

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Ervin KRAŠEVEC

**INDUSTRIJSKI KOTLI IN KURIŠČA ZA KURJENJE
BIOMASE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Ervin KRAŠEVEC

INDUSTRIJSKI KOTLI IN KURIŠČA ZA KURJENJE BIOMASE

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INDUSTRIAL BOILERS AND COMBUSTION CHAMBERS
FOR BIOMASS BURNING**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v okviru študija na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Janeza Omana, za recenzentko pa doc. dr. Dominiko Gornik Bučar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Ervin Kraševc

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 662.63:697.326
KG	lesna biomasa/vir energije/kotli/kurišča
AV	KRAŠEVEC Ervin
SA	OMAN, Janez (mentor)/GORNIK BUČAR, Dominika (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2009
IN	INDUSTRIJSKI KOTLI IN KURIŠČA ZA KURJENJE BIOMASE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VII, 52 str., 10 pregl., 14 sl., 21 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<p>Ozaveščenost ljudi o klimatskih spremembah in omejenih zalogah nafte prispeva k vse večji izrabi biomase. Biomaso predstavljajo olesenele in neolesenele rastline. Le-te porabljajo pri rasti CO₂, ki se pri gorenju ali gnitju vrača nazaj v okolje. Na ta način ni presežka CO₂ in posledično negativnega vpliva na podnebje. Različne tehnike pridelave, predelave in uporabe biomase nudijo končnemu uporabniku komfortno energetska oskrbo. Modernizacija naprav za izrabo biomase omogoča visoke izkoristke. Velik preskok v kakovosti izrabe biomase predstavlja prehod z naprav z naravnim vlekom zraka na naprave s prisilnim. Na ta način dovedemo v kurišče zadostno količino O₂, kar omogoča visoko stopnjo izrabe akumulirane energije kuriva in malo okolju škodljivih snovi. Sistemi daljinskega ogrevanja so dober primer izrabe biomase na področjih, ki so bogata z lesno biomaso. Sistem obsega kurilno enoto in vročevod, po katerem se dovaja energija do posameznih enot. Znotraj teh so nameščeni prenosniki toplote, ki ločujejo individualni in daljinski ogrevalni sistem. Izračun, da bi v Sloveniji z izrabo enoletnega prirastka lesne biomase pokrili 50 % energetskih potreb, nakazuje zgornjo možno mejo izrabe biomase. Izraba biomase v energetske namene je smiselna do meje, kjer les nima več ekonomske vrednosti za morebitne druge proizvode.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 662.63:697.326

CX wood biomass/energy sources/boilers/combustion chambers

AU KRAŠEVEC Ervin

AA OMAN, Janez (supervisor)/GORNIK BUČAR, Dominika (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2009

TI INDUSTRIAL BOILERS AND COMBUSTION CHAMBERS FOR BIOMASS BURNING

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO VII, 52 p., 10 tab., 14 fig., 21 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Public awareness campaigns on climate change and limited oil sources are the most important factors of increasing utilization of biomass. Biomass is divided into wooden and non-wooden plants using CO₂ for their growth. CO₂ returns into the environment while burning and rotting which means that there is no surplus of CO₂ and no negative impact on our climate. The end user gets comfortable energy supply by exploiting different production and modification techniques. Good utilization of biomass can be achieved through modernization of respective devices. A shift from genuine air traction devices to constrained traction devices was the biggest step ever made for the quality of biomass. A sufficient amount of O₂ is brought to the combustion chamber this way which enables high utilization of accumulated energy and smallest possible share of environment unfriendly substances. We can mention the systems of remote heating as a good practice case for biomass rich areas. The system encompasses a burning unit and heating tubes through which energy is brought to individual units. Heat transfers separating the individual and the remote heating system are placed inside these units. 50 % of energy needs could be covered only by the increment of wooden biomass in Slovenia on a yearly basis. This calculation points to the highest possible limit of biomass utilization. Such utilization is only reasonable when wood no longer has any economic value for producing other products.

KAZALO STRANI

	str.
Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VIII
Kazalo slik.....	IX
1 UVOD	1
1.1 CILJI DIPLOMSKE NALOGE.....	1
1.2 VRSTE IN LASTNOSTI ENERGIJE.....	2
1.3 OBNOVLJIVI IN NEOBNOVLJIVI ENERGETSKI VIRI.....	3
1.3.1 Sončna energija.....	3
1.3.2 Vetrna energija.....	3
1.3.3 Hidroenergija in energija oceanov.....	3
1.3.4 Biomasa kot energetski vir.....	4
1.3.5 Geotermalna energija.....	4
1.3.6 Nafta.....	4
1.3.7 Zemeljski plin.....	5
1.3.8 Premog.....	5
2 VRSTE BIOMASE	6
2.1 LESNA BIOMASA.....	6
2.2 BIOPLIN.....	6
2.3 BIODIZEL.....	7
2.4 NASTANEK IN VIRI LESNE BIOMASE.....	7
2.5 PRIDOBIVANJE LESNE BIOMASE.....	9
2.6 PRIPRAVA IN OBLIKA LESNE BIOMASE.....	9
2.6.1 Polena.....	10
2.6.2 Sekanci.....	10
2.6.3 Stiskanci.....	10
2.7 MERSKE ENOTE.....	11
3 KURILNOST	12
3.1 KURILNA VREDNOST.....	12
3.2 VPLIV GRADNIKOV LESA NA KURILNOST.....	14
3.2.1 Vlažnost.....	14
3.2.2 Kemična zgradba.....	15
3.3.1 Zdravstveno stanje.....	17
3.4 ZGOREVANJE.....	17
3.5 FAZE ZGOREVANJA.....	17
3.6 SESTAVA GORIVA.....	18
3.6.1 Elementarna sestava goriva.....	18

3.7	STEHIMETRIJA ZGOREVANJA.....	20
3.7.1	Kemična analiza goriv.....	21
3.8	KOLIČINA POTREBNEGA ZRAKA.....	22
3.8.1	Razmernik in presežek zraka.....	23
4	PORABA LESNE BIOMASE V SLOVENIJI ZA ENERGETSKE NAMENE.....	24
5	KURILNE NAPRAVE NA LESNO BIOMASO.....	27
5.1	INDUSTRIJSKE KURILNE NAPRAVE ZA KURJENJE BIOMASE.....	28
5.2	SISTEM DALJINSKEGA OGREVANJA.....	28
5.2.1	Skladišče goriva.....	28
5.2.2	Transport in dovajanje goriva.....	29
5.3	TEHNIKE ZGOREVANJA.....	29
5.4	DOZIRANJE.....	31
5.5	KOTLI.....	32
5.5.1	Vrste kotlov.....	32
5.6	KURIŠČA.....	34
5.7	REŠETKE.....	35
5.8	UPLINJANJE.....	36
5.9	ČIŠČENJE DIMNIH PLINOV.....	37
5.9.1	Multicikloni.....	37
5.9.2	Vrečasti filtri.....	38
5.10	TOPLOVODNO OMREŽJE.....	39
6	POVZETEK IN ZAKLUJUČEK.....	40
7	VIRI.....	41
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Količinski ekvivalenti posameznih oblik lesnega kuriva (Kranjc in Kovač, 2003)	11
Preglednica 2: Prikaz potrebne količine ogrevalnih energentov za ogrevanje 200m ² stanovanjskih površin (15kW)	12
Preglednica 3: Kurilnost zračno suhega lesa posameznih drevesnih vrst (Dolenšek s sodelavci, 1999)	13
Preglednica 4: Kurilnost lesa glede na vsebnost vode in lesno vlažnost (Butala in Turk, 1998)	15
Preglednica 5: Gostota najpomembnejših domačih lesnih vrst (Čufar, 2001)	16
Preglednica 6: Volumenski (φ) in masni deleži (w) sestave zraka (Oman, 2005)	20
Preglednica 7: Sestave masnih deležev vlažnega in zračno suhega lesa (Senegačnik in Oman, 2004)	21
Preglednica 8: Stehiometrične veličine vlažnega in zračno suhega lesa (Senegačnik in Oman, 2004)	22
Preglednica 9: Tabela: kurilna vrednost lesa in olja	24
Preglednica 10: Izkoristki kotlov za kurjenje lesne biomase (Malovrh in sod., 1998)	27

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Fotosinteza	8
Slika 2: Hišni napravi z zgornjim (levo) in spodnjim (desno) odgorevanjem	30
Slika 3: Gravitacijsko doziranje.	31
Slika 4: Pnevmatško doziranje	31
Slika 5: Doziranje s polžem in batom	32
Slika 6: Mnogovodni kotel	33
Slika 7: Vodocevni kotel z naravnim obrokom	34
Slika 8: Prikaz kurilne naprave z kotlom poleg kurišča kurilne naprave.	34
Slika 9: Prikaz kurilne naprave z kuriščem pod kotlom	35
Slika 10: Tipi rešetk	36
Slika 11: Sotočno in protitočno uplinjanje	36
Slika 12: Multiciklon	37
Slika 14: Vrečasti filter	38

1 UVOD

Znanstveni viri kažejo neposredno odvisnost segrevanja ozračja zaradi fosilnih goriv, ki so se tisočletja nalagala v zemeljske plasti v obliki ogljikovega dioksida. V 20. in 21. stoletju njihova eksplozija v ozračje dokazuje spremembe v podnebnih razmerah.

Z odkritjem nafte, premoga in ostalih fosilnih goriv se je uporaba biomase krčevito zmanjšala,. Prav tako je zastal tudi tehnološki napredek pri pridelavi, predelavi in uporabi biomase. V zadnjem času se je z osveščanjem o klimatskih spremembah ponovno vzpostavil trend naraščanja uporabe biogoriv. Do določene mere so k temu pripomogla tudi sredstva, s katerimi država subvencionira vlaganja v naprave za izrabo biogoriv.

Uporaba biomase je v preteklosti služila zelo ozkemu spektru opravil. Največ se je uporabljala pri termični obdelavi hrane in pri ogrevanju. Glede na potrebe in razvoj je to vsekakor zadostilo potrebam tistega časa. V zadnjem času se stvari odvijajo v povsem drugi smeri. Najpomembnejši dejavnik je ekonomičnost oz. izkoristek kurilnih naprav, obenem pa minimalni izpust CO₂ v ozračje. Uporaba biomase s pomočjo različnih tehnologij pridelave, predelave in uporabe zadosti številnim potrebam pri izdelavi in porabi energije.

V Sloveniji gozdovi zavzemajo velik del ozemlja države, s čimer je zagotovljen visok potencial izkoriščanja lesne biomase. Trenutno je na območju Slovenije vgrajenih nekaj kotlovnice na lesno biomaso, ki so vzoren primer izkoriščanja naravnih danosti. S pomočjo razvojnih sredstev, namenjenih gradnji naprav za izkoriščanje biomase in interesa posameznih skupnosti, bi se lahko izkoriščalo veliko več domače biomase (primerne kakovosti za kurjenje), kar bi zelo pripomoglo k ohranjanju okolja, predvsem pa k zmanjšanju odvisnosti od fosilnih goriv.

1.1 CILJI DIPLOMSKE NALOGE

Diplomsko delo zajema pregled obnovljivih in neobnovljivih virov energije, vrst biomase, pridobivanja in predelave lesa, zgorevanja in njegovih značilnosti ter avtomatiziranih naprav za kurjenje biomase.

Cilji diplomskega dela so:

- spoznati biomaso kot gorivo;
- spoznati naprave za industrijsko kurjenje.

1.2 VRSTE IN LASTNOSTI ENERGIJE

Človek in energija sta vzajemno povezana pojma. Energija je definirana kot sposobnost za opravljanje dela.

Čas, v katerem živimo, nudi zelo raznoliko izrabo energetskih virov. Poznamo obnovljive in neobnovljive vire. Slaba lastnost slednjih je omejena količina in ekološka oporečnost. Prej ali slej bo prišlo do izrabe tovrstnih energetskih virov, zato je smotrno iskanje načinov izrabe obnovljivih virov. Velika prednost obnovljivih energetskih virov je ekološka sprejemljivost, saj je emisijski cikel sproščanja in sprejemanja snovi zaključen.

Obnovljivi energetski viri so tisti, ki so v dobi človeškega življenja dejansko neizčrpani. Ko izrabljamo določeno maso goriva, že nastajajo pogoji za nastanek nove. Rastline potrebujejo za rast svetlobo, vodo in ogljikov dioksid. Z izrazom neomejena količina obnovljivih virov imamo v mislih ciklično izrabo elementov, ki so tvorci teh rastlin. Obnovljivi energetski viri so zelo razširjeni in se na splošno tako iz fizičnih kot tudi iz ekonomskih razlogov uporabljajo na mestih, kjer so na razpolago. Obnovljive energetske tehnologije imajo na splošno majhno energetsko moč in gostoto, kot posledica tega imajo tehnologije za izrabo biomase pogosto velike prostorske zahteve. Za izrabo obnovljivih virov so potrebna velika zagonska sredstva, ki se blažijo s subvencijami in drugimi oblikami pomoči. Če gledamo dolgoročno, lahko ugotovimo, da je ekonomičnost in ekološka sprejemljivost postrojenj za izrabo obnovljivih virov še kako smiselna.

Večina energije, ki jo danes izrabljamo, izvira iz fosilnih goriv. Nafta, premog in zemeljski plin so fosilna goriva, ki so nastala pred nekaj milijoni let z izumiranjem rastlin in živali. Nahajajo se v zemeljski notranjosti. Po strokovnih napovedih naj bi bile zaloge nafte omejene. Z nenehno in vedno večjo uporabo jih bomo iztrošili. Vendar pa to ni edina slabost neobnovljivih virov energije. Kurjenje fosilnih goriv povzroča onesnaženost in druge negativne okoljske, ekonomske in socialne učinke. Zaradi naše odvisnosti od energije potrebujemo vire, ki so obnovljivi, dostopni in okolju prijaznejši.

Obnovljivi viri energije so:

- sončna energija;
- vetrna energija;
- hidroenergija in energija oceanov;
- energija biomase;
- geotermalna energija.

Neobnovljivi viri energije so:

- nafta;
- zemeljski plin;
- premog.

1.3 OBNOVLJIVI IN NEOBNOVLJIVI ENERGETSKI VIRI

1.3.1 Sončna energija

Sonce je zvezda v središču našega osončja, večni jedrski reaktor, vir življenja in neizčrpna energija. Prednost, ki jo ponuja sončna energija, je čist in donosen vir energije, ki zagotavlja pomemben del energetske zaloge. Sončna energija je obnovljiva, ne onesnažuje okolja in je brezplačna. Je vir, kateremu bo treba posvečati vse večjo pozornost in ga kar se da koristno izrabljati.

Uporabnost sončne energije je neizmerna, uporabljamo jo namreč za pridobivanje električne energije, ogrevanje vode, prostorov itd. Vedeti moramo, koliko energije potrebujemo in koliko sonca nam je na razpolago. Količina sončne energije je odvisna od letnega časa in lokacije.

1.3.2 Vetrna energija

Vetrna energija je energija zraka v gibanju. Veter je tok zraka, ki poteka od območij z visokim zračnim tlakom k območjem z nizkim tlakom.

Izkoriščanje vetrne energije je bilo sprva namenjeno za morsko plovbo. Poleg plovbe se je uporabljala za izsuševanje polj, mletje žita, v zadnjem času pa so vse sile usmerjene k izkoriščanju vetra za pretvorbo vetrne energije v električno.

Šibka točka pridobivanja vetrne energije je nekonstantnost. Zato je potrebna čim večja razvejanost sistema na različna področja.

1.3.3 Hidroenergija in energija oceanov

Način izrabe hidroenergije temelji na kinetični energiji. Danes se z njeno pomočjo v večini primerov pridobiva električno energijo. Potoki in reke so v preteklosti marsikomu pomenili vir zaslужka. Uporabljali so jih kot pogonsko energijo za raznovrstne priprave.

Potencial energije oceanov je možno izrabljati s pomočjo plimovanja, valovanja in temperaturne spremembe vode. Izkoriščanje energije valovanje deluje na principu iztiskanja zraka iz balastnega prostora s pomočjo valov. Zrak potem zavrti turbino, ta pa generator. Možna je tudi direktna uporaba valov na turbino. Izkoriščanje plimovanja je možno izkoristiti na način, da v času plime vodo ujamemo v jez in jo nato v času oseke spustimo skozi turbine, ki poganjajo generatorje za proizvodnjo električne energije. Velik vpliv na smotrnost tovrstne izrabe ima višina plime.

V zadnjem času se vse bolj uveljavljajo tudi elektrarne, ki delujejo s pomočjo temperaturne razlike med vodo vrhnjih plasti in globinsko vodo (modra-energija).

1.3.4 Biomasa kot energetski vir

Rastline s pomočjo fotosinteze skladiščijo sončno energijo v obliki kemične energije, ki se ohranja v obliki biomase in njenih stranskih produktov metabolizma. Tako poznamo več vrst biomase ter njenih metabolnih produktov, ki so vezani na različne načine uporabe oz. izkoriščanja.

Med biomaso uvrščamo olesenele rastline in lesne ostanke (kot posledica predelave), kmetijske ostanke, nelesnate rastline, uporabne za proizvodnjo energije, ostanke pri proizvodnji industrijskih rastlin, sortirane odpadke iz gospodinjstev, odpadne gošče oz. usedline in organsko frakcijo mestnih komunalnih odpadkov ter odpadne vode živilske industrije.

Biomasa predstavlja čedalje pomembnejši energetski vir. Energetika si predstavlja biomaso kot energetsko koristno uporabno snov, ki nam predstavlja vir energije. S pojavom naftne krize in ob spoznanju, da je količina fosilnih goriv omejena, ter ob vedno večjem zavedanju, da je onesnaževanje okolja zaradi pridobivanja energije postalo že zelo nevarno za obstoj človeštva, ponovno posvečamo večjo pozornost lesu kot viru energije. Veliko je prednosti, ki govorijo v prid uporabe lesa kot vira energije. Energent je stalno na razpolago, njegova uporaba izboljšuje vzdrževanje gozdov in pri pravilnem kurjenju ne onesnažuje zraka.

1.3.5 Geotermalna energija

Izkoriščanje geotermalne energije delimo na pretvorbo geotermalne energije v električno in direktno uporabo. V zadnjem času se vse bolj uveljavljajo elektrarne, ki delujejo s pomočjo temperaturne razlike med vodo vrhnjih plasti in globinsko vodo. Če je temperatura geotermalne vode dovolj visoka, lahko turbino poganjamo direktno.

Direktno pa lahko geotermalno energijo uporabljamo v ogrevalne namene. Geotermalno energijo izkoriščamo z izdelavo vrtin, preko katerih s pomočjo črpalk izkoriščamo toploto nižjetemperaturnih termalnih vod.

1.3.6 Nafta

Nafta je gosta, temno rjava ali zelenkasta vnetljiva tekočina, ki se nahaja v zgornjih plasteh zemljine skorje. Nastala je iz morskih organizmov v sedimentnih plasteh, ki so se sesedale pred milijoni let. Veda, ki se ukvarja s predelavo nafte, se imenuje petrokemija. Nafto pridobivajo z vrtanjem in črpanjem na kopnem in v morju. Naftni derivati so ogljikovodiki, ki jih izločimo iz surove nafte. Danes je to zelo pomemben energetski in surovinski vir.

1.3.7 Zemeljski plin

Je pomemben vir energije, ki nam daje toploto in energijo. Uporabljamo ga v najrazličnejše namene. V kemijski industriji je zaradi svojih lastnosti še posebej uporaben. Nastal je podobno kot nafta, in sicer iz ostankov morskih organizmov, ki so se na morskem dnu odlagali milijone let. Zemeljski plin predstavlja skoraj petino svetovnih energijskih zalog. Glede na svoje lastnosti je najkakovostnejše fosilno gorivo. Pridobivamo ga iz vrtin na plinskih in naftnih poljih. Je nestrupen, nima vonja, barve ali okusa in je lažji od zraka. 98 % njegove kemijske sestave predstavlja metan, vsebuje pa še etan, druge ogljikovodike, ogljikov dioksid in vodo.

1.3.8 Premog

Za razliko od nafte in plina, ki sta nastala iz ostankov živih organizmov, je premog nastal iz ostankov rastlin. Poznejše plasti kamnin so stisnile plast rastlinske mase in jo skozi milijone let preoblikovale v premog. Premog je zlahka gorljiva črna ali temno rjava sedimentna kamnina, sestavljena večinoma iz ogljika in ogljikovodikov ter nekaterih drugih elementov, med drugim tudi žvepla. Premog pridobivamo izpod površja z rudarjenjem, dnevnim kopom ali pasovnim rudarjenjem. Premog je zelo pomembno gorivo in je najbolj pogost svetovni vir elektrike. Poznamo tri glavne vrste premoga: črni premog, rjavi premog in lignit. Razlikujejo se po količini ogljika, ki ga vsebujejo. Najdragocenejši je črni premog, ker ima približno 95 % ogljika. Najboljša vrsta tega premoga se imenuje antracit. Rjavi premog vsebuje okrog 70 % ogljika, lignit pa manj kot 50 %.

Strokovnjaki ocenjujejo, da je na svetu še približno 1200 bilijonov ton premoga, kar je dovolj še za vsaj 300 let. Če segrevamo premog brez dostopa zraka, dobimo koks (gorivo za plavže). Ob segrevanju nastajata tudi plin in premogov katran (črna tekočina, ki vsebuje benzen, fenol in druge snovi), iz katerega pridobivajo bitumen (asfalt).

2 VRSTE BIOMASE

Biomasa je vir energije, ki zavzema vse bioenergijske vire, vključno z viri tehnološko pretvorbenih procesov in končnih produktov. Paleta bioodpadkov, ki jo uvrščamo med biomaso, je zelo raznolika. Mednje uvrščamo gozdne in kmetijske odpadke, energetske rastline in komunalne odpadke.

Z izrazom biomasa označujemo trdna goriva, ko govorimo o biogorivih pa imamo v mislih tekoča in plinasta goriva, pridobljena s pomočjo biomase.

Vrste biomase so:

- lesna biomasa;
- bioplin;
- biodizel.

2.1 LESNA BIOMASA

Lesnata rastlina je enkratna pojavna oblika drevesne konstrukcije. Lesna biomasa je obnovljiv domač energetski vir, ki je na voljo v zadostnih količinah. Z lesno biomaso v prvi vrsti pridobivamo toploto, ki jo lahko nato uporabimo za ogrevanje ali pa tudi za proizvodnjo električne energije. Pretvorba energije lesne biomase v toplotno energijo poteka v posebnih napravah, tj. kotlih za kurjenje lesne biomase. Sodobni kotli so izvedeni tako, da v njih poteka pridobivanje toplote mnogo bolj učinkovito in okolju prijazno. Poleg tega poteka razvoj v smeri povečevanja udobja z avtomatizacijo kurjenja. Biomasa predstavlja čedalje pomembnejši energetski vir. Energetika si jo predstavlja kot energetsko koristno uporabno snov, ki nam predstavlja vir energije.

2.2 BIOPLIN

Bioplin je produkt presnove metanskih bakterij, ki nastane pri razgradnji organske snovi – biomase. Lahko ga pridobimo iz organske biomase (koruzna silaža, travinja, itd.) v mešanici s hlevskim gnojem in gnojevko. Kot dodatek nastopajo tudi maščobe oziroma organski ostanki hrane. Bioplinske naprave z uporabo gnojevke prispevajo tudi k zmanjšanju obremenjevanja okolja in odpravijo neprijeten vonj v okolici kmetij (bioplin in odpadki).

Naprava za pridobivanje bioplina je sestavljena iz:

- zbirne jame za zbiranje substrata (gnojevke in drugih organskih odpadkov);
- sistema prečrpavanja (črpalna postaja) iz zbirne jame v fermentor in pofermentor, kjer poteka proces fermentacije pri temperaturi od 35 do 55 °C;
- v končnem zbiralniku se zbira preostanek fermentacije v obliki gošče (končni proizvod ne vsebuje nitratov in je kvalitetno biološko gnojilo);

- tekom fermentacije nastaja bioplin, ki se skladišči v plinohramu ter je na voljo za sproizvodnjo električne energije in toplote (SPTE) za lastno in tujo uporabo; Kurilna vrednost m^3 bioplina znaša približno 6 kWh.

Pri pridobivanju bioplina je treba okrog 20 – 25 % proizvedene toplote nameniti za ogrevanje fermentorjev. Preostalo toploto se lahko uporabi za ogrevanje bivalnih in drugih prostorov ali se jo priključi na sistem daljinskega ogrevanja.

2.3 BIODIZEL

Biodizel je spojina s kemijskim imenom metilni ester (monoalkoholni ester) in se lahko uporablja kot gorivo za motorna vozila. Pridobiva se iz olja oljne repice ali pa iz recikliranega odpadnega olja. V procesu esterifikacije rastlinsko olje reagira z metanolom in natrijevim hidroksidom kot katalizatorjem. Tako nastaja ester skupaj z ostalimi stranskimi proizvodi, glicerolom, milom in glicerinskimi usedlinami. Biodizel je gorivo, ki ima lastnosti enake kot klasični dizel iz mineralnih olj. Uporablja se kot zamenjava za mineralni dizel v celoti ali kot zmes med mineralnim in biodizlom v različnih razmerjih. Visoka mazljivost biodizla v primerjavi z mineralnim dizlom ščiti pred večjo obrabo motorja.

Prednosti biodizla (Prednosti biodizla, 2009):

- do 55 % nižje emisije CO_2 in do 40 % nižje emisije nezgorelih ogljikovodikov v ozračje;
- ni emisij SO_2 v okolje – skoraj ne vsebuje žvepla (pod 10 mg/kg);
- nižja stopnja dimljenja izpušnih sistemov (tudi do 45 %);
- ne vsebuje škodljivih aromatskih spojin (benzen, toluen ipd.);
- manjša emisija CO_2 v okolje;
- biološko razgradljiv – ne predstavlja nevarnosti za okolje;
- boljše mazalne lastnosti kot dizelsko gorivo;
- uporaben za obstoječe izvedbe dizelskih motorjev;
- standardizirano gorivo.

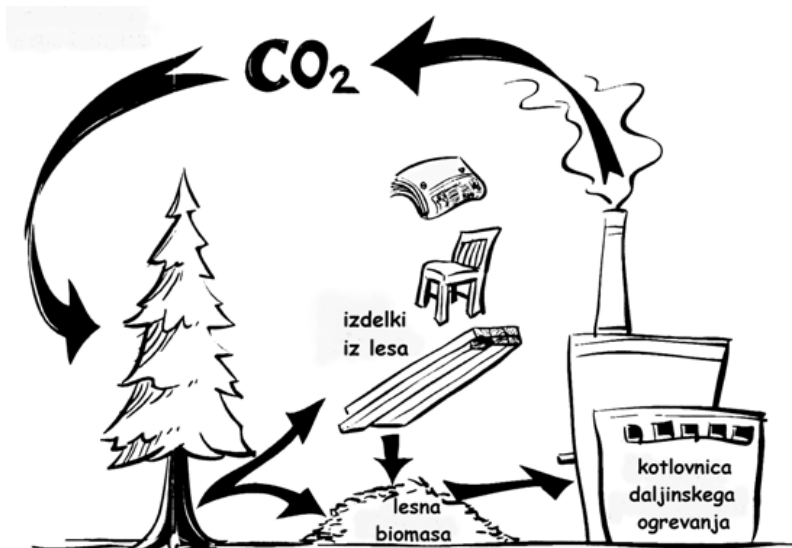
2.4 NASTANEK IN VIRI LESNE BIOMASE

Lesno biomaso predstavljajo olesenele rastline. Njihova rast je razdeljena na primarno in sekundarno. Primarna rast je rast v višino in globino, ki jo omogoča tkivo v vršičkih stebela in korenin. Sekundarna rast ali debelitev sledi primarni rasti. Olesenela rastlina je v celoti obdana s plastjo kambija, ki s celičnimi delitvami na notranjo stran rastline tvori les, na zunanjo pa ličje. Kambij se nahaja na meji med lubjem in lesom in ga je s prostim očesom težko zaznati. Lesno tkivo, ki leži na perifernem delu rastline, imenujemo beljava. Beljava opravlja prevodno nalogo rudninskih snovi iz korenin v liste. V listih se rudninske snovi s pomočjo fotosinteze spremenijo v sladkorje in nato potujejo v kambijevo cono. V kambijevi coni nastaja celuloza, ki je osnovni gradnik za celično steno. Beljava s časom preide v jedrovino, ki ji pravimo mrtev del drevesa. Jedrovino nekaterih drevesnih vrst

(hrast, bor, macesen, oreh, itn.) imenujemo črnjava. Ob prečnem pogledu na drevo vidimo letne prirastne plasti, ki imajo koncentrično obliko. Letni prirast – branika je sestavljena iz ranega in kasnega lesa. Mejo med ranim in kasnim lesom, ki nastane zaradi vegetacijske prekinitve, imenujemo letnica. Pri nekaterih drevesnih vrstah pride zaradi temnejše barve kasnega lesa do izrazitejše ločljivosti prirastnih plasti.

Olesenele rastline predstavljajo vrsto različnih fizikalnih, kemijskih in estetskih lastnosti. S poznavanjem le-teh lahko les uporabimo v mnoge namene. Za pravilno uporabo lesa so pomembne naslednje lastnosti: trdnost, trdota, trajnost, gorljivost, higroskopsnost itd. Le prava izbira lastnosti lesa lahko določenemu namenu prinese pričakovan rezultat.

Gradnike lesa predstavlja ogljik (50 %), kisik (43 %), vodik (6 %) in dušik (1 %). Kemično sestavo lesa v največjem deležu predstavlja celuloza (40 – 50 %), sledi hemiceluloza (24 – 33 %), lignin (20 – 35 %) in spremljajoče snovi – škrob, sladkor, smola, čreslovina, barvila (Lesna biomasa, 2006).



Slika 1: Fotosinteza (AURE, 2005)

Viri lesne biomase, uporabne v energetske namene so:

- gozd: del rednega poseka, vejevina (s premerom nad 5 cm), redčenja, premene, sanitarne sečnje;
- kmetijske in urbane površine: grmišča, obnove sadovnjakov in vinogradov, vzdrževanje parkov in zelenic, čiščenje pašnikov, gradnja objektov;
- lesni ostanki: iz primarne predelave lesa (krajniki, žamanje, lubje, očelki, žaganje) in iz sekundarne obdelave lese (lesni prah, skoblanci));
- odsluženi les: lesna embalaža, gradbeni les, pohištvo, odpadki na komunalnih odlagališčih.

Potencial lesne biomase predstavlja količino lesa, ki je na nekem območju trajno razpoložljiva v energetske namene. Pri tem ločujemo med teoretičnim in dejansko razpoložljivim potencialom.

Teoretični potencial lesne biomase je vsa gozdna lesna biomasa, ki jo teoretično lahko pridobimo iz gozdov. Teoretični potencial lesne biomase gozdov je najvišji dovoljen posek lesa.

Dejansko razpoložljiv potencial biomase predstavljajo stranski produkti pri obdelavi lesa in lesna biomasa, ki jo pridobimo za energetske namene.

2.5 PRIDOBIVANJE LESNE BIOMASE

Z izrazom direktna pridelava biomase mislimo na izkoriščanje gozdne lesne mase direktno za pridobivanje energentov. Namenska pridelava lesne biomase in njena uporaba v energetske namene sta smiselni če predelujemo les slabše kakovosti in ekonomsko manjvreden les. Direktno pridobivanje je upravičeno le pri sanitarnih posegih v gozdu.

V Evropi prevladujejo za namensko uporabo predvsem hitro rastoče vrste topolov in vrb. Ustrezne vrste topolov imajo visok hektarski prirastek, medtem ko so vrbe manj uporabne zaradi temperaturne občutljivosti in zahtev glede hranilnih snovi. Za plantaže z energetskimi lesom znaša časovni cikel pridelave od 1 do 5 let.

Posredno pridobivanje temelji na že uporabljenih lesnih asortimentih. V to skupino štejemo izrabljeni gradbeni material, žagarske ostanke oz. vso maso lesa, ki jo pridobimo kot stranski produkt pri predelavi lesa.

2.6 PRIPRAVA IN OBLIKA LESNE BIOMASE

Maso lesa, namenjeno uporabi v energetske namene, pripravljamo v gozdu ali v lesnopredelovalnih obratih. Pri pripravi si pomagamo z namenskimi stroji. Slaba stran priprave biomase je velika količina porabljene energije.

Priprava kuriva je odvisna predvsem od kurilnih naprav, katerim je namenjena. Sodobni kotli so pogosto specializirani samo za določeno velikost in obliko kuriva. Pri pripravi kuriva težimo k čim večjemu izkoristku shranjene energije ter k iskanju kompromisa med razpoložljivo kakovostjo in energetsko vrednostjo – kvaliteto kuriva.

Zaradi narave dela z lesom uporabljamo mehanizirano tehnologijo priprave kuriva. Ta nam omogoča enostavno pretvorbo lesa v tipsko kurivo, ki je namenjeno avtomatskim kurilnim napravam. S tem načinom zagotovimo zadostno zmogljivost priprave in izdelave kuriva in s tem primerno oz. še sprejemljivo ceno.

Lesno biomaso delimo na:

- polena;
- sekance;
- stiskance (peleti, briketi).

2.6.1 Polena

Polena so razžagani in razcepljeni kosi lesa, dolžine od 30 do 50 cm, ki jih pridobivamo neposredno iz okroglega lesa slabše kakovosti ali iz predhodno izdelanih metrskih okroglic ali cepanic.

Cepanice so 1 m dolgi kosi lesa, ki jih pridobivamo iz okroglega lesa slabše kakovosti s premerom nad 10 cm. Okroglice so 1 m dolgi kosi okroglega lesa, ki jih pridobivamo iz drobnejšega okroglega lesa slabše kakovosti s premerom do 10 cm.

2.6.2 Sekanci

Sekanci predstavljajo sodobno obliko kuriva, namenjeno avtomatskemu kurjenju. Sekanci so strojno obdelani kosi lesa. Velikost je odvisna od karakteristik kurilnih naprav.

Sekance delimo na naslednje vrste:

- drobni (do 3 cm) – manjši kotli;
- srednji (do 5 cm) – večji (manjši) kotli;
- grobi (do 10 cm) – večji kotli.

Pri izdelavi sekancev dobimo neželeni produkt v obliki prahu. Njegov vpliv se kaže kot negativen za zdravje, pojavlja pa se tudi v povečani emisiji prahu in tlečih delcev v dimu. Specifična masa sekancev je odvisna od vrste lesa, oblike sekancev, stisnjenosti in vlažnosti. Za pripravo sekancev lahko uporabljamo vse vrste lesa, smiselno pa je, da uporabljamo manj vreden les (ostanki, slabši asortimenti itn.).

Če sekance skladiščimo dalj časa, je priporočljivo uporabljati les z nižjo vlažnostjo. Opisani ukrep je nujen iz varnostnih razlogov, saj lahko pride do samovžiga sekancev. Sekance je priporočljivo skladiščiti na od tal privzdignjenih deponijah (Gozdarski inštitut Slovenije, 2004).

2.6.3 Stiskanci

Kot že ime pove so stisnjeni delci valjaste oblike, dolžine do 20 mm in premera od 6 do 8 mm. Za izdelavo stiskancev uporabljajo predvsem lesni prah, žaganje, oblance, ostružke in tudi slamo, koruznico, trstije ter komunalne odpadke (papir, tekstil). Delce stiskajo v stiskalnicah (peletirkah, briketirkah) pod velikim pritiskom in s povečano temperaturo. S tem postopkom se zmanjša vsebnost vode (vsebnost vode je manj kot 15 %), in volumen

(za 85 %). Pri tem se poveča gostota snovi (na 700 kg/m^3). Pri sušenju lesa se njegova skupna masa zmanjšuje pri približno stalnem volumnu in masi gorljivih substanc. Po tradiciji v praksi les vrednotimo po prostornini in ne po masi.

2.7 MERSKE ENOTE

Manipulacija z lesno maso zahteva standardizirane merske enote. V lesnopredelovalni industriji je v primarnih fazah obdelave najpogostejši merski izraz kubični meter. Pri manipulaciji z biomaso se srečujemo z naslednjimi merskimi enotami:

- m^3 – merska enota za hlodovino;
- pm – merska enota za les, ki napolni prostor višine 1 m in dolžine 1 m z zračnimi medprostori (npr. zložene klaftre lesa);
- nm^3 – merska enota za nasuti prostorninski meter lesa.

Ekvivalenti posameznih oblik lesnega kuriva, ki se uporabljajo pri trgovanju, so prikazani v Preglednici 1. V Preglednici 2 so prikazana razmerja med različnimi kurivi.

Preglednica 1: Količinski ekvivalenti posameznih oblik lesnega kuriva (Kranjc in Kovač, 2003)

	enote	goli	polena 1m zložena	polena 30 cm zložena	polena 30 cm nasuta	lesni sekanci < 5 cm
ENOTA		1 m^3	1 pm	1 pm	1 nm^3	1 nm^3
GOLI	1 m^3		1,4	1,2	2	3
POLENA 1m ZLOŽENA	1 pm	0,71		0,85	1,4	2,1
POLENA 30cm ZLOŽENA	1 pm	0,83	1,2		1,67	2,55
POLENA 30cm NASUTA	1 nm^3	0,5	0,7	0,6		1,5
LESNI SEKANCI < 5 cm	1 nm^3	0,33	0,46	0,40	0,66	

nm^3 nasuti meter;
 pm prostorninski meter.

Preglednica 2: Prikaz potrebne količine ogrevalnih energentov za ogrevanje 200m² stanovanjskih površin (15kW) (Dolenšek, 2004)

Kurilno olje (ekstra lahko)	3.000 l
Polena (bukev) zračno suha	13 pm (8 mg)
Polena (smreka) zračno suha	20 pm (14 mg)
Sekanci, mešan les, zračno suhi	30 nm (11 mg)
Peleti	6000 kg
Koks	3750 kg
Zemeljski plin	3100 m ³

pm.....prostorniski meter;

mg.....meter lesa (goli);

nm³.....nasuti meter.

3 KURILNOST

3.1 KURILNA VREDNOST

Kurilna vrednost je ena izmed osnovnih lastnosti goriv. Predstavlja razliko entalpije (H_i) udeleženih snovi pred in po gorenju, pri konstantnem tlaku. Na kurilno vrednost lesa vpliva vsebnost vode, vrsta lesa in njegova ohranjenost.

Izračun masnega toka goriva nam pove, koliko kuriva določenih parametrov je potrebno porabiti, da dosežemo želeno toplotno moč. Kurilne vrednosti se navajajo v enoti mase goriva. Enoti, v katerih računamo, sta kJ/kg in MJ/kg. Kurilne vrednosti goriv merimo s kalorimetri, saj vrednosti računsko ni mogoče natančno določiti.

Pri določanju kurilnosti ločimo zgornjo kurilno vrednost (H_s) in spodnjo kurilno vrednost (H_i). Zgornja kurilnost je vsa toplota, ki se sprosti pri popolnem zgorevanju 1 kg goriva, pri čemer se izkoristi vsa kondenzacijska toplota vodne pare dimnih plinov. Spodnja kurilnost predstavlja izrabljeno toploto v tehnoloških in industrijskih procesih. Dimne pline izrabljamo do temperature, pri kateri še ne pride do kondenzacije vodne pare. Razlika med spodnjo in zgornjo kurilnostjo se kaže v kondenzacijski toploti vodne pare in jo zapišemo z izrazom (Senegačnik in Oman, 2004):

$$H_s = H_i + 2499 \text{ KJ/kg} \quad \dots(1)$$

Kurilnost trdnih in kapljevih goriv lahko ocenimo iz kemične sestavine goriva z izrazom (Senegačnik in Oman, 2004):

$$H_i = 33,9 w_c + 121,4 \left(w_H - \frac{w_O}{8} \right) + 10,5 w_S - 2,5 w_{H_2O} \text{ MJ/kg} \quad \dots(2)$$

Deleži kemičnih elementov ki jih določamo v 1kg goriva:

w_c masni delež ogljika;

w_h masni delež vodika;

w_o masni delež kisika;

w_s masni delež žvepla.

V Preglednici 5 so prikazane kurilnosti zračno suhega lesa posameznih drevesnih vrst.

Preglednica 3: Kurilnost zračno suhega lesa posameznih drevesnih vrst (Dolenšek in sodelavci, 1999)

	masa	kurilnost		
Vrsta lesa	kg/m³	kWh/m³	kWh/pr.m.	kWh/kg
Javor	634	2600	1900	4,1
Breza	628	2700	1900	4,3
Bukev	700	2800	2100	4,0
Hrast	690	2900	2100	4,2
Jelša	512	2100	1500	4,1
Topol	415	1700	1200	4,1
Robinja	732	3000	2100	4,1
Smreka	467	2100	1500	4,4
Bor	523	2300	1700	4,4
Macesen	523	2300	1700	4,4
Jelka	444	2000	1400	4,5

3.2 VPLIV GRADNIKOV LESA NA KURILNOST

3.2.1 Vlažnost

Vlažnost predstavlja pomemben dejavnik lesa ko govorimo o lesu kot gorivu. Toplotna energija, ki jo pridobimo iz lesa, je zelo odvisna od vlage. Večja kot je vlažnost, več toplotne energije se porabi pri gorenju za izločanje vlage in manj za ogrevanje. Za hitrejšo sušenje in doseganje nižje vlažnosti večje dele drevesa razdelamo na manjše elemente. S tem povečamo površino za oddajanje vode v okolico.

V tkivu lesa se nahaja prosta in vezana voda. Prosta voda se nahaja v celičnih lumnih, vezana pa v celičnih stenah. Zaradi zgradbe lesa predstavlja slednja problem počasnega oddajanja iz lesa. Proces oddajanja proste vode se začne takoj po poseku drevesa in traja do točke nasičenja celičnih sten (TNCS). TNCS se pri tem giblje med 28 in 30 %, vrednost je odvisna od posamezne drevesne vrste. Les je pod TNCS higroskopen material, kar pomeni, da usklajuje svojo vlažnost z vlažnostjo okolice.

Pod TNCS vsebuje les vezano vodo, ki se nahaja v celičnih stenah. Oddajanje vezane vode je počasnejše kot oddajanje proste vode. Vezana voda izhaja iz iglavcev hitreje kot iz listavcev.

Vlažnost zračno suhih drv se spusti na 15 %, kar predstavlja optimum. Vsakih 10 % vsebovane vode zmanjša kurilno vrednost lesa za 12 %. Če kurimo gozdno suh les, porabimo četrtno energije, uskladiščene v lesu za izhlapevanje vode.

Na kurilno vrednost najbolj vpliva vlažnost lesa oziroma vsebnost vode. V procesu zgorevanja lesa voda izhlapeva, pri čemer se porablja energija. Za izhlapevanje 1 kg vode potrebujemo 0,68 kWh energije. Večja kot je vsebnost vode v lesu, več energije porabimo za njeno izhlapevanje in manj je ostane za naše ogrevanje.

Preglednica 4: Kurilnost lesa glede na vsebnost vode in lesno vlažnost (Butala in Turk, 1998)

Vsebnost vode (%)	Lesna vlažnost (%)	Kurilnost (kJ/kg)
61,5	160	5880
54,6	120	7350
50	100	8400
43,5	80	9660
37,6	60	10920
33,3	50	11970
23	30	14070
17	20	15540
9,8	10	16800

3.2.2 Kemična zgradba

Sekundarni ksilem – lesno tkivo predstavlja glavni inštrument s prevodno nalogo. Razlika kurilnosti različnih drevesnih vrst je odvisna od vsebnosti različnih kemičnih elementov. Les ima z višjo vsebnostjo lignina višjo kurilno vrednost. Tako imajo iglavci zaradi lignina, ki ga vsebujejo na enoto mase, višjo kurilnost kot listavci.

Les tvorijo:

- ogljik (50 %);
- kisik (43 %);
- vodik (6 %);
- dušik (1 %).

Gradnike lesnega tkiva predstavljajo kemijski elementi:

- celuloza (40-50 %);
- lignin (20-35 %);
- hemiceluloza (24-33 %).

3.3 GOSTOTA

Gostota predstavlja maso določenega volumna lesa (kg/m^3). Količina vode v lesu vpliva na gostoto, ki se s sušenjem spreminja. Hitrost sušenja in s tem spreminjanja gostote se razlikuje glede na drevesno vrsto. Zato težavno sušenje gostejših vrst lesa ni samo posledica slabše prevodnosti in difuzivnosti, ampak tudi večjih količin izločene vode kljub enaki spremembi lesne vlažnosti. Na gostoto ima pomemben vpliv čas sečnje (zimsko ali letna), del drevesa in njegova starost. Gostota lesa ima vpliv na sušenje, kurilno vrednost in proces zgorevanja (les z večjo gostoto zgoreva počasneje).

Primer: Pri 20 % vlažnosti vsebuje kubični meter topolovine (z gostoto v absolutno suhem stanju 330 kg/m^3) 66 kilogramov vode, enak volumen gabrovine (z gostoto v absolutno suhem stanju 790 kg/m^3) in enako vlažnostjo ($u = 20 \%$) pa 158 kilogramov vode (Gorišek, 2005).

Gostota je odvisna od drevesne vrste, kar je razvidno iz Preglednice 5.

Gostota najpomembnejših domačih lesnih vrst (Čufar, 2001)

Lesna vrsta	Gostota (kg/m^3)		
	minimum		minimum
zeleni bor	310	zeleni bor	310
Jelka	320	Jelka	320
črni topol	370	črni topol	370
Smreka	300	Smreka	300
Lipa	320	Lipa	320
rdeči bor	300	rdeči bor	300
črna jelša	450	črna jelša	450
Macesen	400	Macesen	400
Češnja	490	Češnja	490
gorski javor	480	gorski javor	480
Breza	460	Breza	460
Oreh	450	Oreh	450
Brest	440	Brest	440
Jesen	410	Jesen	410
Hrast	390	Hrast	390
Bukev	490	Bukev	490
Robinija	540	Robinija	540
beli gaber	500	beli gaber	500

3.3.1 Zdravstveno stanje

Les predstavlja surovino z omejeno življenjsko dobo. Izpostavljenost okolju (vremenski vplivi, škodljivci) mu zmanjšujejo maso in ga slabijo. To se kaže v izgubi mase, kar vpliva na gostoto in predstavlja negativen vpliv na kurilnost. Vpliv med kurilnostjo in zdravstvenim stanjem je premosorazmeren.

3.4 ZGOREVANJE

Proces gorenja predstavlja hiter razkroj gorljive snovi, pri katerem se sprošča toplota. Plamen je poglavitna značilnost gorenja, kjer se njegova energija oddaja s sevanjem in konvekcijo.

Zgorevanje je lahko popolno ali nepopolno. Popolna oksidacija snovi je popolno zgorevanje. Pogoj za popolno zgorevanje je zadostna količina zraka. Sodobne naprave zrak v kurišče dovajajo prisilno s pomočjo puhal (tlačno) ali podtlačno s prisilnim odvajanjem dimnih plinov. Enostavni pokazatelj popolnega izgorevanja je prozoren dim, pri nizkih temperaturah pa para.

Nepopolna oksidacija (nepopolno zgorevanje) predstavlja proces, pri katerem ostane določen del snovi energetsko neizrabljen. Vzrok za to je pogosto nezadostna količina kisika, slabo mešanje in prekomerno ohlajanje plamena. Indikator nepopolnega gorenja je črn sajast dim in večja količina nezgorele snovi na stenah kurilne naprave. Tako izgorevanje je ne le ekološko, temveč tudi energetsko neučinkovito, saj se pri tem sprosti zgolj 30 % koristne energije.

V procesu gorenja prihaja do notranjih kemičnih reakcij, ki se kažejo kot sproščanje notranje vezane energije – kalorična energija produktov zgorevanja.

Zgorevanje pogojujejo:

- gorivo-vnetljiva snov;
- kisik;
- temperatura.

Pri gorenju se v večini primerov porablja kisik iz zraka, v določenih primerih pa poteka gorenje brez kisika (gorenje vodika v plinastem kloru). Proces gorenja se deli na fazo segrevanja, fazo uplinjanja in fazo gorenja.

3.5 FAZE ZGOREVANJA

Segrevanje in sušenje je faza, ki poteka v območju temperatur do 150°C. Bolj kot je les suh in droben, krajše je trajanje te faze. Izločujoča se voda predstavlja negativen vpliv, saj za izparevanje porablja velik del energije goriva.

Piroliza ali uplinjanje je termični razpad lesa. V lesu je med 70 in 80 % plinastih sestavin. S povišanjem temperature se izločita najprej kisik in vodik, katerih vnetišče je pri 240 do 250°C. V nadaljevanju procesa gorenja razpadejo trdni elementi (celuloza, lignin itd.) v plinasto stanje. Piroliza je endotermičen proces, ki rabi energijo, medtem ko je zgorevanje eksotermičen proces, ki sprošča energijo. Oba procesa potekata v tej fazi vzporedno. Pri termičnem razpadanju se sproščajo tudi nekatere agresivne snovi (ocetna, mravljična kislina itd.), ki se posebno v začetni fazi gorenja in v primeru dušenega procesa (zmanjšana toplotna moč kotla), odlagajo na stene kotla ali dimnika v obliki saj. Razpadanje lesa označujemo kot primarno zgorevanje. V fazi sekundarnega zgorevanja moramo dovajati zrak v področje dogorevanja. S tem dosežemo ob primerno visokih temperaturah popolno zgorevanje, ki sprošča največjo količino toplote.

Oksidacija ali pravo gorenje poteka v temperaturnem območju med 400 in 1300°C. Gorenje lesnega oglja nastopa kot končna faza zgorevanja lesa. Lesno oglje dogori s svetlim plamenom. Minerali, ki jih vsebuje les, ostanejo po gorenju v obliki pepela. Delež pepela lesa predstavlja približno 1 % prvotne mase.

3.6 SESTAVA GORIVA

Poznavanje sestave in lastnosti (kurilnosti) goriva je temelj za učinkovito izrabo goriv pri različnih procesih. Trda in kapljevinasta goriva opredelimo z masnim deležem, plinasta goriva pa z enoto volumna. Vsako gorivo vsebuje koristen del (sproščanje energije) in balastni del. Analiza goriva je temeljnega pomena pri izbiri ustrezne tehnologije kurjenja. Iz analize goriva lahko pridobimo podatke o kurilnosti, količini zraka za zgorevanje itd. V splošnem delimo sestavo kuriv na tri veje, in sicer na ogljik, vodik in žveplo. Primesi so kisik, dušik in balastni del (minerali).

3.6.1 Elementarna sestava goriva

Ogljik

Ogljik predstavlja največji delež trdnih in tekočih goriv. Predstavlja energetsko najpomembnejšo komponento, pri njegovi oksidaciji pa se sprosti največji delež toplote. Ogljik v gorivih se pojavlja kot vezan (v spojinah z vodikom, kisikom, dušikom in žveplom) ali kot nevezan. Z zgoretjem 1 kg ogljika se sprosti 33,829 MJ toplote. Teoretična temperatura zgorevanja je 2240°C.

Vodik

Za ogljikom nastopa kot drugi najpomembnejši energetski dejavnik. Njegova sprostitevna energija (142.014 MJ), je približno 4-krat večja od ogljika. V trdnih in kapljevastih gorivih je kemijsko vezan, v plinastih pa se pojavlja kot prosti element. Temperatura, potrebna za zgorevanje, je 2235°C. Pomembno vlogo igra pri kurivih z nizko energetsko vrednostjo, saj zelo vpliva na kurilnost.

Kisik

Predstavlja balastni del goriva – zavzame prostor gorljivim komponentam in tako zmanjšuje kurilno vrednost. Nahaja se v vezani obliki z trdnimi in tekočimi gorivi in v prosti pri plinastih gorivih. Pri zgorevanju pripomore k nižji porabi okoliškega kisika. Najdemo ga pri trdnih gorivih, kjer se proces karbonizacije še ni končal, v tekočih gorivih pa ga ni.

Dušik

Nahajališče dušika so predelana plinasta goriva, v lesu in kapljevastih pa se ga nahaja zelo malo (0-2 %). S kisikom tvorita balast. Pri procesu zgorevanja se sproščata v prosti obliki.

Žveplo

Pri procesu gorenja je žveplo neželena komponenta. Povzroča korozijo kovinskih delov in je strupena za žive organizme. Poznamo gorljivo in negorljivo žveplo. Gorljivo je anorganskega izvora, skozi proces zgorevanja preide v pepel in ne deluje negativno na obstojnost goriva. Pri zgorevanju žvepla se sprosti 9,295 MJ/kg toplote.

Količina žvepla v trdnih gorivih lahko preseže 8 %, v kapljevastih pa doseže do 5 % in tudi več, medtem ko se v plinastih gorivih pojavlja v obliki H₂S in SO₂.

Mineralne primesi in pepel

Predstavljajo balastni del goriva. V plinastih in kapljevastih gorivih jih pri popolnem izgorevanju praktično ni, njihov delež sega do nekaj deset odstotkov. Pri trdnih gorivih sega količina pepela vse do 30 %.

Mineralne snovi in pepel predstavljajo problem:

- zmanjševanja gorljivega deleža;
- s svojo količino povzroča izgube v gorivu, kar posledično vpliva na kurilnost;
- povečuje transportne stroške in zmanjšuje življenjsko dobo naprav.

Pri prehajanju goriva v pepel se mineralne snovi kompleksno kemijsko spreminjajo, kar se kaže v delnem razpadu, oksidaciji in reakcijah v nove spojine. Gorivna snov se pred in po procesu gorenja razlikuje tako kvalitativno kot tudi kvantitativno.

Vlaga

Vlaga je balastni del goriva. Negativno vpliva na proces gorenja in zmanjšuje kurilno vrednost. Za odstranitev vlage se porablja precejšnji delež energije lesa. Poleg vpliva na kurilnost predstavlja problem tudi pri transportu lesne biomase, in sicer z vidika teže.

Vlage v kapljevastih in plinastih gorivih praktično ni, pojavlja se predvsem v trdnih gorivih, pri čemer njen delež zelo variira. Pri premogu je ta delež do 60 %, v šoti 80 %, v lesu pa zelo variabilen (15 – 200 %).

Vlago delimo na:

- grobo: zunanja vlaga (pomeni močenje telesa s pomočjo zunanjega izvora);
- higroskopska-notranja ali kapilarna vlaga;
- konstitucijska vlaga (kemijsko vezana voda v gorivu).

3.7 STEHIOMETRIJA ZGOREVANJA

Ker je zgorevanje burna oksidacija s kisikom iz zraka, moramo pri analizah zgorevanja poznati tudi sestavo zraka za zgorevanje, ki ga jemljemo iz okolice. V spodnji tabeli so navedene vrednosti volumenskih (φ) in masnih deležev (w) sestave suhega in vlažnega zraka, ki se uporabljajo v natančnejših stehiometrijskih preračunavanjih. Sestava vlažnega zraka v tabeli je pri vlažnosti $X=0,0065$ kg/kg, kar je povprečna vlažnost okoliškega zraka v Sloveniji v zadnjih dvajsetih letih (Oman, 2005).

Preglednica 5: Volumenski (φ) in masni deleži (w) sestave zraka (Oman,2005)

	SUHI ZRAK		VLAŽNI ZRAK	
	φ / %	w / %	φ / %	w / %
N₂	78,11	75,55	77,30	75,06
O₂	20,94	23,13	20,72	22,98
Ar	0,92	1,27	0,91	1,26
H₂O	0,00	0,00	1,04	0,65
CO₂	0,03	0,05	0,03	0,05

φvolumenski delež snovi

w masni delež snovi

3.7.1 Kemična analiza goriv

Pri stehiometrijskem računanju spremljamo le procese oksidacije aktivnih snovi v gorivu. Kemijsko delovanje goriva je odvisno od njegove aktivne mase. Če hočemo torej predvideti potek reakcij, moramo najprej poznati koncentracije snovi v gorivu, ki lahko sodelujejo v procesu zgorevanja. Zato je za gorivo treba najprej ugotoviti njegovo kemično sestavo. Pri kemični analizi trdih in tekočih goriv se določa koncentracija posameznih izbranih elementov v gorivu, pri plinastih gorivih, ki so v bistvu plinske zmesi, pa se določa koncentracija posameznih komponent goriva. Ker so rezultati kemičnih analiz plinastih goriv drugačni od rezultatov analiz trdnih in kapljevityh goriv, se razlikujejo tudi oblike stehiometrijskih enačb. Kemična analiza goriv je kvantitativna analiza. Določamo sestavine in deleže sestavin, ki so pomembni za analizo procesa zgorevanja izbranega goriva. Pri trdnih in tekočih gorivih določamo naslednje masne deleže v 1kg goriva:

- m_C - masni delež ogljik;
- w_H - masni delež vodika;
- w_S - masni delež žvepla;
- w_O - masni delež kisika;
- w_N - masni delež dušika;
- w_P - masni delež pepela;
- w_V - masni delež vode.

Masni deleži se določajo na dostavljeno stanje. Lahko se preračunajo tudi na suho stanje, na stanje brez pepela, na stanje brez vode in pepela itd. Pomemben podatek, ki ga v kemijskem laboratoriju dodajajo rezultatom kemične analize, je kurilnost goriva, ki je določena eksperimentalno s kalorimetrom (Oman, 2005).

Preglednica 6: Sestave masnih deležev vlažnega in zračno suhega lesa (Senegačnik in Oman, 2004)

	Vlažni les (%)	Zračno suh les (%)
w_C	26,15	43,5
w_H	3,14	5,22
w_S	0	0
w_O	22,75	37,85
w_N	0,26	0,44
w_P	0,3	0,5
w_{H_2O}	47,4	12,5

Preglednica 7: Stehiometrične veličine vlažnega in zračno suhega lesa (Senegačnik in Oman, 2004)

	Vlažni les	Zračno suh les
H_i (kJ/kg)	8000	15000
H_s (kJ/kg)	9846,4	16451,9
$m_{O,min}$ (kg/kg)	0,718	1,195
$m_{Z,min}$ (kg/kg)	3,124	5,196
$m_{d,O,s}$ (kg/kg)	3,346	5,566
$m_{d,O,v}$ (kg/kg)	4,121	6,191
$V_{Z,min}$ (m ³ /kg)	2,43	4,04
$W_{d,O,s}$ (m ³ /kg)	2,39	3,97
$W_{d,O,v}$ (m ³ /kg)	3,35	4,75
$\rho(CO_{2,max})$ (%)	20,46	20,46

Stehiometrijski računi upoštevajo zakon o ohranitvi mase in zakon o stalnih masnih razmerjih. Pri prikazanih preračunih zgorevanja predpostavljamo, da se vse reakcije izvršijo do konca. Osnova za stehiometrijske izračune je razmerje med masama dveh snovi, ki sodelujeta v reakciji (Oman, 2005):

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 M_1}{n_2 M_2} \quad \dots(3)$$

To je enako razmerju med produkti množine n v molih in molske mase M /(kg mol⁻¹) obeh snovi. Pri stehiometrijskih računih uporabljamo molske veličine. Molski volumni plinov so vedno pri normalnem stanju (Oman, 2005).

Parametri normalnega stanja, ki jih uporabljamo, so (Oman, 2005):

- temperatura $T_n = 273,15$ K ali 0 °C;
- tlak normalnega stanja $p_n = 101\,325$ kPa ali $1\,013,25$ mbar.

3.8 KOLIČINA POTREBNEGA ZRAKA

Za proces gorenja je nujno potreben zrak, ki vsebuje kisik, kar omogoča oksidacijo. Pri računanju kapacitete zraka upoštevamo suhi zgorevalni zrak. Ker pa suhega zraka v praksi ni, moramo upoštevati okoliški vlažni zrak. Posledica vlažnega zraka je zmanjšanje vsebnosti kisika na enoto volumna.

Teoretična minimalna količina zgorevalnega zraka vsebuje ravno toliko kisika, da se ves porabi pri gorenju. Po končanem procesu zgorevanja v produktih zgorevanja ni prostega kisika (Oman, 2005).

3.8.1 Razmernik in presežek zraka

Realno je nemogoče, da bi vsaka molekula goriva dobila teoretično minimalno potrebno količino kisika, pri kateri je zgorevanje popolno in ne dobimo ostanka. Realno zahteva nepopolno zgorevanje več zraka, ki ga imenujemo presežek. Presežek je povečana količina minimalno potrebnega zraka.

Za zgorevanje različnih vrst goriv je potrebno dovesti različne količine zraka. Verjetnost, da bi vsak delec goriva prišel v stik s prostim kisikom, je zelo različna, kar pomeni različne količine porabljenega zraka – presežke. Pri računanju potrebne količine zraka uvedemo faktor, ki ga poimenujemo razmernik zraka.

$$\lambda = \frac{V_Z}{V_{Z\min}} = \frac{m_Z}{m_{Z\min}} \geq 1 \quad \dots(4)$$

λ razmernik zraka

V_Z količina potrebnega zraka za 1 kg goriva

$V_{Z,\min}$ teoretično minimalna količina potrebnega zraka za 1 kg goriva

m_Z dejanska masa zgorevalnega zraka za 1 kg goriva

$m_{Z,\min}$ teoretično minimalna masa zraka za zgorevanje 1 kg goriva

$$V_Z = \lambda V_{Z\min} \quad \text{ali} \quad m_Z = \lambda m_{Z\min} \quad \dots(5)$$

Razliko med minimalno in teoretično potrebno ter dejansko uporabljeno količino zgorevalnega zraka za 1 kg goriva imenujemo presežek zraka (Oman, 2005).

$$V_Z - V_{Z\min} = (\lambda - 1) V_{Z\min} \quad m^3 / kg \quad \dots(6)$$

$$m_Z - m_{Z\min} = (\lambda - 1) m_{Z\min} \quad kg / kg \quad \dots(7)$$

4 PORABA LESNE BIOMASE V SLOVENIJI ZA ENERGETSKE NAMENE

Slovenija je gozdno zelo pokrita regija. Gozd pokriva kar 63 % njene površine, kar se preko rodovitnih tal in ugodne klime kaže tudi v visokem letnem prirastu. Po podatkih Statističnega urada republike Slovenije (SURS) je letni prirast lesa v Sloveniji 7 milijonov kubičnih metrov.

Realno gledano ima smisel v energetske namene porabiti le del te mase lesa, in sicer les brez ekonomske vrednosti, lesene kosovne odpadke itn. Lesarska stroka se upravičeno bori proti prekomernemu izrabljanju biomase v energetske namene, saj le-ta prinaša nizko družbeno korist in ne dosega zadovoljive dodane vrednosti.

Izračun deleža, ki bi ga lahko zadostila energija lesne biomase v Sloveniji, je izračunan za celotno količino lesne biomase. **To je zgolj prikaz, koliko energije lesne biomase bi bilo možno izkoristiti!** Trenutno mediji potencirajo rabo biomase, vendar nam izračuni kažejo, da so slovenske zaloge lesa, namenjene proizvodnji toplote energije, premajhne. Predelovati biomaso v toplotno energijo ima smisel le ob uporabi ekonomsko manjvredne in industrijsko neuporabne biomase. Po grobih ocenah se v Sloveniji porabi za proizvodnjo toplote 2 milijona m³ biomase – 1 milijon m³ v industrijske namene in 1 milijon m³ za gospodinjstva.

Izračun je narejen na podlagi podatkov SURS.

Preglednica 8: Kurilna vrednost lesa in olja

Snov	Kurilna vrednost	
	MJ/kg	kWh/kg
Les	14,56	4,04
Nafta	42,0	11,7

Izračun kurilnosti ob predpostavki, da je povprečna gostota zračno suhega lesa 600 kg/m³.

$$\begin{aligned}
 Q_{sh} &= H_i \times \rho_{lesa} \\
 Q_{sh} &= 14,56 \text{ MJ / kg} \times 600 \text{ kg / m}^3 \\
 Q_{sh} &= 8736 \text{ MJ / m}^3
 \end{aligned}
 \quad \dots(8)$$

Q_{sh}..... kurilna vrednost kubičnega metra lesa

H_i..... spodnja kurilna vrednost

ρ_{lesa} gostota lesa

Kurilna vrednost 1t nafte.

$$\begin{aligned} Q_{lesn} &= H_{in} \times \rho \\ Q_{lesn} &= 42,0MJ / kg \times 1000kg / m^3 \\ Q_{lesn} &= 42000MJ / m^3 \end{aligned} \quad \dots(9)$$

Q_{lesn} kurilna vrednost les:nafta

H_{in} spodnja kurilna vrednost

Energija, ki bi jo pridobili iz mase 7 milijonov m^3 lesa, je:

$$\begin{aligned} Q_{les} &= H_{les} \times V_{les} \\ Q_{les} &= 8736MJ / m^3 \times 7.000.000m^3 \\ Q_{les} &= 61152TJ \end{aligned} \quad \dots(10)$$

Q_{les} toplota lesne mase

H_{les} kurilna vrednost lesa

V_{les} volumen lesa

Ena tona ekvivalentne nafte ima energijo $H= 41868TJ$.

Preračun energijske vrednosti lesa na vrednost nafte.

$$\begin{aligned} H_{nl} &= \frac{Q_{les}}{H_{nafte}} \\ H_{nl} &= \frac{61152TJ}{41,868TJ} \\ H_{nl} &= 1460TJ \end{aligned} \quad \dots(11)$$

H_{nl} kurilna vrednost lesa, izražena z nafto

Q_{les} kurilna vrednost celotne mase lesa

H_{nafte} kurilna vrednost nafte

Po podatkih SURS za leto 2005 znaša domača proizvodnja energije na letni ravni 3495 TOE (ton ekvivalentne nafte), kar kaže izračun pod številko 12, nakar uvozimo dodatnih 3827 TOE, kar kaže izračun pod številko 13.

$$r = \frac{H_{nl}}{H_{nafta}} \times 100[\%]$$

$$r = \frac{1460TOE}{3495TOE} \quad \dots(12)$$

$$r = 41,8\%$$

r.....energetski delež letne biomase v Sloveniji – predpostavka

$$r = \frac{H_{nl}}{H_{nafta}}$$

$$r = \frac{1460TOE}{7322TOE} \times 100[\%] \quad \dots(13)$$

$$r = 19,9\%$$

r.....realni delež letne biomase, uporabljene v Sloveniji za energetske namene-predpostavka!

Končni izračun prikazuje dejansko sliko o količini toplote ki jo je možno pridobiti iz biomase. Kljub temu, da je les ekološko neoporečna surovina, s sklenjenim emisijskim ciklom, le-ta ne zadostuje energetskim potrebam Republike Slovenije.

Poudarjam: uporaba celotne količine biomase v energetske namene ni nikakor sprejemljiva. Za ogrevanje uporabimo le temu primerno lesno biomaso, tj. lesno biomaso, ki ne zagotavlja kvalitetnih izdelkov iz lesa.

5 KURILNE NAPRAVE NA LESNO BIOMASO

Razvoj kurilnih naprav je star toliko kot je staro človeštvo. Sprva je človek uporabljal odprti ogenj, ki mu je služil za pripravo hrane in ogrevanje bivalnega okolja. Z evolucijskim napredkom si je človek prilagodil bivalno okolje, kar ima za posledico tudi modernizacijo kurjenja. Hitrejši napredek v načinu uporabe kurilnih naprav se kaže v uporabi ognja v zato namenjenih kurilnih napravah.

Sodoben način kurjenja se kaže v uporabi centralnih kurišč za ogrevanje ene ali več bivalnih enot. Kurišča nam nudijo enostavno rokovanje, visoke izkoristke pri izgorevanju in nizke emisije izpustov toplogrednih plinov.

To nam v veliki meri omogoča (Malovrh in sod., 1998):

- prehod z naprav z naravnim vlekem na naprave s prisilnim vlekem;
- jasno razmejitev med dovajanjem primarnega in sekundarnega zraka za zgorevanje;
- prilagajanje zgorevanju različnih vrst lesa s pomočjo lambda sonde;
- s povečanjem toplotne izolacije kotlov so se zmanjšale toplotne izgube zaradi mirovanja in s tem izboljšali izkoristki;
- zaradi popolnejšega zgorevanja zmanjšano količino pepela.

Sodobne kurilne naprave glede na:

- obliko goriva
 - polena;
 - lesni sekanci;
 - lesni stiskanci – peleti.
- posluževanje
 - ročno nalaganje;
 - avtomatizirano nalaganje.
- način uporabe
 - lokalne naprave: peči, kamini, štedilniki;
 - lokalne naprave za ogrevanje tudi sosednjih prostorov;
 - naprave za centralno ogrevanje.

Preglednica 9: Izkoristki kotlov za kurjenje lesne biomase (Malovrh in sod., 1998)

energent	Vrsta kotla	Izkoristek
Trdna goriva	Starejše izvedbe kombiniranih kotlov na tekoče in trdno gorivo	65 % do 72 %
	Sodobni specialni kotli na trdna goriva	70 % do 75 %
	Kotli na lesno biomaso	
	- peleti	80 % do 90%
	- sekanci	85 % do 90%

5.1 INDUSTRIJSKE KURILNE NAPRAVE ZA KURJENJE BIOMASE

Vzpodbujanje evropskih institucij pri izrabi obnovljivih virov energije je popeljalo razvoj kurilnih naprav do točke enostavnega posluževanja in visokih izkoristkov. Tehnološko sprejemljivejša območja, bogata z lesno surovino, so potencialno zelo primerna za izrabo te zelene energije. Sodobni centralizirani postopki izrabe energije lesa se izvajajo s pomočjo industrijskih kurilnih naprav, ki dosegajo visoke izkoristke in oddajajo malo emisij toplogrednih plinov.

Energija se v posamezne enote dovaja preko vročevodnega sistema, kjer se preko vmesnika prenaša v hišni ogrevalni sistem. Celoten sistem, od doziranja do ogrevanja posameznih enot, je računalniško voden, kar omogoča hiter odziv na morebitne nepravilnosti in kar se da nemoteno dovajanje toplote. Prednost sistema daljinskega ogrevanja je majhna skrb za preskrbo z energijo, prihranek prostora, nižji stroški izgradnje hiše (dimnik ni potreben) itd.

5.2 SISTEM DALJINSKEGA OGREVANJA

Sestavlja ga pet medsebojno osnovnih enot:

- skladišče goriva;
- transportni sistem;
- kotel;
- čiščenje dimnih plinov;
- toplovodno omrežje.

5.2.1 Skladišče goriva

Prvenstveno zagotavlja neprekinjeno oskrbo z gorivom, saj so dobave goriva občasne in pogosto v velikih količinah. Skladišče mora biti dimenzionirano tako, da zadostuje nemotenemu obratovanju kotlovnice vsaj pet dni pri maksimalni obremenitvi.

Za nemoteno dobavo zalog imajo toplarne pogosto podpisane pogodbe s posameznimi dobavitelji. Pogosto se toplarne poslužujejo skladiščenja na prostem, kar prispeva k nižji ceni surovine.

Pokrita skladišča so delno obzidana z betonskimi zidovi. Znotraj so nameščeni prosto stoječi zidovi ali dovajalni silosi. Sekanci se pogosto zaradi previsoke vlažnosti lesa sprimejo, zato jih s pomočjo podajalnih mehanizmov dovedemo na transportno napravo (Program PHARE, 1999).

5.2.2 Transport in dovajanje goriva

Lesno gorivo mora prepotovati dolgo pot od skladišča ali dovajalnega silosa do kotla, pri čemer je verjetnost napak velika. Zato mora biti sistem transporta goriva sestavljen iz čim manj sestavin, da se izognemo čim več možnim napakam.

Dovajanje z žerjavom

Transport lesnega goriva od dovajalnega silosa do zbiralnega jaška pogosto poteka s pomočjo žerjava, saj ima le-ta veliko kapaciteto in je zelo zanesljiv. Grabilnik, ki se uporablja tudi v sežigalnicah odpadkov, je primeren za sekance zaradi svoje velike žlice in enostavnega delovanja, manj uporaben pa je za praznjenje silosov. Dobra rešitev je tudi posebna zajemalka, ki je oblikovana prav za sekance.

Polžni transporterji

Polžni transporterji so poceni, vendar občutljivi na nečistoče in trske. Običajno se ta vrsta transporterjev ne priporoča za toplarne na daljinsko ogrevanje. Polžni transporterji morajo imeti minimalni premer 300 mm.

Tekoči trakovi

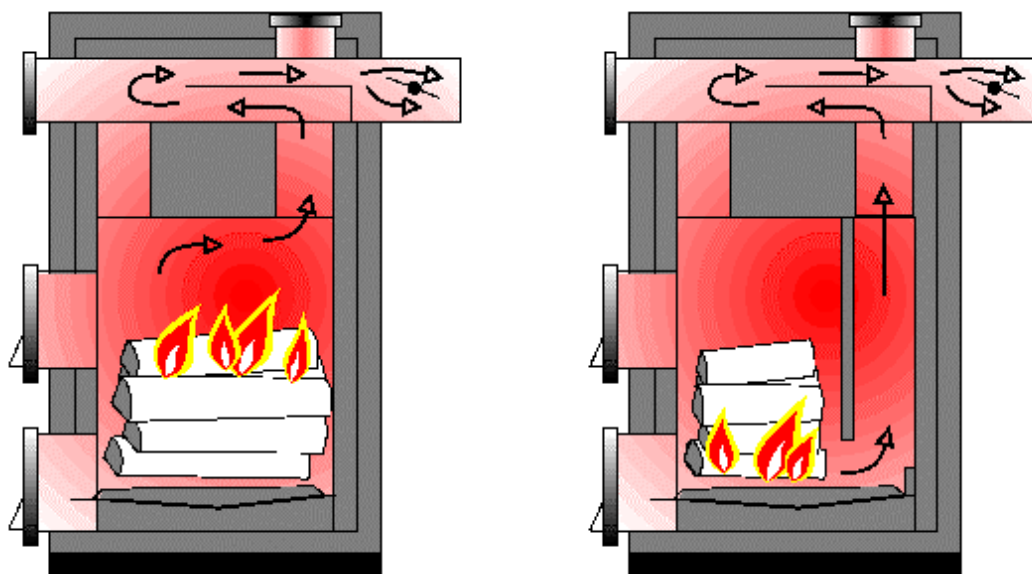
Tekoči trakovi so praktično neobčutljivi na nečistoče. Glede tega so boljši od polžnih transporterjev, vendar se ne morejo uporabljati pri enako strmih nagibih. Ta problem lahko omilimo z montažo korcev vzdolž traku. Glavna slabost takšne rešitve so stroški in problemi s prahom (ki lahko narekujejo prekritje traku).

Hidravlično dovajanje goriva

Ta relativno dobro delujoč sistem se uporablja v številnih toplarnah. Iz zbiralnega jaška sekanci padajo v pravokotno korito, iz katerega jih hidravlični potisni bati porinejo na rešetko.

5.3 TEHNIKE ZGOREVANJA

Pri hišnih kurilnih napravah in manjših industrijskih kotlovnica pogosto srečamo klasično rešetko. Klasične hišne naprave delimo glede na način odgorevanja na naprave z zgornjim in spodnjim odgorevanjem. Pri zgornjem odgorevanju goriva gori le zgornji del v kurišču. Kurilne naprave so opremljene z dovodom primarnega zraka skozi rešetko, sekundarni zrak pa se dovaja v zgorevalno komoro v območje plinifikacije (Butala in Turk, 1998).



Slika 2: Hišni napravi z zgornjim (levo) in spodnjim (desno) odgorevanjem (Butala, 1998)

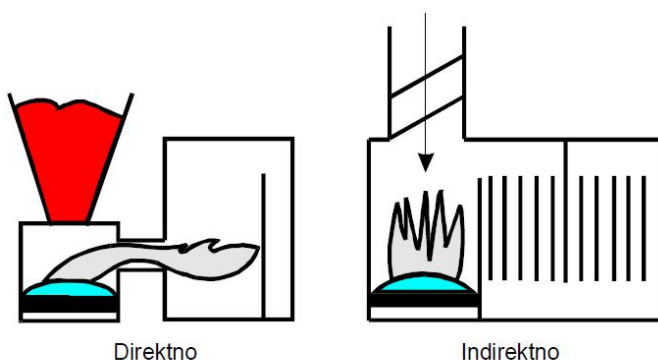
Pri napravah s spodnjim odgorevanjem zgoreva hkrati le del goriva, dokončno zgorevanje pa poteka v posebni komori. V obeh primerih se kot gorivo uporabljajo polena. Nalaganje goriva je ročno. Specialne kurilne naprave za uporabo lesne biomase s prezračevanim kuriščem (imenujejo se tudi kurilne naprave z obrnjenim pretokom) omogočajo okoljsko neoporečno kurjenje. Zalogovnik z vrha ročno polnimo s poleni. Ventilator dovaja v kurišče svež (primarni) zrak. V zgornjem delu kurišča se les osuši, sledi faza uplinjanja lesa in prvega nastanka plamena, ko se vnamejo lahko gorljive snovi. Namesto rešetke imajo te naprave keramično ploščo. Skozi ploščo se vrtinčijo produkti zgorevanja v sekundarno komoro, kjer se mešajo s sekundarnim zrakom. V sekundarni komori poteka proces glavnega zgorevanja pri temperaturah do 1100 °C, pri čemer zgorejo tudi težko gorljive substance goriva. Produkti zgorevanja zapuščajo komoro skozi odprtino v keramični plošči, kjer se proces zgorevanja konča. Plamen je modre barve in spominja na zgorevanje plinastih goriv.

Razvoj kurilnih naprav je omogočil avtomatiziran proces kurjenja, ki ga omogoča kurivo enakomerne velikosti. Za ta način kurjenja uporabljamo lesni prah, žagovino, sekance, brikete in pelete. Pri procesu kurjenja je pomembno enakomerno dovajanje goriva, sicer prihaja do nepopolnega zgorevanja in posledično do povečanja emisijskih vrednosti. Naprave, ki jih uporabljamo, imajo kapaciteto od nekaj 10 kW do nekaj 10 MW.

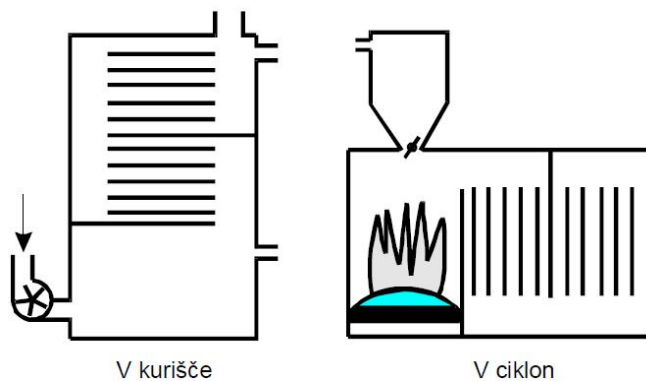
5.4 DOZIRANJE

Vrste doziranja ločimo na:

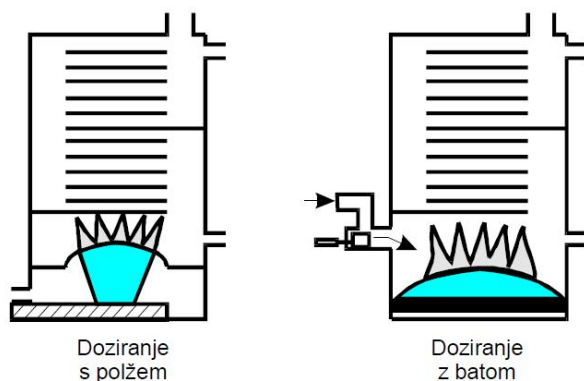
- gravitacijsko:
 - direktno se uporablja pri kurilnih napravah s kuriščem ob kotlu in pri doziranju goriva manjših oblik;
 - indirektno pa uporabljamo za doziranje kuriva neenakih oblik (doziranje poteka preko ventila);
- pnevmatsko doziranje z neposrednim doziranjem ali s pomočjo ciklona;
- doziranje neposredno s polžem – ta način je najpogosteje v uporabi;
- doziranje s hidravličnim batom, ki omogoča doziranje kuriva nepravilnih oblik.



Slika 3: Gravitacijsko doziranje (Butala, 1998)



Slika 4: Pnevmatško doziranje (Butala, 1998)



Slika 5: Doziranje s polžem in batom (Butala, 1998)

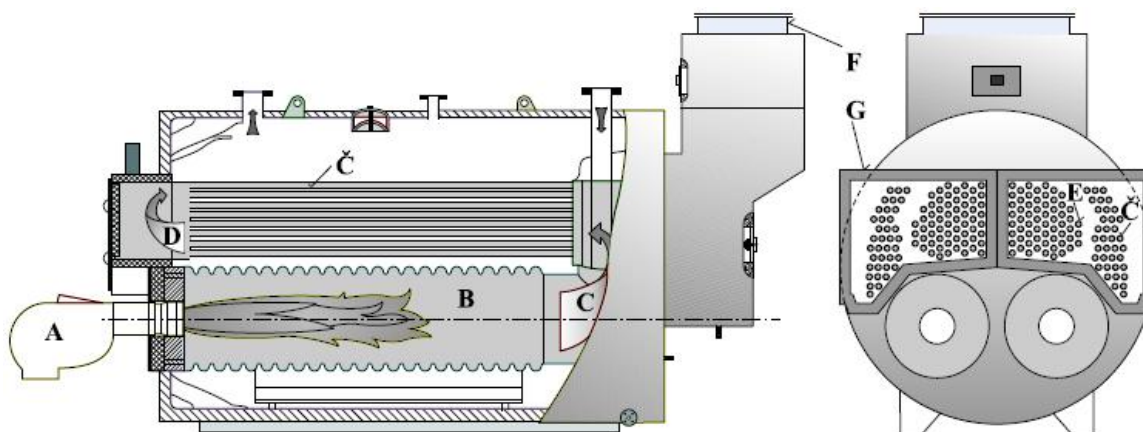
5.5 KOTLI

Kotli so energetske naprave s pomočjo katerih pretvarjamo kemično energijo goriva v notranjo energijo dimnih plinov, preko katerih se črpa energija za ogrevanje najpogosteje vode. Dimni plini, ki nastanejo pri zgorevanju, so vodeni preko prenosnika toplote. Ta je na eni strani obdan z vročimi dimnimi plini, na drugi pa z vodo, na katero se prenaša energija. Sistem je ločen s stenami, preko katerih se prenaša toplota. Grelno telo je sestavljeno iz večjega števila manjših cevi, skozi katere teče voda. Pomembno pri tem je, da sta komora, kjer poteka zgorevanje in komora, kjer prestopa toplota, ločeni, saj le tako zagotovimo dobro zgorevanje plinov. Končni produkt je vroča voda, nasičena ali suha para, ki jo uporabljamo na napravah izven kotla. Viri, s katerimi se segreva voda v kotlovskih postrojenjih, so lahko produkti zgorevanja (biomase) ali stranski produkti, ki prihajajo iz tujih virov – izpušni plini (Tuma in Sekavčnik, 2005).

Konstrukcija kotla in izvedba kurišča je odvisna predvsem od vrste goriva. Pri uporabi določenih energetskih naprav (plinska turbina ali motor z notranjim izgorevanjem) je velika prednost kotla, da lahko v njem izrabljamo različne vrste goriva, vključno s perečimi smetmi in odpadki.

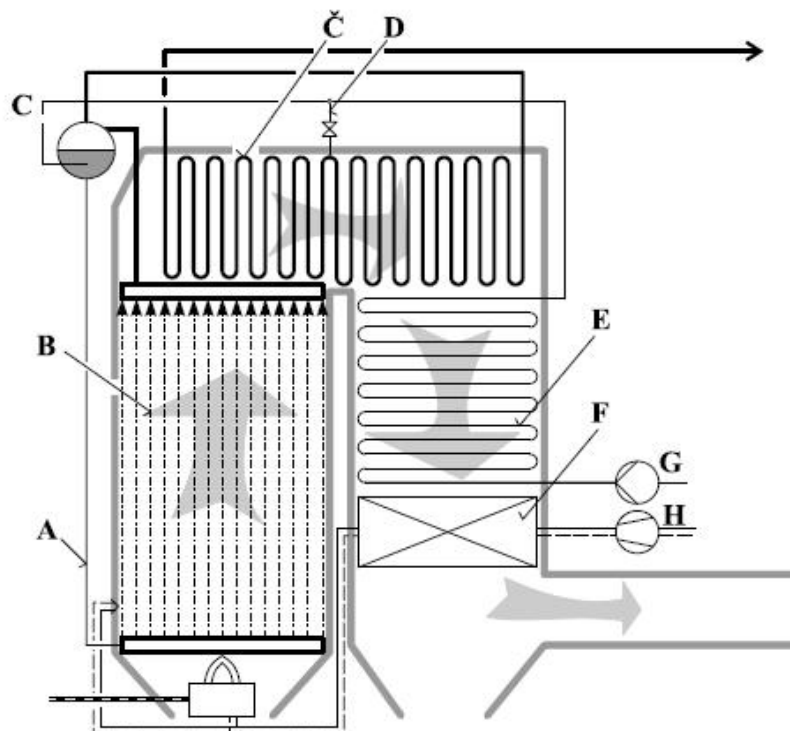
5.5.1 Vrste kotlov

Pri mnogovodnih, tj. dimnocevnih kotlih dimni plini prehajajo skozi cevi in oddajajo toploto preko sten na ogrevalni medij. Prednost tovrstnih kotlov je enostavno streženje, slabost pa majhne količine proizvedene pare zaradi omejenih ogrevalnih površin.



Slika 6: Mnogovodni kotel (A - gorilnik, B – plamenica, C – obračališče dimnih plinov, Č – dimne cevi (drugi vlek), D – obračališče dimnih plinov, E – dimne cevi (tretji vlek), F – dimni kanal, G – vratca za čiščenje) (Energetski stroji in naprave 2005)

Vodocevni malovodni kotli se odlikujejo z možnostjo hitrega povečanja obremenitve. Pri vodocevnih kotlih so cevi, napolnjene z vodo, položene skozi kurilno komoro. Toplota se na cevi prenaša s sevanjem in vročimi dimnimi plini. Glede na lego ogrevanih cevi delimo vodocevne kotle na poševnocevne in navpičnocevne. Cevi so povezane v boben, ležijo pa pravokotno nanj. V ogrevanih ceveh se iz vode pričnejo izločati parni mehurčki. Zaradi razlike med gostoto hladne in vroče vode, kakor tudi vroče vode in pare, se v uparjalniku vode ustvari tok v smeri kotlovskega bobna. Ko zmes preide v boben, se para loči, neuparjena voda pa se pomeša s hladno, ki priteče z grelnika vode. Nato se proces ponovi. Kotli, ki delujejo po tem principu, se imenujejo kotli z naravnim obtokom. V kolikor v kotel vgradimo črpalko za prisilno kroženje, se ta imenuje kotel s prisilnim obtokom. S tem izboljšamo toplotno prehodnost, zmanjšamo premer cevi in posledično tudi dimenzije kotla in stroške izdelave. Tretja skupina kotlov so kotli s prisilnim pretokom – so zelo primerni za pripravo sveže pare visokih parametrov, posebno v nadkritičnem območju. Kotli ne vsebujejo niti bobna niti obtočne črpalke. Voda v kotlovskih ceveh se postopoma greje, uparja in pregreva. V takem kotlu je prenos toplote dober, regulacija obremenitve kotla natančna, zagon in ustavitev hitra, imamo pa precejšnje izgube zaradi tlačnih uporov skozi celoten kotel (Tuma in Sekavčnik, 2005).



Slika 7: Vodoceveni kotel z naravnim obrokom (A – padne cevi, B – cevi uparjalnika (sevalni prenosnik toplote), C – boben, Č - -pregrevalnik pare, D – vbrizg vode (regulacija temperature), E – grelnik vode, F – grelnik zraka, G – napajalna črpalka, H – ventilator za podpih.) (Energetski stroji in naprave, 2005)

5.6 KURIŠČA

Glede na lego kurišča ločimo:

- kurilne naprave s kuriščem ob kotlu (kuriščni prostor ustrezne velikosti mora biti dobro izoliran);
- kurilne naprave s kuriščem pod kotlom.



Slika 8: Prikaz kurilne naprave z kotlom poleg kurišča kurilne naprave.

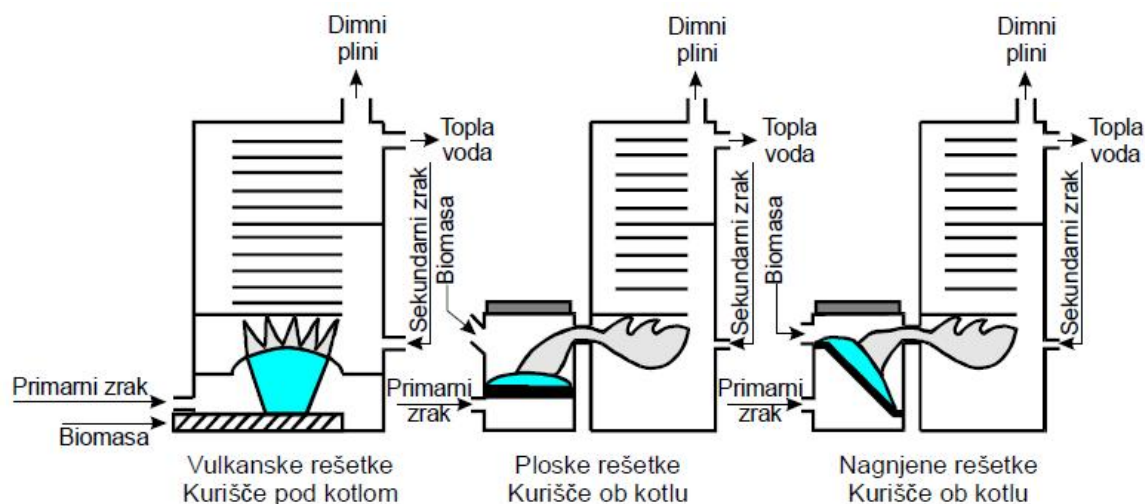


Slika 9: Prikaz kurilne naprave z kuriščem pod kotlom (Froling, 2000)

Kurišče je lahko opremljeno z različnimi tipi rešetk, pri čemer se bolj fine rešetke uporabljajo pri manjših kotlih (do 1MW). Pri večjih industrijskih kotlih so v uporabi večje rešetke z namenom boljšega prepuščanja pepela, zlasti pri kurivih s povečanim deležem pepela.

5.7 REŠETKE

- vulkanske rešetke, ki so oblikovane kot obrnjen stožec (gorivo se dozira s spodnje strani prek polža);
- ploske rešetke (fiksne ali premične), na katere se dozira gorivo gravitacijsko, prek polža ali bata;
- nagnjene rešetke (fiksne ali premične), ki zaradi dolžine omogočajo dobro razločevanje med posameznimi fazami zgorevanja – gorivo se dozira gravitacijsko, prek polža ali bata.

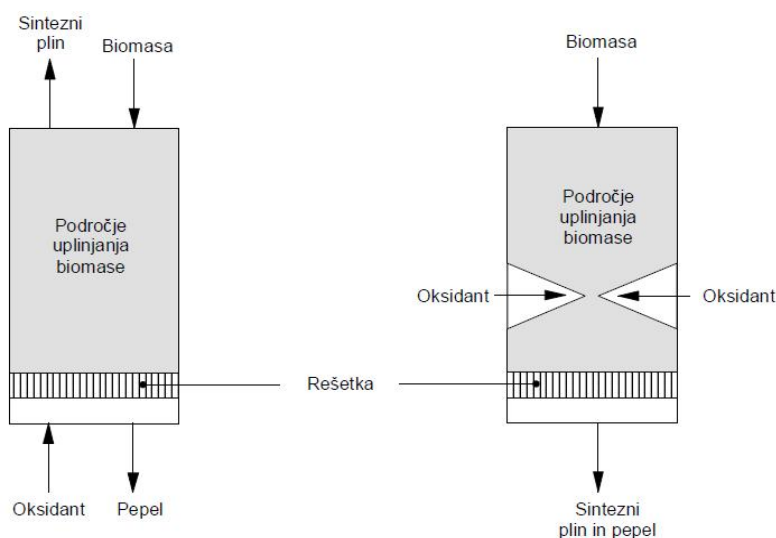


Slika 10: Tipi rešetk (Energetski stroji in naprave, 2005)

5.8 UPLINJANJE

Poznana sta nam dva načina uplinjanja:

- sotočno uplinjanje;
- protitočno uplinjanje.



Slika 11: Sotočno in protitočno uplinjanje (Energetski stroji in naprave, 2005)

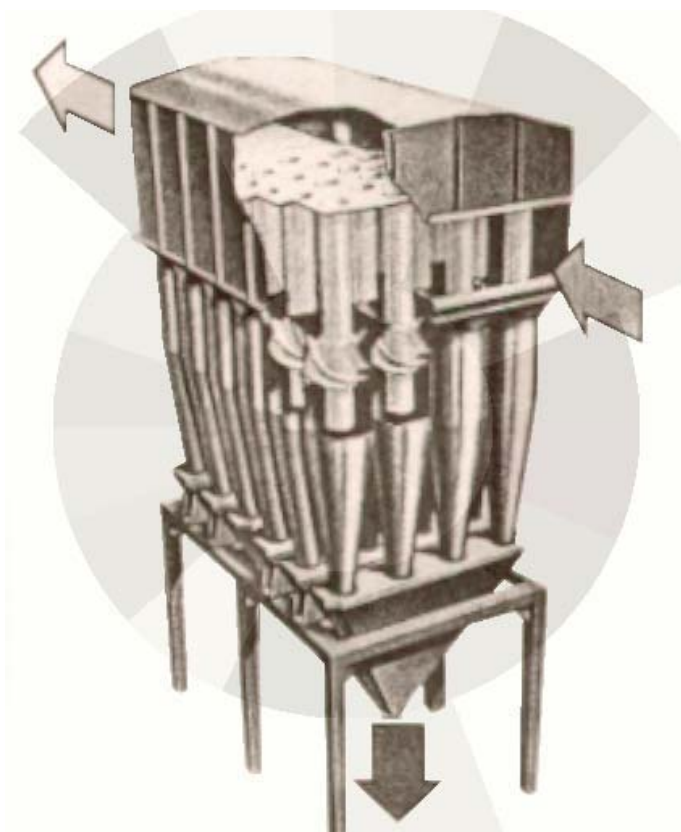
Pri zgornjih slikah se v obeh primerih dovaja gorivo iz zgornje strani. Gorivo se na poti proti dnu reaktorja uplini in zgori. V prvem primeru sintezni plin izstopa iz reaktorja v zgornjem delu, v drugem primeru pa v spodnjem delu. Pepel, ki pri tem nastane, se odvaja v spodnjem delu, kjer ga odstranjujemo. Celoten proces pridobivanja sinteznega plina poteka počasi, temperatura v posameznih slojih pa je različna. Pri sotočnem uplinjanju dovajamo oksidant v spodnjem delu naprave, pri protitočnem pa s strani. Postrojenja, ki so avtomatizirana in obratujejo tako rekoč brez stroškov dela, običajno uporabljajo kot generatorje toplote za daljinska ogrevanja z močjo med 5 in 6 MW (Butala in Turk, 1998).

5.9 ČIŠČENJE DIMNIH PLINOV

Leteči pepel je del pepela, ki ga nosijo dimni plini skozi kotel. Čiščenje dimnih plinov pomeni zmanjšanje količine letečega pepela, ki izhaja skozi dimnik. Iz faze čiščenja se pepel preko polžnega transporterja pomika v sistem za odstranjevanje pepela. Izbiro med multiciklonom, vrečastim filtrom in ostalo opremo za čiščenje pogojujejo zahteve, navedene v okoljevarstvenem poročilu.

5.9.1 Multicikloni

Multicikloni so poceni in tudi cena njihovega vzdrževanja je nizka. Multicikloni čistijo dimne pline do vsebnosti prahu od 150 do 400 mg/Nm³. Multiciklon je večcelični odpraševalnik, ki je sestavljen iz več paralelno postavljenih ciklonov. Cikloni so zvarjeni v ohišje in s tem tvorijo celoto. Surov plin se enakomerno porazdeli po vertikalnih ciklonih in sproži vrtenje v zavojnih izločevalnih ceveh. Sredobežnost prašnih delčkov povzroči izločanje le-teh v lijak za zbiranje prahu. Očiščeni dimni plini se posrkajo preko potopnih cevi v čistilno kapo in od tam v dimnik.

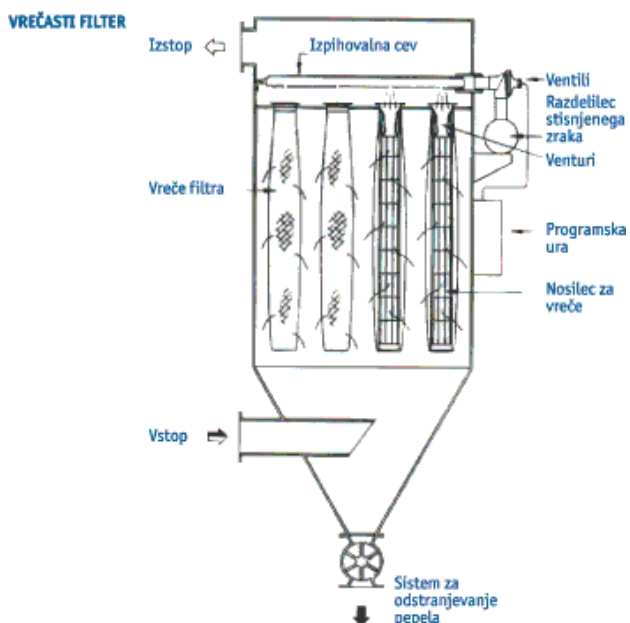


Slika 12: Multiciklon (WV TERM, 2007)

5.9.2 Vrečasti filtri

V toplarnah na lesne ostanke jih najdemo redko. Namesto njih se v novih in obstoječih toplarnah pogosto montirajo kondenzatorji dimnih plinov, saj se s to metodo dimni plini očistijo delcev in hkrati zvišajo učinkovitost kotlov.

Delujejo popolnoma avtomatično po načelu filtracije dimnega plina skozi tkanino. Ventilator, ki je vgrajen izza filtra, vleče dimne pline skozi filtrske vreče v dimnik. Prah se nabira na zunanji strani vreč, prečiščen zrak pa prehaja skozi stene vreč. Filtrske vreče so narejene iz posebne tkanine, ki je odporna na visoke temperature in na oksidirajoče plinaste primesi (SO_2 , NO_2) v dimnih plinih. Čiščenje oz. otresanje vreč se izvaja v nasprotni smeri s pomočjo sunkov komprimiranega zraka iz notranjosti vreč navzven. Na vrečah ujet prah se zbira v lijakah na dnu filtra, od koder se transportira v silose, nato pa do primerne deponije (DOLB, 1999).



Slika 14: Vrečasti filter (TE-TOL, 2007)

5.10 TOPLOVODNO OMREŽJE

Predstavlja vez med toplarno in končnim uporabnikom. Toplota se prenaša s pomočjo vroče vode iz toplarne do končnega uporabnika. Toplovodno omrežje predstavlja izolirane cevi večjih premerov, ki vodijo iz toplarne do posameznega uporabnika. Cevovod je sestavljen iz glavnega voda in se razdeli na cevovode do posameznih uporabnikov, kar imenujemo razdelilni sistemi. Cevovodi, vgrajeni izven naselij, predstavljajo velike toplotne izgube, zato je potrebna velika pozornost pri izvedbi izolacije. Toplotna energija se iz toplarne dovede posameznemu uporabniku do toplotnega prenosnika. Toplotni prenosnik je naprava za posredno prenašanje toplotne energije, iz enega ogrevalnega sistema v drugega. Priporočljivo je, da vsebuje sistem posamezne zgradbe zalogovnik toplote, saj z njim zagotavljamo nemoteno izrabo tople sanitarne vode. Za zagotavljanje nemotene oskrbe z energijo je v cevovodu temperatura vode skozi vse leto enaka. Konstantno zagotavljanje toplotne oskrbe med letnimi časi se regulira s pomočjo pretoka tekočine v sistemu.

Elementi sistema daljinskega ogrevanja so predstavljeni v nadaljevanju.

Toplotni viri:

- naprave za kombinirano proizvodnjo toplote in električne energije;
- kotli za proizvodnjo toplote (les, plin, nafta, premog);
- priprava vode;
- črpalke.

Prenosni in razdelilni cevovodi:

- predizolirane cevi (jeklene cevi, izolirane s poliuretansko peno v lepljenem sistemu);
- kompenzatorji;
- sekcijski ventili.

Toplotne postaje:

- izmenjevalniki toplote;
- ventili, črpalke;
- merilniki toplote.

Instalacije porabnikov:

- radiatorji;
- instalacija za vročo vodo;
- izmenjevalniki toplote;
- merilniki, ventili itd.

6 POVZETEK IN ZAKLJUČEK

Obnovljivi viri energije so temelj za obstoj življenja. Z nastankom rastline in njenim propadom se sklene življenjski krog, v katerem je rastlina iz okolja sprejela ogljikov dioksid in ga ob propadu enako količino tudi vrnila. Izkoriščanje nafte predstavlja v časovnem obdobju obstanka zemlje eksplozijo ogljikovega dioksida v ozračje in posledično spremembo klime.

Poleg lesa, ki služi kot poglavitna vrsta biomase, se za namene ogrevanja uporabljajo tudi neolesenele rastline. Nekatere izmed njih je možno kuriti, druge se izkorišča s pomočjo gnitja, pri katerem se sprošča plin, uporaben v energetske namene. Pomembno mesto med biogorivi zavzema biodizel. To je vrsta motornega goriva, pridobljena iz posevkov oljne repice. Izdeluje se lahko tudi iz odpadnega rastlinskega olja.

Pri pridobivanju toplotne energije se pogosto uporablja lesna biomasa. Na toplotno energijo, ki jo pridobimo iz lesa, ima največji vpliv vlažnost lesa in drevesna vrsta. Da dosežemo željen učinek pri ogrevanju, moramo izbrati zdrav les, ki ga je treba primerno posušiti. Sodobni načini izrabe kuriv starih zakonitosti skoraj ne upoštevajo. Les se s pomočjo strojev zdrobi na majhne delce, ki se dokončno osušijo v kurilni napravi. S tem je prihranjeno veliko časa. Pri predelavi lesa se porablja veliko energije, zato so mnenja o smiselnosti izdelave posameznega tipa kuriva pogosto deljena.

Tehnološki napredek in poznavanje značilnosti lesa je omogočil predelavo lesa do mere, ki omogoča komfortno posluževanje kurilnih naprav. Sodobne naprave imajo vgrajeno lambda sondo, ki je namenjena meritvam dimnih plinov, na podlagi katerih se določajo ključni pogoji v zgorevalni komori. S sistemi daljinskega ogrevanja nudimo končnemu uporabniku sodobno obliko ogrevanja. Sodobni načini izrabe lesne biomase temeljijo na sistemih daljinskega ogrevanja. Ti nam nudijo toploto, ki jo preko cevne sistema dovedemo k posameznemu uporabniku. Naprave v sistemu daljinskega ogrevanja omogočajo visoke izkoristke goriva in malo okolju škodljivih snovi.

Glede na dejstvo, da je nafta neobnovljiv energetski vir, se bo uporaba biogoriv v prihodnosti povečevala. Povečanje uporabe biomase bo imelo pozitiven vpliv na pridobivanje novih delavnih mest in na okolje.

Lesna biomasa nikakor ne more biti glavni vir biomase. Izračun na podlagi podatka, da je v Sloveniji letni prirast lesa 7 mio m³, zgolj prikazuje dejansko sliko o količini energije, ki bi jo lahko iz nje pridobili. **Energetska oskrba s pomočjo lesne biomase je smiselna le ob uporabi lesa, ki ga ni mogoče uporabiti v izdelkih lesnopredelovalne industrije.**

7 VIRI

1. Bratkovič A., Irgl R. 2006. Daljinski sistemi ogrevanja na lesno biomaso. Enecon d.o.o., Ljubljana.
http://www.energy-in-minds.si/download/Daljinski_sis_monitor.pdf
(2.april 2009).
2. Butala V., Turk J. 1998. Lesna biomasa: Neizkoriščen domač vir energije. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije.
<http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V5-biomasa.pdf> (1 . oktobra 2008).
3. Čufar K. 2001. Opisi lesnih vrst: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
4. Dolenšek M., Golob A., Medved M., Pogačnik N., Šumenjak M. 1999., Kmetovalčev priročnik: Energija iz lesne biomase. Slovenj Gradec, Kmetijska založba Slovenj Gradec., d.o.o.: 28 str.
5. Dolenšek M., 2004. Izobraževanje svetovalcev za izrabo lesne biomase. Priprava in izdelava lesnega kuriva. Robanov kot: 25 str.
6. Gorišek Ž. 2005. Gostota lesa. Korak, 7,5: 29-31
<http://www.korak.ws/clanki/gostota-lesa> (10. september 2008)
7. Gozdarski inštitut Slovenije. 2004. Izobraževanja svetovalcev za svetovanje na področju: Pridobivanja, predelave in rabe biomase pri individualnih uporabnikih. (30.4.2004)
http://www.aure.gov.si/eknjiznica/prirocnik_izob_svet_LB.pdf
(30. marec 2009)
8. KIV d.d., Toplarna Železniki. 2006.
http://www.kiv.si/slo/documents/kogeneracija_na_lesno_biomaso.pdf
9. KIV d.d., Biomasa – sistemi
http://www.kiv.si/slo/biomass_systems.php (4. februar 2009)
10. Krajnc N., Kovač Š. 2003. Lesna biomasa - Okolju prijazen obnovljiv vir energije: brošura. Slovenska Bistrica, Občina Slovenska Bistrica: 23 str.
11. Lesna biomasa. 2006. Tehnologije pridobivanja in rabe biomase: Raba kuriva. Zavod za gozdove Slovenije 2006.
http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=tehn_raba_k (10. december 2008)
12. Malovrh M., Paznik M., Šijanec M., 1998. Sistemi regulacije ter merjenje in obračun toplote v večstanovanjskih zgradbah. Gradbeni inštitut ZRMK, Ljubljana. <http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V6-regulacije.pdf> (6. april 2009)
13. Obnovljivi viri energije, Modra energija. 2004.
<http://www.modra-energija.si/default.asp?id=62> (7. september 2008)
14. Obnovljivi viri, Agencija za prestrukturiranje energetske. Bioplin in odpadki.
<http://www.ape.si/> (14. september 2008)
15. Oman J. 2005. Generatorji toplote. 1. izdaja. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 250 str.

16. Prednosti biodizla.
<http://www.pinus-tki.si/sl/Biodizel/> (14. september 2008)
(30. marec 2009)
17. Program PHARE. 1999. Priročnik – Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso.
http://www.aure.gov.si/eknjiznica/DOLB_prirocnik99.pdf (5. december 2007).
18. Senegačnik A., Oman J. 2004. Lastnosti zraka, goriv in dimnih plinov. 1. izdaja.
Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 135 str.
19. TE – TOL. Emisije v zrak. 2007.
http://www.te-tol.si/index.php?sv_path=2456,2477 (21.4.2009)
20. Tuma M., Sekavčnik M., 2005. Energetski stroji in naprave. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: 256 str.
21. WV – Term d.o.o. Toplota iz domačih logov. 2007. Bioflam zgorevalna tehnika za najčistejšo energijo.
http://www-svetinalazar.si/KATALOGI_PDF/WV%20TERM/WV%20TERM_kotli%BIOFLAMM_preditveni%20prospekt.pdf

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorjema izr. prof. dr. Janezu Omanu in doc. dr. Andreju Senegačniku, za usmerjanje in dajanje napotkov pri pripravi diplomskega dela. Zahvala gre tudi doc. dr. Dominiki Gornik Bučar za recenzijo diplomskega dela.

Zahvaljujem se staršem, da so mi omogočili študij ter vsem sošolcem in prijateljem, s katerimi sem preživel dobre in slabe trenutke študija.