizvodnjo 10 MWh končne energije pri različnih gorivih.....	56
Slika 13	Biomasni logistični center v Pölstalu (Štajerska–Avstrija).....	57
Slika 14	Predhodno segreti zrak in prisilni prezračevalni sistem, kot je v rabi v BLTC Pölstal, Avstrija.....	59
Slika 15	Zaprti prostor (podoben rastlinjaku) za sušenje cepanic, (Bavarska–Nemčija).....	60
Slika 16	Zabojnik za sušenje drv ali sekancev.....	61
Slika 17	Kmetijska prikolica (levo), horizontalni bobenski sušilniki (desno).....	61
Slika 18	Primerjava stroškov ogrevanja (februar 2009).....	64
Slika 19	Spremembe v cenah lesnih sekancev glede na tri različne cene energije in različno vsebnost vode.....	68

KAZALO PRAKTIČNIH PRIMEROV

Praktičen primer 1	Primer izračuna gostote nasutja sekancev z vzorčenjem.....	13
Praktičen primer 2	Izračun toplote, proizvedene v kotlu.....	17
Praktičen primer 3	Primer izračuna kurilnosti pri znani vsebnosti vode.....	22
Praktičen primer 4	Primer izračuna potrebne količine lesnih sekancev za izbrani kotel.....	25
Praktičen primer 5	Primer izračuna potrebne količine drv za enodružinsko hišo.....	25
Praktičen primer 6	Analiza ustreznosti porazdelitve delcev v primerjavi z zahtevo kupca... ..	48
Praktičen primer 7	Izračun cene drv glede na količino primarne energije.....	67
Praktičen primer 8	Izračun prihranka CO ₂ in CO ₂ ekv. v primeru menjave energentov	70
Praktičen primer 9	Izračun prihranka CO ₂ in CO ₂ ekv. v primeru menjave zastarelega kotla z sodobnim kotlom za centralno ogrevanje stanovanjskega objekta.....	71

PREDGOVOR

Pričujoča publikacija je eden izmed rezultatov projekta BIOMASSTRADECENTRES, ki ga je v okviru programa Intelligent Energy Europe podprla Evropska agencija za inovacije in konkurenčnost (EACI).

S priročnikom želimo izboljšati učinkovitost oskrbovalnih verig z drvni in lesnimi sekanci na regionalni ravni. Z zelo specifičnimi in tehničnimi informacijami, kot so evropske tehnične specifikacije (na primer CEN/TS 14961:2005), želimo na trgu spodbuditi preglednejše in pravičnejše trgovanje ter tako približati ponudbo povpraševanju po lesnem gorivu ustrezne kakovosti.

Proizvajalci naj bi dobavljali lesno gorivo v skladu z določili kakovosti trdnih biogoriv, torej tistih, ki so primerna za potrebe ogrevalnih naprav. Ponudba polen in sekancev mora pridobiti zaupanje strank in investitorjev, s čimer želimo spodbuditi postavitve novih sodobnih sistemov za ogrevanje na les.

Proizvajalci sistemov za ogrevanje z lesom, še posebno tisti, ki izdelujejo majhne do srednje velike naprave (do 500 kWh), se morajo prepričati, da lesno gorivo na tržišču, ustreza kakovostnim zahtevam, v skladu s katerimi je bilo preskušano, in da s tem zagotavljajo skladnost z njihovimi spričevali potrjene učinkovitosti in emisijami njihovih ogrevalnih naprav.

V želji po zanesljivosti dobave lesenih goriv zelene kakovosti so v Avstriji in Nemčiji začeli spodbujati razvoj v tako imenovane Biomasne logistične centre. Namen takih centrov je odkup lesnega goriva neposredno od proizvajalcev ter zagotavljanje zanesljive dobave lesnega goriva zelene kakovosti končnim uporabnikom. Nekaj pozitivnih izkušenj je že jasno pokazalo, da ustanovitev logističnih in trgovskih centrov omogoča učinkovitejšo in preglednejšo organizacijo tržišča za lesna goriva. Tržišče, ki je transparentno, kar zadeva cene, pogoje trgovanja in zagotavljanja kakovostnih lesenih goriv, bo zagotovo pospešilo rabo lesne biomase tudi v Sloveniji.

Nike Krajnc

Ljubljana, december 2009



1 LESNA GORIVA

Priročnik je namenjen vsem, ki se ukvarjajo s pridobivanjem, predelavo in rabo lesnih goriv. Skladno z evropsko tehnično specifikacijo (SIST-TS CEN/TS 14588:2004 Trdna biogoriva–Terminologija, definicije in opisi) so lesna goriva vse vrste biogoriv, ki posredno ali neposredno izvirajo iz lesne biomase. Lesna goriva se uvrščajo v širšo skupino trdnih biogoriv, to so trdna goriva, proizvedena posredno ali neposredno iz biomase. Biomasa v najširšem pomenu zajema snovi biološkega izvora, z izjemo, fosilnih snovi v geoloških tvorbah.

Lesna goriva so lahko različnega izvora in jih najdemo v različnih tržnih oblikah. V priročniku se bomo posvetili predvsem različnim oblikam drv in sekancev.

Naslednje definicije lesnih goriv temeljijo na evropski tehnični specifikaciji (SIST-TS CEN/TS 14588: 2004):

1. **Drva:** les, ki je razžagan in po potrebi cepljen z namenom energetske izrabe v napravah, kot so peči, kamini ali kotli za centralno ogrevanje individualnih hiš oziroma stanovanj. Drva imajo praviloma določeno dolžino od 150 do 1000 mm.
2. **Polena:** energetski les, nasekan z ostrimi sekalnimi ali cepilnimi napravami, pri čemer ima večina gradiva dolžino od 150 do 500 mm.
3. **Cepanice:** energetski les, razcepljen in razrezan večinoma na dolžino 500 mm ali več.
4. **Okroglice:** energijski les, razrezan večinoma na dolžino 500 mm ali več.
5. **Lesni sekanci:** nasekana lesna biomasa v obliki koščkov z določeno velikostjo delcev, ki se izdelujejo z mehansko obdelavo z ostrim orodjem, kot so noži. Lesni sekanci so nepravilne pravokotne oblike in značilne dolžine od 5 do 50 mm ter z majhno debelino v primerjavi z drugimi dimenzijami.
6. **Grobi lesni sekanci:** les, nasekan z ostrimi sekalnimi napravami, pri čemer je dolžina večine delcev bistveno daljša kot pri *lesnih sekancih*, oblika pa je bolj robata. Značilna dolžina grobih lesnih sekancev znaša od 50 do 150 mm.
7. **Grobi lesni drobir:** energetski les v obliki koščkov različnih velikosti in oblik, ki se proizvajajo z lomljenjem in drobljenjem s topim orodjem, kot so valji ali kladiva.



Po izvoru delimo lesna goriva v:

1. **Les iz gozda in plantaž:** je les iz gozdov, parkov, nasadov hitro rastočih drevesnih in grmovnih vrst ter drugih nasadov.
2. **Stranski proizvodi in ostanki iz lesnopredelovalne industrije:** V tej skupini so razvrščeni lesni stranski proizvodi in ostanki iz industrijske proizvodnje. Ta biogoriva so lahko bodisi kemično neobdelana (npr. ostanki pri odstranjevanju skorje, žaganju, razžagovanju, oblikovanju ali stiskanju) ali pa gre za ostanke kemično obdelanega lesa, če ne vsebujejo težkih kovin ali halogeniranih organskih sestavin, ki izvirajo iz uporabe lesnih zaščitnih sredstev ali premazov.
3. **Odslužen les:** Ta skupina zajema odslužen les, ki je pri potrošniku oz. uporabniku že zadostil svojemu osnovnemu namenu in ga ta jemlje kot



odpadek. Glede obdelave veljajo ista merila kot pri skupini »stranski proizvodi in ostanki iz lesnopredelovalne industrije«. To pomeni, da odslužen les, ki bo uporabljen v energetske namene, ne sme vsebovati težkih kovin ali halogeniranih organskih sestavin, ki izvirajo iz uporabe lesnih zaščitnih sredstev ali premazov.

Najpomembnejše lastnosti lesnih goriv so dimenzije, tržna oblika, vsebnost vode, kurilnost in vsebnost za človeka in okolje škodljivih onesnažil. Poleg teh lastnosti je pomemben še izvor lesnih goriv.

2 MERSKE ENOTE ZA LESNA GORIVA

2.1 PROSTORNINA (VOLUMEN) LESNIH GORIV

Pri lesnih gorivih so pomembne naslednje merske enote:

Kubični (ali volumni) meter (m^3) se uporablja kot merska enota za prostornino, ki je v celoti napolnjena z lesom (brez vmesnih praznih prostorov). Ta merska enota se navadno uporablja za okrogli les brez skorje, v drugih primerih pa ponazarja ekvivalente okroglega lesa.

Prostornina zloženega gradiva / Prostorninski meter (prm) je merska enota, ki se uporablja za zložena drva. V literaturi je večinoma označen kot prm.

Prostornina nasutja / Nasuti (kubični) meter (nm^3) je merska enota, ki se uporablja za nasutje lesnih sekancev, lahko pa tudi za nasutje drv.

Prostornina lesnega goriva je odvisna od oblike, velikosti, homogenosti in razporeditve posameznih kosov lesa.

2.2 MASA LESNIH GORIV

Utežni meri, ki se v praksi uporabljata za lesno gorivo, sta kilogram in tona.

Preglednica 1 Prikaz merskih enot za prostornino in maso, ki se na splošno uporabljajo pri trženju lesnega goriva.

Merske enote			
Tona	Kilogram	Prostorninski meter	Nasuti kubični meter
t	kg	prm	nm ³
Sekanci peleti in briketi		Drva	Drva sekanci peleti in briketi

2.3 GOSTOTA LESNIH GORIV

Za izražanje razmerja med maso in prostornino lesnega goriva lahko uporabljamo različne gostote:

Čista gostota lesa ali gostota lesne substance: v absolutno suhem stanju znaša 1.500 kg/m³.

Relativna gostota (d): je razmerje med gostoto lesa (masa pri vlažnosti $u=0$ in volumen pri u_i) in gostoto referenčne snovi v specifičnih razmerah in je brez enot. Praviloma se relativna gostota določa glede na gostoto vode pri temperaturi 4 stopinje Celzija.

Gostota lesa (ρ): je razmerje med maso in volumnom lesa pri določeni lesni vlažnosti (u). Izražena je v g/cm³ ali kg/m³. Gostota zračno suhega lesa, to je pri $u=12-15$ %, se označuje z $\rho_{12...15}$. Gostota absolutno (sušilnično) suhega lesa se označuje z ρ_0 .

Osnovna gostota (R): razmerje med maso pri suhi osnovi in telesnino pri sveži osnovi. Lahko je tudi količnik med maso absolutno (sušilnično) suhega lesa in maksimalnim volumnom, ki ga ima svež les.

Gostota delcev pri peletih ali briketih se nanaša na gostoto enega peleta ali briketa in ni enaka gostoti nasutja pelet ali briket.



Preglednica 2 Gostote zračno suhega lesa ($u = 12\text{--}15\%$ oz. $w = 11\text{--}13\%$) (vir: Holz atlas)

Drevesna vrsta	Značilna vrednost (kg/m^3)	Značilni odklon
Smreka	470	330–680
Jelka	450	350–750
Rdeči bor	510	330–890
Macesen	590	440–850
Bukev	720	540–910
Hrast	690	430–960
Gaber	830	540–860
Kostanj	620	590–660
Jelša	550	490–640
Robinija	770	580–900

Preglednica 3 Gostote sušilnično (absolutno) suhega lesa (vir: Rohholz).

Drevesna vrsta	Gostote sušilnično suhega lesa (kg/m^3)
Smreka	430
Jelka	410
Bor	490
Macesen	550
Bukev	680
Hrast	650
Breza	610
Topol	410
Robinija	730

Gostota nasutja: je masa deleža trdnega goriva, deljena s prostornino zabojnika, ki ga lesno gorivo napolni v določenih pogojih. Gostota nasutja se lahko izraža kot kg/prn ali kg/nm^3 , odvisno od tega, ali je lesno gorivo zloženo (drva) ali nasuto (drva ali sekanci).

Gostota nasutja je odvisna od velikosti ter homogenosti posameznih delcev, ki tvorijo praznine med kosi, ki so lahko večji ali manjši, odvisno od velikosti in oblike lesnih delcev (peleti, briketi, sekanci, polena) ter časa skladiščenja.

Preglednica 4 Tipične vrednosti gostote nasutja lesnih goriv (vir: UBET).

Lesno gorivo		Gostota nasutja (kg/m^3)
Drva-zložena	Bukev	460
Drva-zložena	Smreka	310
Lesni sekanci	Iglavci	195
Lesni sekanci	Listavci	260
Skorja	Iglavci	205
Skorja	Listavci	320
Žaganje		170
Odrezki		90
Lesni peleti		600

2.4 PRETVORBENI FAKTORJI ZA OKROGLI LES, POLENA IN LESNE SEKANCE

Za preglednejše trgovanje z različnimi oblikami lesnih goriv so zelo koristni (okvirni) pretvorbeni faktorji za preračun med različnimi enotami.

Preglednica 5 prikazuje primer pretvorbenih faktorjev za večino najpogostejših oblik lesnega goriva (ÖNORM M7132: 1998 in ÖNORM M7133: 1998).

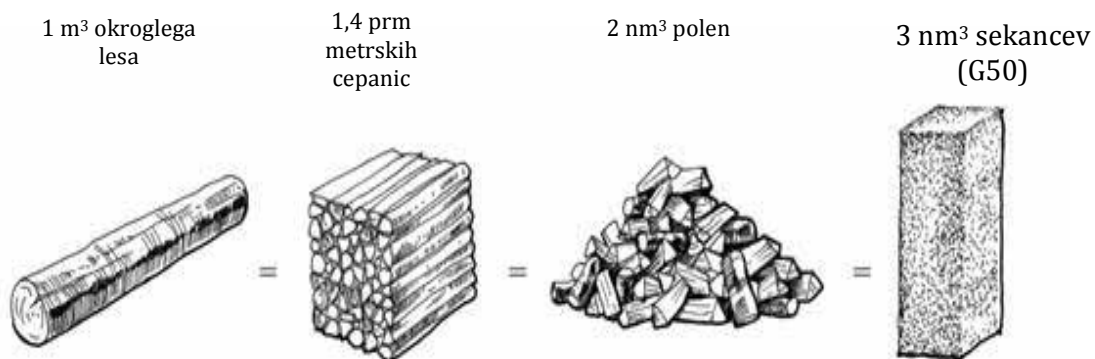
Preglednica 5 Primer pretvorbenih faktorjev za okrogli les/drva/sekance.

Asortimenti	Okrogli les	Metrška drva	Drva		Lesni sekanci	
			Zložena	Nasuta	Drobni (G30)	Srednji (G50)
	m ³	prm	prm	nm ³	nm ³	
1 m ³ okroglega lesa	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 prostorninski m metrskih drv	0,7	1	0,8	1,4	1,8	2,1
1 prostorninski m drv	0,85	1,2	1	1,7		
1 nasuti m drv	0,5	0,7	0,6	1		
1 nasuti m ³ drobnih gozdnih sekancev (G30)	0,4	0,55			1	1,2
1 nasuti m ³ srednje velikih gozdnih sekancev (G50)	0,33	0,48			0,8	1

Opomba: 1 tona lesnih sekancev G30 z w = 35 % ustreza približno 4 nm³ sekancev iz smrekovega lesa in 3 nasutim m³ sekancev iz bukovega lesa.

Opomba: Velikostni razredi dimenzij lesnih sekancev (G30, G50 in G100) po standardu ÖNORM so pojasnjeni v preglednici 29 v poglavju 7.3.

Za lažjo predstavo so na sliki 1 prikazana razmerja med vrstami lesnih goriv.



Slika 1 Praktični primer uporabe pretvorbenih faktorjev.

Preglednica 6 Pretvorbenni faktorji za nekatere oblike lesnih ostankov

Informativno podajamo tudi pretvorbene faktorje za nekatere druge oblike lesne biomase:	
1 prostorninski m ³ krajnikov v svežnjih	0,65 m ³ ekvivalentov okroglega lesa
1 nasuti m ³ lesnih sekancev G50	0,33 m ³ ekvivalentov okroglega lesa
1 nasuti m ³ drobne žagovine (≤5mm)	0,33 m ³ ekvivalentov okroglega lesa
1 nasuti m ³ oblancev	0,20 m ³ ekvivalentov okroglega lesa
1 nasuti m ³ skorje	0,30 m ³ ekvivalentov okroglega lesa

Preglednica 7 Gostote različnih oblik lesnega goriva za bukev, hrast in smreko

Vsebnost vode (w %)	Bukev			Hrast			Smreka		
	OKL m ³	Polena prm	Sekanci nm ³	OKL m ³	Polena prm	Sekanci nm ³	OKL m ³	Polena prm	Sekanci nm ³
0	680	422	280	660	410	272	430	277	177
10	704	437	290	687	427	283	457	295	188
15	716	445	295	702	436	289	472	304	194
20	730	453	300	724	450	298	488	315	201
30	798	495	328	828	514	341	541	349	223
40	930	578	383	966	600	397	631	407	260
50	1117	694	454	1159	720	477	758	489	312

Opomba: OKL – ekvivalent okroglega lesa

Uporabljen je bil ekvivalent 1 m³ okroglega lesa (OKL) = 2,43 nasutih m³ (oziroma 1 nm³ lesnih sekancev je 0,41 m³).

Metode za določevanje prostorninske mase so podrobno opredeljene v tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 15103:2005. V tej specifikaciji so določene tudi dimenzije merilnih posod.

Praktičen primer 1 Primer izračuna gostote nasutja sekancev z vzorčenjem

- 1) Potrebujete vedro določene prostornine (na primer: 13 l) in tehtnico.
- 2) Vzemite reprezentativen vzorec s kamiona ali vagona (število vzorcev in način vzorčenja določa SIST-TS CEN/TS 14778-1:2006 Trda biogoriva-vzorčenje 1. Del: Metode vzorčenja).

Primer: 5 veder s 40 m³ tovornjaka

Sekance v vedra z znano prostornino le natresite in jih ob polnjenju ne tlačite.

- 3) Vzorce stehtajte in delite njihovo povprečno maso (kg) s prostornino posode (l)



– t.j. (3,25 kg/13 l) * 1000 l/nm³ = **250 kg/nm³**

3 VODA V LESU IN VLAŽNOST LESA

Vodo v lesu opredeljujemo z vlažnostjo, ki je izražena kot delež mase vode glede na maso lesa v absolutno suhem stanju (u) oziroma kot delež mase vode glede na maso vlažnega lesa (w). Delež je pogosto izražen v odstotkih.

Vlažnost u (%)

Delež mase vode v lesu gleda na maso sušilnično (absolutno) suhega lesa.

$$u = \frac{m_w - m_0}{m_0} * 100$$

Vsebnost vode w (%)

Delež mase vode v lesu gleda na maso vlažnega lesa. To mero najpogosteje uporabljamo pri trženju lesnega goriva.

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_w} * 100$$

m_w = masa svežega lesa (kot dobljeno)

m_0 = masa sušilnično suhega lesa

Pretvorbene formule

Za izračun u iz w , in obratno, uporabljamo naslednji dve formuli:

$$u = \frac{100 * w}{100 - w} \quad \text{in} \quad w = \frac{100 * u}{100 + u}$$

Preglednica 8 Razmerja med vlažnostjo u in vsebnostjo vode w .

w %	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
u %	0	5,3	11,1	17,6	25,0	33,3	42,9	53,8	66,7	81,8	100,0	150,0
u %	0	5	10	15	20	30	40	50	65	80	100	150
w %	0	4,8	9,1	13,0	16,7	23,1	28,6	33,3	39,4	44,4	50,0	60,0

4 KEMIJSKA SESTAVA LESA

Rastlinska biomasa v glavnem sestoji iz ogljika (C), kisika (O) in vodika (H). Ti trije elementi sestavljajo do 99 % suhe snovi lesa. Za vpogled in boljšo predstavo o medsebojnih razmerjih med deleži kemijskih elementov v lesu in skorji, ločeno za iglavce in listavce, navajamo v spodnji preglednici podatke iz tehnične specifikacije SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Preglednica 9 Kemijska sestava lesa [SIST-TS CEN/TS 14961:2005].

Parameter	Enota	Les iglavcev		Les listavcev	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Ogljik, C	w-% d	51	47 do 54	49	48 do 52
Vodik, H	w-% d	6,3	5,6 do 7,0	6,2	5,9 do 6,5
Kisik, O	w-% d	42	40 do 44	44	41 do 45
Dušik, N	w-% d	0,1	< 0,1 do 0,5	0,1	<0,1 do 0,5
Žveplo, S	w-% d	0,02	< 0,01 do 0,05	0,02	< 0,01 do 0,05
Klor, Cl	w-% d	0,01	< 0,01 do 0,03	0,01	< 0,01 do 0,03
Fluor, F	w-% d	< 0,000 5	< 0,000 5	< 0,000 5	< 0,000 5
Parameter	Enota	Skorja iglavcev		Skorja listavcev	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Ogljik, C	w-% d	54	51 do 56	55	52 do 56
Vodik, H	w-% d	6,1	5,9 do 6,5	6,1	5,9 do 6,5
Kisik, O	w-% d	40	36 do 43	40	36 do 43
Dušik, N	w-% d	0,5	0,3 do 1,2	0,3	0,1 do 1,0
Žveplo, S	w-% d	0,10	0,02 do 0,20	0,10	< 0,02 do 0,20
Klor, Cl	w-% d	0,02	<0,01 do 0,05	0,02	< 0,01 do 0,05
Fluor, F	w-% d	0,001	< 0,000 5 do 0,002		

Opomba: w-% d – delež mase na suho osnovo

5 VSEBNOST ENERGIJE

V vsakdanjem življenju delimo energijo glede na vir in sicer na sončno energijo, električno energijo, energijo vetra, energijo vode, geotermalno energijo, svetlobno energijo, toplotno energijo, kemično energijo, itd.

5.1 MERSKE ENOTE ZA TOPLOTNO ENERGIJO

Energent je snov iz katere lahko direktno ali z ustrezno pretvorbo dobimo koristno energijo. Energent ima določeno energijo, ki ji pravimo **primarna energija**.

Sekundarna energija je energija, ki smo jo dobili s pretvorbo iz primarne energije (n.pr. električna energija iz premoga v termoelektrarni). Upoštevane so izgube pri pretvorbi.

Končna energija je energija, ki jo dobi uporabnik z upoštevanjem izgub pri prenosu.

Koristna energija je energija za zadovoljevanje potreb uporabnika, n.pr. toplota na električni kuhalni plošči. Upoštevane so izgube pri pretvorbi električne energije v toplotno.

Vire energije, ki jih uporabljamo, lahko razdelimo na obnovljive in neobnovljive vire.

Enota za merjenje energije je joule, poleg tega uporabljamo še njene izpeljanke (kJ, MJ, PJ, itd.). Običajno nam je bolj poznana druga oblika enote, Ws (wattsekunda, 1J = 1Ws), in izpeljanke, kot so Wh, kWh, MWh.

Preglednica 10 Pretvorbni faktorji pri toplotni energiji.

	kJ	Kcal ^(*)	kWh	toe
1 kJ	1	0,239	0,278x10 ⁻³	23,88x10 ⁻⁹
1 kcal ^(*)	4,1868	1	1,163x10 ⁻³	0,1x10 ⁻⁶
1 kWh	3.600	860	1	86x10 ⁻⁶
1 toe	41,87x10 ⁶	10x10 ⁶	11,63x10 ³	1

*1 Kalorija je merska enota za energijo, ki je bila v rabi pred uveljavitvijo mednarodnega sistema enot (SI).

Tona naftnega ekvivalenta (toe) je konvencionalna merska enota, ki se uporablja v statistično-primerjalne namene. Enaka je količini energije, ki se sprosti ob izgorevanju ene tone kurilnega olja.

Enote energije:

$$J \text{ (joule)} = Nm \text{ (newton-meter)} = Ws \text{ (wat-sekunda)}$$

Preglednica 11 Ekvivalenti med najpogosteje uporabljanimi enotami toplotne energije.

	kWh	MWh	GWh	TWh	TJ	PJ	toe
1 kWh	1	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁶	1x10 ⁻⁹	3,6x10 ⁻⁶	3,6x10 ⁻⁹	86x10 ⁻⁶
1 MWh	1x10 ³	1	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁶	3,6x10 ⁻³	3,6x10 ⁻⁶	86x10 ⁻³
1 GWh	1x10 ⁶	1x10 ³	1	1x10 ⁻³	3,6	3,6x10 ⁻³	86
1 TWh	1x10 ⁹	1x10 ⁶	1x10 ³	1	3,6x10 ³	3,6	86x10 ³
1 TJ	278x10 ³	278	278x10 ⁻³	278x10 ⁻⁶	1	1x10 ⁻³	23,9
1 PJ	278x10 ⁶	278x10 ³	278	278x10 ⁻³	1x10 ³	1	23,9x10 ³
1 toe	11,6x10 ³	11,6	11,6x10 ⁻³	11,6x10 ⁻⁶	41,87x10 ⁻³	41,87x10 ⁻⁶	1

Toplotna moč (Q) je razmerje med proizvedeno toplotno energijo in časom njene proizvodnje.

Enota moči
$$W = \frac{J}{s}$$

Bruto kapaciteta kotla (Q_B) ponazarja moč, ki se sprosti z izgorevanjem goriva v gorilniku.

Nominalna toplotna kapaciteta (Q_N) ponazarja maksimalno količino toplotne energije na časovno enoto, ki se z izgorevanjem nenehno ustvarja v kotlu.

Izkoristek kotla (η_k) nam pove, kolikšen delež vložene primarne energije v obliki goriva se spremeni v končno energijo pod pogoji preizkušanja, določenimi s standardom. Vrednosti so manjše od 100 %. Razlog leži v tem, da goriva ne moremo popolnoma izkoristiti, saj se del energije izgubi z dimnimi plini in vlago, del s sevanjem površine kotla v okolico, del pa ostane v nepopolno izgorelih ostankih.

Preglednica 12 Okvirni izkoristki kotlov glede na vrsto goriva in vrsto kotla

Energent	Vrsta kotla	Izkoristek
Trdna goriva	Starejše izvedbe	65 do 72 %
	Kombinirani kotli na tekoče gorivo	70 do 75 %
	Sodobni specialni kotli	80 do 90%
	Kotli na lesno biomaso:	
	- peleti	do 93%
- sekanci	85 do 90%	
- polena	80 do 85 %	
Tekoča goriva	Kombinirani kotli na trdna goriva	68 do 75 %
	Specialni kotli	90 do 95%
Plinasta goriva	Specialni kotli	do 98%
	Kondenzacijski kotli	nad 100%

Izkoristek ogrevalnega sistema: dobimo ga tako, da poleg izkoristka kotla upoštevamo tudi izkoristek cevnega omrežja in stopnjo izkoristka regulacijskega sistema.

Kapaciteta kotla se običajno izraža v kW. Po nekod še vedno zasledimo zasledimo enoto kcal, ki je bila v uporabi v preteklosti. Če želimo pretvoriti kcal v W, ki je SI enota za energijo, uporabimo naslednje faktorje:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal} &= 1,163 \text{ W} \\ 1 \text{ kW} &= 860 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Kapaciteta kotla s 100.000 kcal je 116.280 W.

Praktičen primer 2 Izračun toplote, proizvedene v kotlu.

Kotel, ki ima kapaciteto 100 kW in deluje s polno obremenitvijo tisoč ur, proizvede količino toplote, ki je enaka $100 \text{ kW} \times 1000 \text{ h} = 100.000 \text{ kWh} = 100 \text{ MWh}$.

5.2 KURILNA SEZONA

Trajanje ogrevalne oz. kurilne sezone se računsko določa na podlagi temperature zraka. Za prvi dan ogrevalne sezone se šteje dan po tistem, ko je v drugi polovici leta ob 21. uri ¹ tri dni zapored temperatura zraka nižja ali enaka +12 °C. Zadnji dan ogrevalne sezone je tretji zaporedni dan v prvi polovici leta, ko je ob 21. uri temperatura zraka višja od +12 °C in po tem dnevu ob 21. uri živo srebro trikrat zapored ne pade več pod omenjeno vrednost temperature zraka. Trajanje ogrevalne sezone je število dni med prvim in zadnjim dnem ogrevalne sezone.



Po nižinah in kotlinah je pozimi pogosto hladen in vlažen zrak

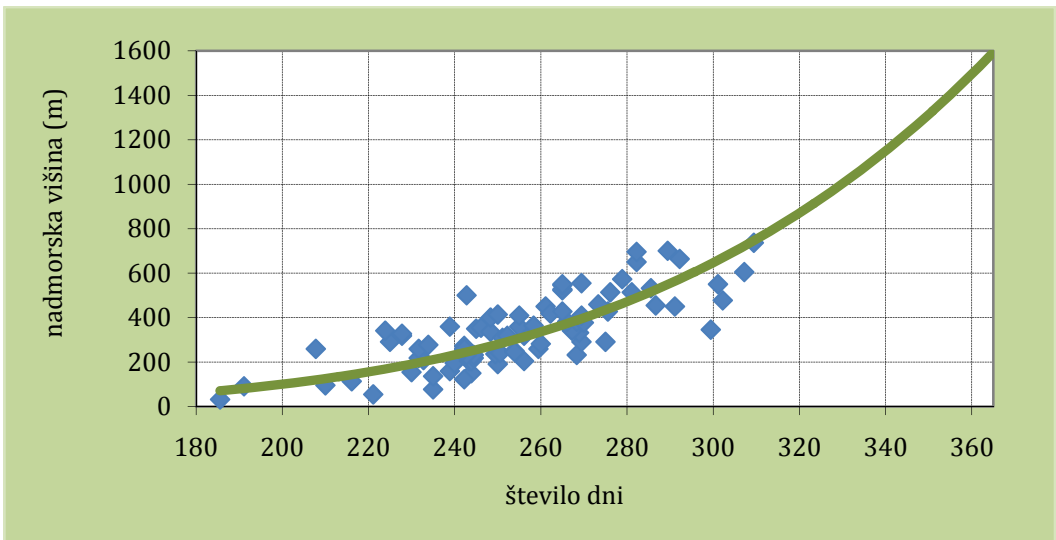
Trajanje ogrevalne sezone se lahko med posameznimi kraji (tudi znotraj istih krajev) in stanovanjskimi zgradbami močno razlikuje. Do teh razlik prihaja tako zaradi različnega podnebja, kakor tudi zaradi razlik v gradnji in toplotni izolaciji zgradb.

Ker se trajanje ogrevalne sezone določa na podlagi temperature zraka, lega stanovanjske zgradbe ali bivalnega prostora bistveno vpliva na začetek in konec ogrevanja.

Z naraščajočo nadmorsko višino temperatura zraka pada, zato je trajanje ogrevalne sezone v krajih z višjo nadmorsko višino daljše. Na dolžino ogrevalne sezone pomembno vplivata tudi dnevno trajanje Sončevega sevanja (osojne in prisojne lege) in mikrolokacija zgradbe. Pri mikrolokaciji je pomembna zlasti okolica, ki lahko trajanje ogrevalne sezone skrajšuje (npr. mestno okolje) ali pa podaljšuje (konkavni relief – kotline, mrazišča). V mestih prihaja do t.i. toplotnih otokov, v mraziščih (v Sloveniji je najbolj znan kraj Babno Polje) in kotlinah pa v hladnejšem delu leta ter ob jutrih do temperaturnega obrata oz. jezer hladnega zraka.

Ogrevalna sezona po Sloveniji v večini nižinskih krajev z nadmorsko višino do 500 m traja okoli 6 do 8 mesecev. To pomeni, da mora biti naprava za ogrevanje v pripravljenosti od 4500 do 6000 ur. Letno tako deluje od 1500 do 2000 ur, še dodatnih 200 do 300 delovnih ur več pa se porabi v primeru ogrevanja sanitarne vode.

¹ Srednjeevropski zimski čas



Slika 2 Dolžina ogrevalne sezone v odvisnosti od nadmorske višine (prirejeno po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje)

5.3 ENERGIJSKA VREDNOST

Energijska vrednost goriva izraža količino energije, ki se sprosti med popolnim izgoretjem enote mase goriva.

Z povečevanjem vsebnosti vode se niža energijska vrednost lesa, saj se del energije, ki se sprosti med procesom izgorevanja, porabi za izhlapevanje vode. Za izhlapevanje kilograma vode se porabi 2,44 MJ energije.

Zaradi vsebnosti vode v lesu ločimo med naslednjimi energijskimi vrednostmi:

- **Kurilnost (H_i)** (prej spodnja kurilna vrednost – net calorific value (NCV)): označuje tisto količino toplote, ki jo dobimo z zgorevanjem goriva, če dimne pline ohlajamo samo do temperature rosišča vodne pare, ki je v dimnih plinih. Voda, ki se sprošča, se šteje kot para, kar pomeni, da smo odšteli toplotno energijo, nujno za spremembo vode v paro (latentna toplota uparjanja vode pri 25 °C).
- **Zgorevalna toplota H_s** (prej zgornja kurilna vrednost – gross calorific value): označuje vso toploto, ki se sprosti pri gorenju, vključno s toploto vodne pare v dimnih plinih (latentna toplota). V produktih izgorevanja se voda šteje kot tekočina.

Kadar ni posebej opredeljeno, je “energijska vrednost” mišljena kot kurilnost oziroma neto energijska vrednost (NCV).

Gostota energije izraža razmerje med vsebnostjo energije goriva in prostornino, ki jo zavzame gorivo.

Kurilnost (H_{i0}) enega kg sušilnično suhega lesa različnih drevesnih vrst se razlikuje znotraj zelo ozkega intervala, in sicer od 18,5 do 19 MJ/kg. Pri iglavcih je kurilnost za 2 % višja kot pri listavcih. Razlog je predvsem v višji vsebnosti lignina in delno tudi v višji vsebnosti smole, voska in olja, ki se pojavlja pri iglavcih. V primerjavi s celulozo (17,2–17,5 MJ/kg) in hemicelulozo (16 MJ/kg) ima lignin višjo kurilnost (26–27 MJ/kg). Nekaj spremenljivosti v energijski vrednosti sušilnično suhega lesa gre tudi na račun manjše variabilnosti v vsebnosti vodika (H) in tudi na račun primerjalno precej širše variabilnosti v vsebnosti pepela.

Po podatkih iz tehnične specifikacije SIST-TS CEN/TS 14961:2005 je značilna variacija kurilnosti (H_{i0}) sušilnično suhega lesa brez skorje za iglavce med 18,8 do 19,8 MJ/kg_{daf}², pri listavcih pa od 18,5 do 19,2 MJ/kg_{daf}. Kurilnost skorje se pri iglavcih in listavcih giblje med 19 do 21 MJ/kg_{daf}. Kurilnost sečnih ostankov je pri iglavcih med 19,5 do 20,0 MJ/kg_{daf}, pri listavcih pa od 18,4 do 19,1 MJ/kg_{daf}. Kurilnost naravnega lesnega materiala iz nasadov hitro rastočih drevesnih ali grmovnih vrst (nasadi vrb ali topolov) je v povprečju 18,8 MJ/kg_{daf}.

Preglednica 13 Kurilnost in delež pepela različnih biomasnih goriv [SIST-TS CEN/TS 14961:2005].

Parameter	Enota	Les iglavcev		Les listavcev	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Pepel	w-% d. ³	0,3	0,2 do 0,5	0,3	0,2 do 0,5
Zgorevalna toplota $H_{s,daf}$ ⁴	MJ/kg _{daf}	20,5	20,2 do 20,8	20,2	19,5 do 20,4
Kurilnost $H_{i,daf}$ ⁵	MJ/kg _{daf}	19,2	18,8 do 19,8	19,0	18,5 do 19,2
Parameter	Enota	Skorja iglavcev		Skorja listavcev	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Pepel	w-% d	4	2 do 6	5	2 do 10
Zgorevalna toplota $H_{s,daf}$	MJ/kg _{daf}	21	20 do 23	21	20 do 23
Kurilnost $H_{i,daf}$	MJ/kg _{daf}	20	19 do 21	20	19 do 21
Parameter	Enota	Sečni ostanki iglavcev		Sečni ostanki listavcev	
		značilna vrednost	značilna variacija	značilna vrednost	značilna variacija
Pepel	w-% d	2	1 do 4	1,5	0,8 do 3
Zgorevalna toplota $H_{s,daf}$	MJ/kg _{daf}	21	20,8 do 21,4	20	19,7 do 20,4
Kurilnost $H_{i,daf}$	MJ/kg _{daf}	20	19,5 do 20,0	19	18,4 do 19,1

Se nadaljuje

² Daf – suha osnova brez pepela

³ w-% d – delež mase na suho osnovo

⁴ Zgorevalna toplota [MJ/kg] pri konstantni prostornini

⁵ kurilnost [MJ/kg] pri konstantnem tlaku

Parameter	Enota	Hitrorastoči nasadi-vrba		Hitrorastoči nasadi-topol	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Pepel	w-% d	2,0	1,1 do 4,0	2,0	1,5 do 2,5
Zgorevalna toplota $H_{s,daf}$	MJ/kg daf	20,3	20,0 do 20,6	20,2	20,0 do 20,4
Kurilnost $H_{i,daf}$	MJ/kg daf	18,8	18,4 do 19,2	18,8	18,6 do 19,1

5.4 ANALITIČNI IZRAČUN KURILNOSTI

Za izračun kurilnosti (MJ/kg) lesa z dano vsebnostjo vlage (w %) uporabimo naslednjo formulo:

$$H_i = \frac{H_{i0} * (100 - w) - 2,44 * w}{100}$$

Med sušenjem se zaradi 10-odstotnega zmanjšanja vsebnosti vode poveča razpoložljivost uporabne energije, in sicer za približno 0,6 kWh/kg (2,16 MJ/kg).

Preglednica 14 Kurilnost ($H_i = 18,5$ MJ/kg) kot funkcija vsebnosti vode (w %).

w (%)	MWh/t	GJ/t		w (%)	MWh/t	GJ/t
15	4,27	15,36		38	2,93	10,54
16	4,21	15,15		39	2,87	10,33
17	4,15	14,94		40	2,81	10,12
18	4,10	14,73		41	2,76	9,91
19	4,04	14,52		42	2,70	9,71
20	3,98	14,31		43	2,64	9,50
21	3,92	14,10		44	2,58	9,29
22	3,86	13,89		45	2,52	9,08
23	3,80	13,68		46	2,47	8,87
24	3,75	13,47		47	2,41	8,66
25	3,69	13,27		48	2,35	8,45
26	3,63	13,06		49	2,29	8,24
27	3,57	12,85		50	2,23	8,03
28	3,51	12,64		51	2,17	7,82
29	3,45	12,43		52	2,12	7,61
30	3,40	12,22		53	2,06	7,40
31	3,34	12,01		54	2,00	7,19
32	3,28	11,80		55	1,94	6,98
33	3,22	11,59		56	1,88	6,77
34	3,16	11,38		57	1,82	6,56
35	3,11	11,17		58	1,77	6,35
36	3,05	10,96		59	1,71	6,15
37	2,99	10,75		60	1,65	5,94

Praktičen primer 3 Primer izračuna kurilnosti pri znani vsebnosti vode

Imamo 100 t svežih sekancev G30 (velikostni razredi sekancev so opisani v poglavju 7.3) z izmerjeno vsebnostjo vode 35 % (w).

Pravilen izračun kurilnosti je:

$$100 \text{ t} * 3,165 \text{ MWh/t} = 316,5 \text{ MWh}$$

(pri izračunu smo upoštevali faktorje iz preglednice 17: kurilnost 1 t sveže snovi je 3,165 MWh)

Za teoretičen izračun bi lahko predpostavili:

$$100 \text{ t svežih sekancev} = 65 \text{ t suhe snovi} + 35 \text{ t vode (ker je } w = 35 \%)$$

Izračun kurilnosti temelji v tem primeru na izračunu kurilnosti 1t suhe snovi, ki je 5,235 MWh (podatki iz preglednice 17). Izračun kurilnosti je tako:

$$65 \text{ t suhe snovi} * 5,235 \text{ MWh/t}_{ss} = 340 \text{ MWh}$$

Drugi izračun je napačen, ker ne upošteva zmanjšanja energije, ki jo porabi voda za izhlapevanje.

Razlika med prvim in drugim izračunom kurilnosti je pri 100 t kar 23 MWh (oziroma 7 %).

V nadaljevanju predstavljamo nekaj praktičnih pretvorbenih faktorjev za posamezno obliko lesnega goriva, pri znani obliki in vsebnosti vode.

Preglednica 15 Primer faktorjev za polena (Vir: Austrian energy Agency).

Polena (trdi listavci)	w (%)	Nasutje	Zložena polena (25–30cm)	Zložena polena (1m)	Ekvi. OKL	Sveža snov	Suha snov	Kurilnost		Enote
		nm ³	prm	prm	m ³	t	t	MWh	GJ	
		1	0,847	0,699	0,500	0,365	0,292	1,411	5,079	
20 %	1,180	1	1,214	0,850	0,621	0,497	2,398	8,634	prm	
	1,430	0,824	1	0,700	0,512	0,409	1,975	7,111	prm	
	2,000	1,176	1,429	1	0,730	0,584	2,822	10,158	m ³	
	2,740	1,610	1,953	1,370	1	0,800	3,864	13,911	t	
	3,425	2,012	2,445	1,712	1,250	1	5,000	18,000	t	
	0,709	0,417	0,506	0,354	0,259	0,200	1	3,600	MWh	
	0,197	0,166	0,141	0,098	0,072	0,056	0,278	1	GJ	



Preglednica 16 Primer faktorjev za polena (Vir: Austrian energy Agency).

Polena (iglavci, mehki listavci)	w (%)	Nasutje	Zložena polena (25-30cm)	Zložena polena (1m)	Ekvi. OKL	Sveža snov	Suha snov	Kurilnost		Enote
		nm ³	prm	prm	m ³	t	t	MWh	GJ	
		1	0,847	0,699	0,500	0,250	0,200	1,021	3,675	
	1,180	1	1,214	0,850	0,425	0,340	1,735	6,248	prm	
	1,430	0,824	1	0,700	0,350	0,280	1,429	5,145	prm	
	2,000	1,176	1,429	1	0,500	0,400	2,042	7,350	m ³	
	4,000	2,353	2,857	2,000	1	0,800	4,086	14,711	t	
	5,000	2,941	3,571	2,500	1,250	1	5,278	19,000	t	
	0,779	0,576	0,700	0,490	0,245	0,189	1	3,600	MWh	
	0,272	0,160	0,194	0,136	0,068	0,053	0,278	1	GJ	

Preglednica 17 Primer faktorjev za lesne sekance G30 (Vir: Austrian energy Agency).

Sekanci (G30, mešan les iglavcev in listavcev)	w (%)	Nasutje	Ekvi. OKL	Sveža snov	Suha snov	Kurilnost		Enote
		nm ³	m ³	t	t	MWh	GJ	
		1	0,400	0,256	0,167	0,811	2,921	
	2,500	1	0,641	0,417	2,028	7,302	m ³	
	3,906	1,560	1	0,650	3,165	11,393	t	
	5,988	2,398	1,538	1	5,235	18,846	t	
	1,233	0,493	0,316	0,191	1	3,600	MWh	
	0,342	0,137	0,088	0,053	0,278	1	GJ	

Preglednica 18 Primer faktorjev za lesne sekance G50 (Vir: Austrian energy Agency).

Sekanci (G50, mešan les iglavcev in listavcev)	w (%)	Nasutje	Ekvi. OKL	Sveža snov	Suha snov	Kurilnost		Enote
		nm ³	m ³	t	t	MWh	GJ	
		1	0,330	0,211	0,137	0,669	2,410	
	3,030	1	0,641	0,417	2,028	7,302	m ³	
	4,739	1,560	1	0,650	3,165	11,393	t	
	7,299	2,398	1,538	1	5,235	18,846	t	
	1,431	0,493	0,316	0,191	1	3,600	MWh	
	0,415	0,137	0,088	0,053	0,278	1	GJ	

Preglednica 19 Primer faktorjev za skorjo (Vir: Austrian energy Agency).

Skorja (les iglavcev)	w (%)	Nasutje	Ekvi. OKL	Sveža snov	Suha snov	Kurilnost		Enote
		nm ³	m ³	t	t	MWh	GJ	
		1	0,300	0,236	0,118	0,542	1,851	
	3,333	1	0,786	0,393	1,807	6,504	m ³	
	4,273	1,272	1	0,500	2,299	8,277	t	
	8,475	2,545	2,000	1	5,278	19,000	t	
	1,845	0,553	0,435	0,189	1	3,600	MWh	
	0,513	0,154	0,121	0,053	0,278	1	GJ	

5.5 ENERGIJSKI EKVIVALENTI

V praksi velikokrat potrebujemo enostavne primerjave med lesnimi in fosilnimi gorivi. Te primerjave so najpomembnejše ko se odločamo o zamenjavi starega ali vgradnji novega kotla. Primerjava med lesnimi gorivi in najpogosteje uporabljenimi fosilnimi gorivi je v preglednici 20.

Preglednica 20 Primerjava kurilnosti lesnih goriv z nekaterimi fosilnimi gorivi.

Goriva	Kurilnost (srednje vrednosti)	
	v MJ	v kWh
Ekstra lahko kurilno olje	36,17 MJ/l (42,5 MJ/kg)	10 kWh/l, (11,80 kWh/kg)
Lahko kurilno olje	38,60 MJ/l (41,5 MJ/kg)	10,70 kWh/l (11,50 kWh/kg)
Naravni plin ⁶	36,00 MJ/m ³	10,00 kWh/m ³
LPG ⁷	24,55 MJ/l (46,30 MJ/kg)	6,82 kWh/l (12,87 kWh/kg)
Premog	27,60 MJ/kg	7,67 kWh/kg
Koks 40/60	29,50 MJ/kg	8,20 kWh/kg
Lignit (briketi)	20,20 MJ/kg	5,60 kWh/kg
1 kWh elektrike	3,60 MJ	1 kWh
1 kg lesa (w 20%)	14,40 MJ/kg	4,00 kWh/kg

Za približen izračun lahko uporabimo naslednje pretvornike, pri katerih pa ni upoštevan dejanski izkoristek kotla.

1 kg kurilnega olja ≈ 3 kg lesa

1 l kurilnega olja ≈ 2,5 kg lesa

1000 litrov kurilnega olja ≈

5–6 nasutih m³ polen listavcev
 7–8 nasutih m³ polen iglavcev
 10–15 nasutih m³ lesnih sekancev
 2,1 t peletov



⁶ 1 kg = 5,8 l (20 °C, 216 barov)

⁷ 1m³ LPG = 4 l = 2 kg

Praktičen primer 4 Primer izračuna potrebne količine lesnih sekancev za izbrani kotel

Potrebno letno količino lesnih sekancev lahko izračunamo na osnovi podatkov o porabi fosilnega goriva pred menjavo kotla.

a) Izračun na osnovi dejanske porabe kurilnega olja (povprečje zadnjih treh let)

- poraba kurilnega olja: 23.530 l/leto
- H_i kurilnega olja: 10 kWh/l
- izkoristek kotla (η_k): 85 %

Letna proizvodnja toplote kWh:

$$\text{Toplota (kWh/leto)} = 23.530 \text{ l} * 10 \text{ kWh/l} * 0,85 = 200.000 \text{ kWh/leto}$$

b) Izračun porabe količine lesnih sekancev

- toplota, ki jo je treba dobaviti: 200.000 kWh/leto
- H_i lesnih sekancev (w 30 %): 3,4 kWh/kg
- izkoristek kotla (η_k): 80 %

Predvidena letna količina lesnih sekancev:

$$\text{Sekanci (kg / leto)} = \frac{200.000 \text{ kWh / leto}}{3,4 \text{ kWh / kg} * 0,80} = 73.530 \text{ kg} (\approx 75 \text{ t})$$

Pri sekancih z w = 35 in G30 je 75 t ekvivalent 293 nm³

c) Približen izračun potrebne inštalirane moči kotla (1500 obratovnih ur)

$$Q \text{ (kW)} = \frac{200.000 \text{ kWh}}{1500 \text{ h}} * \frac{1}{0,80} \approx 160 \text{ kW}$$

Za izračun količine potrebnih sekancev v majhnem do srednje velikem kotlu lahko uporabimo naslednji empirični formuli:

Les iglavcev in mehkih listavcev (P45, w = 30 %):

$$\text{Inštalirana moč kotla (kW)} * 2,5 = \text{letna količina sekancev v nm}^3$$

Les trdih listavcev (P45, w = 30 %):

$$\text{Inštalirana moč kotla (kW)} * 2,5 = \text{letna količina sekancev v nm}^3$$

Praktičen primer 5 Primer izračuna potrebne količine drv za enodružinsko hišo

Potrebno letno količino drv lahko izračunamo na osnovi podatkov o porabi fosilnega goriva pred menjavo kotla in na podlagi podatkov o kurilnosti lesa izbranih drevesnih vrst.

a) Izračun na osnovi dejanske porabe kurilnega olja (povprečje zadnjih treh let)

- poraba kurilnega olja: 2.000 l/leto
- H_i kurilnega olja: 10 kWh/l
- izkoristek kotla (η_k): 75 %

Letna proizvodnja toplote kWh:

$$\text{Toplota (kWh/leto)} = 2.000 \text{ l} * 10 \text{ kWh/l} * 0,75 = 15.000 \text{ kWh/leto}$$

b) Izračun porabe drv na osnovi letne proizvodnje toplote

- toplota, ki jo je treba dobaviti: 15.000 kWh/leto
- H_i drv ($w = 20\%$): za smreko 1.350 kWh/prm, za bukev 1.930 kWh/prm in za robinijo 2.200 kWh/prm
- izkoristek kotla (η_k): 75 %

Predvidena letna količina bukovih drv:

$$\text{Kol.dr}(\text{prm}/\text{leto}) = \frac{15.000 \text{ kWh}/\text{leto}}{1.930 \text{ kWh}/\text{prm} * 0,75} \approx 10 \text{ prm}/\text{leto}$$

Predvidena letna količina smrekovih drv:

$$\text{Kol.dr}(\text{prm}/\text{leto}) = \frac{15.000 \text{ kWh}/\text{leto}}{1.350 \text{ kWh}/\text{prm} * 0,75} \approx 15 \text{ prm}/\text{leto}$$

Predvidena letna količina drv robinije:

$$\text{Kol.dr}(\text{prm}/\text{leto}) = \frac{15.000 \text{ kWh}/\text{leto}}{2.200 \text{ kWh}/\text{prm} * 0,75} \approx 9 \text{ prm}/\text{leto}$$

c) Približen izračun potrebne inštalirane moči kotla (1.500 obratovalnih ur)

$$Q \text{ (kW)} = \frac{15.000 \text{ kWh}}{1.500 \text{ h}} * \frac{1}{0,75} \approx 13 \text{ kW}$$

5.6 VSEBNOST PEPELA IN TALJIVOST PEPELA

Med trdnimi biogorivi ima les najmanjšo vsebnost pepela. Pri izgorevanjem biogoriv prihaja na dnu žerjavice do nekaterih sprememb v pepelu. Z višanjem temperature se začne taljenje, dokler niso popolnoma staljeni vsi delci. Ob uporabi goriva z nizko taljivostjo pepela, se z višanjem temperature poveča tveganje za nastanek **žlindre na rešetki**. Le ta s spreminjanjem primarnih zračnih tokov in s hitrejšim pregrevanjem rešetke in povečano korozijo moti proces izgorevanja.

Težave, povezane z nastajanjem žlindre, je mogoče rešiti z določenimi posegi, na primer z ohlajanjem rešetke in recikliranjem dima, kot tudi z vgradnjo mehanskih sistemov za samodejno čiščenje (samočistilni rastri) ali pa, predvsem v primeru kurjenja žit, z uporabo kalcijevih dodatkov.⁸

Les in skorja imata razmeroma visoko tališče (1.300–1.400 °C), zato pri nji nastajanje žlindre ne povzroča večjih težav.

⁸ Ca in Mg navadno povečata temperaturo taljenje pepela.

5.7 GLAVNE ZNAČILNOSTI PEPELA IN NJEGOVA UPORABA

Pepele lahko razdelimo v dve skupini:

- **Usedline**, ki tvorijo precejšen del pepela. Ta se nabira pod rešetko kotla in se steka v rezervoar za skladiščenje. Gostota teh usedlin je 1,3 t/m³.
- **Leteči pepel** je pepel, ki izhaja iz čiščenja zgorelega plina in ga lahko dodatno razdelimo v:
 - lahki ciklonski pepel;
 - majhne delce iz elektrostatičnih in vrečastih filtrov.

Sestavine pepela, ki najbolj vplivajo na okolje (svinec, kadmij in cink), se večinoma nabirajo v drobnem pepelu (preglednica 21).

Preglednica 21 Kemijska sestava različnih pepelov lesnih biogoriv.

Elementi	Enote	Skorja	Lesni sekanci	Žaganje	
pH	v CaCl ₂	12,7	12,8	12,5	
C_{org}	w-% d ⁹	0,8	1,3	5,9	
CO₂		4	7,2	12,5	
P₂O₅		1,7	3,6	2,5	
K₂O		5,1	6,7	7,1	
CaO		42,2	44,7	35,5	
MgO		6,5	4,8	5,7	
Na₂O		0,8	0,6	0,5	
Al₂O₃		7,1	4,6	2,3	
SiO₂		26,0	25,0	25,0	
SO₃		0,6	1,9	2,4	
Fe₂O₃		3,5	2,3	3,7	
MnO		1,5	1,7	2,6	
Cu		mg/kg _{d.b.} ¹⁰	87,8	126,8	177,8
Zn			618,6	375,7	1429,8
Co	23,9		15,3	16,7	
Mo	4,8		1,7	3,4	
As	11,4		8,2	7,8	
Ni	94,1		61,5	71,9	
Cr	132,6		54,1	137,2	
Pb	25,3		25,4	35,6	
Cd	3,9		4,8	16,8	
V	58,4		42,0	26,7	



⁹ w-% d – delež mase na suho osnovo

¹⁰ d.b. suha osnova

6 PROIZVODNJA POLEN IN LESNIH SEKANCEV

6.1 DELOVNE FAZE IN DELOVNI SISTEMI

Pri pridobivanju lesnih goriv neposredno iz gozdov lahko razlikujemo med naslednjimi delovnimi fazami:

- podiranje dreves;
- izdelava gozdnih sortimentov: kleščenje vej in vrha ter krojenje gozdnih lesnih sortimentov (žaganje debela na določene dolžine glede na zahteve trga ob upoštevanju kakovosti);
- vožnja ali zbiranje lesa do pravih poti;
- vožnja ali vlačenje lesa po gozdnih vlakih in cestah do vmesnega skladišča;
- prevoz lesa po gozdnih in javnih cestah;
- izdelava lesnih goriv (žaganje, cepljenje, sekanje, mletje).

Pomen krojenja gozdno lesnih sortimentov se je v zadnjih nekaj letih povečal. Krojenje nam namreč omogoča, da v najboljši možni meri izkoristimo okrogli les.

Mesto kleščanja vej bistveno vpliva na kasnejšo uporabnost oziroma ekonomičnost izkoriščanja sečnih ostankov (vejevja in vrhačev).

Pri postopkih pridobivanja gozdnih proizvodov prepoznavamo dve glavni skupini delovnih sistemov:

- sistem kratkega lesa (SWS–Short Wood System) oziroma sortimentna metoda sečnje: izdelava gozdnih sortimentov je opravljena na kraju sečnje, čemur sledi spravilo sortimentov do skladišča na gozdni cesti;
- sistem dolgega lesa, kjer ločimo debelno, poldebelno in drevesno metodo sečnje. Z vidika racionalnega pridobivanja in uporabe sečnih ostankov je zanimiva drevesna metoda sečnje. Pri drevesni metodi sečnje (FTS–Full Tree System) se po poseku celotno drevo spravi do gozdne ceste ali vmesnega skladišča, kjer se opravi dodelava (kleščenje vej in eventualno krojenje).

Zlasti z uvajanjem sodobnih strojev za sečnjo in spravilo se delež tega sistema v Evropi povečuje. V povezavi z uporabo sodobnih gozdnih žičnic s procesorji za izdelavo sortimentov je vedno pogostejša tudi uporaba drevesne metode, predvsem v alpskih območjih, kjer poteka žičniško spravilo lesa. Pri tej metodi se sečni ostanki (veje in vrhovi) zbirajo ob gozdni cesti ali na začasnem skladišču. Ker so zbrani na enem mestu, je izkoriščanje sečnih ostankov praviloma bolj ekonomično.

6.2 STROJI IN OPREMA

Pregled najpomembnejših strojev in opreme za potrebe pridobivanja gozdnih proizvodov v Sloveniji je prikazan v preglednici 22. Za vsako postavko je naveden razpon najpogostejših vrednosti stroškov (brez skrajnih vrednosti). Stroški za opravljeno delovno uro (kadar so navedeni) vključujejo plačo delavca, ki upravlja stroj ali opremo. Cene ne vključujejo DDV.

Preglednica 22 Stroški izbranih strojev in opreme za pripravo lesnega goriva.

Verižna motorna žaga

Nabavna cena: 500–900 €
 Produktivnost v gozdu:
 1–1,2 m³/h (redčenje)
 2–2,5 m³/h (končna sečnja)
 Produktivnost v panjevcu:
 0,4–0,7 prm/h (povprečne razmere)
 0,8–1,8 prm/h (dobre razmere)
 Poraba goriva: 0,6–1 l/h (mešanica)
 Enourni stroški \cong 18–20 €

**Traktor (kmetijski z gozdarsko varovalno nadgradnjo) in vitel (tritočkovni priklop)**

Nabavna. Cena: traktor 45.000–80.000 €
 Nabavna cena: vitel 3.000–8.000 €
 Produktivnost v gozdu: 2,5–8 m³/h
 Produktivnost v panjevcih:
 3–7 prostorninskih m³/h
 Poraba goriva: 4–9 l/h
 Enourni stroški \cong 45–50 € (2 del.)

**Kmetijski traktor z gozdarsko varovalno nadgradnjo) in gozdarska prikolica**

Nabavna cena: traktor 45.000–80.000 €
 Nabavna cena: prikolica 8.000–25.000 €
 Natovorna zmogljivost: 5–15 t
 Nosilnost: 5–12 m³/h (odvisno od razdalje vožnje)
 Poraba goriva: 5–10 l/h
 Enourni stroški \cong 40–50 €

**Kmetijski traktor z gozdarsko varovalno nadgradnjo in traktorski procesorski agregat (tritočkovni priklop)**

Nabavna cena: traktor 50.000 €
 Nakupna cena: procesor 45.000 €
 Maks. Premer rezanja: 48 cm
 Maks. Premer kleščenja: 40 cm
 Produktivnost: 10–15 m³/h
 Poraba goriva: 4–5 l/h
 Enourni stroški \cong 35 €

**Zgibni gozdarski traktor**

Nabavna cena: 120.000–150.000 €
 Nosilnost: do 3 t
 Maks. Naklon terena: 35 %
 Produktivnost: 8–12 m³/h (odvisno od razdalje vlačanja)
 Poraba goriva: 6–10 l/h
 Enourni stroški \cong 55–65 €



Stroj za sečnjo

Nabavna cena stroja s procesorskim agregatom za sečnjo in izdelavo: 300.000–370.000 €

Maks. premer rezanja: 65–70 cm
Maks. premer klešččenja: 45–60 cm
Maks. operativni naklon pri optimalni Maks. naklon terena 35 % (kolesnik) in 60 % (gosenični stroj za sečnjo)

Produktivnost v gozdu: 8–20 m³/h

Poraba goriva: 11–16 l/h

Enourni stroški ≈ 90–120 €

**Stroj za sečnjo (harvester)–kolesnik s koračnim podvozjem**

Nabavna cena stroja s procesorskim agregatom za sečnjo in izdelavo: 240.000 €

Maks. Premer rezanja: 55 cm
Maks. Premer klešččenja: 50 cm
Maks. Naklon terena: 45–60 %
Produktivnost: 10–15 m³/h
Poraba goriva: 10–12 l/h
Enourni stroški ≈ 80 €

**Bager in procesorski agregat**

Nabavna cena: bager 170.000 €
Nabavna cena: procesor 60.000 €
Maks. Premer rezanja: 65 cm
Maks. Premer klešččenja: 60 cm
Produktivnost: 15–40 m³/h
Poraba goriva: 15–17 l/h
Enourni stroški ≈ 85 €

**Zgibni prikoličar (forwarder)**

Nabavna cena: 180.000–270.000 €
Nosilnost: 10–14 t
Maks. Operativni naklon: 30–35 %
Dolžina hlodov: do 6 m
Produktivnost: 12–25 m³/h (odvisno od razdalje vožnje)
Poraba goriva: 7–11 l/h
Enourni stroški ≈ 65–80 €

**Žični žerjav s stolpom****Mali:**

Nabavna cena: 40.000–120.000 €
Maks. Vlečna sila: 2000 dan
Produktivnost: 3–6 m³/h
Poraba goriva: 5–6 l/h
Enourni stroški ≈ 25–40 €

**Srednji:**

Nabavna cena: 100.000–220.000 €
Maks. Vlečna sila: 5000 dan
Produktivnost: 3–12 m³/h
Poraba goriva: 6–10 l/h

Enourni stroški \cong 40–80 €

Sekalnik

Lahki

Nabavna cena: 3.500–35.000 €
 Premer ustja maks. 20 cm
 Produktivnost: 2–3 t/h
 Poraba goriva: 5–8 l/h

Srednji

Nabavna cena: 15.000–75.000 €
 Premer ustja: maks. 30 cm
 Produktivnost: 4–7 t/h
 Poraba goriva: 10–14 l/h

Veliki

Nakupna cena: 31.000–250.000 €
 Premer ustja: nad 30 cm
 Produktivnost: 13–20 t/h
 Poraba goriva: 34–38 l/h
 Enourni stroški \cong 150–190 €



Rezalni in cepilni stroj

Nabavna cena: 600–2.000 €
 Maks. Premer okroglega lesa: 14–25 cm

CEPILNI STROJ

Nabavna cena: 1.500–14.000 €
 Primerna dolžina hlodov: 0,3–4 m

REZALNO–CEPILNI STROJ

Nabavna cena: 7.000–70.000 €
 Premer ustja: 25–60 cm
 Primerna dolžina hlodov: 2–6 m
 Enourni stroški \cong 70–150 €



Tovornjak s prikolico (za prevoz hlodov)

Nabavna cena: tovornjak 110.000–150.000 €
 Nabavna cena: prikolica 20.000–30.000 €
 Nosilnost kompozicije: 18–24 t
 Poraba goriva: 30–45 l/100 km
 Enourni stroški \cong 60–75 €



Tovornjak s prikolico (za prevoz lesnih sekancev)

Nabavna cena: tovornjak 100.000–115.000 €
 Nabavna cena: prikolica 45.000 €
 Nosilnost kompozicije: 20–22 t (85–90 nasutih m³)
 Poraba goriva: 30–45 l/100 km
 Enourni stroški \cong 65–70 €



Z nakladalno napravo

Nabavna cena: 205.000 €
 Nosilnost kompozicije: 81 nm³
 Enourni stroški \cong 70–75 €

6.3 PROIZVODNJA DRV IN SEKANCEV

6.3.1 Proizvodnja drv

Posekan les na skladišču je primeren za nadaljnjo predelavo v eno izmed končnih oblik lesnih goriv. Surovina na skladišču gre skozi tri različne faze:

- **sortiranje:** les (sortimente) se razdeli po namembnosti. Ločevanje se opravi ročno z označevanjem na osnovi kakovostnih standardov;
- **razžagovanje:** okrogli les, namenjen lesnemu gorivu, se razžaga na dolžino od 25 do 100 cm, pri čemer se hlodi režejo pravokotno na vlakna;
- **cepljenje:** zmanjševanje obsega okroglega lesa z razkosavanjem, in sicer cepljenjem vzporedno na vlakna.

Stroje za proizvodnjo cepanic in polen lahko razdelimo na:

- **rezalne stroje:** okrogli les razžagajo. Stroji s tračno žago lahko predelujejo premere, ki so večji od 40 cm in imajo nizke izgube; stroji s krožno žago, pa lahko predelujejo le manjše premere, izgube pa so večje (več žagovine);
- **cepilne stroje:** ti so opremljeni s klinom, redkeje z vijakom. Klini strojev za domačo uporabo so enojni ali križni. Okroglico obdelujejo v vertikalnem ali horizontalnem položaju, njihova cepilna moč pa je do 30 t. Stroji za industrijsko uporabo pa imajo možnost menjave klinov, s katerimi razcepimo okrogel les tudi na do 18 cepanic naenkrat, hlode obdelujejo horizontalno in jih potiskajo proti klinu z močjo od 30–60 t. Cepilni stroji z vijakom so opremljeni z navojnim stožcem, ki ob vrtnanju pravokotno na lesna vlakna razcepi obdelovanec na polovico; so manj natančni, iz varnostnih razlogov je najprimernejša uporaba na hidravličnih rokah bagrov ali nakladalnih naprav. Uporaba traktorskega tritočkovnega priključka z navojnim stožcem je nevarna in v večini praktičnih primerov uporabe ne ustreza zahtevam varnostnih standardov.
- **rezalno-cepilne stroje:** stroji so lahko mobilni (npr. traktorski priključek, kamionski priklopnik), v industrijski uporabi pa gre večinoma za stacionarne stroje s sposobnostjo dveh delovnih operacij. So visoko avtomatizirani in zmogljivi. Opremljeni so z lastnim motorjem na električni (do 55 kW) ali dieselski agregat oziroma jih poganja traktor prek kardanskega zgloba. Obdelujejo lahko hlode, dolge do 6 m in s premerom do 70 cm, njihova zmogljivost pa je več kot 12 t na uro. Kapacitete strojev zelo variirajo in so odvisne od številnih dejavnikov.

Obdelovanje listavcev terja več moči kot obdelovanje iglavcev, sicer pa je vse vrste lesa lažje cepiti sveže (z večjo vsebnostjo vode) kot suhe (vsebnost vode je pod 20 %).



6.3.2 Proizvodnja sekancev

Sekalnik je stroj, namenjen predelavi okroglega lesa neposredno v sekance. Je lahko stacionaren ali vgrajen na prikolici, kamionu oziroma nošen na 3-točkovnem priklopu traktorja. Opremljen je lahko z lastnim motorjem, ali pa ga poganja traktor. Glede na sekalno enoto lahko sekalnike razdelimo na:

- **kolutne sekalnike:** sekalna enota sestoji iz težkega vztrajnika, na katerem so radialno pričvrščeni 2 do 4 noži. Les pride v stik s kolutom pod kotom od 30 do 40 stopinj na ploskev koluta, in vrteči se noži, ki delujejo proti nakovalu, režejo zaporedne kose lesa, ki v tem postopku razpadejo na sekance. Velikost sekancev je navadno med 0,3 in 4,5 cm, vendar je to dimenzijo mogoče spremeniti z nastavljivim ležiščem noža. Velik problem je nehomogenost v velikosti sekancev, ki lahko povzroča zastoje pri delovanju ogrevalnih sistemov. Potrebno je dodatno sortiranje s pomočjo različnih industrijskih stresalnih sit;
- **bobenske sekalnike:** so večji in močnejši kot kolutni in z lahkoto obdelujejo tako okrogli les kot lesne ostanke. Boben sekalnika sestoji iz jeklenega valja z do 12 noži, nameščenimi v tangencialnem položaju; velikost sekancev je bolj heterogena (vse do 6,5 cm), vendar jo lahko določimo z mrežo (sitom), ki prepušča le sekance določene dimenzije. Nože je treba zamenjati na vsakih 50–100 t (pri delu s trdim lesom) ali na 200–300 t (pri delu z mehkim lesom);
- **vijačne sekalnike:** njihovo delovanje omogoča velika, na horizontalni osi vrteča se spirala z ostrimi robovi. Ti stroji, ki sicer niso močno razširjeni, lahko večinoma obdelujejo cela drevesa ali hlode in v primerjavi s kolutnimi in bobenskimi sekalniki proizvajajo večje sekance (dolge do 8 cm).

Glede na moč te stroje lahko delimo v tri kategorije:

- **lahki sekalniki:** navadno so nameščeni na 3-točkovnem priklopu traktorja ali na prikolici. Poganja jih lahko traktorski ali pa lastni motor (moč 20 do 30 kW). Obdelujejo lahko le les majhnih premerov (maks. 20 cm), njihova zmogljivost pa je 20 t/dan oziroma do 5 nm³ sekancev na uro;
- **srednji sekalniki:** nameščeni so na prikolici, navadno z lastnim motorjem (50–110 kW). Sekajo lahko les s premerom do 30 cm, njihova zmogljivost ne presega 60 t/dan oziroma do 50 nm³ sekancev na uro;
- **veliki sekalniki:** nameščeni so na prikolicah ali tovornjakih; včasih jih poganja motor tovornjaka, največkrat pa so opremljeni z lastnim motorjem (nad 150 kW); sekajo lahko okrogel les velikih premerov (nad 30 cm), z zmogljivostjo več kot 60 t/dan oziroma več kot 50 nm³ sekancev na uro.

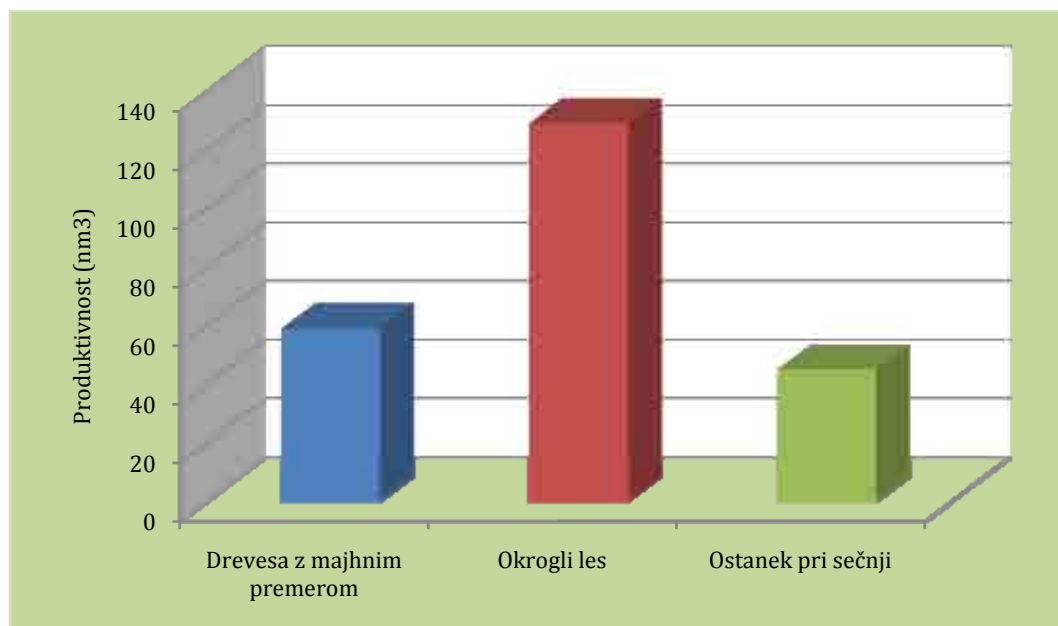
Sito je pomembno orodje, ki omogoča razvrščanje sekancev med fazo proizvodnje, s čimer sicer zagotavlja večjo homogenost materiala, a obenem zmanjšuje produktivnost.

Za **prevoz sekancev** se lahko uporabljajo običajna prevozna sredstva za razsuti tovor. Bolj praktične pa so prikolice, ki imajo vgrajeno pomično dno za raztovarjanje sekancev. Na trgu so prisotne tudi prikolice, ki lesne sekance s

pihalnikom po cevi vpihujejo v skladiščni prostor. Za avtonomno natovarjanje sekancev je na tovornjak mogoče vgraditi nakladalno napravo.



Avstrijske študije so pokazale, da se produktivnost (nm^3) visoko zmogljivega sekalnika spreminja v skladu z vrsto materiala za sekanje; povprečne vrednosti produktivnosti (slika 3) vključujejo čas, potreben za razkladanje sekancev s tovornjaka in prikolice.



Slika 3 Produktivnost (nm^3/h) za različno vhodno surovino.

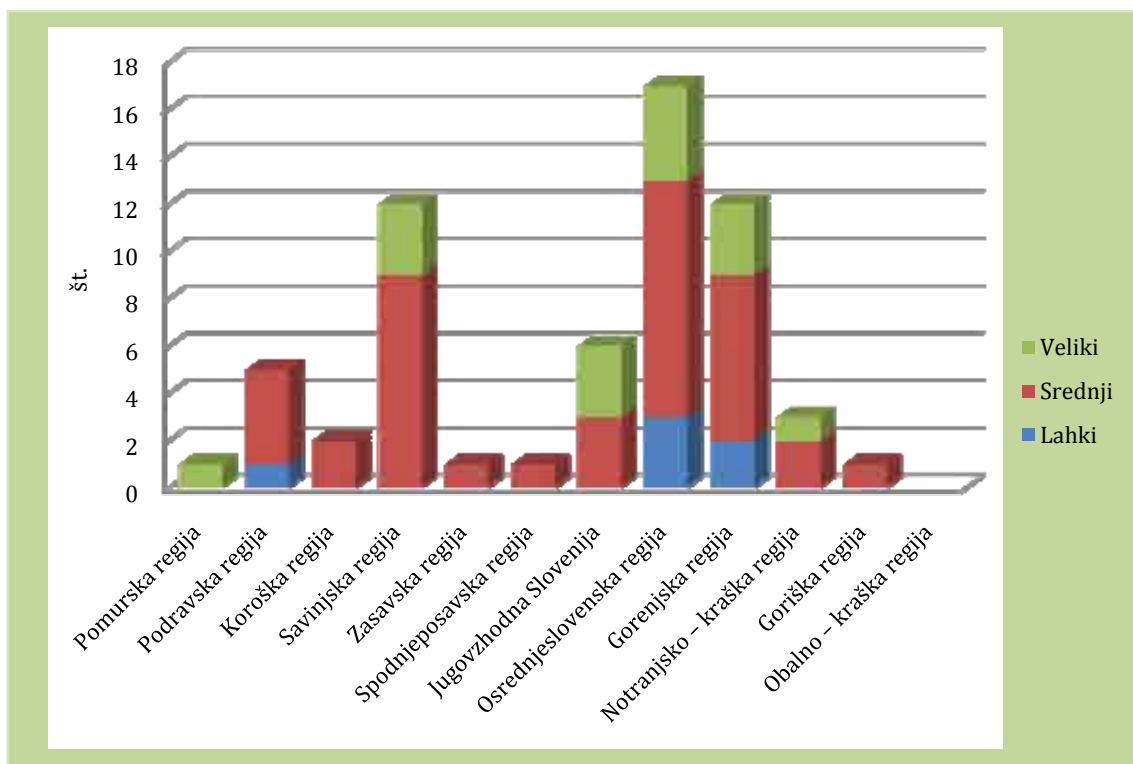
6.3.3 Proizvodnja sekancev v Sloveniji (stanje l. 2008)

Po podatkih iz izpolnjenih anketnih vprašalnikov lahko zaključimo, da po številu med sekalniki prevladujejo srednji sekalniki (kapaciteta med 5 in 50 nm³/uro). Teh je po naših podatkih slabi dve tretjini. Evidentiranih lahkih sekalnikov (kapaciteta do 5 nm³/uro) je 11 odstotkov. Ocenjujemo, da je njihovo dejansko število v Sloveniji večje, vendar je njihova proizvodnja sekancev zanemarljiva in so večinoma namenjeni pokrivanju lastnih potreb. Med proizvajalci v kategorijah lahkih in srednjih sekalnikov prevladuje domači proizvajalec sekalnikov Bider Bojan s.p.–Kmetijski stroji. Med srednje zmogljivimi sekalniki so s 35-odstotnim deležem zastopani sekalniki avstrijskega proizvajalca Eschelböch.



Slika 4 Statistične regije in zabeleženi sekalniki v Sloveniji

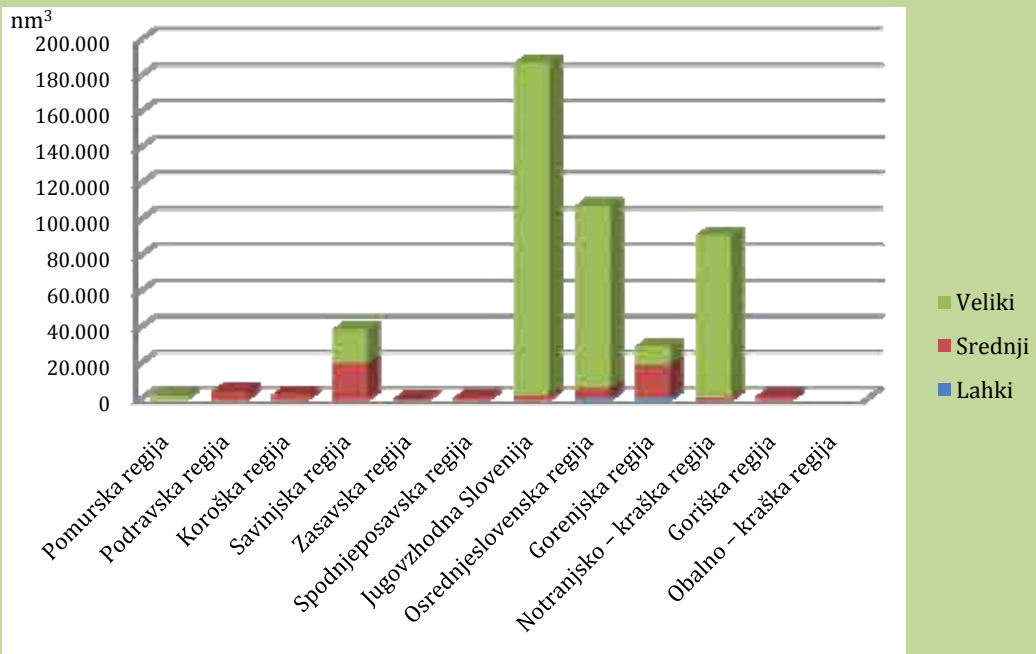
Pri analizi trga je pomembna tudi prostorska razporeditev sekalnikov (slika 6), zato smo analizirali število sekalnikov ter njihovo proizvodnjo po posameznih statističnih regijah, regij je v Sloveniji 12. Proizvodnjo posameznega sekalnika smo uvrstili v regijo, v kateri ima lastnik stalni naslov. Res je, da so sekalniki večinoma mobilni in da lahko delajo v katerikoli statistični regiji v Sloveniji.



Slika 5 Število sekalnikov po statističnih regijah.

Po podatkih iz anketnih vprašalnikov je bila dejanska proizvodnja sekancev v letu 2007 pri anketiranih lastnikih sekalnikov dobrih 460.000 nm³. Kljub dejstvu, da številčno prevladujejo srednji sekalniki, pa po količini proizvedenih sekancev prevladujejo veliki sekalniki (kapaciteta nad 50 nm³). Po podatkih iz anketnih vprašalnikov je bilo največ sekancev proizvedenih v jugovzhodni Sloveniji (slika 3), kjer je večje število velikih sekalnikov. Glede na število sekalnikov in količine proizvedenih sekancev je zanimiva osrednjeslovenska regija, saj po številu sekalnikov presega vse druge regije, v primerjavi z jugovzhodno Slovenijo pa je v njej proizvedena manjša količina sekancev. Eden izmed razlogov je lahko različna izkoriščenost kapacitet sekalnikov v primerjanih regijah. Analiza je tudi pokazala, da je dejanska proizvodnja malih sekalnikov v Sloveniji zanemarljiva.

Po podatkih o teoretični kapaciteti sekalnikov in ob predpostavki, da naj bi lahki in srednji sekalnik delal vsaj 100 dni, veliki sekalniki pa vsaj 150 dni letno, lahko ocenimo, da je skupna letna teoretična kapaciteta analiziranih sekalnikov 1.500.000 nasutih m³ sekancev. Primerjava med skupno kapaciteto evidentiranih sekalnikov in dejansko proizvodnjo le teh kaže na razmeroma nizko izkoriščenost sekalnikov. Po naših analizah so najslabše izkoriščeni prav srednji sekalniki.



Slika 6 Proizvodnja sekancev po statističnih regijah (l. 2007).

6.4 DOSTOPNOST LESA ZA ENERGETSKE NAMENE IZ GOZDOV

Gozd predstavlja pomemben vir lesnega goriva, dejanska izkoristljivost tega vira pa je v veliki meri odvisna od odprtosti gozdov za dostop strojev in racionalen odvoz lesa do mesta predelave oziroma končne rabe. Razlikujemo odprtost gozdov s cestami in odprtost gozdov za posamezne načine spravila lesa do ceste. Povprečna odprtost slovenskih gozdov s cestami je leta 2001 znašala 20,9 m/ha (ZGS 2004), kar pomeni, da je povprečna razdalja med cestami okoli 500 m. Odprtost gozdov s cestami, ki jo tvori mreža gozdnih in javnih cest, se po gozdnogospodarskih območjih precej razlikuje (preglednica 23). Še večje so razlike v gostoti grajenih vlak. Razlike izvirajo iz obsega preteklih vlaganj, deleža zasebnih gozdov, različnih terenskih razmer in načinov spravila lesa.

V obdobju od 2001 do 2005 je bila skupna dolžina novogradenj cest 80,9 km in vlak 1846,4 km. Gradnja vlak je potekala v načrtovanih okvirih, medtem, ko je gradnja gozdnih cest močno zastala. Zlasti zasebni lastniki ne razpolagajo z zadostnimi sredstvi za gradnjo, ki pri gozdnih cestah znaša 40-80 €/m, pri vlakih pa 7-21 €/m. V zadnjem času so zasebnim lastnikom na voljo nepovratna sredstva za gradnjo gozdnih prometnic v višini do 60% vrednosti investicije. Gradnja gozdnih prometnic je dolgoročna naložba, katere gospodarske koristi se pokažejo šele s trajnim izkoriščanjem lesa. Z vidika racionalnega pridobivanja lesa za energetske namene, je ključnega pomena skrb za obstoječe prometnice in tehten premislek o

nujnih dopolnitvah omrežja z vidika predvidenega načina spravila lesa in tudi sečnih ostankov do ceste.

Stroški infrastrukture so posredni stroški, ki praviloma niso vključeni v kalkulaciji proizvodne verige za lesna goriva, vendar jih v celoviti presoji gospodarnosti proizvodnih verig ne gre podcenjevati.

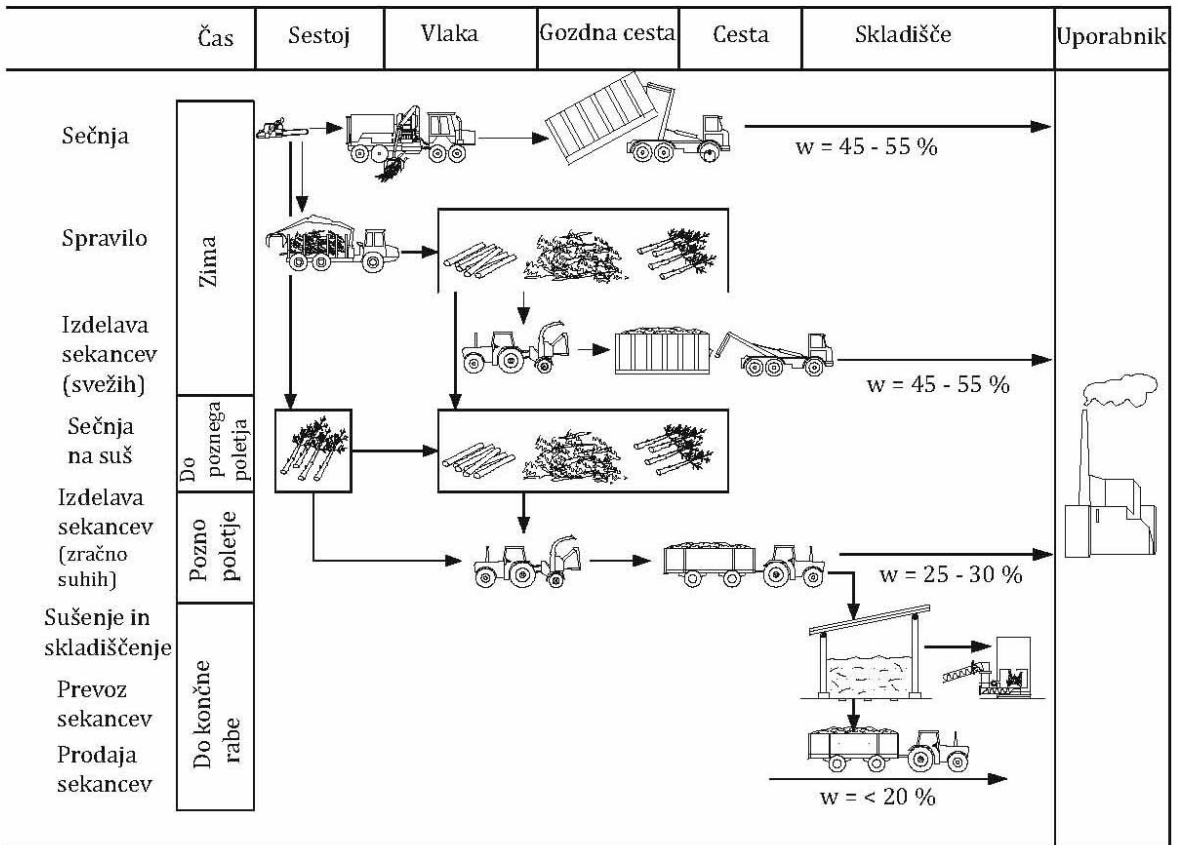
Preglednica 23 Gostote cest ter obseg preteklih in načrtovanih gradenj gozdnih prometnic v Sloveniji leta 2004 (ZGS 2004)

Gozdnogospod. območje	Površina območja (ha)	Površina gozdov (ha)	Lesna zaloga (m ³ /ha)	Gostota cest (m/ha)	Nove ceste (km)		Nove vlake (km)	
					1991-2000	2001-2010	1991-2000	2001-2010
Tolmin	222.940	137.554	188	15	20	219	332	-
Bled	101.566	67.800	243	24	23	107	173	250
Kranj	107.641	71.704	276	25	3	69	376	245
Ljubljana	251.154	140.344	219	16	33	89	183	-
Postojna	107.347	75.724	233	21	0	21	117	233
Kočevje	117.997	91.845	278	17	11	101	503	549
N. mesto	152.238	94.346	231	15	32	49	424	410
Brežice	133.889	69.232	253	17	20	38	125	151
Celje	154.575	72.905	235	29	28	72	184	285
Nazarje	69.116	48.709	271	22	13	80	109	322
Sl. Gradec	88.895	59.975	303	29	28	28	100	-
Maribor	232.308	95.518	283	35	2	15	91	108
M. Sobota	133.649	37.878	199	38	1	0	2	60
Sežana	152.476	79.332	118	12	0	189	23	310
Skupaj	2.025.791	1.142.866			214	1.077	2.742	2.923

6.5 OSKRBOVALNA VERIGA ZA LESNO BIOMASO IN NJENI STROŠKI

Za proizvodnjo kakovostnih lesnih sekancev, uporabnih za kotle (s fiksno rešetko) majhne in srednje zmogljivosti, uporabljamo naslednjo vhodno surovino (neposredno iz gozdov): okrogli les iglavcev in listavcev slabše kakovosti ter sečne ostanke. Veje manjšega premera (pod 5 cm) so nezaželene zaradi relativno visokega deleža skorje. Večji delež skorje pomeni večji delež pepela. Poseku sledi spravilo, prevoz in izdelava končne oblike lesnega goriva. Kraj, čas in način sušenja lesa, spravila in prevoza je pomemben del načrtovanja logistike od sestoja do končnega uporabnika.





Slika 7 Prikaz različnih proizvodnih verig.

Kot primer izračuna stroškov predstavljamo štiri različne proizvodne verige za oskrbo z lesno biomaso v gorskem območju (VIR: Wood fuels handbook). Izračuni so bili narejeni za gozdarsko podjetje, ki opravlja dela v gozdovih in ima v lasti velik sekalnik.¹¹

1. **Redčenje v sestoju iglavcev**, kjer je bila uporabljena drevesna metoda. Zahtevana kakovost sekancev: $w = 30 \%$, P45. Cena za sekance franko obrat za proizvodnjo toplotne energije je 18–20 €/nm³ (80–90 €/t).



¹¹ Uporabljeni so bile ekvivalenti iz preglednice 18: 1 m³=3,03 nm³ sekancev; 1 nm³=211 kg (W = 35 %, G50);

Delovna faza	Oprema	Produktivnost (nm ³ /h)	Cena* ¹ (€/nm ³)
Podiranje	2 verižni žagi	35	0,5
Spravilo celotnega drevesa	Traktor in vitel	17	5,9
Mehanizirana predelava na skladišču	Processor na traktorju	24,3	1,4
Nalaganje hlodov na tovornjak in prikolico	Tovornjak in prikolica	121,5	0,6
Prevoz hlodov do logističnega centra z biomaso (tja in nazaj 90 km)	Tovornjak in prikolica	36,5	2
Raztovarjanje hlodov s tovornjaka in prikolice	Tovornjak in prikolica	145,8	0,5
Naravno sušenje	—	—	0,3
Izdelava sekancev	Velik sekalnik	100	1,4
Dostava sekancev (90 km)	Tovornjak in prikolica	26,4 * ²	2
SKUPAJ			14,6

*¹ Skupna cena ne vsebuje DDV in cene lesa na panju
*² Sušeni sekanci (w = 30%)

2. **Končni posek v sestoju** iglavcev, kjer je bila uporabljena drevesna metoda. Zahtevana kakovost sekancev: w = 55 %, P63. Cena sekancev franko obrat za proizvodnjo toplotne energije je 10–13 €/nm³ (29–38 €/t). Strošek sečnih ostankov ni vključen v izračun, predstavljen v naslednji preglednici, saj predvidevamo, da so vsi stroški pridobivanja gozdnih proizvodov pripisani okroglemu lesu.

Delovna faza	Oprema	Produktivnost (nm ³ /h)	Cena (€/nm ³)
Izdelava sekancev iz ostankov lesa ob kamionski cesti	Veliki sekalnik	55	2,6
Dostava sekancev (90 km)	Tovornjak s prikolico	22,1 * ¹	2,4
SKUPAJ			5

*¹ Sveži sekanci (w = 55 %)

3. **Redčenje v sestoju** iglavcev, kjer je bila uporabljena drevesna metoda. Zahtevana kakovost sekancev: w = 55 %, P63. Cena sekancev franko obrat za proizvodnjo toplotne energije je 10–13 €/nm³ (29–38 €/t). Rezultati so v skladu z navedbami v pregledani literaturi, po katerih je pridobivanje svežih (zelenih) sekancev kot edinega proizvoda, ki se uporablja v kotlih s pomično rešetko, komaj ekonomično. Proizvodnja te vrste sekancev mora biti dopolnilni, ne pa izključni del pridobivanja gozdnih proizvodov.

Delovna faza	Oprema	Produktivnost (nm ³ /h)	Cena* ¹ (€/nm ³)
Podiranje	2 verižni žagi	35	0,5
Spravilo celotnega drevesa	Traktor in vitel	17	5,9
Izdelava sekancev ob kamionski cesti	Veliki sekalnik	60	2,4
Dostava sekancev (90 km)	Tovornjak in prikolica	22,1 * ²	2,4
SKUPAJ			11,2

*¹ Skupna cena ne vsebuje DDV in cene lesa na panju
*² Sušeni sekanci (w = 30%)

4. **Redčenje v sestoji** iglavcev, kjer je bila uporabljena sortimentna metoda. Zahtevana kakovost sekancev: $w = 55 \%$, G50. Cena sekancev franko obrat za proizvodnjo toplotne energije je 10–13 €/nm³ (29–38 €/t).

Delovna faza	Oprema	Produktivnost (nm ³ /h)	Cena (€/nm ³)
Podiranje in izdelava	2 verižni žagi	18	1,5
Spravilo sortimentov	Traktorja in vitel	17	6
Izdelava sekancev ob kamionski cesti	Veliki sekalnik	60	2,4
Dostava sekancev (90 km)	Tovornjak in prikolica	22,1 *1	2,4
SKUPAJ			14,7

*1 Skupna cena ne vsebuje DDV in cene lesa na panju

7 ZAHTEVE GLEDE KAKOVOSTI LESNIH GORIV IN STANDARDI

Evropski standardi (z oznako EN) predstavljajo na nivoju držav članic EU usklajene standarde, ki s sprejemom v posamezni članici postanejo nacionalni standardi. Tehnične specifikacije so normativni dokumenti, ki predpisujejo tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati proizvod, proces ali storitev, in ima nižji status od standarda.

V zadnjih šestih letih je Evropski urad za standardizacijo (CEN) v okviru tehničnega odbora za trdna biogoriva pripravil več standardizacijskih dokumentov, ki urejajo področje trdnih biogoriv. Na Slovenskem inštitutu za standardizacijo so do sedaj sprejeli 29 evropskih tehničnih specifikacij za trdna biogoriva, ki jih v Evropi pokriva tehnični odbor CEN 335. Označena so s kratico SIST–TS CEN/TS, tej oznaki sledi šifra, leto sprejema in ime. Tehnične specifikacije za trdna biogoriva so razdeljena na šest različnih področij:

- terminologija, definicije in opisi pojmov,
- specifikacije goriv,
- zagotavljanje kakovosti trdnih biogoriv,
- vzorčenje in jemanje vzorcev,
- fizikalne in mehanske analize ter
- kemične analize.

V prvem in drugem sklopu sta le po ena tehnična specifikacija. V prvi so opisani in razloženi pojmi o trdnih biogorivih. V drugi pa so goriva razvrščena v razrede in natančno določeni potrebni parametri. Cilj slednjega sklopa je zagotoviti nedvoumne in jasne principe razvrščanja biogoriv, uvesti učinkovito trgovanje ter olajšati postopke za prodajo na različnih trgih. Obe tehnični specifikaciji sta prevedeni in bosta sprejeti tudi v slovenskem jeziku.

Tretje področje pokriva tehnična specifikacija "Trdna biogoriva–zagotavljanje kakovosti goriva". V seznamu tehničnih specifikacij v preglednici 22 je tudi tehnično poročilo, ki predstavlja praktična navodila za vpeljavo sistema zagotavljanja kakovosti trdnih biogoriv in kontrole kakovosti.

V četrto področje spadajo tri tehnične specifikacije, ki določajo metode vzorčenja za posamezen tip biogoriv. Prav tako so v njih natančno opisani postopki, kako in koliko vzorcev se odvzame pri posameznem biogorivu ter pripomočki, ki se uporabljajo za pridobivanje vzorcev.

Peta skupina zajema vse specifikacije, ki opisujejo metode za določanje fizikalnih in mehanskih lastnosti biogoriv. Med najpomembnejše spadata metodi za določanje vlage: referenčna in poenostavljena metoda. Ostale določajo vsebnost pepela, gostoto nasutja, mehansko obstojnost in drugo.

V zadnjo skupino se uvrščajo tehnične specifikacije, ki obsegajo vse parametre, ki se jih določa s kemičnimi analizami. S tem se določajo predvsem mikro elementi in težke kovine, ki označujejo sestavo goriva in pokažejo, če je onesnaženo z neprimernimi materiali.

Celoten seznam predlogov in že sprejetih tehničnih specifikacij je dostopen na <http://www.cen.eu> ali na domači strani Slovenskega inštituta za standardizacijo (<http://www.sist.si>), kjer se lahko sprejete tehnične specifikacije tudi kupijo.

Preglednica 24 Seznam tehničnih specifikacij na področju trdnih biogoriv (stanje november 2009)

Oznaka	Slovenski naslov
SIST-TS CEN/TS 14588:2004	Trdna biogoriva–Terminologija, definicije in opisi
SIST-TS CEN/TS 14774-1:2004	Trdna biogoriva–Metode določevanja vlage–Metoda sušenja v peči–1. del: Celotna vlaga–Referenčna metoda
SIST-TS CEN/TS 14774-2:2004	Trdna biogoriva–Metoda določevanja vlage–Metoda sušenja v peči–2. del: Celotna vlaga–Poenostavljena metoda
SIST-TS CEN/TS 14774-3:2004	Trdna biogoriva–Metoda določevanja vlage–Metoda sušenja v peči–3. del: Vlaga v osnovnem vzorcu
SIST-TS CEN/TS 14775:2004	Trdna biogoriva–Metoda določevanja pepela
SIST-TS CEN/TS 14778-1:2006	Trdna biogoriva–Vzorčenje–1. del: Metode vzorčenja
SIST-TS CEN/TS 14778-2:2005	Trdna biogoriva–Vzorčenje–2. del: Metode vzorčenja trdnih snovi, ki se prevažajo s tovornjaki
SIST-TS CEN/TS 14779:2005	Trdna biogoriva–Vzorčenje–Metode za pripravo planov vzorčenja in certifikatov o vzorčenju
SIST-TS CEN/TS 14780:2005	Trdna biogoriva–Metode za pripravo vzorcev
SIST-TS CEN/TS 14918:2005	Trdna biogoriva–Metoda za ugotavljanje kalorične vrednosti
SIST-TS CEN/TS 14961:2005	Trdna biogoriva–Specifikacije goriv in razredi
SIST-TS CEN/TS 15103:2005	Trdna biogoriva–Metode za določevanje prostorninske mase



Se nadaljuje.....

.....nadaljevanje

SIST-TS CEN/TS 15104:2005	Trdna biogoriva–Določevanje celotnega ogljika, vodika in dušika–Instrumentalne metode
SIST-TS CEN/TS 15105:2005	Trdna biogoriva–Metode za določevanje vodotopnega klorida, natrija in kalija
Oznaka	Slovenski naslov
SIST-TS CEN/TS 15148:2006	Trdna biogoriva–Metoda za določevanje hlapnih snovi
SIST-TS CEN/TS 15149-1:2006	Trdna biogoriva–Metode določanja porazdelitve velikosti delcev–1. del: Nihalna zaslonka metoda z uporabo sita z odprtini 3,15 mm in več
SIST-TS CEN/TS 15149-2:2006	Trdna biogoriva–Metode določanja porazdelitve velikosti delcev–2. del: Vibracijska zaslonka metoda z uporabo sita z odprtini 3,15 mm in manj
SIST-TS CEN/TS 15149-3:2006	Trdna biogoriva–Metode določanja porazdelitve velikosti delcev–3. del: Rotacijska zaslonka metoda
SIST-TS CEN/TS 15150:2005	Trdna biogoriva–Metode za določevanje prostorninske mase
SIST-TS CEN/TS 15210-1:2006	Trdna biogoriva–Metode za določanje mehanske trdnosti pelet in briketov–1. del: Peleti
SIST-TS CEN/TS 15210-2:2006	Trdna biogoriva–Metode za določanje mehanske trdnosti pelet in briketov–2. del: Briketi
SIST-TS CEN/TS 15234:2006	Trdna biogoriva–Zagotavljanje kakovosti goriv
SIST-TS CEN/TS 15289:2006	Trdna biogoriva–Določevanje celotnega žvepla in klora
SIST-TS CEN/TS 15290:2006	Trdna biogoriva–Določevanje večjih elementov
SIST-TS CEN/TS 15296:2006	Trdna biogoriva–Preračun analiz na različne osnove
SIST-TS CEN/TS 15297:2006	Trdna biogoriva–Določevanje manjših elementov
SIST-TS CEN/TS 15370-1:2006	Trdna biogoriva–Metoda za določanje taljenja pepela–1. del: Karakteristična temperaturna metoda
SIST-TP CEN/TR 15569:2009	Trdna biogoriva–Vodilo za zagotavljanje sistema kakovosti

7.1 DOLOČILA TEHNIČNIH SPECIFIKACIJ ZA DRVA IN LESNE SEKANCE

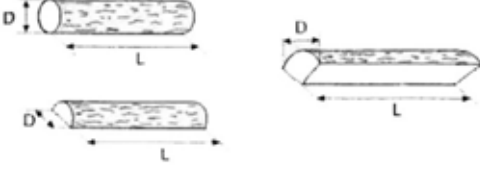
Klasifikacija kakovosti trdnih biogoriv v Evropi je navedena v tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961: 2005 *Trdna biogoriva–Specifikacije goriv in razredi*.



Pokrito in zračno skladišče za sekance

Prej omenjena evropska specifikacija daje informacije, ki jih je priporočljivo upoštevati pri sklepanju pogodb za dobavo trdnih biogoriv, in deklaracije o njihovi kakovosti (Dodatka A1 in A2 v tehnični specifikaciji). V preglednicah 25 in 27 je prikazan normativni del specifikacij za polena in lesne sekance.

Preglednica 25 Tehnična specifikacija za drva (SIST-TS CEN/TS 14961: 2005).

	Poreklo: v skladu s tabelo 1 (TS 14961)	Lesna biomasa (1.1)
	Izdelek	POLENA
	Dimenzije Dolžina (L) Debelina (D) (max. premer vsakega kosa)	
NORMATIVNO	P200- L ≤ 200 D < 20 (les za vžig)	
	P200 L ≤ 200 ± 20 40 ≤ D ≤ 110 mm	
	P250 L ≤ 250 ± 20 40 ≤ D ≤ 110 mm	
	P330 L ≤ 330 ± 20 40 ≤ D ≤ 110 mm	
	P500 L ≤ 500 ± 40 60 ≤ D ≤ 200 mm	
	P1000 L ≤ 1000 ± 50 60 ≤ D ≤ 200 mm	
	P1000+ > 1000 (treba je navesti dejansko vrednost in D)	
	Vsebnost vode (w % kot dobljeno):	
	M20 ≤ 20%	Sušilnično suh les
	M30 ≤ 30%	Sušen v skladišču
	M40 ≤ 40%	Sušen v gozdu
	M65 ≤ 65%	Svež, potem ko je bil posekan v gozdu
	Vrsta lesa Nujno je treba navesti, ali se uporablja les iglavcev ali listavcev, ali pa mešanica obeh tipov lesa.	

Preglednica 26 Pregled tehničnih specifikacij, ki opredeljujejo postopke za določanje posameznih lastnosti goriv in priprave vzorcev

	Tehnična specifikacija
Porazdelitev velikosti delcev	SIST-TS CEN/TS 15149-1:2006, SIST-TS CEN/TS 15149-2:2006, SIST-TS CEN/TS 15149-3:2006,
Vsebnost vode	SIST-TS CEN/TS 14774-1:2004, SIST-TS CEN/TS 14774-2:2004, SIST-TS CEN/TS 14774-3:2004
Pepel	SIST-TS CEN/TS 14775:2004
Vzorčenje	SIST-TS CEN/TS 14778-1:2006, SIST-TS CEN/TS 14778-2:2005, SIST-TS CEN/TS 14779:2005 SIST-TS CEN/TS 14780:2005

Preglednica 27 Tehnična specifikacija za sekance (SIST-TS CEN/TS 14961: 2005).

	Poreklo: v skladu s tabelo 1 (TS 14961)	Lesna biomasa (1)		
	Izdelek	LESNI SEKANCI		
NORMATIVNO	Dimenzije			
		Glavna frakcija > 80 % mase	Fina frakcija <5 %	Groba frakcija <1 %
	P 16	3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	< 1 mm	> 45 mm
	P 45	3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm	< 1 mm	> 63 mm
	P 63	3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm	< 1 mm	> 100 mm
	P 100	3,15 mm ≤ P ≤ 100 mm		> 200 mm
	Vsebnost vode (w % kot dobljeno):			
	M20	≤ 20 %	Sušeni	
	M30	≤ 30 %	Primerni za skladiščenje	
	M40	≤ 40 %	Omejeni za skladiščenje	
M55	≤ 55 %			
M65	≤ 65			
Pepel (% na suhi osnovi):				
A0,7	≤ 0,7%			
A1,5	≤ 1,5%			
A3,0	≤ 3,0%			
A6,0	≤ 6,0%			
A10	≤ 10,0%			

Pri uporabi vrednosti iz tabele se kupec in prodajalec dogovorita za želeno kakovost, ki temelji predvsem na vsebnosti vode ter velikostnem razredu delcev (dimenzije). Ta dva parametra namreč najbolj vplivata na optimalno (vsebnost vode) in nemoteno (homogenost in dimenzija posameznih delcev) delovanje kotla.

7.2 UGOTAVLJANJE VLAŽNOSTI ALI VSEBNOSTI VODE V LESNEM GORIVU

Čeprav je sušilna metoda (SIST-TS CEN/TS 14774-1: 2004 Trdna biogoriva-Metode določanja vlage-Metoda sušenja v peči-1. del) priznana referenčna metoda za natančno določanje vlažnosti lesa oziroma vsebnosti vode v lesu¹², nam tehnologija danes ponuja vrsto prenosnih praktičnih merilnikov za hitro določanje vlažnosti lesa. Takšni merilni instrumenti so praktični pri sklepanju pogodb za dobavo goriva po njihovi teži.

Natančnost rezultatov je seveda odvisna tako od merilne naprave, reprezentativnosti vzorca ter skrbnosti, s katero je merjenje opravljeno. Posebno pozornost je treba nameniti začetni nastavitvi merilnih instrumentov in korekcijskim faktorjem ter pravilnemu jemanju vzorcev.

¹² Sušilna metoda se opravlja v laboratoriju in sestoji iz tehtanja vzorca pred in po sušenju in sušenju vzorca v peči pri 103 °C. Tako sušenje traja 24 ur oz. dokler ni dosežena konstantna masa.

Merilne naprave, ki so na voljo na tržišču, lahko razdelimo glede na namembnost v merilne naprave za merjenje vlage v okroglem lesu in v lesu v razsutem stanju (predvsem sekanci in peleti).

Zaradi kontrole kakovosti in v izogib sporom priporočamo občasno preverjanje vlažnosti z laboratorijskimi meritvami.

7.2.1 MERILNE NAPRAVE ZA DRVA

Za cepanice in okroglice majhnega premera lahko za orientacijsko oceno vlažnosti uporabimo **merilne naprave z nabijalnimi sondami**. Nabijalno sondo zabijemo do 2 cm v les in merimo električni upor (prevodnost) med dvema elektrodama (sondama). Med električnim uporom in vlažnostjo lesa obstaja korelacija, ki je največja v higroskopskem območju (u od 0 % do točke nasičenosti celične stene oz. 22–35 %). Meritev se opravi samo v prostoru med dvema elektrodama pri globini njune vstavitve.

Z najnovejšimi modeli lahko ugotovimo vsebnost vode v lesu znotraj razpona $w = 10\text{--}60\%$ z merilno natančnostjo do 0,1%.

Slabost naprave je, da je lahko izmerjena vrednost v primeru neenakomerne razporeditve vlažnosti drv neustrezna.

7.2.2 MERILNE NAPRAVE ZA LESNE SEKANCE

Vsebnost vode v sekancih merimo z instrumenti, s katerimi ugotavljamo elektrostatični naboj. Višja je vsebnost naboja, višja je tudi dielektrična konstanta. V zadnjih nekaj letih so strokovnjaki razvili dielektrične higrometre, namenjene prav za lesne sekance, žagovino, skobljance, skorjo in pelete, za razvrščanje v kakovostne razrede goriv, opredeljenih v tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961:2005. S takšnimi instrumenti lahko merimo lesne sekance iz velikostnega razreda P16 in P45 z maksimalno vsebnostjo vode (w) 60 %. Pri teh napravah sta zelo pomembna kalibracija in pravilni izbor kalibrirne krivulje, ki je v veliki meri odvisna od dimenzije sekancev. Pri meritvi stresemo v merilno posodo natančno določeno količino sekancev, v merilni posodi sekanci prečkajo šibko elektromagnetno polje, k se spreminja pod vplivom vlažnosti lesa. Že v nekaj sekundah je mogoče na zaslonu instrumenta odčitati vsebnost vode v vzorcu.

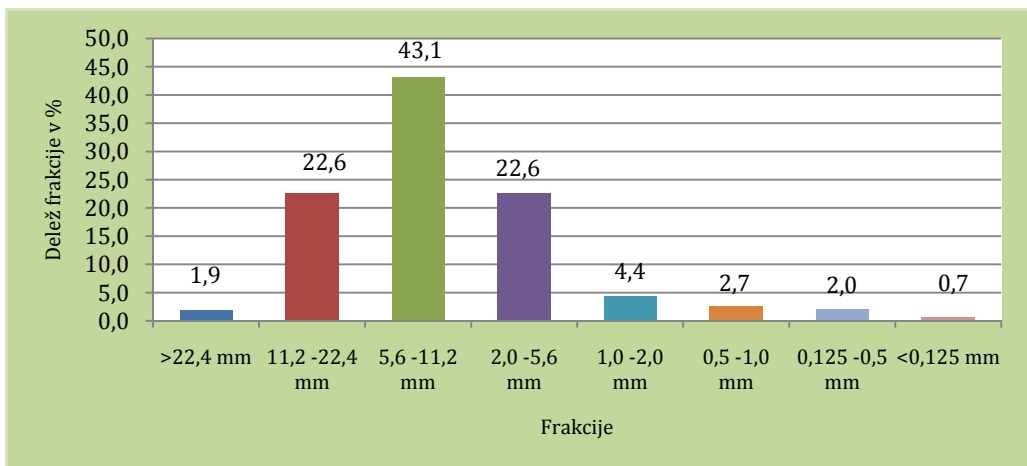


7.3 UGOTAVLJANJE PORAZDELITVE VELIKOST LESNIH SEKANCEV

Velikostni razred lesnih sekancev se ugotovi v laboratoriju z uporabo posebnih vibracijskih sit, razvrščenih v serijah s postopki in siti, ki ustrezajo standardom SIST-TS CEN/TS 15149-1:2006 Trdna biogoriva–Metode določanja porazdelitve velikosti delcev–Nihalna zaslonska metoda z uporabo sita z odprtiniami 3,15 mm in več in SIST-TS CEN/TS 15149-2:2006 Trdna biogoriva–Metode določanja porazdelitve velikosti delcev–Nihalna zaslonska metoda z uporabo sita z odprtiniami 3,15 mm in manj. Pri določanju velikosti sekancev je pomembno določiti delež sekancev največjih dimenzij (tistih, ki še ustrezajo transportnim trakovom ali polžem) ter delež delcev velikosti pod 1 mm (zaradi ogrožanja zdravja zaposlenih, ki se gibljejo v skladiščih in bližini transportnih naprav). Delci velikosti pod 1 mm so poleg potencialnih zdravstvenih problemov problematični tudi zaradi emisij zračnih delcev v neposredni bližini skladišč zaradi pogostih pritožb okoliških prebivalcev.



Slika 8 Stresalna naprava s siti za ugotavljanje porazdelitve velikosti lesnih sekancev in struktura sekancev po sejanju (GIS, 2009).



Slika 9 Primer rezultatov sejalne analize (GIS 2009).

Praktičen primer 6 Analiza ustreznosti porazdelitve delcev v primerjavi z zahtevo kupca

Ko kupec zahteva določeno dimenzijo sekancev, npr. P45, je zelo pomembno, da poznamo strukturo posameznih frakcij (razredov velikosti delcev). V tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961:2005 so opredeljene tri skupine, in sicer:

1. Glavna frakcija (> 80 % teže)
2. Fina frakcija (< 5%)
3. Groba frakcija (< 1 %)

V omenjeni tehnični specifikaciji so sekanci razdeljeni v 4 velikostne skupine: P16, P45, P63, P100 (preglednica 28).

Na primer:

Kupec od dobavitelja zahteva sekance velikostne skupine P45.

Rezultati sejalne analize so naslednji:

Velikost delcev	Delež frakcije
> 63 mm	2%
3,15 mm < P< 45 mm	66%
< 1mm	6%

Iz rezultatov sejalne analize lahko sklepamo na:

1. prevelik delež grobe frakcije (za P45 je v SIST-TS CEN/TS 14961:2005 dovoljen delež grobe frakcije največ 1 %), v našem primeru je delež 2 %;
2. prenizek delež glavne frakcije (velikost delcev od 3,15 mm do 45 mm), delež bi moral biti več kot 80 %, izmerjeni delež pa je le 66 %;
3. previsoka vrednost fine frakcije (delež delcev pod 1 mm mora biti manj kot 5 %, v izbranem primeru je 6 %).

Kupce lesnih sekancev velikokrat zanima le delež fine frakcije, ki je problematična zaradi prašenja in nabiranja prahu v skladiščih in okolici, ter groba frakcija, ki je problematična zaradi transportnih trakov.

Rezultati sejalne analize so prav tako pomembni za proizvajalca sekancev, saj pomeni prevelik delež grobe frakcije, da potrebuje sekalnik s siti, ki omogočajo bolj homogen material. Prevelik delež fine frakcije pa lahko kaže na zelo slabo kakovost vhodne surovine (vejevina, skorja, trohneč les, zelo suh les) ali na slabo nabrušene nože na sekalniku.

Pri opravljanju sejalne analize in uporabi rezultatov le-te je pomembno poudariti velik pomen pravilnega odvzema vzorcev sekancev, saj lahko površno jemanje vzorcev pripelje do napačnih rezultatov (npr. fini delci se kopičijo na dnu kupa). Pri jemanju vzorcev se moramo držati navodil v tehničnih specifikacijah: SIST-TS CEN/TS 14778-1:2006, SIST-TS CEN/TS 14779:2005 in SIST-TS CEN/TS 14778-2:2005.

Evropska tehnična specifikacija (SIST-TS CEN/TS 14961:2005) določa pogoje za uvrstitev lesnih sekancev v velikostne razrede (P16, P45, P63 in P100). Lesni sekanci razvrščamo v velikostne razrede glede na zahteve po prevladujočem deležu glavne frakcije, omejitvi pri fini frakciji ter zahtevami glede grobe frakcije (preglednica 28). Avstrijski standard ima nekoliko drugačne opredelitve zahtev (preglednica 29), zato je zelo pomembno, na kakšen način se v trgovanju določijo zahteve glede velikostnega razreda delcev.

Preglednica 28 Opis mejnih vrednosti posameznih velikostnih razredov po SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Deleži posameznih frakcij in mejne vrednosti			
	Glavna frakcija (> 80 % teže)	Fina frakcija (< 5 %)	Groba frakcija (maks. dolžina delca)
P16	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 16 \text{ mm}$	< 1 mm	Maks. 1 % > 45 mm, vsi < 85 mm
P45	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 45 \text{ mm}$	< 1 mm	Maks. 1 % > 63 mm
P63	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 63 \text{ mm}$	< 1 mm	Maks. 1 % > 100 mm
P100	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 100 \text{ mm}$	< 1 mm	Maks. 1 % > 200 mm

Preglednica 29 Opis mejnih vrednosti posameznih velikostnih razredov po ÖNORM M7133: 1998.

	Deleži posameznih frakcij in mejne vrednosti				Največje dimenzije	
	Maks. 20 %	60–100 %	Maks. 20 %	Maks. 4 %	Obseg	Dolžina
G 30	> 16 mm	16–2,8 mm	< 2,8 mm	< 1 mm	3 cm ²	8,5 cm
G 50	> 31,5 mm	31,5–5,6 mm	< 5,6 mm	< 1 mm	5 cm ²	12 cm
G 100	> 63 mm	63–11,2 mm	< 11,2 mm	< 1 mm	10 cm ²	25 cm

7.4 KAKOVOSTNE ZAHTEVE RAZLIČNIH KOTLOV

Poglavitne značilnosti biogoriv so: dimenzija, vlažnost in vsebnost pepela. V preglednici 30 so prikazane glavne skupine kotlov ter kakovostne zahteve za polena in lesne sekance.

Preglednica 30 Kakovostne zahteve za lesna goriva pri različnih kotlih.

Tip kotla	Inš. moč kotla kWh	Rešetka	Sistem nalaganja	Dimenzije goriva (P)	Vsebnost vode (%)	Pepel (A)
Kotel na polena	< 100	Fiksna	ročni	Od P33 do P1000	≤20	–
Kotel za lesne sekance	< 150	Fiksna	Vijačni polž	P16, P45	≤30	A1,5
	150 –1000	Fiksna/delno premična	Vijačni polž	P16, P45	≤40	Od A1,5 do 3,0
	>1000	Premična	Hidravlični bati	Od P16 do P100	≤55	Od A3,0 do 10,0

Velikost posameznih kosov lesa za **kotle na polena** je odvisna od velikosti odprtine za nalaganje ter velikosti zalogovnika v kotlu. Pri določenih modelih z inštalirano močjo kotla 100 kW in večjo odprtino za nalaganje je mogoče uporabiti do 1 m dolga polena.

Kotli za polena zahtevajo nižjo vsebnost vode, in sicer do $w = 20\%$, sicer izgorevanje ni popolno. Energija, potrebna za izhlapevanje vode povzroči padec temperature v izgorevalni komori pod minimum, ki je potreben za proces izgorevanja. Posledica uporabe polen z višjo vsebnostjo vode je precejšnje povečanje emisij in nižji izkoristek.



Kotli na sekance s fiksno rešetko zahtevajo zaradi majhne rešetke in nevarnosti blokade vijačnega transporterja zelo homogen material, manjših dimenzij (P16 in P45). Veliko bolj fleksibilni so kotli večje zmogljivosti, kjer se za transport sekancev v izgorevalno komoro uporabljajo hidravlični bati.

Vsebnost vode lesnih sekancev v kotlih s fiksno rešetko ne sme presegati 30%. Ti kotli imajo malo toplotne *inercije*, ker je prostornina izgorevalne



komore in tudi vode v izmenjevalcu toplote omejena. To pomeni, da bi vnos zelo vlažnega lesa povzročil prevelik padec temperature. Poleg tega lahko previsoka vsebnost vode onespособi začetno fazo delovanja teh kotlov, ki so opremljeni s samodejnim (električnim) vžigom. Vlažnost lesnih sekancev bi morala biti kar najbolj homogena, kajti višja ko so nihanja, višja bo začetna investicija v tehnologijo, ki je zmožna uravnavati tudi najbolj zapleten proces izgorevanja.

V kotlih s pomično rešetko je mogoče uporabljati sveže lesne sekance, toda višja ko je vsebnost vode v lesnih sekancih, manjši bo izkoristek kotla. Poleg tega uporaba slabše kakovosti lesnih sekancev (npr. sekancev, izdelanih zgolj iz sečnih ostankov iglavcev s primesmi) poveča stroške vzdrževanja, s tem pa tudi povečuje končne stroške proizvodnje energije.

7.5 PROCES SUŠENJA LESA

7.5.1 Biološki procesi pri skladiščenju sekancev

Les je biološko aktiven material, ki se med shranjevanjem spreminja. Sekanci iglavcev so obstojnejši v primerjavi s sekanci listavcev, prav tako so obstojnejši večji sekanci. Hladnejše razmere omogočajo daljše skladiščne dobe. Pri shranjevanju sekancev je problematična kemična razgradnja, razbarvanje, okužbe z glivami, ki povzročajo površinske spremembe lesa, obarvajo površino oziroma beljavo oziroma povzročijo trohnobo lesa. Na začetku shranjevanja se v kupu

sekancev zaradi dihanja še živih parenhimskih celic lesa hitro zviša temperatura, na katero vpliva tudi bakterijska populacija, ki hitro kolonizira površino sekancev in izrablja preproste sladkorne vire. Ob pripravi sekancev so namreč celice poškodovane in se odzovejo s povišano aktivnostjo, saj želijo popraviti poškodbe. Poveča se dihanje in sprošča se toplota. Mikroorganizmi in glive s svojim delovanjem tudi proizvajajo toploto, ki pospeši oksidacijske procese, adsorpcijo vlage in druge procese, ki povzročajo masne izgube.

V kompaknejših kupih lesnih sekancev (velikost takih kupov) in zalogovnikih je prenos toplote zmanjšan in zaradi zmanjšane pretoka zraka lahko temperatura naraste nad 60 °C. Pri tej temperaturi se odcepljajo acetilne skupine iz celuloze in nastaja očetna kislina. Le-ta nastaja tudi zaradi mikrobne aktivnosti. Očetna kislina in druge hlapne organske kisline so produkti naravnega procesa razkroja lesa in so posledično pomemben kazalnik sprememb v kupih. Zakisanje in povišana temperatura se odražata v porjavenju in drobljivosti sekancev ter v večjih kupih celo v spontanah vžigih, kar predstavlja ekonomske izgube. Priporočljivo je



spremljanje temperature v kupih sekancev. Med temperaturo ter razgradnjo organskega materiala namreč obstaja neposredna povezava. Določitev območij v kupu, kjer je temperatura povišana, nam omogoči nadaljnje odločanje o preventivnih ukrepih.

Površina sekancev je prepojena z ekstrakti ter celično vsebino, ki se med pripravo, transportom in shranjevanjem okuži z glivami in bakterijami. Močnejše okužbe sekancev lahko predstavljajo tudi zdravstveno tveganje.

Dejavniki, ki vplivajo na shranjevanje in segrevanje sekancev:

- velikost, kompaktnost in oblika kupa ,
- razmerje med površino in volumnom,
- struktura materiala (vrsta lesa, vsebnost opada, začetna vlaga, skorja),
- velikost in starost sekancev,
- izpostavljenost vremenskim dejavnikom,
- pretok zraka,
- prisotnost nečistoč.

Pravilno in skrbno gospodarjenje z zmleto biomaso je nujno. Krajši čas shranjevanja zmanjša tveganje za mikoben in kemičen razkroj, izgubo mase, nastanek toplote in zdravstveno tveganje. Bakterije in glive potrebujejo za svoje delovanje vir dušika, zato je pomembno, da se izogibamo mešanju sekancev z listjem, skorjo ali drugimi možnimi viri dušikovih spojin.

Predlagana ocena, poimenovana »pravilo palca«, pravi, da je mesečna izguba suhe mase lesa v kupih sekancev, shranjenih na prostem, 1 %. Izgube suhe snovi zaradi skladiščenja po vrstah lesnih biogoriv so prikazane tudi v preglednici 31.

Preglednica 31 Ocena letne izgube suhe snovi za nekatere tipe lesnega goriva.

Material/način skladiščenja	Letna izguba (% suhe snovi)
Gozdni lesni sekanci, sveži, nepokriti	20 do >35
Fini gozdni lesni sekanci, sušeni, pokriti	2–4
Grobi gozdni lesni sekanci (7–15 cm), sveži, pokriti	4
Skorja, sveže, nepokrito	15–22
Drva (bukev, smreka) po 2 letih, pokrita	2,5
Drva (bukev, smreka) po 2 letih, nepokrita	5–6
Hlodi (smreka, jelka), sveži, pokriti	1–3
Celotna drevesa manjših premerov (topol, vrba), sveža, nepokrita	6–15

7.5.1.1 Priporočila za skladiščenje sekancev

Na podlagi raziskav so se izoblikovala naslednja priporočila za skladiščenje sekancev:

1. Naravno sušenje (prezračevanje) zmanjšuje vsebnost vode v sekancih,
2. Kup sekancev naj ne bo kompakten oz. stisnjen; na ta način omogočimo prenos toplote, vlage in zmanjšamo tveganje za spontane vžige; razprostiranje in »teptanje« s traktorji in drugo mehanizacijo naj bo minimalno,
3. Homogenost velikosti sekancev; sekanci naj bodo čim večji (v okviru velikostnega razreda stroja), vendar »nepravilnih oblik«, saj s tem v kupu zmanjšamo zračni upor, kup sekancev naj ne preseže višine 10 m,
4. Sekance prekrivamo le z materiali, ki dopuščajo prosto kroženje zraka,
5. Odstranjevanje sekancev iz skladiščenih kupov naj bo kontrolirano in načrtovano (pravilo »first in – first out« oziroma prvi pride – prvi gre),
6. Previdnost ob delu s sekanci, ki so bili dalj časa skladiščeni, ni odveč (izpostavljenost finim lesnim delcem in glivnim trosom),
7. Sekanci, ki vsebujejo razne nečistoče, skorja, listje, naj bodo shranjeni v kupih z maksimalno višino 7 m in za čim krajše časovno obdobje.

7.6 SUŠENJE IN SKLADIŠČENJE DRV

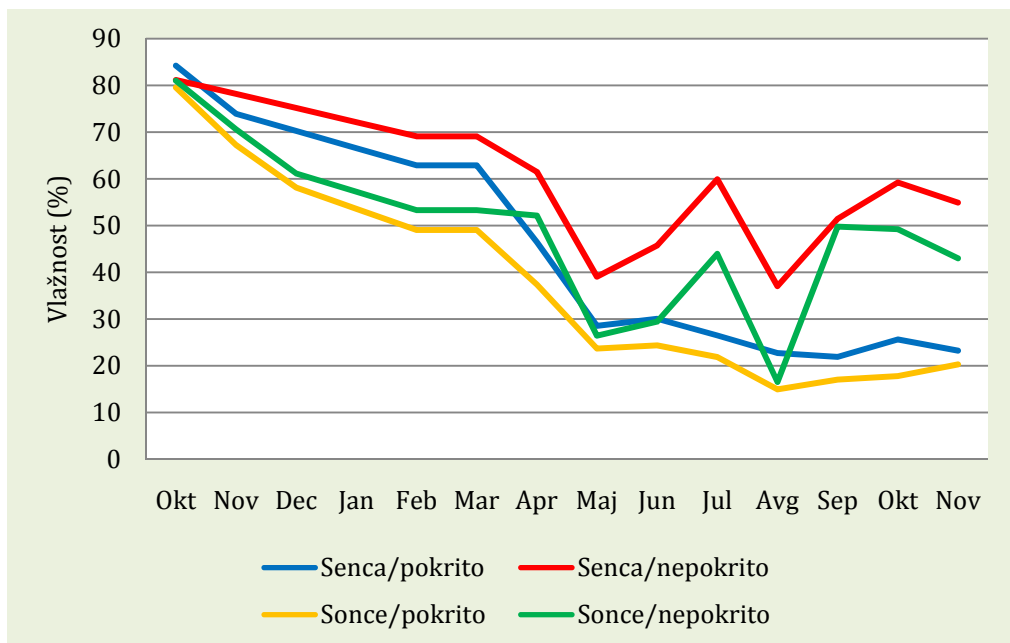
Drva (ne gleda na obliko) začnejo izgubljati vodo takoj po poseku in izdelavi. Sveži les, posekan pozimi in skladiščen na sončni legi lahko, ob ugodnih vremenskih razmerah in ustreznem skladiščenju, doseže vsebnost vode 20 % že zgodaj poleti.

Po podatkih iz literature je izhlapevanje vode iz lesa, največje v pomladanskih mesecih (približno 90 l/prm/mesec). V jesenskih mesecih pa se vlažnost drv zopet povečuje; ocenjujejo, da od oktobra do decembra



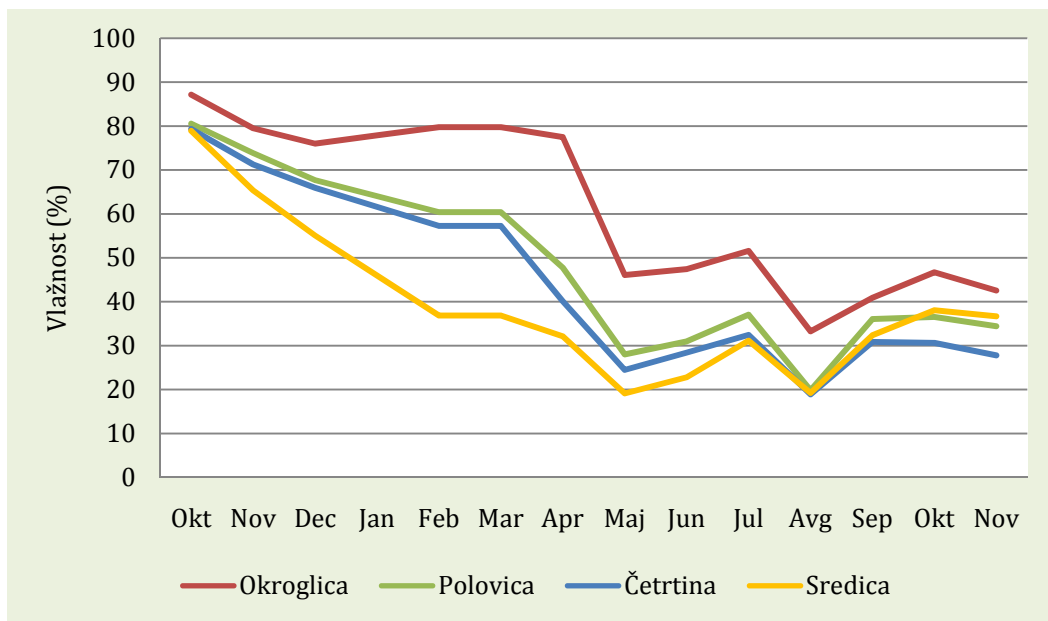
pridobi les do 5 l/prm/mesec. Na sušenje drv poleg lege skladovnice vpliva tudi predpriprava (cepljenje drv). Necepljena drva so v primerjavi s cepljenimi dosegla vsebnost vode 20 % dva meseca pozneje. Da bi zanesljiveje dosegli ustrezno vsebnost vode ter da to vlažnost zadržimo do jeseni, je priporočljivo, da okrogli les slabše kakovosti pred sušenjem razcepimo na polena z premerom manj kot 10 cm.

V letih 2004 in 2005 smo spremljali sušenje štirih skladovnic metrskih drv. Glavni namen je bil analizirati dejavnike, ki najbolj vplivajo na sušenje drv: lega skladovnice, pokritost skladovnic in oblike posameznih drv (okroglice, polovice, četrtine ali sredice–brez skorje). Rezultati mesečnih meritev so pokazali, da na sušenje najbolj vpliva lega skladovnice (sonce ali senca), sledi ji oblika posameznih drv (cepljena ali necepljena polena), in šele nato je pokritost skladovnice (pokrita ali nepokrita skladovnica). Dejstvo je, da so se najhitreje sušila drva v skladovnici na sončni legi. Pri takih skladovnicah, so najhitreje zgubljale vodo cepanice (brez skorje). Okroglice sušene v skladovnici v senci, so bile v roku enega leta pirave, vsebnost vode je bila še vedno nad 30 %. Vremenske razmere najbolj vplivajo na les, ki se suši v nepokritih skladovnicah. Tako je vlažnost drv v nepokritih skladovnicah v jesenskih mesecih zopet narasla na več kot 40 %.



Slika 10 Primer sušenja drv v različnih pogojih: na sončni in v senčni legi ter pokrite in nepokrite skladovnice

Na sušenje drv vpliva tudi oblika kar potrjuje naslednja slika (slika 11), kjer prikazujemo sušenje štirih različnih oblik drv: okroglica, polovica (okrogli les razcepljen na pol), četrtina (okrogli les je razcepljen na štiri dele) in sredica (le osrednji del okroglega lesa – brez skorje).



Slika 11 Primerjava sušenja različnih oblik drv

Sredice, brez skorje, so se do poletja najhitreje sušile. Vendar so v deževnem avgustu in septembru najhitreje absorbirale vodo. Četrtnine in polovice so se sušile zelo podobno, vendar so imele četrtnine po enem letu nekoliko nižjo vlažnost. Najslabše so se sušile okroglice. Ti rezultati meritev kažejo na velik pomen cepljenja okroglega lesa pred sušenjem.

7.6.1 Priporočila za skladiščenje drv

Med predelavo lesa in pripravo skladovnic je pomembno, da les kar najmanj "umažemo". Prostor za predelavo lesa mora biti utrjen in suh (betonski ali asfalten).

Drva lahko sušimo bodisi na odprtem bodisi v pokritem, a zračnem prostoru. Vsekakor pa tam, kjer bodo dvignjena od tal (vlaga v tleh) in zaščitena pred vremenskimi vplivi (dež, sneg).



Glavni napotki za skladiščenje drv:

1. Tla (pod) morajo biti čista; če je le mogoče, naj bo skladovnica dvignjena od tal tako, da počiva na tramovih ali hlodih, da se zagotovi ustrezna cirkulacija zraka.
2. Les je priporočljivo skladiščiti na zračnih mestih izpostavljenih soncu (npr. na robu gozda, dvorišču).
3. Razdalja med posameznimi skladovnicami in med skladovnicami in stenami skladiščnega prostora mora biti najmanj 10 cm
4. Zunanje stene skladiščnega prostora morajo biti odprte (z režami).
5. Drva za dnevno uporabo je priporočljivo skladiščiti v kotlovnici.

7.6.2 Kontejnerji za sušenje, skladiščenje in prevoz drv

Na tržišču so danes na voljo različni kontejnerji za skladiščenje, sušenje in transport drv. Med najbolj zanimivimi, tudi s stališča ekonomičnosti, so kontejnerji z leseno paletno na dnu in žičnato mrežo, ki oblikuje stene kontejnerja. Zgornji del pokriva še ena paleta, ki je prekrita s plastično ponjavo. Takšen kontejner je 2 m visok, vanj pa lahko spravimo 2 nasuta m³ drv. Te kontejnerje lahko polnimo neposredno s transportnimi trakovi pri procesorju za pripravo polen.

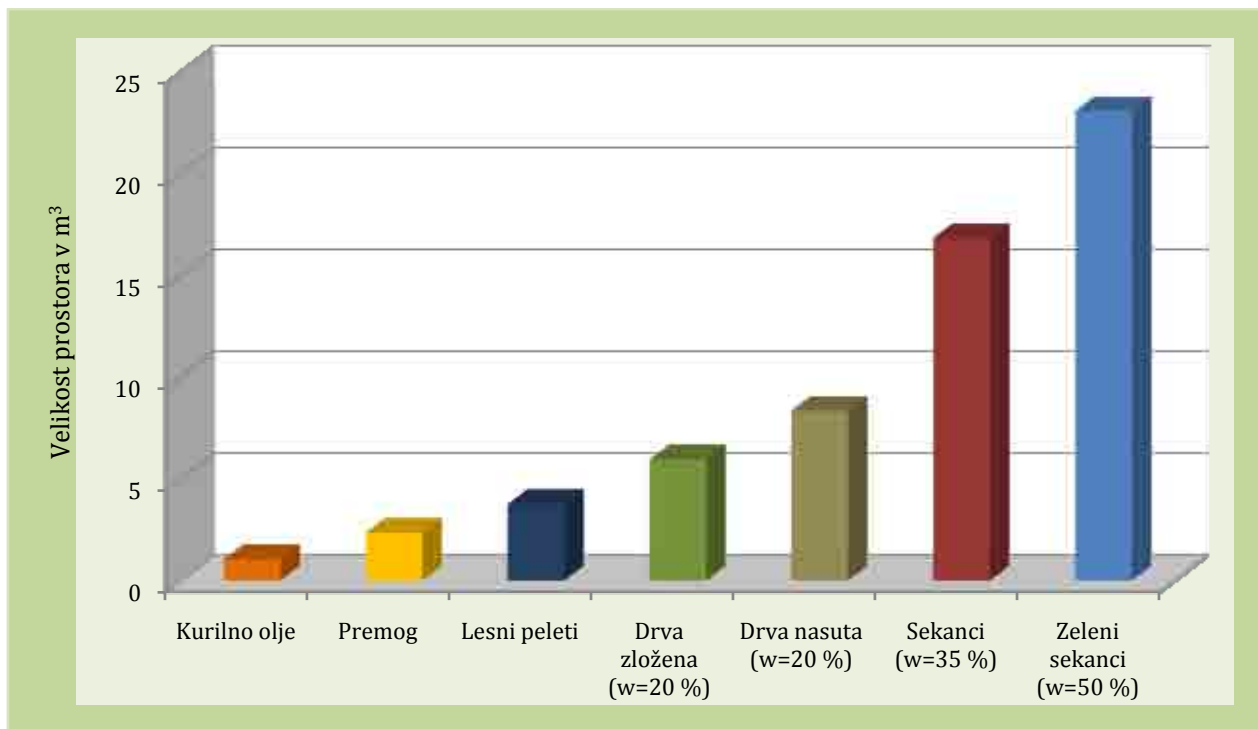
Ena izmed funkcionalnih in cenениh možnosti je uporaba odsluženih kovinskih ogrodij na leseni paleti, ki je prvotno rabilo kot podporno ogrodje za plastične kontejnerje (s prostornino 1 m³) za skladiščenje tekočin.



8 SKLADIŠČENJE LESNIH GORIV

Način skladiščenja lesnih goriv bistveno vpliva na njihovo kakovost. Les lahko skladiščimo v obliki okroglega lesa ali v kateri koli vmesni ali končni obliki lesnih goriv. Skladišči se jih lahko na vmesnih skladiščih ali v skladiščih v neposredni bližini kurilnice. Ne glede na obliko goriva in na trajanje skladiščenja je najpomembneje, da se les suši na primerni lokaciji (zračen in suh prostor). V naslednjih poglavjih predstavljamo nekaj najučinkovitejših načinov skladiščenja drv in sekancev namenjenih predvsem za prodajo. Poleg teh vmesnih skladišč pa je pomembno, da se pri izbiri energentov zavedamo tudi problema skladiščenja energenta v neposredni bližini kurilnice.

Velikost skladiščnih prostorov za proizvodnjo 10 MWh končne energije iz različnih energentov (za izračun količin smo uporabili faktorje iz preglednic 15–19) in z upoštevanjem različnih izkoristkov kotlov (preglednica 12) so predstavljeni v naslednji sliki.

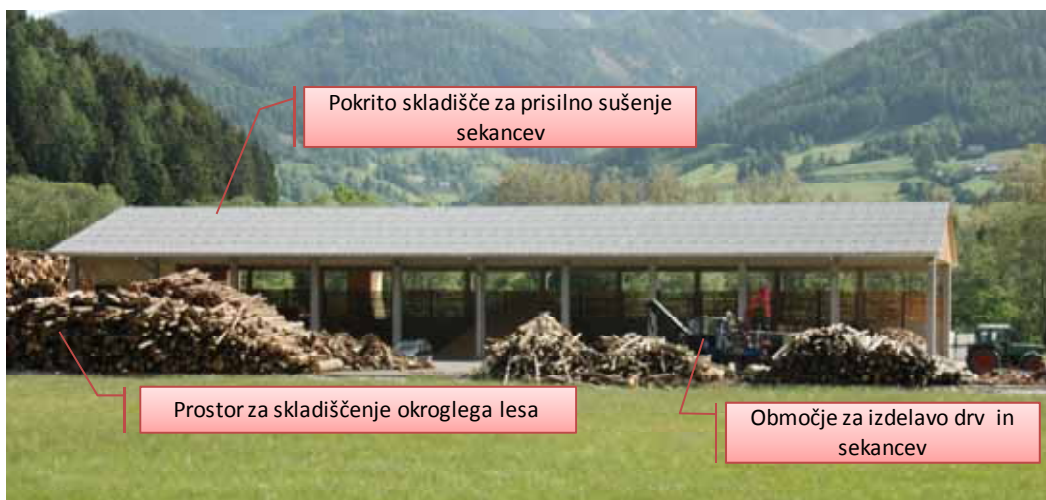


Slika 12 Primerjava skladiščnega prostora za proizvodnjo 10 MWh končne energije pri različnih gorivih

8.1 BIOMASNI LOGISTIČNI CENTER (BLTC)

Biomasni logistični center (v nadaljevanju BLTC) je prostor, kjer se trži lesna goriva po zjamčeni kakovosti. Kraj BLTC se določi na osnovi ponudbe in povpraševanja po lesnih gorivih. Najprej se v njem zagotovi prostor za skladiščenje in sušenje okroglega lesa ter prostor za pokrito skladiščenje in sušenje lesnih sekancev in drv (slika 13). BLTC ima vso infrastrukturo, ki je bistvena za proizvodnjo in trženje lesnih goriva. Najpomembnejša vloga BLTC v regiji je zagotavljanje varnosti v oskrbi z vsemi oblikami lesnih goriv po zjamčeni kakovosti.





Slika 13 Biomasi logistični center v Pölstalu (Štajerska–Avstrija).

Logistični centri se v Avstriji ustanovljajo v okviru skupnega tržnega znaka: Biomassehof–Stmk (<http://www.biomassehof-stmk.at>). Pogoj za ustanovitev takega centra je, da so investitorji lastniki gozdov, oziroma kmetje, in da se v centru trži predvsem les iz lastnih gozdov oziroma samo les iz regije. V Sloveniji so v Programu razvoja podeželja (2007 – 2013) na voljo spodbude za ustanovitev podobnih biomasnih centrov, vendar je trenutno iniciativa predvsem na strani podjetij in ne na strani lastnikov gozdov. Po podatkih pridobljenih v začetku leta 2009, bi bila investicija v pokrito skladišče (velikosti: 8 m x 30 m), s sušilnim sistemom in osno dinamično tehtnico, približno 120.000 €, pri čemer je v okviru Programa razvoja podeželja (2007–2013) možno pridobiti nepovratna sredstva v višini 50 % (<http://www.mkgp.gov.si/>). Doba vračanja take investicije je v primeru ugodnega razmerja med odkupno ceno surovine (okrogli les slabše kakovosti ali lesni ostanki) in ceno izdelanih sekancev približno 10 let.

8.1.1 Pokriti prostori za skladiščenje in sušenje sekancev

Najboljši prostor za skladiščenje in sušenje lesnih sekancev je pokrita utrjena površina (betonska ali asfaltna) na **sončni** in **zračni** lokaciji. Arhitekturna struktura strehe naj bi omogočala maksimalno prezračevanje uskladiščenega materiala in olajšala ravnanje z lesnimi sekanci (višina prostora in višina nasutja sekancev).



BLTC (Pölstal, Avstrija)



BLTC (Deutschnofen, Bolcano.)

8.1.2 Zaščitna ponjava za lesne sekance

Na tržišču so na voljo tudi zaščitne ponjave za sekance (na primer: www.tencate.com), ki so se izkazale kot učinkovite tako za sušenje svežih lesnih sekancev, kot tudi za skladiščenje lesnih sekancev z vsebnostjo vode pod 30 %.

Zaščitne ponjave za sekance so iz materiala, ki omogoča dihanje in tako omogoča prehajanje vlage iz kupa v okolico, hkrati pa preprečuje, da bi skozi prodirale padavine in zunanji z vodo nasičeni zrak. Lesne sekance je treba nasuti na vodotesno in utrjeno površino, in sicer v stožčasti obliki, da dež hitro odteka s površja ponjave.

Omenjena ponjava je primerna tudi za pokrivanje skladovnic okroglega lesa, ki se sušijo na prostem. V skandinavskih državah (na primer: <http://www.uittokalusto.fi/>) so se uveljavile ponjave iz papirja, ki so primerne za enkratno prekrivanje skladovnic tankega okroglega lesa (za pokrivanje skladovnice v eni sezoni) in jih lahko na koncu zmeljemo skupaj z lesom. Papirnate ponjave so na trgu v rolah dimenzije 4 m * 300 m. Za razprostiranje le teh pa je na voljo tudi poseben priključek za hidravlično roko dvigala ali stroja za sečnjo.



Kup lesnih sekancev, pokrit s ponjavo.



Priključek za razprostiranje papirnate folije.



Skladovnice prekrite s papirnato folijo

8.2 SISTEMI PRISILNEGA SUŠENJA DRV IN LESNIH SEKANCEV

8.2.1 Sušenje s pomočjo toplote fermentacijskega procesa

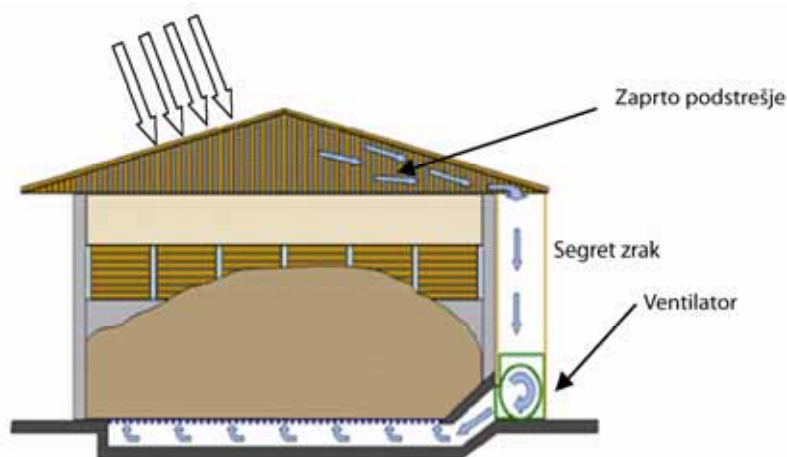
Toplota, ki izvira iz procesov razgradnje lesa v kupih lesnih sekancev, ustvarja konvekcijsko gibanje. Posledica tega je dviganje zraka od spodaj in s strani. Kar zadeva lesne sekance srednje velikosti, ima samoogrevanje precejšen vpliv na sušenje, če nastopa v kombinaciji s prisilnim ventilacijskim sistemom. Ob tem se namreč dviguje z vodo nasičen zrak, ki izvira iz samoogrevalne toplote lesne mase, posledica pa je ohlajanje lesne mase.

V skladiščih, kjer se uporabljajo prisilni sistemi kroženja zraka, se ventilacijski ciklusi uravnavajo s temperaturnimi razlikami. Samo 5 do 10 °C razlike v temperaturi med zunanjim zrakom in temperaturo v kupu sekancev je dovolj, da podpira naravno kroženje zraka in posledično zmanjša količino energije, potrebne, da prisili zrak h kroženju.

8.2.2 Sistem prisilne ventilacije za sušenje sekancev z uporabo zraka, predhodno segretega s sončno energijo

S povišanjem temperature znotraj kupa lesnih sekancev z različnimi tehničnimi ukrepi pospešimo kroženje zraka, ki posledično omogoča sušenje lesa.

V primeru, da nameravamo lesne sekance sušiti, je priporočljivo skladišče načrtovati tako, da se uporabi prisilni ventilacijski sistem s predhodno segretim zrakom. Cenovno najugodnejši je sistem, kjer zrak segrevamo s sončno energijo (uporaba sončnih celic ali cenovno ugodnejše segrevanje zraka v zaprti podstrehi). Zrak, ki ga predhodno segreje sonce, podpihujemo z ventilatorjem od spodaj v kupe lesnih sekancev. Taki sistemi omogočajo, ob lepem vremenu, zmanjšanje vsebnosti vode v kupih s 150 nasutimi m³ lesnih sekancev s približno $w = 50\%$ na $w = 30\%$ v enem tednu.



Slika 14 Predhodno segreti zrak in prisilni prezračevalni sistem, kot je v rabi v BLTC Pölstal, Avstrija.

Ponoči, ko je relativna vlažnost zraka običajno višja, je priporočljivo, da prisilno ventilacijo izključimo, da se lesni sekanci ne bi ponovno navlažili.

Pri izračunu potrebne kapacitete ventilatorjev upoštevamo površino kupa lesnih sekancev. Zračna kapaciteta se izrazi s hitrostjo zraka, ki se giblje v razponu med 180 in 540 m³/h (0,05 do 0,15 m/s, odvisno od lesnih sekancev) na m² površine kupa sekancev. Ocenjujemo, da je za 1 nm³ svežih sekancev potrebnih približno 40 m³ zraka na uro. Da bi pospešili proces sušenja, se v skladu s prakso, ventilacijska stopnja poveča do 150 m³ zraka na uro za 1 nm³ sekancev.

8.2.3 Sistemi prisiljene ventilacije za sušenje drv

Drva lahko sušimo v zaprtem prostoru, opremljenim s sistemom prisilne ventilacije, ki skrajšuje čas sušenja. V 15 dneh lahko 200 prn svežih drv doseže $w = 20\%$. Za kroženje zraka, ki ga primarno segreje sonce, porabimo približno 1 kWe. Pozimi lahko za segrevanje zraka uporabljamo tudi kotel na sekance ali pelete in s tem nadomestimo pomanjkanje sonca. Samodejno zamenjavo notranjega z vlago nasičenega zraka omogoča aktiviranje strešnih odprtih. Cena konstrukcije (slika 15) je ocenjena na 150.000 €. Tak način sicer poviša stroške proizvodnje drv, vendar se stroški kompenzirajo z možnostjo, da tržimo drva z vsebnostjo vode do 20 % bistveno prej, kot bi jih v primeru naravnega sušenja.



Slika 15 Zaprti prostor (podoben rastlinjaku) za sušenje cepanic, (Bavarska–Nemčija).

Sušilni učinek izboljša uporaba zraka, segretega z generatorjem. Delovna temperatura se lahko giblje med 20 in 100 °C. Tudi v tem primeru zrak doteka v skladovalnico drv/lesnih sekancev s pomočjo ventilatorja.

Skupaj z uporabljenimi sistemi za proizvodnjo toplote je vredno izkoristiti nizko cenovno (ali brezplačno) toploto, ki jo kot stranski proizvod proizvajajo obrati za sočasno proizvodnjo elektrike in toplote (na bioplin ali lesne sekance). To toplotno energijo, ki ostaja največkrat kot višek v poletnih mesecih neizkoriščena, je zatorej mogoče izkoristiti za sušenje bodisi lesnih sekancev bodisi polen.

8.2.4 Poenostavljene sušilne naprave

Predstavljene konstrukcije za sušenje lesnih sekancev in drv so poenostavljene naprave (fiksne ali premične) z dvojnimi dnom in luknjami, skozi katere doteka topel zrak (sliki 16). Danes so na tržišču poleg poenostavljenih sušilnih naprav na voljo tudi bolj izpopolnjene naprave za izkoriščanje odpadne toplote iz bioplinarn.

Cena poenostavljene sušilne naprave v zabojniku (Slika 16) je približno 50.000 €, vanj pa je mogoče spraviti 22 nm³; preostali prostor zavzemajo ventilatorski sistemi in krmilna plošča. Čas sušenja v katerem dosežemo $w = 20 \%$ je približno pet dni.



Slika 16 Zabojnik za sušenje drv ali sekancev

Kmetijska prikolica z nadgradnjo za sušenje sekancev: cena nadgradnje se giblje med 1.500 in 2.000 €. Topel zrak se iz obrata za proizvodnjo bioplina dovaja skozi izmenjevalnik toplote: dve fleksibilni cevi dovajata topel zrak (80 °C) v dno nakladalne površine tovornjaka ali prikolice z naloženimi lesnimi sekanci. Sekancev med procesom ni treba obračati in po dveh ali treh dneh so primerni za dostavo ($w = 30 \%$).



Slika 17 Kmetijska prikolica (levo), horizontalni bobenski sušilniki (desno)

9 STROŠKI ENERGIJE IN PRIMERJAVE MED RAZLIČNIMI GORIVI

Cene za lesna ali fosilna goriva se izražajo v različnih enotah (npr: €/nm³, €/prm, €/t, €/l, ...). Enote posameznih goriv imajo zelo različno kurilnost. Parameter, ki omogoča primerjavo med cenami goriva, je strošek **primarne energije** (v €/MWh) - to je strošek energije, ki jo vsebuje enota goriva.



V preglednici 32 je prikazana primerjava med stroški primarne energije za različna goriva. Njihovo razmerje do lesnih sekancev se izračunava na osnovi predpostavljene cene lesnih sekancev ($w = 30\%$, P45) in predvidenega povečanja cene teh sekancev za 25 % in nato še za 50 %. Cene so povzete po cenah v Italiji (2008), vendar so v veliki meri primerljive s cenami v Sloveniji. V naslednjih preglednicah so primerjave med stroški primarne energije glede na različne izhodiščne cene tone sekancev.



Preglednica 32 Stroški primarne energije različnih energentov, razmerje cen lesnih sekancev in drugih energentov ter prikaz vpliva zviševanja cen sekancev na cenovna razmerja.

Vrste energentov v izbranih enotah	Energija	Cena	Cena energije	Razmerje ¹³
	MWh/enoto	€/enoto	€/MWh	
1 t lesnih sekancev (w=30 %, P45)	3,4	68	20,0	1
1 t lesnih sekancev (w=40 %, P45)	2,81	56	20,0	1
1 t polen (w=20 %, P330)	3,98	114	28,6	1,4
1 t peletov (w=10 %), nasutih	4,7	205	43,6	2,2
1 t peletov (w=10 %) v 15 kg vrečah	4,7	220	46,8	2,3
1000 m ³ zemeljskega plina	9,6	659	68,6	3,4
1000 l kurilnega olja (ind. raba)	10	502	50,2	2,5
1000 l kurilnega olja (domača raba)	10	508	50,8	2,5
1000 l utekočinjenega naftnega plina	6,82	645	94,6	4,7
Dvig cene sekancev za 25 %	Energija	Cena	Cena energije	Razmerje
1 t lesnih sekancev (w=30 %, P45)	3,4	72	25,0	1
1 t lesnih sekancev (w=40 %, P45)	2,81	59	21,0	0,84
1 t polen (w=20 %, P330)	3,98	114	28,6	1,15
1 t peletov (w=10 %), nasutih	4,7	205	43,6	1,7
1 t peletov (w=10 %) v 15 kg vrečah	4,7	220	46,8	1,9
1000 m ³ zemeljskega plina	0,96	66	68,8	2,8
1000 l kurilnega olja (ind. raba)	11,7	502	42,9	1,7
1000 l kurilnega olja (domača raba)	11,7	508	43,4	1,7
1000 l utekočinjenega naftnega plina	6,82	645	94,6	3,8
Dvig cene sekancev za 50 %	Energija	Cena	Cena energije	Razmerje
1 t lesnih sekancev (w=30 %, P45)	3,4	102	30,0	1
1 t lesnih sekancev (w=40 %, P45)	2,81	66	23,5	0,8
1 t polen (w=20 %, P330)	3,98	114	28,6	0,95
1 t peletov (w=10 %), nasutih	4,7	205	43,6	1,5
1 t peletov (w=10 %) v 15 kg vrečah	4,7	220	46,8	1,6
1000 m ³ zemeljskega plina	1	66	66,0	2,2
1000 l kurilnega olja (ind. raba)	11,7	502	42,9	1,4
1000 l kurilnega olja (domača raba)	11,7	508	43,4	1,4
1000 l utekočinjenega naftnega plina	6,82	645	94,6	3,2

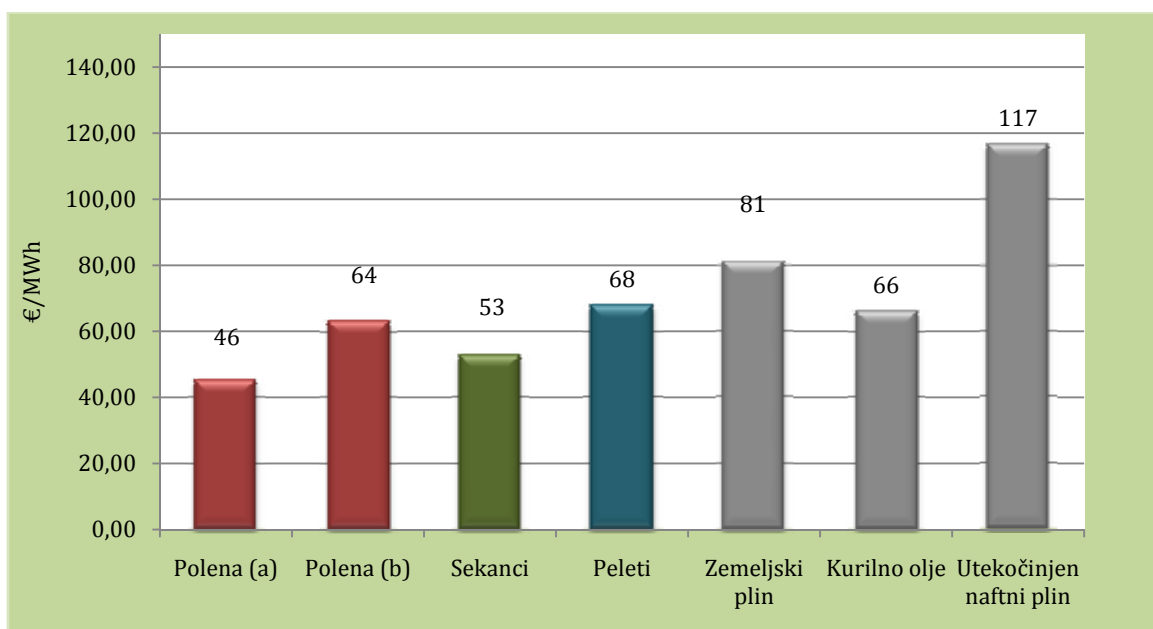
9.1 KONČNI STROŠKI ENERGIJE

Pomemben vidik ekonomskega vrednotenja je izračun končnih stroškov energije, ki vključujejo tudi naložbo in stroške, povezane z delovanjem obrata za proizvodnjo energije.

¹³ Razmerje med ceno tone sekancev (w = 30 %, P45) in posameznimi gorivi

Za ilustracijo so bili izračunani proizvodni stroški šestih različnih sistemov za proizvodnjo energije s 100 kW kotli. Ob predpostavki, da deluje kotel 1300 ur na leto, je ocenjena proizvodnja primarne energije 1.300 MWh/leto. Po grobi oceni ima stavba s površino 100 m², v kateri bivajo trije ljudje, letno potrošnja od 10 do 15 MWh energije. Kotel iz našega primera bi lahko oskrbovala stavbo z vsaj šestimi stanovanji (preglednica 33 in slika 18).

Predpostavke za izračun stroškov energije (kot npr. izbira obrestne mere, trajanje naložbe, povprečna letna proizvodnja generatorja) in uporabljene vrednosti se nanašajo na povprečne klimatske in tržne razmere. Pri polenih smo upoštevali dve možnosti in sicer: v primeru [a] gre za lastno proizvodnjo polen, v primeru [b] pa predvidevamo nakup polen in njihovo dostavo (fc kupec). V obeh primerih gre že za razžagana in razcepljena polena (P500) in $w = 20\%$. Lesni sekanci so primerno suhi ($w = 30\%$) in velikostne kategorije P45. Stroški elektrike, vzdrževanja in čiščenja (dimnikarske storitve) so povzeti po podatkih iz Italije in Avstrije.



Slika 18 Primerjava stroškov ogrevanja (februar 2009)



Preglednica 33 Kategorije stroškov in njihove vrednosti (februar 2009).

Kategorije stroškov	Enota	Polena [a]	Polena [b]	Lesni sekanci	Peleti	Zemelj. plin	Kurilno olje	Utek. naft. plin
Enote		t	t	t	t	m ³	l	l
Obrestna mera	%	5	5	5	5	5	5	5
Trajanje naložbe	leta	20	20	20	20	20	20	20
Zmogljivost kotla	kW	100	100	100	100	100	100	100
Letne obratovalne ure	h	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Proizvodnja primarne energije	MWh/leto	130	130	130	130	130	130	130
Učinkovitost sistema	%	75%	75%	79,0%	84%	90%	85%	90%
Končna proizvodnja energije* ¹	MWh/leto	97,50	97,50	102,70	109,20	117,00	110,50	117,00
Naložba (vključno z DDV)	€	45.000	45.000	65.000	40.000	13.000	18.000	13.000
Amortizacija (R)	€/leto	1361	1361	1966	1210	393	544	393
Letna poraba goriva	* ¹	32,7	32,7	38,2	27,7	13542	13000	19062
Cena goriv* ²	€/enoto	68	114	72	205	0,659	0,508	0,645
Letni stroški goriva (a)	€/leto	2600	4359	2753	5793	8920	6604	13102
Stroški elektrike (b)	€/leto	50	50	200	100	30	30	30
Obratovalni stroški (O=a+b)	€/leto	2650	4409	2953	5893	8950	6634	13132
Stroški čiščenje (c)	€/leto	130	130	130	130	60	60	60
Stroški vzdrževanja (d)	€/leto	300	300	400	200	95	95	95
Tekoči stroški (E=c+d)	€/leto	430	430	530	330	155	155	155
Letni STROŠKI (R+O+E)	€/leto	4441	6200	5449	7433	9498	7333	13680
KONČNI STROŠKI ENERGIJE	€/MWh	45,55	63,59	53,05	68,07	81,18	66,36	116,92

*¹ Uporabljena kurilnost: polena (w = 20 %) = 3,98 MWh/t, lesni sekanci (w = 30 %) = 3,4 MWh/t, peleti (w = 10 %) = 4,7 MWh/t, zemeljski plin = 9,6 kWh/m³, kurilno olje = 10 kWh/l, utekočinjeni naftni plin (LPG) = 6,82 kWh/l

*² Cene posameznih goriv vključujejo DDV in se nanašajo na cene spomladi 2009, enote so navedene v drugi vrstici preglednice.

Med vsemi energenti je najdražji utekočinjen naftni plin, sledi naravni oziroma zemeljski plin, peleti in kurilno olje. Najnižji so stroški ogrevanja s poleni in sicer v primeru, ko imamo lastno proizvodnjo drv, v primeru nakupa drv pa so sekanci ugodnejši. V izračunu nismo upoštevali še stroškov rednega upravljanja s kotlom. V kolikor bi primerjavi dodali še te stroške, bi bili skupni stroški pri polenih višji, saj zahtevajo le ta redno nalaganje polen v kotel. Na primerjave stroškov ogrevanja najbolj vpliva cena energenta. V času izdelave naše primerjave je bila cena kurilnega olja relativno nizka in zato je ogrevanje s teme energentom zelo primerljivo z ogrevanjem z lesnimi gorivi. Pri sekancih in peletih letne stroške ogrevanja najbolj obremenjuje visoka amortizacija kurilne naprave, ki je posledica relativno visoke investicije v kotel.

10 PRODAJA DRV IN LESNIH SEKANCEV

Drva in lesni sekanci se prodajajo bodisi po teži (€/t) bodisi po volumnu (€/m³ in €/nm³). Da bi kupci lahko ustrezno ekonomsko ovrednotili ponujene cene lesnih goriv, potrebujejo dodatne informacije o lastnostih goriva (pomembna je vsebnost vode, drevesna vrsta ...). Pri tem so še posebno pomembne evropske tehnične specifikacije za trdna biogoriva. Pojavljanje registriranih proizvajalcev na tržišču omogoča razvoj praktičnih in preglednih sistemov za nakup in prodajo lesnih goriv, ki ne le zbuja zaupanje potrošnikov, marveč so tudi v prid razvoju tržišča.

10.1 DRVA

V naj sodobnejših logističnih in trgovskih centrih (npr. www.holzbrennstoffe.de, www.ofen-holz.at) prodajajo zračno suha drva ($w = 20\%$) po prostornini; poleg razreda vlažnosti navajajo še dimenzije in drevesne vrste. Primer, kako pripraviti cenik za profesionalno prodajo drv, je prikazan v prilogi A4.

V Sloveniji je še vedno v navadi, da se za drva navaja le drevesna vrsta, ne pa tudi vlažnost oziroma vsebnost vode. Zato je seveda priporočljivo, da jih v tem primeru kupujemo po njihovem volumnu, ne po teži. Razlog za to je višja raven gotovosti, s katero je mogoče določiti strošek energije, še posebno takrat, kadar kupujemo drva, ki niso zračno suha (praktičen primer 7).

Danes se zložena drva v tujini, pa tudi že pri nas, pogosto prodajajo na paletah ali v lesenih zabojnikih, skupaj s opredeljeno sestavo. Za občasne kupce so rezana polena na voljo kot zračno suha ($w = 20\%$) v škatlah ali mrežastih vrečah in se prodajajo po teži (6–17 kg) z navedbo vrste lesa.



Praktičen primer 7 Izračun cene drv glede na količino primarne energije

Ko moramo kupiti določeno količino drv za potrebe sodobnih kotlov za celotno sezono, je priporočljivo, da se seznanimo s ceno energije, kajti le tako lahko naredimo primerjavo med različnimi cenovnimi ponudbami.

Proizvajalec lesnega goriva ponuja naslednje cene za metrska drva (P1000) dveh različnih drevesnih vrst, ki imajo vsebnost vode 20 %:

- bukev 62 €/prm
- smreka 46 €/prm

1) za izračun primarne energije zračno suhih drv ($w = 20\%$, P1000) omenjenih dveh drevesnih vrst uporabimo podatke iz preglednic 15 in 16

Primarna energija uskladiščena v drveh je

bukev → 1,975 MWh/prm

smreka → 1,429 MWh/prm

2) stroški energije ($w = 20\%$)

bukev → $62 \text{ €/prm} / 1,975 \text{ MWh/prm} = 31,4 \text{ €/MWh}$ (8,7 €/GJ)

smreka → $46 \text{ €/prm} / 1,429 \text{ MWh/prm} = 32,2 \text{ €/MWh}$ (8,9 €/GJ)

Pri predlaganih cenah drv na prm za rabo v sodobnem kotlu sta ta dva proizvoda cenovno enakovredna (v kolikor primerjamo ceno primarne energije). Razlika pa nastane pri potrebnih letnih količinah. Na primer za proizvodnjo 30 MWh končne energije (izkoristek kotla je 85 %) bi potrebovali:

a) Primarna energija:

bukev → 1 MWh = 0,506 prm zloženih 1m dolgih polen z vsebnostjo vode 20 % (Preglednica 15)

smreka → 1 MWh = 0,700 prm zloženih 1m dolgih polen z vsebnostjo vode 20 % (Preglednica 16)

b) Proizvodnja končne energije:

Za proizvodnjo 30 MWh energije bi potrebovali:

bukev → $(30 \text{ MWh} / 0,85) * 0,506 \text{ prm/MWh} = 17,9 \text{ prm}$

smreka → $(30 \text{ MWh} / 0,85) * 0,700 \text{ prm/MWh} = 24,7 \text{ prm}$

Za proizvodnjo enake količine energije in ob enaki vsebnosti vode, bi potrebovali več prm drv smreke kot bukve.

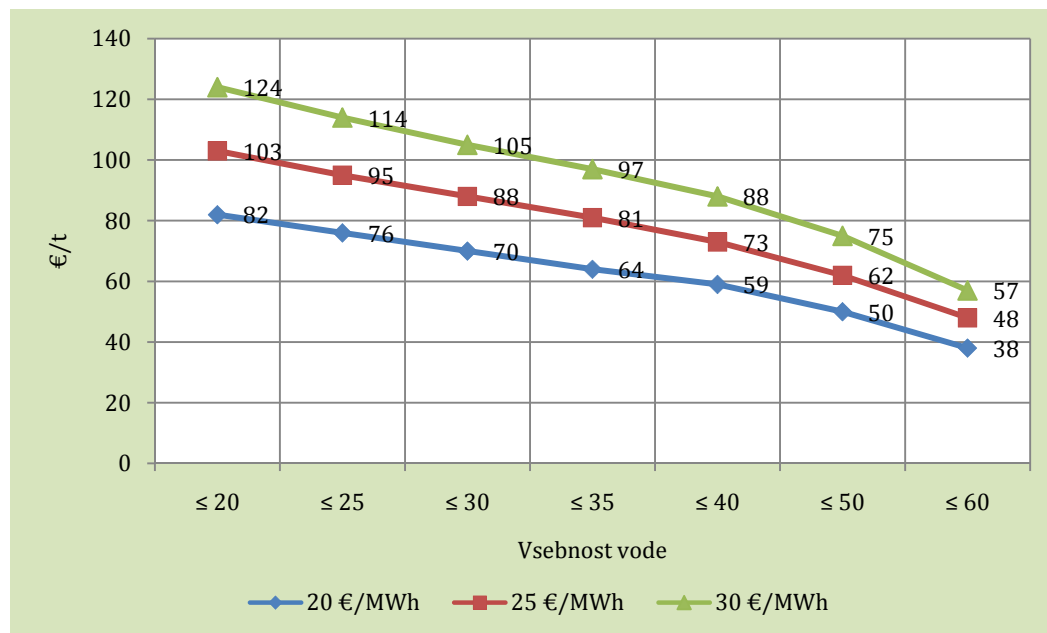
10.2 LESNI SEKANCI

V primerih ko je kakovost lesnih sekancev znana (sestava drevesnih vrst, vsebnost vode, velikostni razredi sekancev) se sekanci lahko prodajajo po izmerjenem volumnu. Bolj priporočljivo pa je lesne sekance prodajati in tudi kupovati po teži. Pravzaprav je dovolj, če poznamo težo in vlažnost, potem je lahko sestava še tako raznolika, vendar je razlika v vsebnosti energije zelo majhna. Vzrok za to se skriva v tem, da je kurilnost (H_{i0}) skoraj enaka pri različnih vrstah lesa (Preglednica 13).

Sicer pa velja, da se stranke pogajajo glede ciljne cene za lesne sekance z določeno vsebnostjo vode, na osnovi katere se izračuna cena primarne energije. Spodaj je prikazana tabela, kjer imajo lesni sekanci ceno, ki temelji na izmerjeni vsebnosti vode, medtem ko cena energije ostaja konstantna.

Preglednica 34 Cena lesnih sekancev glede na razrede vlažnosti pri ceni energije 25 €/MWh.

Razredi vsebnosti vode ¹⁴	w (%)	€/t	
		brez DDV	z DDV
M20	≤ 20	103	114
M25	≤ 25	95	105
M30	≤ 30	88	97
M35	≤ 35	81	89
M40	≤ 40	73	81
M50	≤ 50	62	69
M60	≤ 60	48	53



Slika 19 Spremembe v cenah lesnih sekancev glede na tri različne cene energije in različno vsebnost vode.

Osutek pogodbe o prodaji lesnih sekancev na osnovi vsebnosti energije je prikazan v dodatku A1.

¹⁴ Razredi vsebnosti vode so skladni s SIST-TS CEN/TS 14961: 2005 –Preglednica 27

11 PROIZVODNJA ENERGIJE IN EMISIJE TOPLOGREDNIH PLINOV

Posledica proizvodnje energije je izpust določene količine ogljikovega dioksida (CO₂) in drugih toplogrednih plinov v ozračje, ki se izražajo v agregatni obliki z ekvivalenti CO₂ (CO₂ ekv.).

Pri lesnih gorivih predpostavljamo, da so »CO₂ nevtralna«, kar velja tudi v mednarodnih metodologijah za izračune nacionalnih bilanc emisij toplogrednih plinov. Pri gorenju lesa se sprošča ogljik, ki je bil vezan v lesu, vendar se je le ta v procesu fotosinteze vezal iz ozračja. Zato se pri izračunavanju neposrednih emisij kurilnih naprav na les upoštevajo le emisije CH₄ in N₂O, emisije CO₂ pa se ne upoštevajo. Predpostavka o lesu kot CO₂ nevtralnemu energentu velja le v primeru, da les izvira iz trajnostno gospodarjenih gozdov. »CO₂ nevtralnost« lesa kot energenta ne velja v primeru krčenja gozdov (deforestacija).

Ob odločanju za energetske sisteme na obnovljive vire energije, je potrebno primerljivo ovrednotiti porabo energije iz neobnovljivih virov, ki se uporablja v celotni produkcijski verigi. Ocena emisij v celotnem življenjskem ciklu je zahtevna in v veliki meri odvisna od opredelitve tehnološke verige ter meje preučevanega življenjskega cikla. Po različni literaturi se deleži porabe energije, in iz tega izhajajoče emisije CO₂, v proizvodnji verigi razlikujejo. Po podatkih iz modela GEMIS je delež neobnovljive energije, ki se porablja v različnih fazah proizvodnje verige energentov, za proizvodnjo enote toplotne energije pri sekancih od 7,8 do 8,6 %, pri polenih pa okrog 3,7 % končne energije.

Vrednosti, prikazane v tabeli 33 nam omogočajo, da izračunamo prihranek oziroma povečanje emisij CO₂, v primeru prehoda iz enega na drugo gorivo. V preglednici so predstavljene emisije za posamezne energente, pri uporabi v manjših sistemih in brez upoštevanja uporabljene tehnologije (izkoristki niso upoštevani).

Preglednica 35 Emisije CO₂ in ekvivalenti CO₂ za posamezna goriva, za male kotle (IPCC GPG 2003) v kg na TJ primarne energije.

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		CO ₂ ekvivalent	
	Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Kurilno olje	77.400	75.500–78.800	10	0,6	0,2–2	3–30	77.796	75.566–79.462
Utekočinjeni naftni plin	63.100	61.600–65.600	5	0,1	0,03–0,3	1,5–15	63.236	61.641–66.008
Zemeljski plin	56.100	54.300–58.300	5	0,1	0,03–0,3	1,5–15	56.236	54.341–58.708
Les	112.000	95.000–132.000	300	4	1,5–15	100–900	7.540*	2.565–23.550
Lignit	101.000	90.900–115.000	300	1,5	0,5–5	100–900	107.765	93.155–135.450

*Pri lesu se pri emisijah upoštevajo le emisije metana in dušikovega dioksida, emisije CO₂ se ne upoštevajo, ker predpostavljamo, da je les »CO₂ nevtralen« energent.

Praktičen primer 8 Izračun prihranka CO₂ in CO₂ ekv. v primeru menjave energentov

Primer izračuna prihranka emisij CO₂ prikazuje izračun za prehod iz zemeljskega plina na lesne sekance. Kot primer je vzeta javna toplotna s kotlom moči 500 kW_h. Taki izračuni so zelo splošni in omogočajo le informacijske primerjave.

1) Izračun končne količine energije kot letne proizvodnje obrata:

V toplotni so v povprečju letno porabili 60 000 m³ naravnega plina

Če upoštevamo, da je kurilnost 1 m³ naravnega plina **10 kWh** je skupna letna povprečna primarna energija **600 MWh/leto** oziroma **2,16 TJ**. Ob predpostavki, da je izkoristek kotla 90%, je povprečna letna proizvodnja končne energije 540 kWh.

2) Izračun letnega izpusta CO₂ in ekvivalenta CO₂ (CO₂ eq.) z naravnim plinom: (Preglednica 35)

naravni plin: (2,16 TJ x 56100 kg/TJ): 1000 = 121,18 t CO₂

naravni plin: (2,16 TJ x 56236 kg/TJ): 1000 = 121,47 t CO₂ eq.

3) Ocena predvidene letne količine lesnih sekancev ob prehodu na nov sistem in enako potrebo po energiji

Če predpostavimo uporabo mešanih lesnih sekancev (les iglavcev in listavcev) z vsebnostjo vode 35 % je kurilnost 1 nm³ sekancev 0,699 MWh (za izračun so upoštevani faktorji iz preglednica 17). Upoštevani izkoristek kotla je 85 %.

$540 \text{ MWh} * 1,431 \text{ nm}^3/\text{MWh} / 0,85 = 909 \text{ nm}^3$ lesnih sekancev

Ob prehodu na nov energent bo ocenjena povprečna letna poraba lesnih sekancev 909 nm³.

4) Izračun letnih emisij CO₂ in CO₂ eq. z uporabo lesnih sekancev: (Preglednica 31)

Gozdni lesni sekanci: (2,2 TJ x 0 kg/TJ): 1000 = 0 t CO₂

Upoštevali smo predpostavko, da so bili sekanci proizvedeni iz trajnostno gospodarjenih gozdov, zato so emisije CO₂ enake 0. Pri izračunu niso bile upoštevane emisije, ki nastajajo v procesu pridobivanja, predelave, transporta in rabe goriva.

Gozdni lesni sekanci: (2,2 TJ x 7540 kg/TJ): 1000 = 16,51 t CO₂ eq.

5) izračun prihranka emisij CO₂ in CO₂ eq. z uporabo lesnih sekancev namesto naravnega plina za proizvodnjo toplote v izbranem obratu

$121,18 - 0 = \mathbf{121,18 \text{ t CO}_2/\text{leto}}$

$121,47 - 16,51 = \mathbf{104,96 \text{ t CO}_2 \text{ eq./leto}}$

Če predvidevamo, da je življenjska doba toplotarne 20 let, potem lahko ocenimo, da bo skupno zmanjšanje emisij zaradi prehoda na lesne sekance **2099 t CO₂** ekvivalentov.

Praktičen primer 9 Izračun prihranka CO₂ in CO₂ ekv. v primeru menjave zastarelega kotla z sodobnim kotlom za centralno ogrevanje stanovanjskega objekta

Primer izračuna prihranka emisij CO₂ prikazuje izračun za prehod iz zastarelega kotla na sodoben kotel na polena. Kot primer je vzeta stanovanjska hiša s kotlom moči 25 kW_{th}. Taki izračuni so zelo splošni in omogočajo le informacijske primerjave.

1) Izračun končne količine energije kot letne proizvodnje obrata:

V gospodinjstvu so v povprečju letno porabili 20 prm bukovih drv (vsebnost vode 20 %)

Če upoštevamo, da je kurilnost 1 prm drv **2,398 MWh** je skupna letna povprečna primarna energija **48 MWh/leto** oziroma **0,17 TJ**. Ob predpostavki, da je izkoristek kotla 60%, je povprečna letna proizvodnja končne energije 29 kWh.

2) Izračun letnih emisij CO₂ in CO₂ eq. pri zastarelem kotlu na drva: (Preglednica 35)

Emisije CO₂: (0,17 TJ x 0 kg/TJ): 1000 = 0 t CO₂

Emisije v ekvivalentih CO₂: (0,17 TJ x 7 540 kg/TJ): 1000 = 1,30 t CO₂ eq.

3) Ocena predvidene letne količine drv ob prehodu na nov sistem in enako potrebo po energiji

Če predpostavimo uporabo bukovih drv z vsebnostjo vode 20 % in upoštevamo izkoristek novega kotla 85 %, potem je predvidena letna poraba drv manjša kot pri zastarelem sistemu.

$(29 \text{ MWh} * 0,417 \text{ prm/MWh}) : 0,85 = 14 \text{ prm drv}$

Ob zamenjavi kotla in enaki količini proizvedene toplote bo ocenjena povprečna letna poraba drv 14 prm. Prehod na sodoben kotel pomeni v konkretnem primeru prihranek pri gorivu in sicer 6 prm drv na leto, kar ni zanemarljivo. Pri tem pa moramo poudariti, da je za izračun prihranka pri gorivu upoštevana predpostavka, da bo količina proizvedene energije ostala enaka.

4) izračun letnega izpusta CO₂ in CO₂ eq. z uporabo drv v sodobnem kotlu na drva:

Emisije CO₂: (0,12 TJ x 0 kg/TJ): 1000 = 0 t CO₂

Emisije v ekvivalentih CO₂: (0,12 TJ x 7 540 kg/TJ): 1000 = 0,92 t CO₂ eq.

5) izračun prihranka emisij CO₂ eq. z menjavo kotla z večjim izkoristkom

$1,3 - 0,92 = \mathbf{0,38 \text{ t CO}_2 \text{ eq./leto}}$

Če predvidevamo, da je življenjska doba kotla 20 let, potem lahko ocenimo, da bo skupno zmanjšanje emisij zaradi večjega izkoristka novega kotla **7,6 t CO₂** ekvivalentov.

Za primerjavo lahko poudarimo, da 1 ha gozda v Sloveniji v povprečju letno v nadzemni in podzemni lesni masi akumulira 9 t CO₂.

Energetska raba lesa je pomembna z vidika substitucije fosilnih goriv in z vidika zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. Večina okroglega lesa iz gozdov se predela v različne lesne izdelke. Pri predelavi lesa nastajajo ostanki, ki se izkoriščajo pri proizvodnji plošč in za energetske rabo. Ob koncu življenjske dobe lahko postanejo lesni izdelki surovina za pridobivanje energije. Pomembno je, da ves les izhaja iz trajnostno gospodarjenih gozdov. Gozdovi so pomembni ker akumulirajo ogljik v petih zbiralnikih:

- nadzemna biomasa (ta vključuje vse nadzemne dele dreves, kot so veje, deblo, listje, cvetovi, plodovi...),
- podzemna živa biomasa (vse žive korenine večje od 2 mm),
- odmrli les (stoječe in ležeče odmrlo drevje, odpadle veje, štore...),
- opad (vso odmrlo nadzemno biomaso, ki ne spada v mrtev les) in
- organska snov v tleh.

Podatki o trenutni rabi lesa kažejo, da je les kot energent v Sloveniji zelo dobra alternativa fosilnim gorivom, saj ima poleg tega, da je aktivno vključen v krogotok ogljika, še naslednje prednosti:

1. je domač in obnovljivi vir energije,
2. je varen vir energije v smislu samooskrbe,
3. je lokalno dosegljiv vir energije,
4. sodobna raba lesa za ogrevanje je udobna
5. Pridobivanje, predelava in raba lesa v energetske namene zaposluje nekajkrat več ljudi kot fosilna goriva in aktivno prispeva k razvoju podeželja in bruto domačemu proizvodu.



12 DODATKI

12.1 OSNUTEK POGODBE ZA PRODAJO LESNIH SEKANCEV NA OSNOVI VSEBNOSTI ENERGIJE (GLEJ SIST-TS CEN/TS 14961:2005)

Stranki

Ta pogodba se sklene med naslednjima strankama:

Dobavitelj *Ime in kontaktni podatki dobavitelja* (v nadaljevanju dobavitelj)

Kupec *Ime in kontaktni podatki kupca* (v nadaljevanju kupec)

1. člen: Predmet pogodbe

Predmet te pogodbe je dobava lesnih sekancev, pridobljenih iz lesa neposredno iz gozda. Sekance, ki bodo uporabljeni kot gorivo za potrebe ogrevalnega sistema v lasti kupca, bo kupcu dostavil zgoraj navedeni dobavitelj.

2. člen: Čas dobave

Dobavitelj se obveže, da bo vsak tovor sekancev dobavil kupcu v roku 6 delovnih dni od prejema pisnega naročila, ki mu ga bo kupec poslal po faksu ali e-pošti. Dobavitelja bo tudi obvestil o količini zahtevanega tovara, izraženi v tonah.

3. člen: Letne potrebe

Količina lesnih sekancev, ki bo dobavljena v obdobju veljavnosti te pogodbe, je enaka količini sekancev, ki jih bo obrat dejansko porabil v kurilni sezoni. Na osnovi energijskih izračunov se ocenjuje, da bo ta količina **500** ton (z vlažnostjo do (w) 30 %).

4. člen: Izvor biomasnega goriva

Dobavljeni lesni sekanci bodo proizvod mehanske predelave neonesnaženega lesa, skladno s SIST-TS CEN/TS 14961:2005–(Tabela 1 — Klasifikacija porekla in vira trdnih biogoriv).

Lesni sekanci bodo pridobljeni iz drobnih ali nekakovostnih debel iglavcev ali listavcev brez vej, debel listavcev z vejami brez listov, ostankov sečnje listavcev (bodisi brez listov bodisi s suhimi listi) in krajnikov ter drugih ostankov iz primarne predelave lesa, iz katerih je mogoče pridobiti visokokakovostne lesne sekance.

5. člen: Dimenzije

Dobavljeni lesni sekanci bodo pripadali velikostnemu razredu **P45**. Glede specifikacije sekancev razreda P45 glej tehnično specifikacijo SIST-TS CEN/TS 14961:2005 in naslednjo preglednico.

Deleži posameznih frakcij v skladu s tehnično specifikacijo SIST-TS CEN/TS 14961:2005

Dimenzije razredov (mm)	Deleži frakcij [%]		
	Glavna frakcija >80 % wt,	Fini delci < 5 %	Grobi delci < 1 %
P16	$3,15 \leq P \leq 16$	< 1	> 45
P45	$3,15 \leq P \leq 45$	< 1	> 63
P63	$3,15 \leq P \leq 63$	< 1	>100
P100	$3,15 \leq P \leq 100$		>200

6. člen: Primesi sekancem

Dobavljeni lesni sekanci ne bodo vsebovali tujkov, kakršni so žebliji, žica in vijaki, ali kakršnih koli drugih kovinskih predmetov ali predmetov iz umetnih mas.

7. člen: Vlažnost in teža tovora

Vlažnost (w) in težo tovora bo ugotavljal dobavitelj.

8. člen: Pogoji fakturiranja

Fakturiranje dobavljenih lesnih sekancev bo opravljeno glede na njihovo **vsebnost energije**, to je njihove H_w , izražene v MWh/t in izračunane na osnovi teže (t) in vlažnosti (w) tovora v skladu z naslednjo formulo:

$$H_w = \frac{H_0 * (100 - w) - 2,44 * w}{100} * 0,278$$

Za vsako dostavo bo dobavitelj izdal kupcu deklaracijo o kakovosti lesnih sekancev (glej A2).

9. člen: Cena dobave (franko obrat za proizvodnjo energije)

Kupec bo plačal dobavitelju ceno za lesne sekance v dogovorjeni višini **85 €/t¹⁵** (z DDV) z **M30**, franko obrat (**24,15 €/MWh**). Cena se spreminja glede na vlažnost dobavljenih lesnih sekancev. Vsebnost vode (w) dobavljenih lesnih sekancev ne sme presegati 30 % in biti nižja od 25 %..

V tabeli spodaj so prikazane razlike v ceni glede na 4 razrede vsebnosti vode.

Cena energije	€/MWh 24,15	€/t (primer vpliva w na cene)	
		brez DDV	z DDV
Razredi vlažnosti			
M20	15-20 %	95 €	104,5 €
M25	21-25 %	90 €	99,0 €
M30	26-30 %	85 €	93,5 €
M35	31-35 %	75 €	82,5 €

¹⁵ Navedena cena je le primer. Pomembno je, da se določi izhodiščno ceno, ter se potem izračune cene glede na različne enote (€/MWh) ali glede na različno vsebnost vode

10. člen: Plačilo

Kupec bo blago plačal **v roku tridesetih dni** od izstavljenega računa. Če se kupec tega roka ne drži, si dobavitelj pridrži pravico, da ustavi dobavo in zahteva zamudne obresti v skladu z obstoječimi predpisi.

11. člen: Dobava neustreznega lesnega goriva

Če dobavitelj dostavi kupcu blago, ki ne ustreza specifikaciji ali dogovoru, kupec zanj ne bo plačal.

12. člen: Trajanje veljavnosti pogodbe

Pogodba velja tri leta, in sicer od dneva, ko jo podpišeta obe stranki.

V primeru, da obrat preneha delovati ali izgubi licenco za delovanje zaradi hudih okvar ali drugih razlogov, ki jih ni mogoče pripisati ne eni ne drugi stranki, ima kupec pravico, da se v roku 6 mesecev odloči za trajno prenehanje te pogodbe.

14. člen: Posebna določila

1. V primeru spora ali zahtevkov, ki izhajajo iz njega, ali v povezavi s to pogodbo, vključno s kakršnim koli vprašanjem, ki se nanaša, ne pa tudi omejuje, na njeno veljavnost, interpretacijo in pravilno izvedbo, se stranki strinjata, da se bodo takšni spori ali zahtevki reševali na sodišču v _____.
2. Ta pogodba začne v celoti veljati na dan, ko jo podpišeta obe stranki.
3. Pogodba je izdelana v dveh izvodih, od katerih prejme vsaka pogodbeni stranka po en izvod.
4. O kakršnih koli spremembah, ki zadevajo kateri koli člen te pogodbe, bo ena ali druga stranka pisno obvestila drugo pogodbeno stranko.
5. Katera koli tretja stranka, ki prevzame eno ali drugo pogodbeno stranko, hkrati prevzame tako pravice kot obveznosti, ki izhajajo iz te pogodbe.
6. Pogodbeni stranki se strinjata, da si bosta delili stroške izdelave te pogodbe, torej da vsaka od njiju plača 50 % skupnih stroškov.

Kraj, datum štampljka in podpis pravnega zastopnika dobavitelja	Kraj, datum štampljka in podpis pravnega zastopnika kupca
---	---

12.2 PRIMER DEKLARACIJE O KAVOVOSTI LESNIH SEKANCEV

(glej SIST-TS CEN-TS 15234:2006)

Prejemnik deklaracije: Ime kupca, kateremu je dostava namenjena

DEKLARACIJA O KAVOVOSTI LESNIH SEKANCEV NA OSNOVI SPECIFIKACIJE SIST-TS CEN/TS 14961:2005	
Dobavitelj	<i>Ime dobavitelja Naslov dobavitelja Kontaktne podatki (telefon, odgovorna oseba,...)</i>
Surovina	<i>Klasifikacija porekla in vira trdnih biogoriv (tabela 1 iz SIST-TS CEN/TS 14961:2005 Npr: Hlodi, krajniki in okleščki iglavcev (1.1.2.2; 1.2.1.2)</i>
Izvor	<i>Kraj nastanka: npr. gozd</i>
Količina dobavljenega tovara	v tonah
Lastnosti	
Dimenzija delcev (mm)	<i>P45</i>
Vlažnost (w)	<i>M30</i>
Vsebnost pepela (wt % d.b.)	<i>A1,5</i>
Gostota nasutja (kg/nasuti m ³)	<i>Kot dostavljeno (npr. 230)</i>
Energijska vrednost (MJ/kg)	<i>Kot dostavljeno (npr. 12,2)</i>
Gostota energije (MJ/nasuti m ³)	<i>Kot dostavljeno (npr. 2806)</i>
Podpis pooblaščenice osebe _____	Kraj in datum _____

**12.3 PRIMER CENIKA ZA TRANSPARENTNO IN UREJENO TRGOVANJE S
CEPANICAMI**

CENIK ZA LETO 20XX/XX

Veljaven do ____ . ____ 20__

Franko skladišče, vključno z DDV

SMREKOVA IN BUKOVA DRVA-SUŠILNIČNO SUHE (w = 20 %)

→ 1 prm zloženih polen ~ 1,4 nasutih polen m³

→ H_{i20} = 4 kWh/kg

Bukev	Dolžina (L)	Do 7 nm³	Do 5 prm	Več kot 5 prm popust 5 %
1 prm = 450 kg 1 nm³ = 300 kg	100 cm (P1000)	___ €	___ €	___ €
	50 cm (P500)	___ €	___ €	___ €
	33 cm (P330)	___ €	___ €	___ €
	25 cm (P250)	___ €	___ €	___ €
Smreka				
1 prm = 315 kg 1 nm³ = 201 kg	100 cm (P1000)	___ €	___ €	___ €
	50 cm (P500)	___ €	___ €	___ €
	33 cm (P330)	___ €	___ €	___ €
	25 cm (P250)	___ €	___ €	___ €

prm - prostorni meter

nm3 - nasuti meter

12.4 OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

m^3 : kubični meter

prm : prostorninski kubični meter

nasuti m^3 : nasuti kubični meter

u: vlažnost na suhi osnovi [%]

w: vlažnost na vlažni osnovi [%] oziroma vsebnost vode v lesu

Mv: gostota trdnega goriva [volumenska masa] [kg/m^3]

Ms: gostota prostorninskega in nasutega goriva [kg/msa , kg/msr]

W_w : mokra teža [kg, t]

W_0 : suha teža [kg, t]

d.b.: suha osnova [kg, t]

wt: vlažna osnova [kg, t]

GCV: bruto energijska vrednost [MJ/kg, kWh/kg]

NCV_M: neto energijska vrednost [MJ/kg, kWh/kg]

toe: tona naftnega ekvivalenta

Q: zmogljivost kotla [kW]

Q_B : bruto zmogljivost kotla [kW]

Q_N : nominalna toplotna zmogljivost [kW]

η_k : učinkovitost [%]

SRC: Short Rotation Coppices (hitro rastoči panjevci)

12.5 MEDNARODNI SISTEM MERSKIH ENOT

10^n	Predpona	Simbol	Dolga lestvica	Decimalke
10^{15}	<u>peta-</u>	P	<u>biljarda</u>	1 000 000 000 000 000
10^{12}	<u>tera-</u>	T	<u>bilijon</u>	1 000 000 000 000
10^9	<u>giga-</u>	G	<u>milijarda</u>	1 000 000 000
10^6	<u>mega-</u>	M	<u>milijon</u>	1 000 000
10^3	<u>kilo-</u>	k	<u>tisoč</u>	1 000
10^2	<u>hekto-</u>	h	<u>dto</u>	100
10	<u>deka-</u>	da	<u>deset</u>	10
10^{-1}	<u>deci-</u>	d	desetina	0,1
10^{-2}	<u>centi-</u>	c	stotina	0,01
10^{-3}	<u>mili-</u>	m	tisočina	0,001
10^{-6}	<u>mikro-</u>	μ	milijonina	0,000 001


13 VIRI

- Ashton S., Jackson B., Schroeder R. 2007. Storing Woody Biomass. V: Hubbard W., Biles L., Mayfield C., Ashton S. (Eds.). 2007. Sustainable Forestry for Bioenergy and Bio-based Products: Trainers Curriculum Notebook. Athens, GA: Southern Forest Research Partnership, Inc.: 149–152.
- Ashton S., Jackson B., Schroeder R. 2007. Storing woody biomass. V: Sustainable forestry for bioenergy and bio-based products: Trainers curriculum notebook. Hubbard W., Biles L., Mayfield C., Ashton S. (eds.). Athens, GA, Forest Research Partnership, Inc: 149–152
- Biernath D., 2006. *Brennholz Trocknung mit der Biogasanlage*, Energie Pflanzen n°2, Das Fachmagazin für nachwachsende Rohstoffe und erneuerbare Energien, Scheeßel-Hetzwege (DE).
- Buggeln R. 1999. Outside storage of wood chips. *BioCycle*, 40: 32–34
- Bundesministerium für land- und forstwirtschaft, 1997. *Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenaschen im Wald*-Wien (AT).
- Bundesministerium für land- und forstwirtschaft, 1998. *Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenaschen im Acker- und Grünland*, Wien (AT).
- Burger F., 2005. *Wood Chip Drying Pilot Study "Wadlhausen"*, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising (DE).
- Dany C., 2007. *Allgäuer Hackschnitzel*, Energie Pflanzen n°6, Das Fachmagazin für nachwachsende Rohstoffe und erneuerbare Energien, Scheeßel-Hetzwege (DE).
- Empfohlene Umrechnungsfaktoren für Energieholzsortimente bei Holz- bzw. Energiebilanzberechnung, 2009. Austrian energy Agency, Dunaj, 18 str.
- Florian G., 2006. *Nicht länger das Aschenputtel der Holzbranche*, Energie Pflanzen n°6, Das Fachmagazin für nachwachsende Rohstoffe und erneuerbare Energien, Scheeßel-Hetzwege (DE).
- Francescato V., Paniz A., Antonini E., Correale S.F., Agostinetti L., 2007. *Rivista Tecnica AGRIFORENERGY n° 2*, Ed. AIEL, Legnaro (PD).
- Francescato, V., Antonini, E., Mezzalana, G., 2004. *L'energia del legno*, Nozioni, concetti e numeri di base, Regione Piemonte.
- Francescato, V., Antonini, E., Paniz, A., Grigolato, S., 2007. *Vitis Energetica, valorizzazione energetica dei sarmenti di vite in provincia di Gorizia*, *Informatore Agrario* n° 10.
- Francescato, V., Bergoni L. Z., 2009. *Wood fuel handbook*. AIEL, Padova, 79 str.
- Fuller W. S. 1985. Chip pile storage—a review of practices to avoid deterioration and economic losses. *Tappi Journal*, 68: 48–52
- Garstang J., Weekes A., Poulter R., Bartlett D. 2002. Identification and characterisation of factors affecting losses in the large-scale, non-ventilated bulk storage of wood chips and development of best storage practices URN 02/1535. Leeds, First Renewables Ltd: 116 str.
- Giordano G., 1988. *Tecnologia del legno*, UTET, Milano.
- Gülzow (DE) 224 S., ISBN 3-00-011041-0, Hellrigl B, 2006 - *Elementi di xiloenergetica, Definizioni, formule e tabelle*, Ed. AIEL, Legnaro (PD),
- Höldrich A., Hartmann H., Decker T., Reisinger K., Sommer W., Schardt M., Wittkopft S., Ohrner G., 2006-*Rationelle Scheitholzbereitungsverfahren*, Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing (DE).
- Hartmann H, (Hrsg.): *Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen 2007* (2nd edition), Sonderpublikation des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR),
- ITEBE 2004-*Produire de la plaquette forestière pour l'énergie*, Bonne pratique n°1 du bois déchiqueté, Lons Le Saunier (FR).

- Jonas A., Haneder H., Furtner K., 2005, *Energie aus Holz*, Landwirtschaftskammer Niederösterreich St. Pölten (AT).
- Krajnc N., Piškur M., 2006. Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v sloveniji = roundwood and wood waste flow analysis for slovenia. *Zb. Gozd. Lesar.*, , 80, s. 31-54.
- Krajnc N., Piškur, M. 2009. Lesni sekanci : stanje mehaniziranosti, proizvodnja in raba. *Gozd obnov. viri*, 1, s. 11-14.
- Langendorf G., Schuster E., Wagenführt R. 1972 *Rohholz*,–Leipzig : VEB Fachbuchverlag, 278 str.
- Loo van S., Koppejan J., 2003–*Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing*, Ed., Twente University Press (NL),
- Mihelič M, Piškur M., Kranjc N., Simončič P.; 2009; Pomen ponorov za sektor rabe tal, spremembe rabe tal in gozdarstva v okviru mednarodnih sporazumov; EGES 4/2009 str: 132 – 134
- Obernberger I., 1995–*Logistik der Aschenaufbereitung und Aschenverwertung*, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn (DE).
- Piškur B. 2009. Sukcesivni procesi razgradnje lesnega substrata inokuliranega z glivo *Pleurotus ostreatus* na degradiranih območjih. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 132 str.
- Piškur M., Krajnc, N., 2009. Tokovi okroglega industrijskega lesa v Sloveniji = Industrial roundwood flows in Slovenia. *Les* 61, 4, s. 141-145.
- Progetto BIOCEN, 2004–*Gestione e valorizzazione delle ceneri di combustione nella filiera legno-energia*, Regione Lombardia.
- Stampfer K., Kanzian C., 2006, *Current state and development possibilities of wood chip supply chains in Austria*, *Croatian Journal of Forest Engineering* 27 (2): pp 135–144.
- Torelli N., 1989. Zgradba in lastnosti lesa : (za interno uporabo). –Ljubljana : VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo, Katedra za tehnologijo lesa,–92 str. : ilustr. ; 30 cm
- Torelli N., 1998. Gostota in relativna gostota lesa = Density and relative density of wood/–str. 54. V: *Les*–ISSN 0024–1067.– Let. 50, št. 3 (marec 1998), str. 52–54.
- UNIFIED BIOENERGY TERMINOLOGY–UBET, 2004. FAO, 50 str.
- Wagenführ, R., 1996. *Holzatlas*. 4. Izd. Fachbuchverlag, Leipzig, 688 s.
- Zabel R. A., Morrell J. J. 1992. *Wood Microbiology. Decay and Its Prevention*. San Diego, Academic press, Inc.: 476 str.
- Zabel R.A., Morrell J.J. 1992. *Wood microbiology. Decay and its prevention*. San Diego, Academic Press, Inc: 476 str.





Intelligent Energy  Europe



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE



www.biomassradecentres.eu
www.gozdis.si



TERMoeLEKTRARNA TOPLARNA LJUBLJANA