

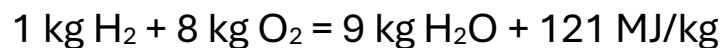
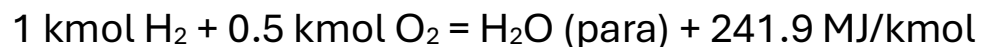
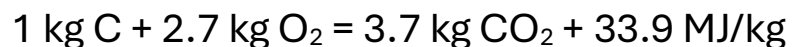
SKLOP 4 / POGLAVJE 2 – Koriščenje lesne biomase

Zgorevanje

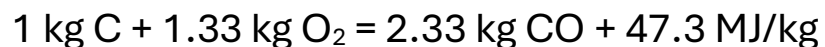
Zgorevanje biomase je proces, pri katerem se organski materiali, znani kot biomasa, kot so les, odpadki iz kmetijstva in posebne vrste odpadkov, uporabljajo za proizvodnjo energije.

Stehiometrična enačba za oksidacijo ogljika (C) in vodika (H) v gorivih vključuje reakcijo z molekularnim kisikom (O_2) iz zraka za tvorbo ogljikovega dioksida (CO_2) in vode (H_2O):

Popolna oksidacija



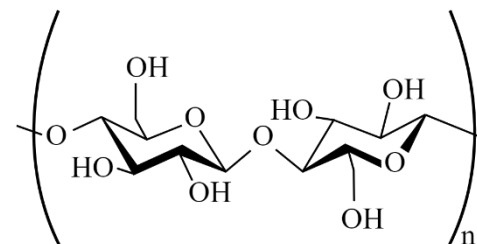
Nepopolna oksidacija:



Kemična sestava lesne biomase

Celuloza (40-50%)

- Glavni strukturni polisaharid, sestavljen iz dolgih verig glukoze.
- Zagotavlja trdnost in togost lesa.
- Hitra razgradnja in energijska sprostitvev pri zgorevanju.



Hemiceluloza (25-35%)

- Manj organiziran polisaharid, vsebuje različne sladkorje (kot so ksilan, manan, arabinan).
- Amorfnost struktura, hitrejša razgradnja pri termičnih procesih.

Lignin (15-30%)

Kompleksen polifenol, ki deluje kot vezivo med celicami.

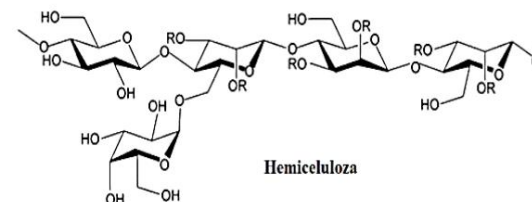
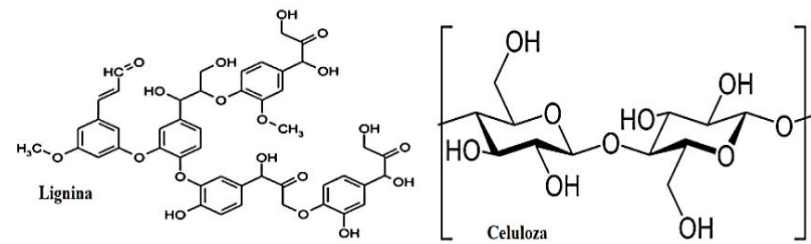
- Daje lesu odpornost proti biološki razgradnji.
- Višja energijska vrednost pri zgorevanju v primerjavi s polisaharidi.

Ekstrakti

- Vsebuje smole, voske, tanine, alkaloidi.
- Vplivajo na lastnosti lesa kot so vonj in barva.

Minerali (Pepel)

- Manj kot 2% mase suhega lesa.
- Vpliv na zgorevalne lastnosti in temperaturo taljenja.



Različne ravni vlažnosti lesa in njihova Uporaba

Svež les (zeleni les)

- **Vlažnost:** 30-200%
- **Značilnosti:** Težak, visoka vlažnost, neprimeren za takojšnjo uporabo
- **Uporaba:** Omejena, potrebno dodatno sušenje za večino namenov

Gozdno suh les

- **Vlažnost:** 20-30%
- **Značilnosti:** Postopno sušenje na prostem, nižja vlažnost
- **Uporaba:** Lahko se uporablja kot gorivo, manj primeren za gradbeništvo

Zračno suh les

- **Vlažnost:** 12-20%
- **Značilnosti:** Nadzorovano sušenje, izpostavljen zraku, zaščiten pred dežjem
- **Uporaba:** Pohištvo, notranja oprema, gradbeništvo

Tehnično suh les

- **Vlažnost:** 6-10%
- **Značilnosti:** Sušenje v sušilnih komorah, hitro znižanje vlažnosti
- **Uporaba:** Visokokakovostne konstrukcijske in pohištvene aplikacije



Kaj je kurilnost in zgorevalna toplota?

- **Kurilnost (H_i)** je količina toplote, ki se sprosti, če zgori ena enota goriva.
- **Zgorevalna toplota (H_s)** je količina toplote, ki se sprosti pri zgorevanju v obliki toplote vodne pare v dimnih plinih, ki jo lahko pri ohladitvi pod rosišče tudi uporabimo.

$$H_s > H_i$$

Razlika je večja pri gorivih z večjim deležem vodika:

Zemeljski plin (11 %); kurilno olje (7 %)

Primer: Na vsake 10 % vode v lesu se zmanjša njegova kurilnost za 12 %.

Pri kurjenju gozdno suhega lesa se $\frac{1}{4}$ sproščene toplote porabi za uparjanje vode iz lesa.

$$H_i = 33.9 w_c + 121.4 (w_H - w_O/8) - 2.5 w_{H_2O} \text{ [MJ/kg]}$$

$$H_s = H_i + 22.34 w_H + 2.5 w_{H_2O} \text{ [MJ/kg]}$$

Priprava in predelava lesne biomase

Priprava in predelava lesa v lesno biomaso sta ključna koraka, ki omogočata, da se lesni odpadki in ostanki učinkovito pretvorijo v uporabne oblike energije.

1. Razrez in drobljenje

- Lesni materiali, kot so veje, odpadli vrhovi dreves, in odpadni les iz industrije se najprej razrežejo na manjše kose ali zdrobijo v žagovino. Ta postopek se izvaja s pomočjo različnih strojev, kot so drobilniki, sekalniki in žage. Manjši kosi lesa se lažje sušijo in kasneje peletirajo ali briketirajo.



2. Sušenje

- Sušenje je bistveno za zmanjšanje vsebnosti vode v lesu, kar poveča njegovo energetske gostoto in izboljša učinkovitost zgorevanja. Lesna biomasa se suši naravno na zraku ali v sušilnih komorah. Pri industrijskem sušenju se pogosto uporabljajo termične tehnike, kjer se biomasa izpostavi vročemu zraku ali neposredni toploti za pospešeno odstranjevanje vlage.



3. Peletiranje

- Peletiranje je postopek, kjer se majhni kosi ali žagovina pod visokim pritiskom stisnejo skozi matrice, kar ustvari enotne cilindrične pelete. Peleti so priljubljeni zaradi svoje visoke gostote, enostavnosti rokovanja, skladiščenja in enakomernega zgorevanja. Ta proces vključuje tudi dodajanje veziv, kot so naravni škrobi, za izboljšanje kohezije in strukturne stabilnosti peletov.



4. Briketiranje

- Podobno kot peletiranje, tudi briketiranje vključuje stiskanje drobljenega lesa pod visokim pritiskom, vendar v večje bloke ali brikete. Briketi so večji od peletov in se uporabljajo za dolgotrajnejše zgorevanje, kar je idealno za ogrevanje domov ali v industrijskih pečeh.



5. Paketiranje in skladiščenje

- Po predelavi v pelete ali brikete je pomembno, da se lesna biomasa ustrezno pakira in skladišči, da se ohrani njena kakovost. Pakiranje v vodoodporne materiale pomaga preprečiti vnos vlage, kar je še posebej pomembno pri dolgoročnem skladiščenju.



6. Nadzor kakovosti

- Skozi celoten proces predelave je potrebno izvajati stroge kontrole kakovosti, da se zagotovi, da končni izdelki izpolnjujejo predpisane standarde za velikost, vsebnost vlage, gostoto in energetske vrednosti. To vključuje redno testiranje vzorcev biomase in prilagajanje procesnih parametrov po potrebi.

Lastnost	enota	A1	A2	B
Premer	mm	6 ali 8		
Dolžina	mm	$3,15 \leq L \leq 40$		
Vsebnost vode	w-%	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Vsebnost pepela	w-%	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$
Mehanska odpornost	w-%	$\geq 97,5$		
Velikost delcev ($\leq 3,15$ mm)	w-%	< 1		
Kurilna vrednost	MJ/kg	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,3 \leq Q \leq 19$	$16,0 \leq Q \leq 19$
Gostota nasutja	Kg/m ³	≥ 600		
Vsebnost dušika	w-%	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$
Vsebnost žvepla	w-%	$\leq 0,03$		$\leq 0,04$
Vsebnost klora	w-%	$\leq 0,02$		$\leq 0,03$



✗ Napačno

Dim je gost in sivkast.

Veliko strupenih in zdravju škodljivih snovi

Visoka obremenitev ozračja s prašnimi delci

Slab dotok zraka
Pojenjajoč plamen temnordeče barve
Temen in grob pepel

✗ Neustrezno gorivo za kurjavo

Star papir in karton Vlažen les Plastika, embalaža, obdelan les in drugi odpadki

✓ Pravilno

Dim je redek in skoraj brezbarven.

Manj strupenih in zdravju škodljivih snovi

Manj prašnih delcev

Ustrezen dotok zraka
Visok plamen svetle barve
Svetel in droben pepel

✓ Ustrezno gorivo za kurjavo

Suh les Briketi in peleti iz naravnega lesa

Vir: MOPE, brošura O pravilnem kurjenju z lesom

Vrste lesne biomase

- **Cepanice:** 1 m dolgi kosi lesa, premer nad 10 cm (razcepljen hlod)
- **Okroglice:** 1 m dolgi okrogli kosi lesa, premer do 10 cm (vejem tanjša drevesa)
- **Polena:** tradicionalna oblika goriva; razžagani na 30 – 50 cm dolžine, razcepljeni



Sekanci

- Razsekani kosi lesa (veje, krošnje, lesni ostanki, ...)
- Velikost do 10 cm
- Mletje s posebnimi napravami na mestu nastanka



Peleti

- Iz čistega lesa dobre kvalitete
- Stiskanje suhega lesnega prahu in žaganja – brez lepil in dodatkov
- Standardizirana oblika (premer 8 mm, dolžina do 50 mm)
- Velik pritisk in povišana temperatura (sušenje in povečanje gostote)
- Velika kurilna vrednost
- Lahek transport (cisterna ali vreče)
- Avtomatizacija





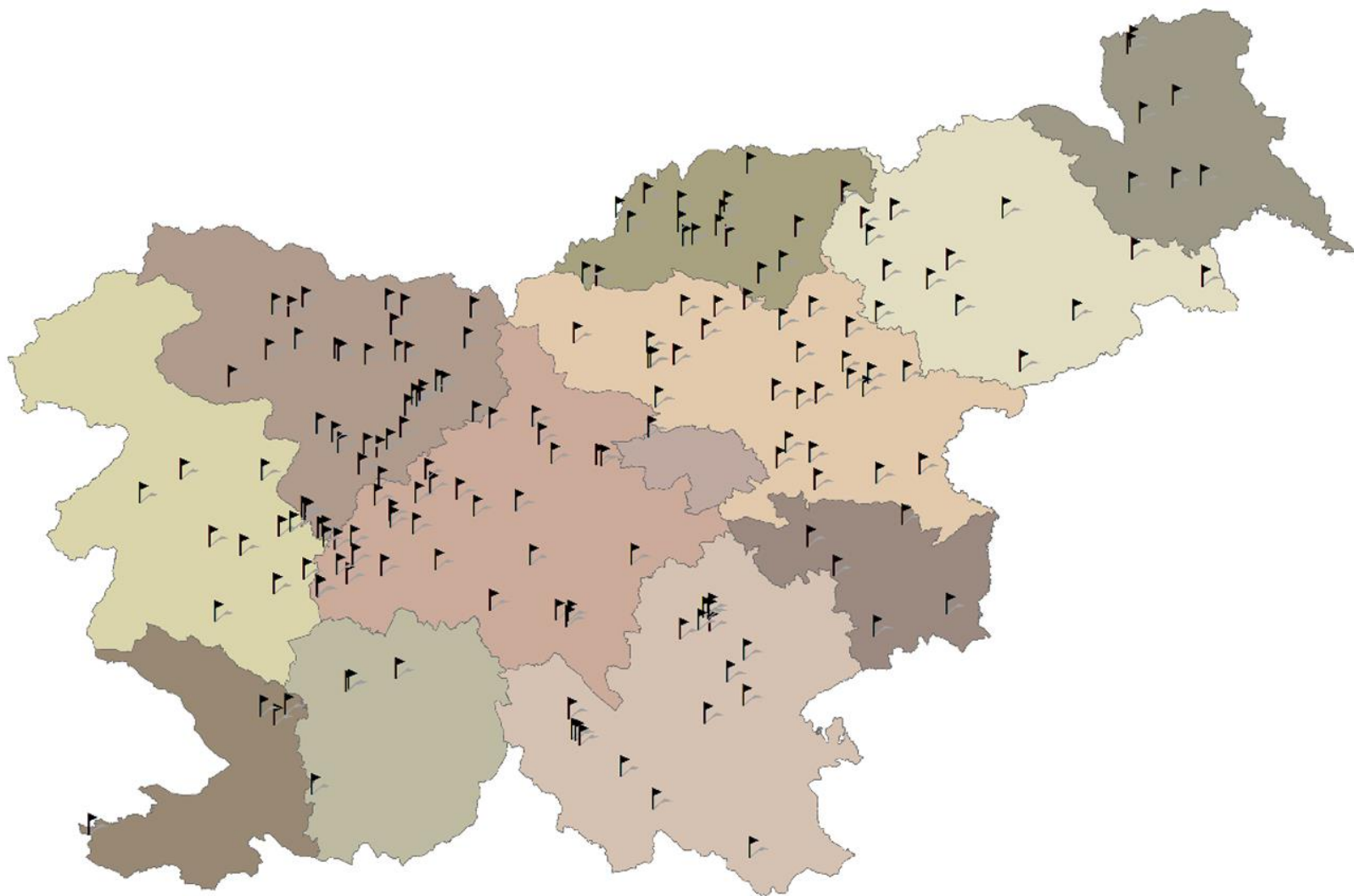
Razvoz peletov v cisterni

Briketi

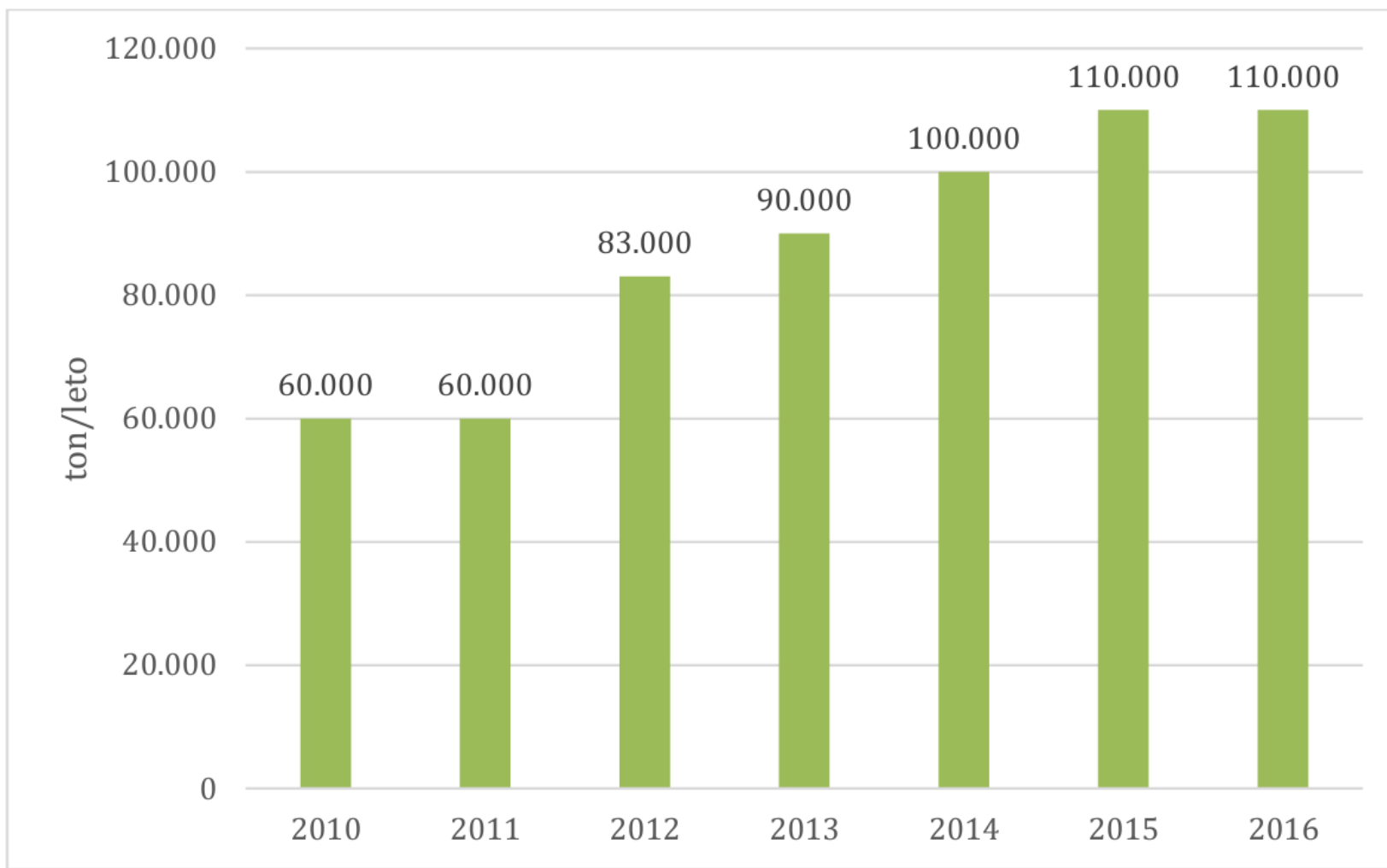
- Večji stiskanci
- Lubje, lesni prah, žaganje, oblanci, ...
- Različnih oblik
- Za manjša kurišča (kamini, savne, lončene peči)



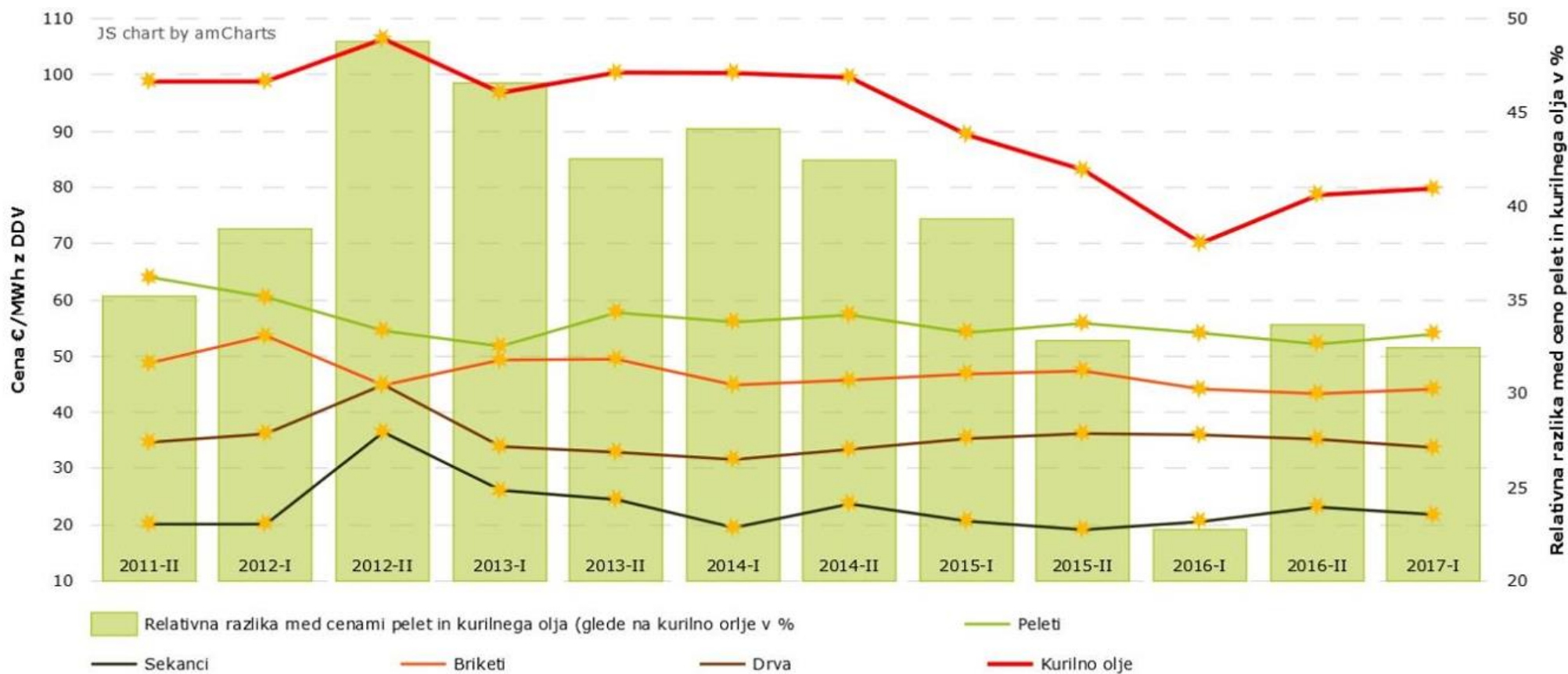
Lesna biomasa v Sloveniji



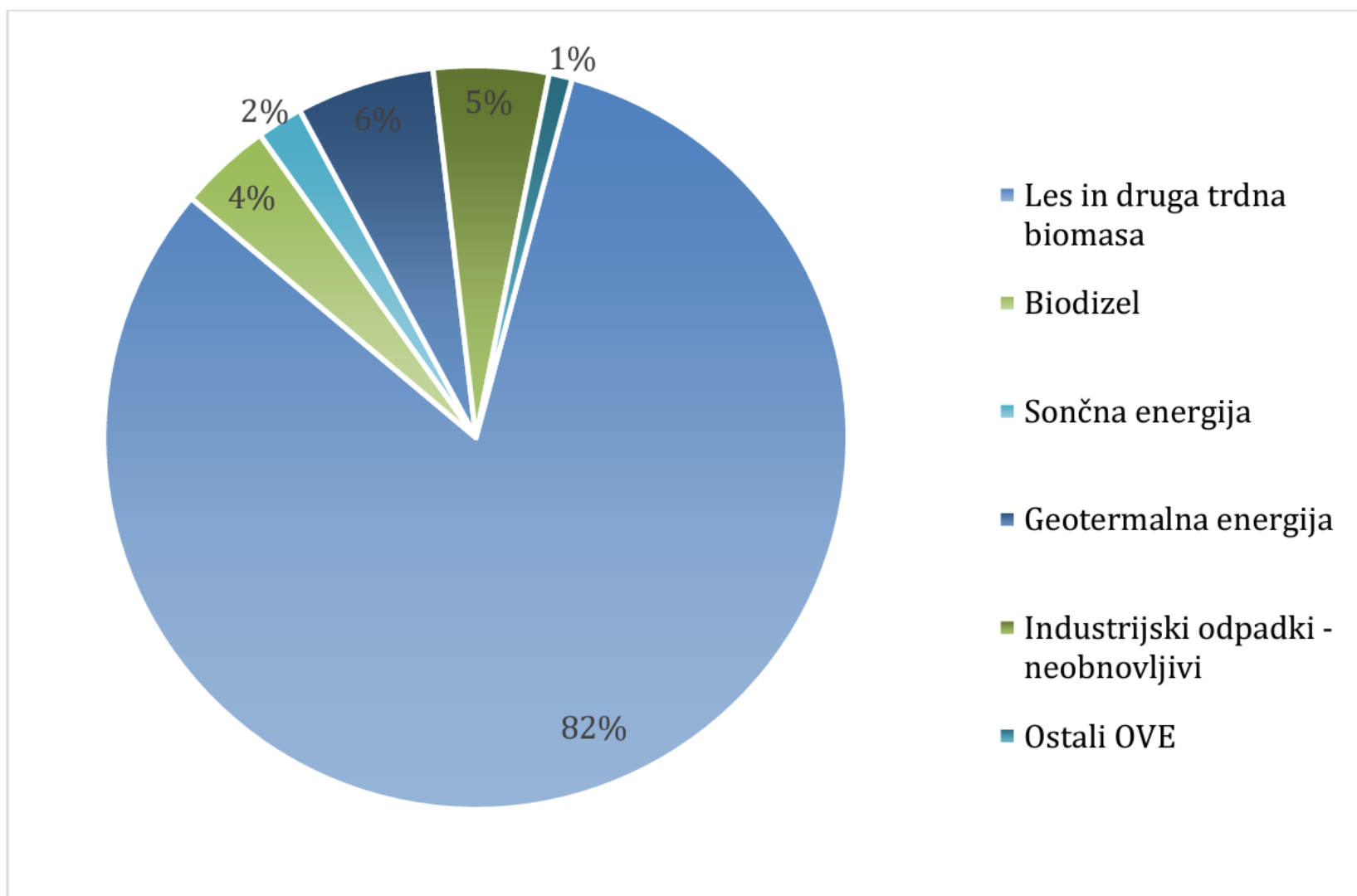
Lokacije sekalnikov po statističnih regijah (vir GIS, 2015)



Prikaz proizvodnje peletov v Sloveniji v tonah/leto med 2010 in 2016 (GTE)



Cene lesnih goriv v Sloveniji



Struktura oskrbe z obnovljivimi viri energije v letu 2015

Peči na lesno biomaso

Peči na lesno biomaso so ogrevalni sistemi, ki uporabljajo les (v obliki sekancev, peletov ali briketov) kot gorivo za proizvodnjo toplote. Te peči so priljubljena izbira za domove, poslovne prostore in industrijske aplikacije zaradi njihove učinkovitosti in okoljskih prednosti. Tukaj so ključne vrste peči na lesno biomaso:

- **Peči na pelete**
- **Peči na lesne sekance**
- **Peči na brikete**

Značilnosti

- **Visoka energetska učinkovitost:** Nad 80% izkoristek.
- **Avtomatizacija:** Samodejno upravljanje dovajanja goriva in zračenja.
- **Okoljska trajnost:** Ogljično nevtralno gorivo, zmanjšanje ogljičnega odtisa.

Uporaba in Vzdrževanje

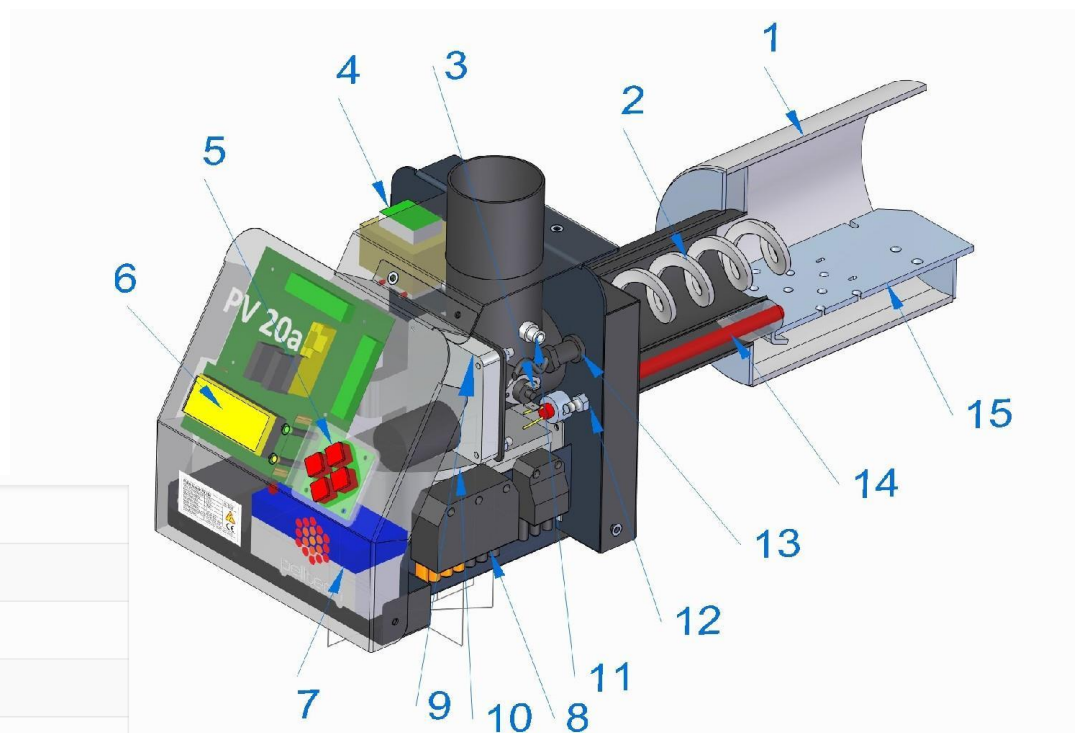
- **Vzdrževanje:** Redno čiščenje in tehnični pregledi.
- **Subvencije:** Možne državne subvencije za spodbujanje uporabe.



1. Peči na pelete

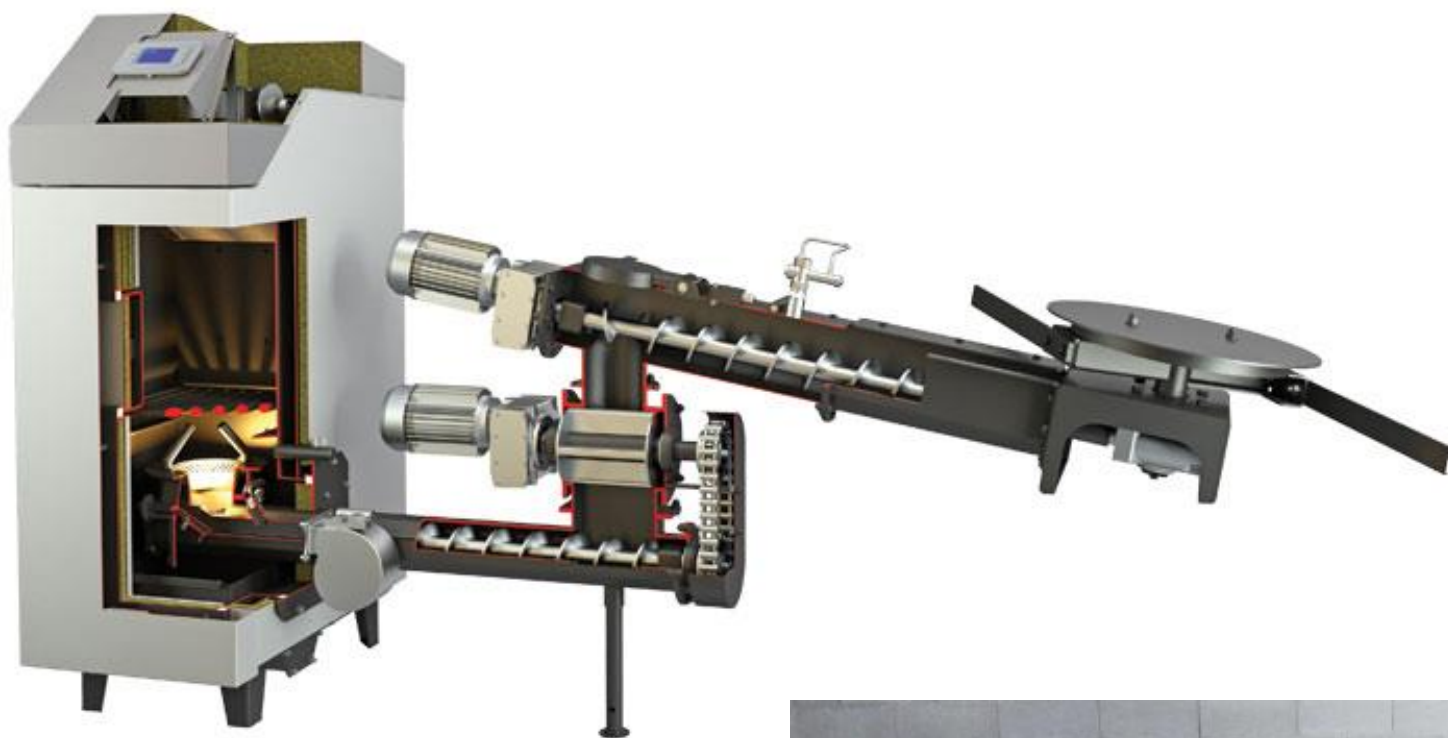
Peči na pelete so zasnovane za avtomatsko dovajanje peletov iz vgrajenega rezervoarja ali silosa. Ta vrsta peči je zelo priljubljena v gospodinjstvih zaradi enostavnega upravljanja in avtomatizacije. Peči na pelete lahko dosežejo zelo visoko učinkovitost zgorevanja in ponujajo visok nadzor nad temperaturo in izgorevanjem.

- Zalogovnik
- Polž
- Kotel
- Posoda za pepel



1. Gorilna komora	9. Motor podajalnika
2. Spirala podajalnika	10. Ventilator
3. Varnostni izklop termostata	11. Senzor nivoja goriva
4. Glavni transformator	12. Vijak za nameščanje
5. Ročka uporabniškega vmesnika	13. Tipalo za ogenj
6. Zaslon uporabniškega vmesnika	14. Vžigalnik
7. Dodatni akumulator	15. Rešetka
8. Priključki	





Peči na lesne sekance

Peči na lesne sekance so primerne za večje sisteme, kot so šole, bolnišnice in industrijske stavbe. Lesni sekanci so cenejši od peletov, vendar zahtevajo večji prostor za shranjevanje in bolj kompleksen sistem za dovajanje goriva.





SASP (150 kW – 2 MW)

Peči na brikete

Peči na brikete so podobne pečem na pelete, vendar uporabljajo večje brikete. Briketi so bolj primerni za dolgotrajno zgorevanje in so pogosto izbrani za aplikacije, kjer je potreben stabilen in dolgotrajen vir toplote.



Pepel pri Izgorevanju Lesne Biomase

Vrste Goriva

- **Drva:** Tradicionalni vir biomase, običajno proizvaja več pepela.
- **Peleti:** Stisnjena žagovina, minimalna količina pepela zaradi visoke gostote in čistosti (1 kg / 150 kg pelet).
- **Sekanci:** Različne velikosti, večji delci lahko povečajo količino pepela.
- **Briketi:** Podobno kot peleti, a večji formati lahko vodijo do nekoliko več pepela.

Lastnosti Pepela

- **Kemična sestava:** Večinoma ogljikovi in mineralni ostanki; vsebnost hranil kot so kalij, kalcij in magnezij.
- **Količina:** Odvisna od vrste in čistosti biomase; običajno med 0,5% do 1,5% teže suhe biomase.

Uporaba Pepela

- **Gnojilo:** Bogat vir mineralov, koristno za izboljšanje tal v kmetijstvu.
- **Gradbeni material:** Sestavina v proizvodnji cementa in betona.

Priporočila za ravnanje

- **Shranjevanje:** Hraniti v suhem okolju za preprečevanje erozije.
- **Odlaganje:** Upoštevanje lokalnih predpisov o odlaganju pepela.



Razlike med dobrimi in slabimi peleti

Kakovost surovin

- Dobri peleti: Izdelani iz čiste, neobarvane lesne biomase brez dodatkov ali veziv.
- Slabi peleti: Lahko vsebujejo recikliran les, barve, lepila ali druge dodatke, ki zmanjšujejo kakovost zgorevanja.

Vsebnost vlage

- Dobri peleti: Nizka vsebnost vlage (manj kot 10%), kar zagotavlja višjo kurilno vrednost in čistejše zgorevanje.
- Slabi peleti: Visoka vsebnost vlage, kar povzroča manjšo kurilno vrednost in večje izpuste.

Gostota in trdnost

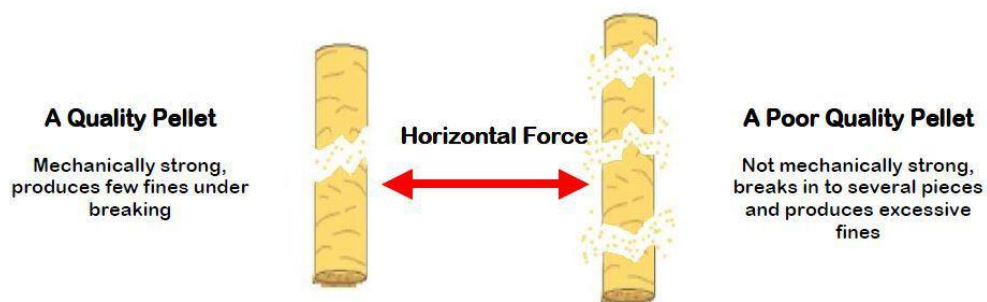
- Dobri peleti: Visoka gostota in trdnost, kar omogoča enakomerno dovajanje in zgorevanje.
- Slabi peleti: Nizka gostota in krhkost, ki vodi do hitrejšega razpadanja in neenakomerne distribucije toplote.

Izpusti pepela

- Dobri peleti: Nizka količina pepela (manj kot 1%), kar pomeni manj čiščenja in vzdrževanja.
- Slabi peleti: Višji delež pepela, kar zahteva pogostejše čiščenje in lahko poškoduje peč.

Kvalitetni peleti se ne drobijo, ampak lomijo!

Poleg tega potonejo v vodi, ki ostane čista tudi po daljšem času.



Preglednica 1: *Kakovostni razredi po standardu SIST EN ISO 17225-2.*

Parameter kakovosti	Kakovostni razred		
	A1	A2	B
Vsebnost vode (% - dostavljeno stanje)	≤ 10		
Delež pepela (% - suho stanje)	$\leq 0,7$	$\leq 1,2$	≤ 2
Mehanska obstojnost (% - dostavljeno stanje)	$\geq 97,5$		$\geq 96,5$
Gostota nasutja (kg/m^3 - dostavljeno stanje)	≥ 600		
Kurilna vrednost (kWh/kg - dostavljeno stanje)	$\geq 4,6$		
Delež finih delcev $< 3,15 \text{ mm}$ (% - dostavljeno stanje)	≤ 1		

Prednosti in slabosti lesne biomase

Prednosti

- **Obnovljiv vir energije:** Lesna biomasa se stalno obnavlja in zmanjšuje odvisnost od fosilnih goriv.
- **Ogljična nevtrálnost:** Drevesa med rastjo absorbirajo CO₂, ki se nato sprosti pri zgorevanju, kar pripomore k uravnoteženju ogljičnega odtisa.
- **Gospodarska korist:** Spodbuja lokalno gospodarstvo in ustvarja delovna mesta v gozdarstvu in povezanih industrijah.
- **Uporaba odpadkov:** Omogoča uporabo odpadnega lesa iz žag in industrije, kar zmanjšuje odpadke.

Slabosti

- **Prostorske zahteve:** Shranjevanje in logistika biomase zahtevata več prostora in infrastrukture.
- **Vplivi na zrak:** Zgorevanje lesne biomase lahko proizvede emisije, kot so delci in NO_x, ki prispevajo k onesnaževanju zraka.
- **Trajnostni izzivi:** Nepravilno upravljanje gozdov lahko vodi v degradacijo ekosistemov in izgubo biotske raznovrstnosti.
- **Stroški:** Začetne investicije v peči in distribucijski sistem so lahko visoke.