Pretvorba kemijske energije biomoasu u toplinsku na primjeru grijanja kućanstava

Tonkovac, Monika

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:209030

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike

PRETVORBA KEMIJSKE ENERGIJE BIOMASE U TOPLINSKU ENERGIJU NA PRIMJERU GRIJANJA KUĆANSTVA

Završni rad

Monika Tonkovac

Osijek, 2019.

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. Zadatak završnog rada 3

2. SVOJSTVA SIROVINA 4

2.1. Kategorije 4

2.2. Analiza i sastav biomase 6

2.3. Proizvodnja i karakteristike peleta 6

3. TEHNOLOGIJE 9

3.1. Tehnologije detaljnije 10

3.2. Termokemijske pretvorbe 11

3.2.1. Izgaranje 11

3.2.2. Rasplinjavanje biomase 12

3.2.3. Torefakcija 13

3.2.4. Piroliza 13

4. PROCESI IZGARANJA I PIROLIZE 14

4.1. Izgaranje 14

4.2. Piroliza 15

5. GRIJANJE NA BIOMASU 16

5.1. Sustavi temeljeni na procesu pirolize biomase 16

5.1.1. Princip rada piroličke peći 16

5.2. Sustavi temeljeni na klasičnom izgaranju biomase 18

5.2.1. Princip rada kotla za izgaranje biomase 18

6. USPOREDBA RAZLIČITIH PEĆI ZA GRIJANJE NA BIOMASU 20

6.1. Pirolitički kotao na drva, 25 kW – CENTROMETAL Bio Tec 22

6.2. Pirolitički kotao na drva, 26 kW – Buderus, Logano S121 – 2 24

6.3. Piroličtka peć na drva, 18 - 25 kW – VITOLIGNO 100 – S 26

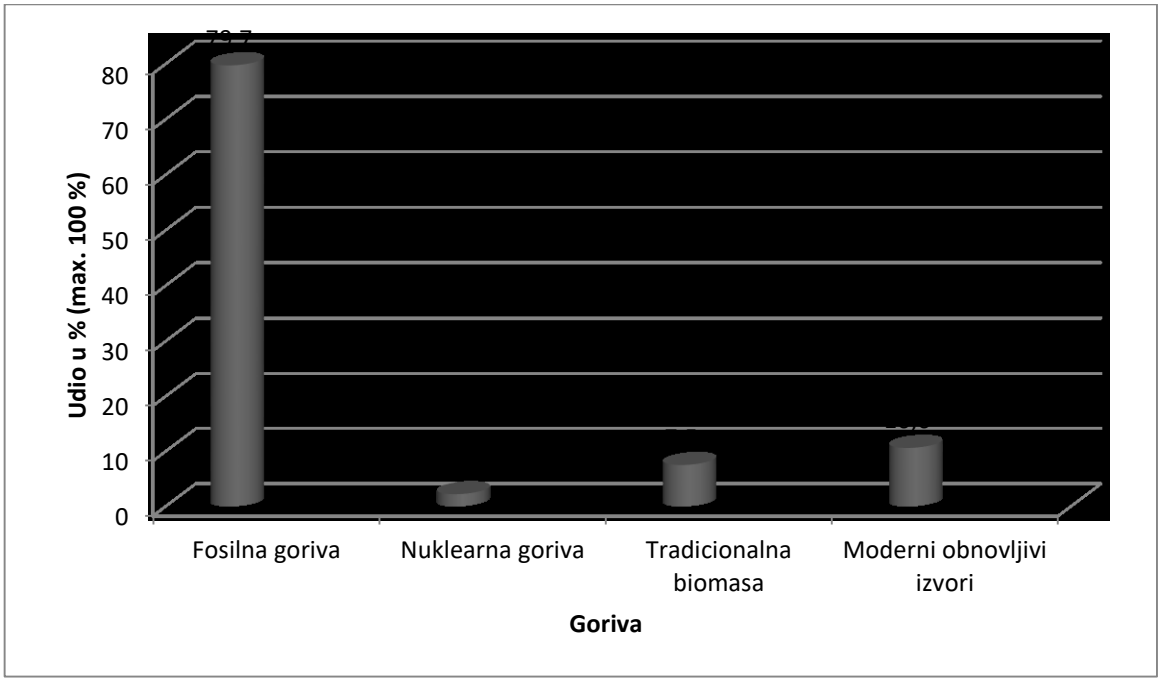
6.4. Kotao na drva, 20 - 30 kW, VIADRUS U26 28
6.5. Kotao na drva 24 - 28 kW – Thermasis KAPPA KP 04 30
6.6. Kotao na drva 25 kW - CENTROMETAL EKO – CK P 32
6.7. Izračun toplinskih gubitaka pojedinog kotla 34
6.8. Izračun potrebne količine drveta i ukupnih troškova 35
6.9. Usporedba kotlova s obzirom na karakteristike 39
7. ZAKLJUČAK 41
LITERATURA 42

1. UVOD

Ugljen i plin jedni su od primarnih izvora energije u svijetu još od 19. stoljeća. S obzirom da su fosilna goriva štetna za čovjeka i okoliš, pojavila se potreba za nečim ekološki prihvatljivijim. S druge strane, fosilna su goriva konačna što znači da će resursi uskoro presušiti. Dio rješenja ostvaren je korištenjem solarne energije te energije vjetra. Ta rješenja ne zamjenjuju fosilna goriva i ne garantiraju stalnu opskrbu jer u potpunosti ovise o vremenskim uvjetima. Tu se javila potreba za dodatnim izvorima energije.

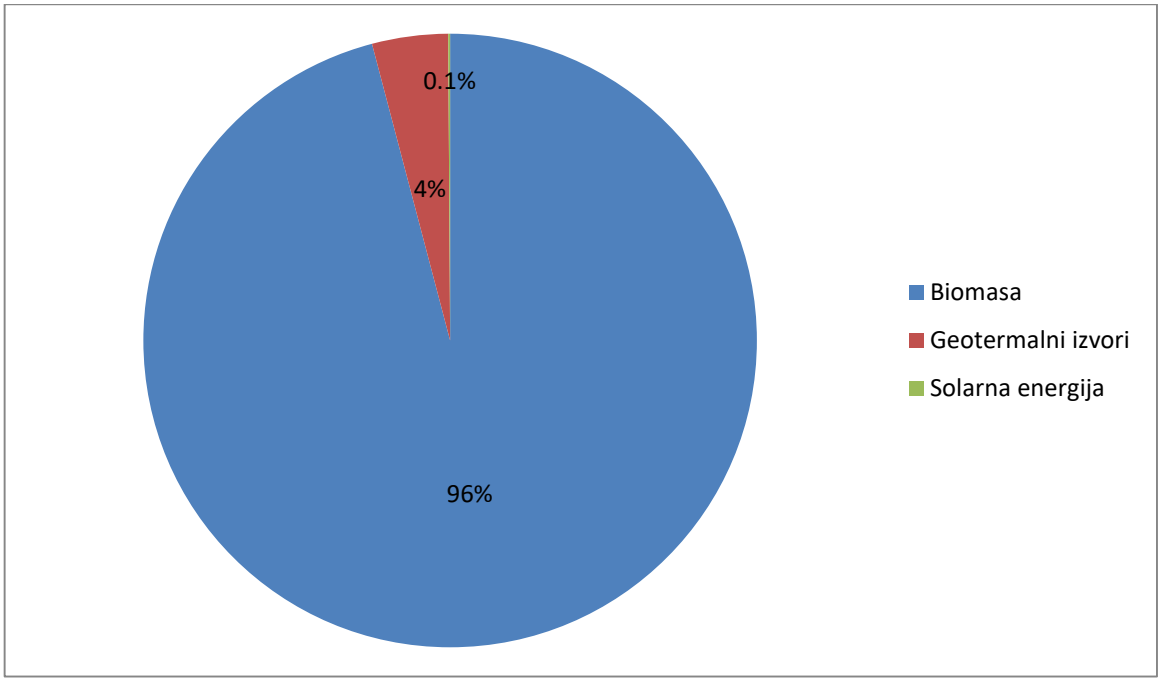
Drvo je bilo jedno od goriva koje je čovjek prvo koristio. Taj se energent koristio od najranijih dana pa sve do danas te se u današnje vrijeme razvijenim tehnologijama iskorištava u većem postotku.

Podatak iz 2017. govori da je, od ukupno korištenih goriva za proizvodnju svjetske energije, udio tradicionalne biomase čak 7,5 %. (postotak ostale biomase spada u moderne obnovljive izvore) [1]



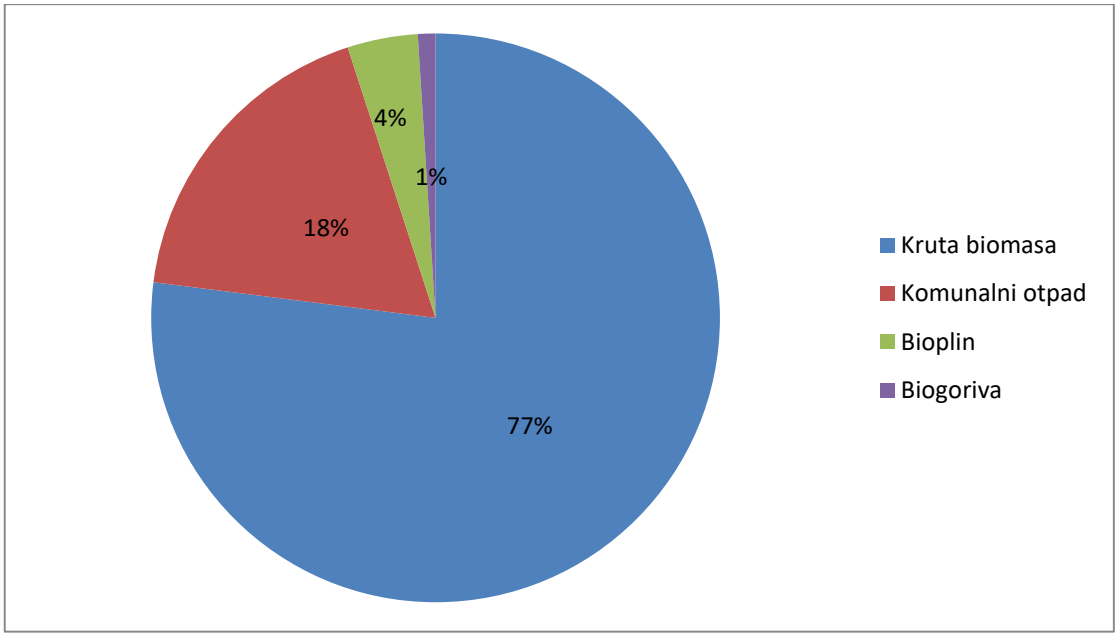
Slika 1.1.: Udio goriva iskorištenih u 2017. godini za potrebe ukupne energije u svijetu [1]

Od ukupne svjetske energije, za grijanje i hlađenje bilo je potrebno 51% energije, od kojih je 9,8% obnovljive energije. Od te obnovljive energije, 95,9% čini biomasa, 4% geotermalni izvori i 0,1% solarna energija.



Slika 1.2.: Udio pojedinih obnovljivih izvora iskorištenih 2017. godine za potrebe proizvodnje toplinske energije u svijetu [2]

Kako je prethodno rečeno, za proizvodnju toplinske energije utrošilo se 95,9% biomase. Od toga je 77% kruta biomasa (drvo i ostaci i prerađevine drveta), 18% komunalni otpad, 4% bioplin i 1% biogoriva. [3]



Slika 1.3.: Udio pojedinih vrsta biomase iskorištenih 2017. godine za potrebe proizvodnje toplinske energije u svijetu

Korištenje drveta kao energenta mijenjalo se iz stoljeća u stoljeće. Jedna od promjena javila se u samim kućanstvima zamjenom klasičnog centralnog grijanja na plin centralnim grijanjem na biomasu, točnije drvetom. Za razliku od plina, biomasa je ekološki prihvatljivije, jeftinije i 'čistije' rješenje.

Od 7,5% ukupne potrošnje tradicionalne biomase u 2017. godini, čak se 5% koristi za potrebe grijanja kućanstava i zgrada. [1]

U ovom će se radu proučiti tehnologije koje su se razvile posljednjeg desetljeća u cilju što veće iskoristivosti biomase, naročito drveta kao energenta. Bit će objašnjeno koje se sve tehnologije koriste za dobivanje energije, fokus će biti na dvije tehnologije koje su danas najzastupljenije: klasično izgaranje drveta i piroliza drveta. Usporedbom tih dviju tehnologija, doći će se do zaključka koja je od tih tehnologija ekološki prihvatljivija i bolja za čovjeka i okoliš. Nadalje, bit će proučene odabrane različite peći navedenih tehnologija. S obzirom na njihove učinkovitosti, cijenu, jednostavnost rukovanjem, tehnologijom na temelju koje funkcioniraju, razmotrit će se koje su peći efikasnije, ekonomičnije i bolje za čovjeka i okoliš.

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak ovog završnog rada je proučiti koje se sve tehnologije za pretvorbu kemijske energije biomase u druge oblike energije koriste te koje su tehnologije efikasnije po tom pitanju. Proučit će se i sami kotlovi koji se koriste u današnjim kućanstvima.

2. SVOJSTVA SIROVINA

Biomasom se smatraju životinjski i biljni resursi te njihovi ostaci nastali obradama. Biomasa se može podijeliti prema karakteristikama, podrijetlu ili korištenju. Sa stajališta energije, važnost biomase povezana je s potencijalom da proizvede takvo biogorivo koje može zamijeniti fosilna goriva. U obzir se tada mora uzeti ekonomska i ekološka učinkovitost pretvorbe energije.

2.1. Kategorije

Opća klasifikacija sirovina uzima u obzir različite kategorije kao što je količina i vremenska zahtjevnost faza potrebnih za dobivanje biomase kao goriva ili sirovine za dobivanje biogoriva. Prema tome se razlikuju 3 kategorije: energetski usjevi, agroindustrijski i poljoprivredni ostaci te ostale biomase:

1. energetski usjevi:
   - specifično obrađivani za potrebe energije
   - kategorija s najgorim učinkom jer se ekonomsko-ekološka opterećenja faze proizvodnje i distribucije dodjeljuju konačnom proizvodu
   - te biomase nekada mogu biti korisne u smislu oživljavanja poljoprivrede u nerazvijenim područjima
2. agroindustrijski i poljoprivredni ostaci:
   - predstavljaju nusproizvode prehrambene, drvne, celulozne, papirne i životinjske industrije
   - kategorija koja najbolje funkcionira budući da se ekonomsko-ekološka opterećenja u potpunosti dodjeljuju konačnom proizvodu koji je dostupan na jednom mjestu
   - dijele se na ostatke poljoprivredno-prehrambene industrije, ostaci uzgoja životinja, gradski i industrijski ostaci

3. ostale biomase:
   - ostaci poljoprivrednih kultura i šumarske industrije
   - ne obuhvaćaju ekonomsko-ekološka opterećenja faze proizvodnje i transporta jer se trošak odnosi na primarni proizvod dok se još uvijek raspravlja o troškovima prikupljanja i transporta
   - dijele se na šumarske ostatke, poljoprivredne ostatke i zelene ostatke

Tablica 2.1.: Prikaz karakteristika pojedinih vrsta biomase (VOV – viša ogrjevna vrijednost; NOV – niža ogrjevna vrijednost) [4]

Biomasa	Vlaga [%]	Hlapljiva tvar [%]	Pepeo [%]	C [%]	H [%]	N [%]	VOV [MJ/kg]	NOV [MJ/kg]	Gustoća tvari [kg/m³]
Hrast	6,2	86,0	0,9	49,7	6,5	0,2	20,4	18,9	750
Bor	9,5	89,3	0,7	51,3	6,1	0,2	19,2	-	440-560
Peleti	10,0	85,6	0,8	49,8	6,4	0,3	18,5	17,4	650
Ogrjevno drvo	7,7	77,0	5,8	48,6	6,5	0,2	18,9	-	700-800
Piljevina	11,6	81,5	0,8	49,5	6,8	0,4	19,7	-	100
Bambus	8,5	76,5	0,8	50,6	5,3	0,2	19,3	-	200-250
Drvna sječka	9,3	88,0	1,0	50,0	5,8	0,3	19,3	-	150

U tablici su prikazane različite vrste biomase te njihove karakteristike iz kojih se može odrediti koje su isplativije i sigurnije za okoliš.

Ogrjevna vrijednost u tablici predstavlja toplinu koja se oslobađa za vrijeme potpunog izgaranja komada biomase, određena spaljivanjem u kontroliranom okolišu te se izražava kao sadržaj energije po jedinici mase, najčešće u kJ/kg ili MJ/kg. Dijeli se na nižu i višu ogrjevnu vrijednost.

Možemo zaključiti da je hrast najbolji odabir što se tiče ogrjevne vrijednosti koju daje, a emisija plinova je u rangu s ostalim biomasama. Uz hrast je isplativo koristiti i pelete koji su danas vrlo zastupljeni s nešto manjom ogrjevom vrijednosti.

Biomasa zauzima oko 10 % sveukupne proizvedene svjetske energije te se razvitkom i unaprjeđivanjem tehnologija očekuje veći postotak u korištenju biomase, a time i bolje ekološko i ekonomsko stanje. [5]

2.2. Analiza i sastav biomase

Za različite vrste biomase postoje i različite tehnologije koje je najbolje koristiti za dobivanje energije. Kako bi se te tehnologije što bolje odredile u cilju što boljega iskorištenja sirovine, važno je analizirati biomasu u smislu kemijskih, fizičkih i energetskih svojstava.

Biomasa se sastoji od vode, pepela i suhih tvari. Suhe su tvari one koje su važne za pretvorbu energije i koje daju kalorijsku vrijednost.

Naime, voda i pepeo su u većini slučajeva nepoželjni jer smanjuju sveukupnu vrijednost biomase:

- smanjuju maseni energetski sadržaj biomase
- pepeo ima nisku točku taljenja
- vlaga upija energiju za isparavanje

Hlapljiva je tvar dio biomase koji se oslobađa tijekom procesa pirolize, tj. kod zagrijavanja bez prisutnosti kisika.

Pepelom se smatra onaj dio biomase koji se dobije kao rezultat izgaranja uz kisik uz kontrolirano vrijeme i temperaturu.

2.3. Proizvodnja i karakteristike peleta

Peleti se danas, kao prerađeni oblik sirovine, u velikoj mjeri koriste kao gorivo. Biomasa se prošlih desetljeća ponovno počela koristiti, a taj će udio i u budućnosti rasti. Biomasa se često obrađuje kako bi se proizvela standardizirana goriva kao što su briketi i peleti. Takva se pretvorba najčešće koristi zbog boljih mogućnosti rukovanja, skladištenja i transporta goriva. S druge je strane lakše odrediti količinu goriva koje treba dodati u plamenik kotla.

Razvijeni su različiti sustavi proizvodnje peleta, a najpoznatiji su prešanje peleta, briketa i kockica. Neke se nove tehnologije još uvijek razvijaju u vidu što boljeg iskorištenja materijala te postizanja više ogrjevne vrijednosti peleta i briketa.

Pelete je najbolje i najučinkovitije proizvoditi od piljevine. Ukratko, proces se proizvodnje peleta sastoji od: [6]

- skladištenja piljevine
- sušenja i eventualnog ponovnog skladištenja
- probiranja i čišćenja piljevine od različitih metalnih ili drugih dijelova
- prešanja peleta

- hlađenja peleta
- punjenja vreća/paketa
- transporta i distribucije

Briketi se najčešće mogu naći u paketima, dok se peleti pune u vrećama.

Obzirom na sastav briketa i peleta, njihova se ogrjevna moć može mijenjati ako se koriste različite vrste drveta ili različiti ostaci drvne industrije.



Slika 2.1.: Peleti [7]



Slika 2.2.: Paket peleta [7]



Slika 2.3.: Briketi i paket briketa [8]

3. TEHNOLOGIJE

Za dobivanje se energije iz biomase koriste tehnologije sagorijevanja, rasplinjavanja, torefakcije i pirolize.

Kod sagorijevanja, organske tvari oksidiraju u cijelosti posredstvom zraka ili kisika.

Rasplinjavanje je proces sličan sagorijevanju, no sagorijevanje se događa djelomično s 15 % kisika u odnosu na količinu kisika koji je potreban za oksidaciju u cijelosti.

Torefakcija je tehnički djelomična piroliza čiji se proces temelji na uklanjaju samo nekih plinovitih komponenti jer cilj nije dobiti tekuće ugljikovodike već proizvodnja ostataka koji bi zamijenili ugljen u elektranama na ugljen. Torefakcija mijenja svojstva biomase kako bi proizvod imao bolja svojstva od izvorne sirovine.

Piroliza se razlikuje od prethodne dvije tehnologije po tome što gorivo samo zagrijavamo, bez dodatka kisika. Time plinovite komponente isparavaju i kasnije se kondenziraju kao tekući ugljikovodici.

Od svih se tih tehnologija, iako je puno sredstava uloženo u razvitak drugih tehnologija, najviše koristi sagorijevanje. Fosilna se goriva koriste stoljećima, a nove se tehnologije korištenja drveta kao energenta tek razvijaju pa se te tehnologije polako uključuju u svjetsku potrošnju. S druge su strane uvedene mjere za zaštitu okoliša jer se kod upotrebe fosilnih goriva ispuštaju plinovi koji štete okolišu i čovjeku.

Izgaranjem biomase oslobodi se određena količina CO_2 koja je manja ili jednaka već iskorištenoj količini CO_2 tijekom procesa fotosinteze te iste biomase. Tada možemo reći da je biomasa CO_2 neutralna te da je optimalno rješenje za ekološki prihvatljivo dobivanje energije.

Tehnologije za dobivanje energije iz biomase razvijaju se te se novim dizajnom sustava očekuje uspon u sljedećih nekoliko godina. Već se danas velika količina topline proizvedena za potrebe čovječanstva dobije upravo iz biomase. Procjenjuje se da se oko 10 % globalne energije osigura od biomase, no većina je te energije dobivena procesima vrlo niskog stupnja korisnosti. Učinkovitost dobivanja energije iz goriva za npr. kuhanje samo oko 10 %.

Uvođenjem jednostavnih peći, korisnost se može povećati i do nekoliko puta, a uvođenjem kogeneracijskih tehnologija, energija se biomase može iskoristiti s još većim stupnjem učinkovitosti proizvodeći i električnu energiju i toplinsku energiju.

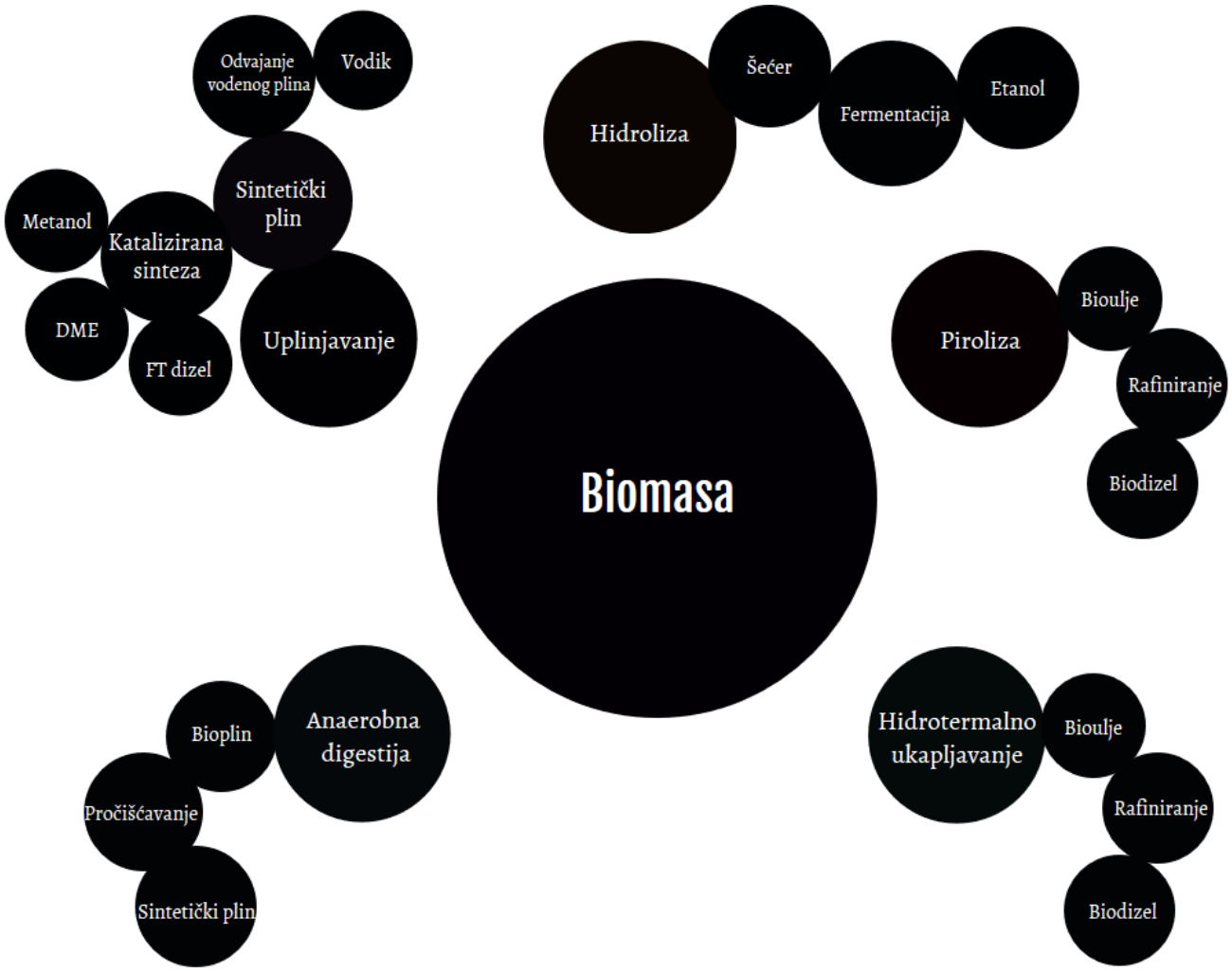
3.1. Tehnologije detaljnije

U svijetu postoji veliki interes za razvoj obnovljivih izvora energije, a uzrok tome je preveliko oslanjanje na fosilna goriva koja će se u budućnosti iscrpiti zbog porasta populacije te općenito gospodarstva te zbog stakleničkih plinova koji nepovoljno utječu na okoliš i prirodu. Kako bi se postiglo ovakvo dobivanje energije, potrebno je proširiti znanja različitim tehnologijama te smanjiti oslonac na ograničene izvore energije, fosilna goriva.

Gledajući na ukupno proizvedenu energiju u svijetu, biomasa stoji uz bok fosilnim gorivima sa značajnim udjelom proizvedene energije. Biomasa je najviše zastupljena kao gorivo u razvijenijim zemljama svijeta.

Korištenje biomase kao jednog od primarnih izvora energije pružilo bi jednu vrstu održive energije koja je sigurna i za populaciju i za okoliš zbog svojstva CO_2 neutralnosti, a s druge bi se strane smanjilo korištenje fosilnih goriva koja negativno utječu na okoliš proizvodeći štetne plinove.

Postoji niz procesa kojima se biomasa može pretvoriti u vrjednije oblike energije. Ti su procesi biološkog, mehaničkog i toplinskog karaktera.



Slika 3.1.: Metode pretvorbe i primarna goriva dobivena iz biomase [4]

3.2. Termokemijske pretvorbe

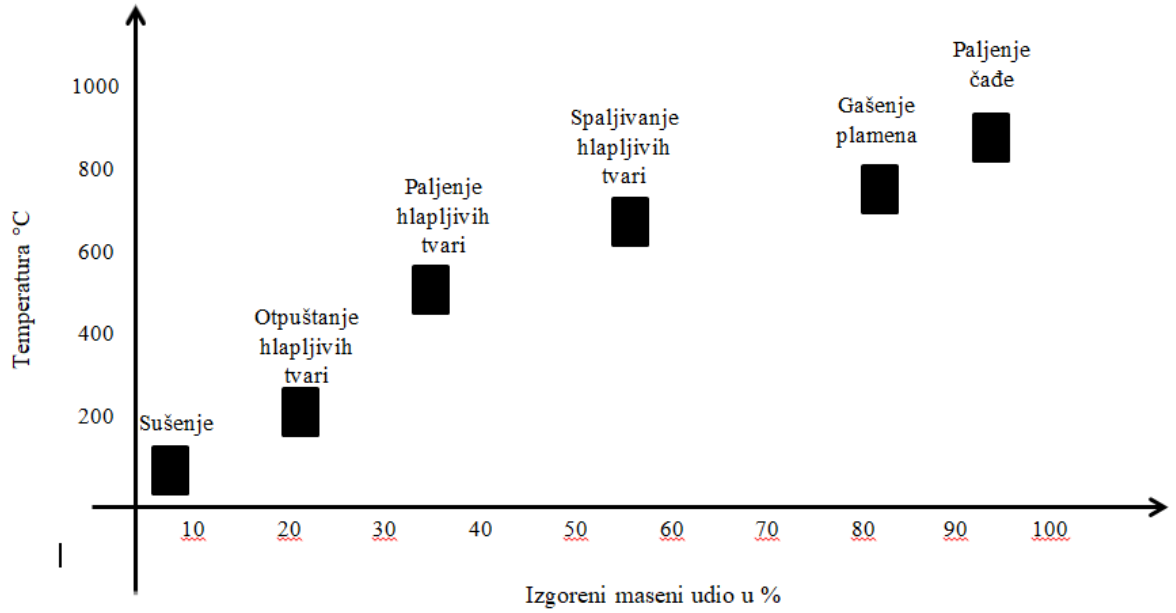
Termokemijske pretvorbe su pretvorbe kod kojih se javlja više temperaturnih stanja tijekom kemijskog procesa, tj. izgaranja. Ako se kao primjer uzme dio goriva koji je namijenjen za izgaranje, taj će dio goriva proći kroz procese zagrijavanja, isušivanja, rasplinjavanja, paljenja i izgaranja hlapljivih tvari te konačno izgaranje taloga. [4]

Postoji više vrsta pretvorbi i tehnologija koji se koriste u većoj ili manjoj mjeri kod proizvodnje energije iz biomase. Bit će obrađene samo one koje su najzastupljenije i najznačajnije.

3.2.1. Izgaranje

Izgaranje je stara tehnologija koja je se oduvijek koristila, od otkrića vatre koja je služila grijanju i kuhanju pa sve do zagrijavanja kućanstava, industrija, zgrada…

Kako je rečeno, postoji prisutnost hlapljivih tvari u procesu izgaranja koje poboljšavaju zapaljivost, ali izgaranje je teško kontrolirati pa to stvara probleme i ograničenja za goriva koja se koriste.



Slika 3.2.: Proces izgaranja komada drveta [4]

3.2.2. Rasplinjavanje biomase

Rasplinjavanje je zapravo proces pirolize s djelomičnom oksidacijom. Djelomičnom se oksidacijom dobiva potrebna energija topline koja se koristi za sušenje, zagrijavanje i pirolizu biomase. Oksidirajuća sredstva mogu biti čisti kisik, zrak, para, CO_2. Treba podsjetiti da se proces pirolize odvija gotovo bez kisika.

Ukratko rečeno, proces rasplinjavanja biomase niske ogrjevne vrijednosti pretvara u mješavinu plinova koja dobiva na ogrjevnoj vrijednosti.

Rasplinjavanje se smatra najperspektivnijom tehnologijom za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora jer pruža veliku fleksibilnost između sirovog proizvoda i dobivenih goriva.

3.2.3. Torefakcija

Torefakcija je proces vrlo sličan pirolizi jer se odvija bez prisutnosti zraka, odnosno kisika, ali na nešto nižim temperaturama koje variraju između 200 i 300 °C. Na početku procesa, iz biomase isparava voda. Povećanjem temperature, vlakna se poput celuloze raspadaju i na kraju ostaje tvorevina koju nazivamo bio-ugljen. Bio-ugljen ima manju ogrjevnu vrijednost od običnog ugljena.

3.2.4. Piroliza

Piroliza je toplinska razgradnja biomase uz vrlo malu ili gotovo nepostojeću količinu kisika. Konačni proizvod može se razlikovati ovisno o temperaturama na kojima se proces obavlja. Iz ovoga se može zaključiti da je temperatura bitan faktor za ovaj proces. Glavni su proizvodi pirolize čađ i plin koji nose 25 % i 5 % energije iz izvornog goriva.

Razlikujemo brzu i konvencionalnu pirolizu. Konvencionalna piroliza karakteristična je po nižoj temperaturi te duljem vremenu zadržavanja goriva u procesu, a glavni proizvod dobiven ovim postupkom je čađ.

Brza se danas koristi u daleko većoj mjeri od konvencionalne. Karakteristična je po visokim temperaturama koje dosežu 500 °C i kratkom vremenu zadržavanja do 2 s. Glavni je proizvod kod brze pirolize bioulje, čađa te ostali plinoviti, tekući i čvrsti proizvodi. Čađa se nastoji ukloniti kako bi dobivene pare bile što čišće. Niža temperatura pogoduje stvaranju čađe što se pokušava izbjeći radom na visokim i točno određenim temperaturama.

Bioulje ima približno slične karakteristike kao izvorno gorivo, a građena je od različitih smjesa ugljikovodika u kombinaciji s vodom koja se može javiti u različitim količinama, ovisno o vlazi izvorne biomase.

Ogrjevna vrijednost bioulja je oko 17 MJ/kg što je oko 40 – 45 % vrijednosti koju nosi ugljen.

4. PROCESI IZGARANJA I PIROLIZE

Izgaranje i piroliza najzastupljenije su tehnologije koje se danas koriste za grijanje kućanstava biomasom. Ovisno o tome koja se sirovina koristi, kakav je prostor koji treba zagrijati te ovisno o nekim drugim faktorima, ove dvije tehnologije imaju svoje prednosti, mane i važne razlike.

4.1. Izgaranje

Idealno izgaranje je takvo izgaranje u kojemu nema gubitaka, tj. gorivo u potpunosti izgara. U realnim slučajevima, izgaranje nikada neće biti idealno već će uvijek postojati gubici koji se novim tehnologijama i istraživanjima pokušavaju smanjiti.

Proces izgaranja biomase glasi:

$(C + H)_{gorivo} + (O_2 + N_2)_{zrak}$ -> izgaranje -> $(CO_2 + H_2O + N_2)_{toplina}$

Kao što je rečeno, idealan proces izgaranja ne postoji pa se uvijek mora računati ne neke gubitke.

U kotlovima koji se koriste za izgaranje biomase, uvijek se dovodi 10 – 20 % više zraka nego što je potrebno za potpuno izgaranje biomase. Razlog tomu je što se osigurava da neće doći do nedostatka istoga. Kada bi došlo do nedostatka kisika pri izgaranju, došlo bi do velikih gubitaka, zagađenja kotla i okoliša te čak i mogućnost eksplozije jer bi se plinovi daljnjim procesom oslobađali, povećavali svoj volumen, a ne bi bilo kisika koji bi potpomogao goriti. Zato se uvijek osigura veća količina zraka od potrebne.

Postoje eksperimentalne jednadžbe kojima se može doći do energije koja je oslobođena izgaranjem biomase. Ova jednadžba vrijedi za više od 200 vrsta biomase te glasi:

$$VOG\ [kJ / kg] = 34910Y_c + 117830Y_c - 10340Y_o - 21110Y_a + 10050Y_s - 1510Y_n\ [1],$$

gdje je:

VOG – viša ogrjevna vrijednost

Y_c – maseni udio ugljika iz goriva

Y_o – maseni udio kisika iz goriva

Y_a – maseni udio pepela iz goriva

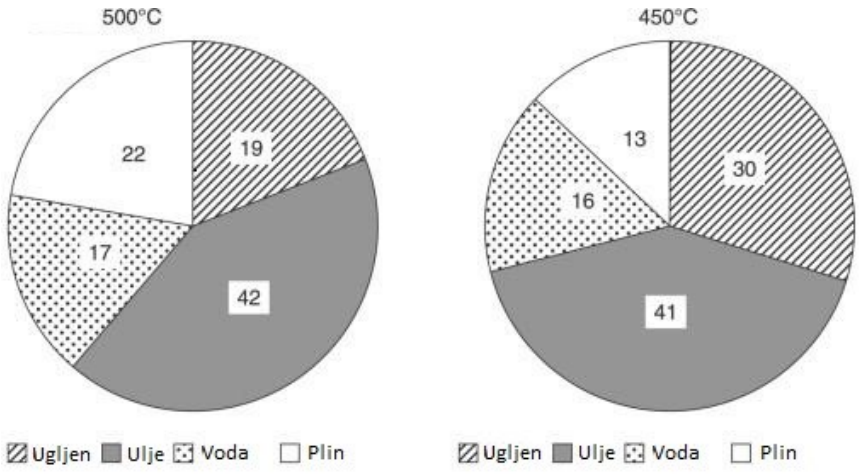
Y_n – maseni udio dušika iz goriva

U tablici 2.1. prikazane su ogrjevne vrijednosti nekih od sirovina, odnosno prerađevina biomase koje se mogu koristiti pri ovom procesu.

4.2. Piroliza

Piroliza je proces u kojemu dolazi do isparavanja hlapljivih sastojaka iz goriva. Najčešće će se odvija na temperaturama između 400 °C i 900 °C. Pirolizom se dobiju različiti produkti kao što su plinovi, bioulje i biougljen.

Svaki se produkt dobije u različitim količinama i to sve ovisno o temperaturi na kojoj se proces pirolize odvija. Čak se 85 % dijela mase sirovine oslobodi iz sirovine u obliku zapaljivih plinova (CO_2, H_2, CO, CH_4, C_2H_2, C_2H_4, C_2H_6) koji su izuzetno važni u sustavima za grijanje koji rade na temelju pirolize jer ti plinovi nose 60 % ogrjevne vrijednosti biomase [8] (objašnjeno u 5. poglavlju).



Slika 4.1.: Prikaz različitih količina produkata pri različitim temperaturama procesa pirolize [9]

5. GRIJANJE NA BIOMASU

Treba podsjetiti, prilikom izgaranja fosilnih goriva raste emisija sumpora i CO2 u atmosferi što rezultira porastom stakleničkih plinova te pojave kiselih kiša. Osim toga, rast cijena plina i loživih ulja koji služe za grijanje postao je problem. Zadnjih se godina zato klasično centralno grijanje polako počelo zamjenjivati centralnim sustavima na biomasu. Prednosti ovakvih sustava je ponajprije ekološka strana koja zadovoljava današnje standarde i restrikcije vezane za štetne plinove. Ovakvi su sustavi skupi, ali isplativi jer se novac utrošen na sami sustav i postavljanje te nabavu biomase vrati tijekom nekoliko godina, a gorivo je lako dostupno.

U posljednjih 20 godina, sustavi grijanja na biomasu razvili su se prema visoko učinkovitim i čistim sustavima koji su danas među najpoželjnijim tehnologijama za grijanje.
Danas postoji više tehnologija i sustava, a najzatupljenije su tehnologije klasičnog izgaranja biomase te sustavi temeljeni na procesu pirolize biomase.

5.1. Sustavi temeljeni na procesu pirolize biomase

Kako je već rečeno i objašnjeno, piroliza je proces toplinske razgradnje sirovine na visokim temperaturama uz minimalnu ili nepostojeću količinu kisika.

Piroliza se odvija na temperaturama između 200 °C i 900 °C pa se pri dizajnu peći mora paziti i koristiti izdržljiviji materijal.

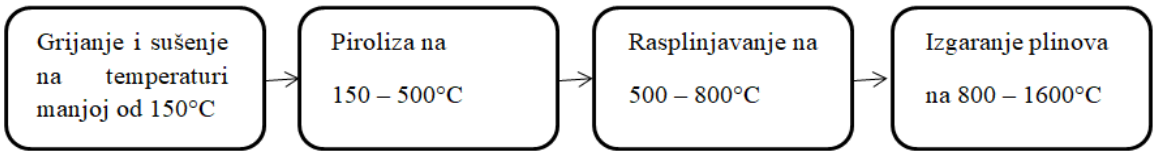
5.1.1. Princip rada pirolitičke peći

Pirolitički se kotao sastoji od dva ložišta.

Sirovina (drvo, peleti, drvna sječka) se stavljaju u prvo ložište i zapale. Posebnim se mehaničkim zatvaračem osigurava nedostupnost kisika. U kotao se ugrađuju senzori temperature koji mjere temperaturu u ložištu. Kada ta temperatura dosegne vrijednost od 200 °C, počinje proces pirolize. Sirovina polako gori, ispuštajući zapaljive plinove, ostavljajući pepeo kao nusproizvod izgaranja bez kisika.

Zapaljivi plinovi kroz mali otvor na dnu prvog ložišta uz pomoć ugrađenog ventilatora prolaze u drugo ložište gdje izgaraju.

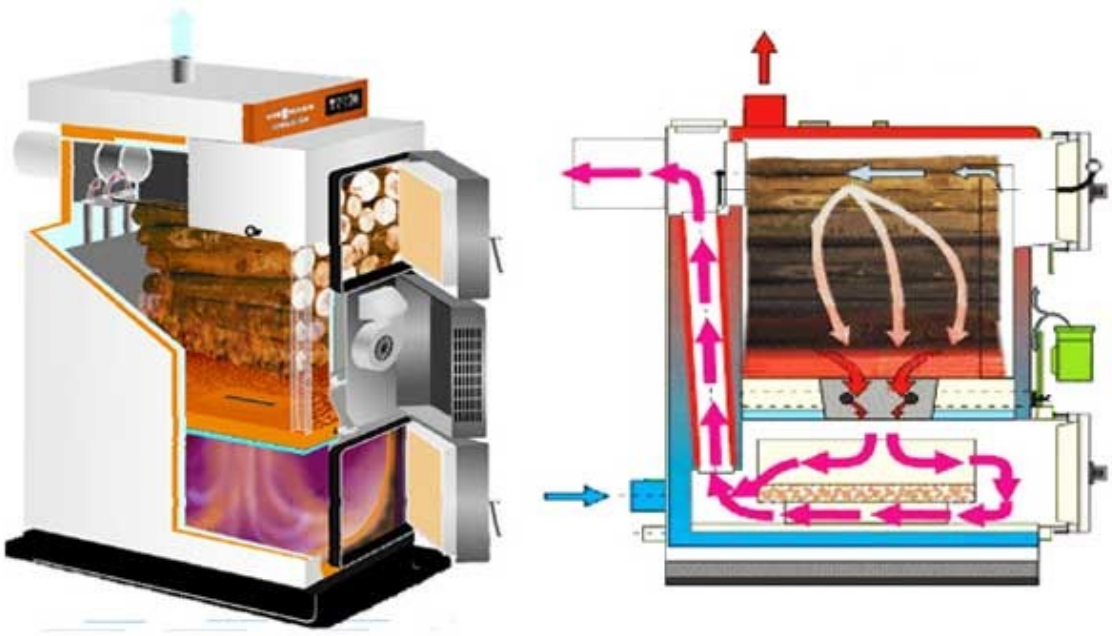
Izgaranje tih plinova potpomognuto je kisikom koji se najprije zagrije pa tek onda dolazi do drugog ložišta. Dovođenjem kisika se omogućava izgaranje skoro svih čestica plinova pa se time povećava i učinkovitost kotla, odnosno sustava. Taj plamen zagrijava vodu koja zatim odlazi u sustav do radijatora ili podnih cijevi ili se skladišti u velikim spremnicima.



Slika 5.1.: Proces pirolize biomase

Uz kotao, sustav ovakvog grijanja sastoji se od nekoliko važnih elemenata:

- dimnjaka čiji promjer i visina ovise o veličini i snazi peći
- termostat koji prati temperaturu u kotlu, ako dođe do povećane temperature, hlađenje se odvija pomoću kruženja rashladnog sredstva, najčešće vode
- ekspanzijska posuda koja je vrlo važna za bilo koji oblika sustava za grijanje
- spremnika u slučaju kvara koji sadrži zalihu vode koja se šalje u sustav



Slika 5.2.: Izgled piroličke peći/bojlera [10]

5.2. Sustavi temeljeni na klasičnom izgaranju biomase

Izgaranje drvne sirovine seže do samog otkrića vatre. I danas se izgaranje biomase koristi kao izvor topline, ali takav proces ima vrlo malu učinkovitost.

Zato su razvijeni razni sustavi pomoću kojih se potencijal te sirovine iskoristi maksimalno.

Kotlovi na biomasu su snage od nekoliko kilovata za kuće ili male poslovne / javne zgrade, do jedinica od megavata.

Moderni kotlovi na biomasu mogu raditi na razinama učinkovitosti kotla usporedivim s modernim plinskim kotlovima. Danas je dostupan velik izbor kotlova na biomasu različitih veličina i stupnjeva automatizacije kao i vrsta goriva različitih cijena i kvaliteta.

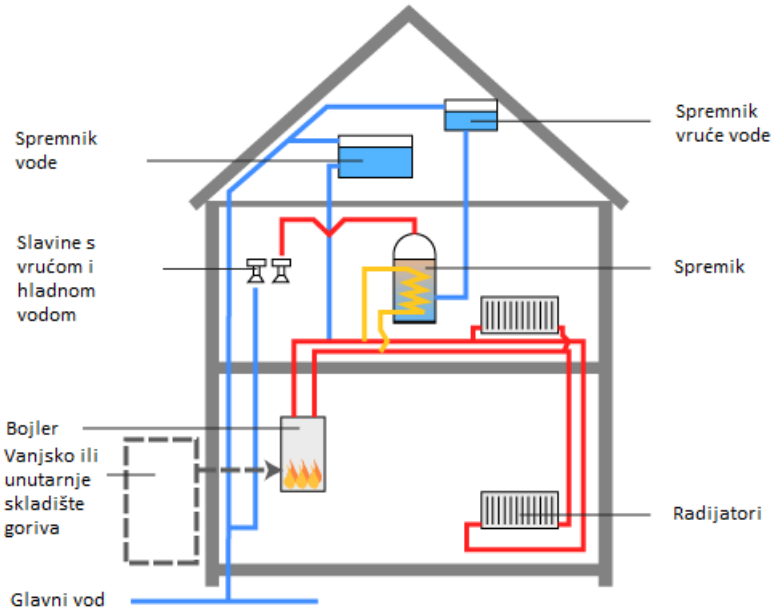
Takvi kotlovi na biomasu dizajnirani su s obzirom na gorivo koje spaljuju i najčešće se dijele s obzirom na vrstu biomase. Takvi su kotlovi neučinkoviti ako se koristi neko drugo gorivo. Moderni su sustavi grijanja najčešće automatizirani u smislu da se po potrebi automatski dodaje gorivo u ložište.

5.2.1. Princip rada kotla za izgaranje biomase

Biomasa je automatski dovedena u ložište gdje se električkim paljenjem ili vrućim sušenjem biomasa zapali. U sustavu je omogućen dotok kisika koji osigurava kvalitetno izgaranje biomase.

Vrući plinovi koji su posljedica izgaranja, vode se preko izmjenjivača topline kako bi se zagrijala voda. Ta voda može se trenutno koristiti ili se može skladištiti u spremnicima koji tada služe kao rezerva ako dođe do vršnog opterećenja ili kvara u sustavu. Ti su spremnici vrlo dobro izolirani kako bi zadržali toplinu.

Ako se zagrijana voda koristi trenutno, ona se pumpama šalje u kućanstvo kako bi opskrbila najčešće radijatore i podne cijevi za grijanje. Ta se voda ujedno koristi i za kućnu potrebe.



Slika 5.3.: Centralno grijanje temeljno na izgaranju biomase [11]

Ovaj je proces jednak za sve kotlove koji se temelje na izravnom izgaranju biomase, a razlikuju se samo po vrsti goriva koje koriste.

6. USPOREDBA RAZLIČITIH PEĆI ZA GRIJANJE NA BIOMASU

U ovome će se poglavlju obraditi različiti modeli kotlova na izgaranje i pirolizu te u konačnici raspraviti o tome koja je tehnologija isplativija te ekonomičnija i pogodnija za okoliš.

Kao primjer će se razmatrati zagrijavanje prostora od 130 m² u kojemu je prethodno instaliran sustav s radijatorima u prostorijama. Pretpostavka je da je prostor izoliran fasadom od minimalno 5 cm te da su zidovi visine 2,5 – 3 m. U obzir moramo uzeti i kakva je ugrađena stolarija u prostoru.

Za zagrijavanje 1 m² prostora visokog otprilike 2,5 m, fasadom debljine 5 cm te dobrom stolarijom potrebno je približno 144 W topline. [12]

To znači da će za naš prostor od 130 m² biti potrebno:

130 m^2 x 144 W/m^2 = 18720 W = 18,72 kW topline.

Ako uzmemo da je prostor visok oko 3 m te je debljina fasade 5 cm uz dobru stolariju, za zagrijavanje 1 m² prostora bit će potrebno oko 170 W topline. [12]

Za prostor od 130 m² biti tada potrebno:

130 m^2 x 170 W/ m^2= 22100 W = 22,1 kW topline.

Ako je prostor visine 2,5 m izoliran fasadom debljine 10 cm te je ugrađena dobra stolarija, za zagrijavanje 1 m² će biti potrebno oko 100 W topline. [12]

Za prostor od 130 m² tada će biti potrebno:

130 m^2 x 100 W/ m^2 = 13000 W topline.

Ako je prostor visine 3 m izoliran fasadom debljine 10 cm s dobrom stolarijom, za zagrijavanje 1 m² će biti potrebno oko 120 W topline. [12]

Za prostor od 130 m² tada će biti potrebno:

130 m^2 x 120 W/ m^2 = 15600 W topline.

Uz stariju/lošiju stolariju, fasadom debljine 5 cm te prostorije visine 2,5 m, za zagrijavanje 1 m² će biti potrebno oko 226 W topline. [12]

Za 130 m², to je:

130 m^2 x 226 W/ m^2= 29380 W topline.

Uz iste karakteristike iz prethodnog primjera i uz 3 metara visine prostorije, za zagrijavanje 1 m² bit će potrebno oko 253 W topline. [12]

Za 130 m², to je:

130 m^2 x 253 W/ m^2 = 32890 W topline.

Ako uzmemo da je fasada debljine 10 cm uz lošiju stolariju te visinu od 2,5 m, za zagrijavanje 1 m² bit će potrebno 158 W. [12]

Za 130 m² to je:

130 m^2 x 153 W/ m^2 = 19890 W topline.

Za zagrijavanje prostorije visine 3 m s fasadom debljine 10 cm i lošijom stolarijom bit će potrebno oko 189 W topline po m². [12]

Za 130 m², to je:

130 m^2 x 189 W/ m^2= 24570 W topline.

Tablica 6.1.: Podaci o potrebnoj toplini (snazi) za zagrijavanje prostora s različitim specifikacijama

	Visina prostora 2,5 m	**Visina prostora 3 m**
Fasada 5 cm + kvalitetna stolarija	18720 W	22100 W
Fasada 5 cm + starija stolarija	29380 W	32890 W
Fasada 10 cm + kvalitetna stolarija	13000 W	15600 W
Fasada 10 cm + starija stolarija	19890 W	24570 W

Mora se uzeti u obzir i topla voda koja se u kućanstvu troši za primjerice čišćenje, pranje posuđa, osobnu higijenu koja bi također trebala biti zagrijavana od strane sustava na biomasu. Po osobi se tada u prosjeku troši između 60 i 75 l tople vode dnevno, što za četveročlanu obitelj znači između 240 i 300 l vode dnevno. [13]

Energija potrebna za zagrijavanje 1 l vode iznosi $E = m * c * \Delta T$

1 l vode ima masu 1 kg, razlika temperature bit će 20 °C jer je sobna temperatura vode oko 20 °C, a bit će ju potrebno zagrijati na 40 °C, dok je specifični toplinski kapacitet vode jednak c = 4.816 kJ / kg * -K. [14]

Znači da je energija potrebna za zagrijavanje 1 kg vode na otprilike 40 °C jednaka:

E = 1 kg * 4.816 kJ / kg * -K * 293,15 K = 1411,81 kJ

Neka je za zagrijavanje kilograma vode na 40 °C izračunatom toplinskom energijom potrebno oko 4 minute, a to je oko 240 s.

Tada će snaga potrebna za zagrijavanje vode na 40 °C biti jednaka:

P = E / t = 1411,81 / 240 = 5,88 kW = 5880 W

Kako je već navedeno, 240 l vode četveročlana obitelj potroši dnevno.

Dnevna potreba za snagom tada će biti:

P_{dn} = Količina vode * snaga = 240 * 5880 = 1411,81 W

Kroz godinu, to iznosi:

$P_{god} = P_{dn} * 365 = 1411,81 * 365 = 416,76$ kW

Fasade od 5 cm i visine prostora od 2,5 m zastupljenije su, a s obzirom na potrebnu energiju za zagrijavanje vode, razmatrat ćemo kotlove jačina 18 – 30 kW.

6.1. Pirolitički kotao na drva, 25 kW – CENTROMETAL Bio Tec

Ovaj je kotao namijenjen grijanju manjih i srednjih prostora. U sklopu kotla dolazi i tvornički ugrađena regulacija koja prati proces izgaranja te koja prati cirkulacijske pumpe između kotla i akumulacijskog spremnika, u krugu grijanja te, ako je priključak takav, i pumpe za sanitarnu vodu. Takva regulacija obavještava o potrebi punjenja ložišta ovisno o termostatu u prostorijama.



Slika 6.1.: Pirolitički kotao na drva od 25 kW, CENTROMETAL Bio Tec [15]

Tablica 6.2.: Tehnički podaci pirolitičkog kotla na drva od 25 kW, CENTROMETAL, Bio Tec [15]

Nazivna snaga [kW]	**25**
Učinkovitost [%]	87
Područje regulacije [kW]	12 - 25
Sadržaj vode u kotlu [l]	105
Vrijeme gorenja na nazivnoj snazi [h]	3,5
Sadržaj vlage u gorivu [%]	12 - 20
Vrsta goriva	Cijepana drva
Veličina goriva [mm]	500x70x50
Volumen ložišta [l]	97
Dimenzije komore za izgaranje [mm]	890x600x250
Napon [V]	230
Frekvencija [Hz]	50
Cijena [HRK]	16.419,84

6.2. Pirolitički kotao na drva, 26 kW – Buderus, Logano S121 – 2

I ovaj kotao sadrži regulacijski uređaj pomoću kojega se kontrolira temperatura unutar ložišta, temperatura vode te regulacija pumpi.

Ako se umjesto neobrađenog drveta koriste briketi ili neko drugo prešano i obrađeno drvo, vrlo je važno NE napuniti ložište do kraja već do polovice. To znači da je vrijeme sagorijevanja kraće te da se ne postiže velika korisnost pa je zato bolje koristiti cjepanice.



Slika 6.2.: Pirolitički kotao na drva, 26 kW – Buderus, Logano S121 - 2 [16]

Tablica 6.3.: Tehnički podaci pirolitičkog kotla na drva, 25 kW – Buderus, Logano S121 - 2 [16]

Nazivna snaga [kW]	**26**
Učinkovitost [%]	78
Područje regulacije [kW]	-
Sadržaj vode u kotlu [l]	89
Vrijeme gorenja na nazivnoj snazi [h]	2
Sadržaj vlage u gorivu [%]	15
Vrsta goriva	Cijepana drva/briketi
Veličina goriva [mm]	510x50x50
Volumen ložišta [l]	86
Dimenzije komore za izgaranje [mm]	-
Napon [V]	230
Frekvencija [Hz]	50
Cijena [HRK]	13.999,00

6.3. Pirolitička peć na drva, 18 - 25 kW – VITOLIGNO 100 – S

Jedna od karakteristika ovih peći je jednostavnost rukovanja. Stupanj učinkovitosti može doseći do 93% različitim dodacima kao što su dodatne obloge za ložišta. Gornje je ložište prostrano te omogućuje dugi interval gorenja goriva.



Slika 6.3.: Kotao na drva, 18 - 25 kW pirolitički, VITOLIGNO 100 – S [17]

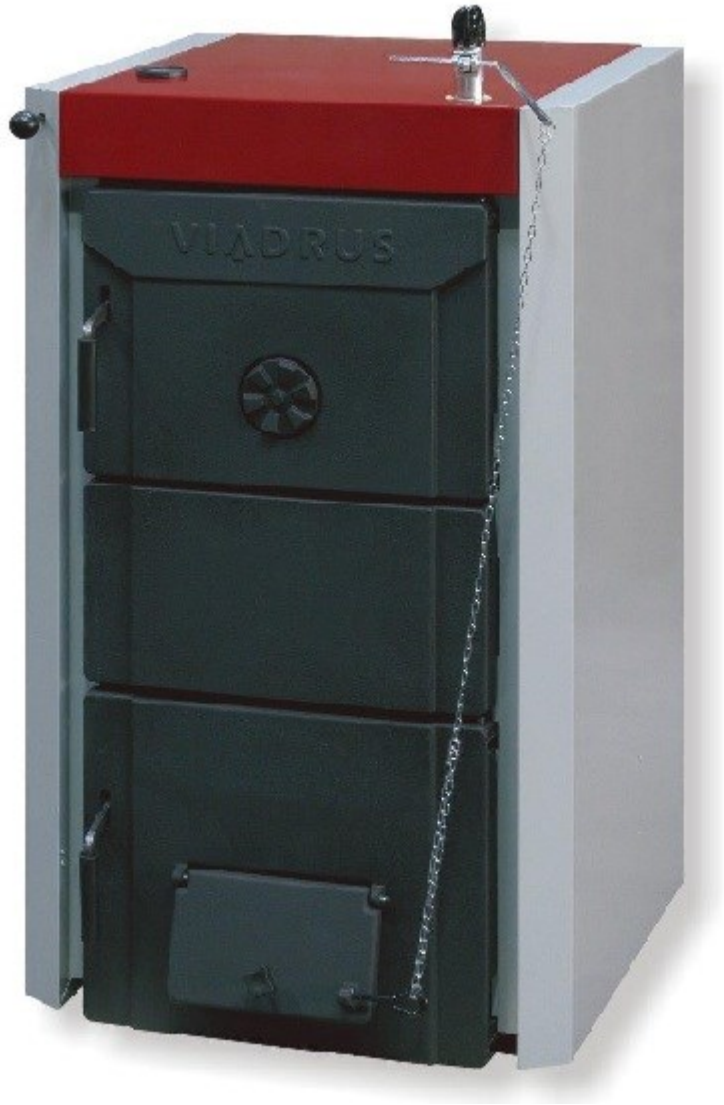
Tablica 6.4.: Tehnički podaci pirolitičkog kotla na drva, 25 kW - VITOLIGNO 100 – S [17]

Nazivna snaga [kW]	**25**
Učinkovitost [%]	88 - 93
Područje regulacije [kW]	18 - 25
Sadržaj vode u kotlu [l]	110
Vrijeme gorenja na nazivnoj snazi [h]	3
Sadržaj vlage u gorivu [%]	20
Vrsta goriva	Cijepana drva
Veličina goriva [mm]	560x100x50
Volumen ložišta [l]	120
Dimenzije komore za izgaranje [mm]	-
Napon [V]	230
Frekvencija [Hz]	50
Cijena [HRK]	20.444,00

6.4. Kotao na drva, 20 - 30 kW, VIADRUS U26

Ovaj je kotao izrađen od lijevanog željeza, a glavni mu je dio napravljen od člankovitih dijelova kojima, ako ih se doda veći broj, povećava nazivna snaga.

Za različite vrste goriva (koks, drvo i mrki ugljen), dobiva se različita korisnost. Najveća se korisnost postiže uporabom koksa, ali s obzirom da se treba težiti prema obnovljivim izvorima koji su pogodniji i manje štetni za ljude i okoliš, najbolje je koristiti drvo kao gorivo u ovom slučaju.



Slika 6.4.: Kotao na drva, 20 – 30 kW – VIADRUS U26 [18]

Tablica 6.5.: Tehnički podaci kotla na drva, 20 – 30 kW – VIADRUS U26 [18]

Nazivna snaga [kW]	**28**
Učinkovitost [%]	75
Područje regulacije [kW]	**23,5 – 28**
Sadržaj vode u kotlu [l]	44,7
Vrijeme gorenja na nazivnoj snazi [h]	2
Sadržaj vlage u gorivu [%]	15 – 20
Vrsta goriva	Drvo/mrki ugljen/koks
Veličina goriva [mm]	-
Volumen ložišta [l]	64,5
Potrošnja goriva [kg/h]	9,03
Napon [V]	230
Frekvencija [Hz]	50
Cijena [HRK]	8.684,30

6.5. Kotao na drva 24 - 28 kW – Thermasis KAPPA KP 04

Kappa je kotao od lijevanog željeza za kruta goriva. Namijenjen je za sustave grijanja s toplom vodom, ali ne i za izravno zagrijavanje tople potrošne vode. Kappa izgara gorivo s vrlo visokom učinkovitošću te na taj način štedi troškove goriva. Kako se kalorijske vrijednosti vrsta krutog goriva razlikuju jedna od druge, izlazna snaga kotla će varirati između maksimalnog i minimalnog navedenog raspona. [19]



Slika 6.5.: Kotao na drva 24 - 28 kW – Thermasis KAPPA KP 04 [19]

Tablica 6.6.: Tehnički podaci kotla na drva 22 – 26 kW – Thermasis KAPPA KP 04 [19]

Nazivna snaga [kW]	**28**
Učinkovitost [%]	**85,7**
Područje regulacije [kW]	**24 – 28**
Sadržaj vode u kotlu [l]	**33,5**
Vrijeme gorenja na nazivnoj snazi [h]	**2,5**
Sadržaj vlage u gorivu [%]	**20**
Vrsta goriva	**Drvo/ugljen/lignit/koks**
Veličina goriva [mm]	**400x100x100**
Volumen ložišta [l]	**53,55**
Potrošnja goriva [kg/h]	**7,2**
Napon [V]	**230**
Frekvencija [Hz]	**50**
Cijena [HRK]	**5.994,54**

6.6. Kotao na drva 25 kW - CENTROMETAL EKO – CK P

Ložište ovog kotla je velike površine, a velika vrata omogućuju jednostavno loženje krupnim ogrjevom. Čišćenje kotla je vrlo jednostavno.



Slika 6.6.: Kotao na drva 25 kW – CENTROMETAL EKO – CK P [20]

Tablica 6.7.: Tehničke specifikacije kotla na drva 25 kW – CENTROMETAL EKO – CK P [20]

Nazivna snaga [kW]	**25**
Korisnost [%]	**80**
Područje regulacije [kW]	**20 – 25**
Sadržaj vode u kotlu [l]	**64**
Vrijeme gorenja na nazivnoj snazi [h]	**2,5**
Sadržaj vlage u gorivu [%]	**25**
Vrsta goriva	**Drvo/peleti**
Veličina goriva [mm]	**150x150x500**
Volumen ložišta [l]	**80**
Potrošnja goriva [kg/h]	**-**
Napon [V]	**230**
Frekvencija [Hz]	**50**
Cijena [HRK]	**6.587,94**

6.7. Izračun toplinskih gubitaka pojedinog kotla

Mnogi su čimbenici koji utječu na korisnost kotlova, od kvalitete izolacije pa do načina rada regulacijskih uređaja.

S obzirom na korisnosti i nazivne snage pojedinih kotlova, mogu se odrediti gubici nastali procesom pirolize ili izgaranja.

1. Pirolitički kotao na drva 25 kW – CENTROMETAL Bio Tec

   $P_n = 25000$ W

   $\eta = 87$ %

   $P_g = P_n * [1 - (\eta/100)] = 25000\ (1 - 0{,}87) = 2750$ W

2. Pirolitički kotao na drva, 26 kW – Buderus, Logano S121 -2

   Pn = 26000 W

   $\eta = 78\ \%$

   $Pg = Pn * [1 - (\eta/100)] = 26000\ (1 - 0{,}78) = 5720$ W

3. Pirolitički kotao na drva, 25 kW – Vitoligno 100 – S

   Pn = 25000 W

   $\eta = 88\ \%$

   $Pg = Pn * [1 - (\eta/100)] = 25000\ (1 - 0{,}88) = 3000$ W

4. Kotao na drva, 20 – 30 kW, VIADRUS U26

   Pn = 28000 W

   $\eta = 75\ \%$

   $Pg = Pn * [1 - (\eta/100)] = 28000\ (1 - 0{,}75) = 7000$ W

5. Kotao na drva, 24 - 28 kW – Thermasis KAPPA KP 04

   Pn = 28000 W

   $\eta = 85{,}7\ \%$

   $Pg = Pn * [1 - (\eta/100)] = 28000\ (1 - 0{,}857) = 4004$ W

6. Kotao na drva 25 kw – CENTROMETAL EKO – CK P

   Pn = 25000 W

   $\eta = 80\ \%$

   $Pg = Pn * [1 - (\eta/100)] = 25000\ (1 - 0{,}80) = 5000$ W

6.8. Izračun potrebne količine drveta i ukupnih troškova

Različite vrste drveta imaju različite ogrjevne moći pa su i cijene drveta različite.

Tablica 6.8.: Ogrjevne moći različitih vrsta drveta s prosječno 15% vlage na prostorni metar (prm)[21]

Vrsta drveta	Ogrjevna vrijednost u kWh / prm	Cijena HRK / prm
Bagrem	2040	189
Hrast	1890	189
Bukva	1850	208
Breza	1810	159
Javor	1675	189
Bor	1500	112
Vrba	1440	159

U proračun će se uvrstiti nazivna snaga svakog kotla jer se gotovo nikada ne konzumira tolika snaga, a s druge će se strane tako kompenzirati dodatna energija potrebna za zagrijavanje potrošne vode.

Poradi realnije slike, kao primjer će se uzeti obiteljska kuća od 130 m^2 na kojoj su provedena stvarna mjerenja u jednoj godini.

Navedeno je da je u kućanstvu tijekom godine utrošeno otprilike E_{uk} = 31 000 kWh toplinske energije za zagrijavanje kućanstva te za zagrijavanje tople potrošne vode u kućanstvu. [22]

1. Ako se odabere bagrem kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{bagrem} = 31000 / 2040 = 15 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 15 * 189 = 2835 HRK

2. Ako se odabere hrast kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{hrast} = 31000 / 1890 = 16,4 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 16,4 * 189 = 3099,6 HRK

3. Ako se odabere bukva kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{bukva}= 31000 / 1850 = 16,76 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 16,76 * 208 = 3485,41 HRK

4. Ako se odabere breza kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{breza} = 31000 / 1810 = 17,13 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 17,13 * 159 = 2723,20 HRK

5. Ako se odabere javor kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{javor} = 31000 / 1675 = 18,5 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 18,5 * 189 = 3497,91 HRK

6. Ako se odabere bor kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{bor} = 31000 / 1500 = 20,67 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 20,67 * 112 = 2314,67 HRK

7. Ako se odabere vrba kao gorivo, bit će potrebno:

Gorivo = E_{uk} / OV_{vrba}= 31000 / 1440 = 21,53 prm

Cijena = gorivo * cijena po prm = 21,53 * 159 = 3422,92 HRK

Tablica 6.9.: Ogrjevne vrijednosti pojedine vrste drveta [23]

Vrsta drveta	Ogrjevna vrijednost u kWh / prm	Ukupna cijena za 1 godinu HRK
Bagrem	2040	2835
Hrast	1890	3099,6
Bukva	1850	3485,41
Breza	1810	2723,2
Javor	1675	3497,91
Bor	1500	3422,92
Vrba	1440	2314,67

6.9. Usporedba kotlova s obzirom na karakteristike

Tablica 6.10.: Usporedba kotlova

	Nazivna snaga [kW]	Učinkovitost [%]	Gubici [W]	Volumen ložišta [l]	Volumen vode [l]	Vrijeme gorenja [h]	Cijena [HRK]
Piro. kotao na drva, Bio Tec	25	87	2750	97	105	3,5	16420
Piro. kotao na drva, Buderus Logano S121-2	26	78	5720	86	89	2	13999
Piro. kotao na drva, VITOLIGNO 100 – S	25	88	3000	120	110	3	20444
Kotao na drva, VIADRUS U26	28	75	7000	64,5	44,7	2	8684
Kotao na drva, Thermasis KAPPA KP 04	28	85,7	4004	53,55	33,5	2	5995
Kotao na drva, CENTROMETAL EKO – CK P	25	80	5000	80	64	2,5	6587

Iz tablice se može vidjeti da su ipak kotlovi koji rade na principu pirolize učinkovitiji i bolji što se tiče korisnosti i gubitaka u odnosu na klasične kotlove.

Na početku je bilo riječi o procesima izgaranja i pirolize pa se došlo da zaključka da je piroliza nešto ekonomičnija i bolja za okoliš od izgaranja jer ne ispušta velike količine plinova koji zagađuju okoliš.

S obzirom na cijenu, može se reći da je piroliza skuplja, ali zato što zahtjeva veću kontrolu od izgaranja. Kotlovi su skuplji od onih klasičnih za izgaranje zbog dvojne peći, a i zbog naprednih regulacijskih uređaja koji obavljaju gotovo cijeli posao, od ubacivanja goriva u ložište, mjerenja temperature u prostorijama, regulacije pumpe između kotla i ložišta, između akumulacijskog kotla i sustava itd.

Kotlovi su na izgaranje u prednosti što se tiče cijene jer ne zahtijevaju dodatnu regulaciju samim time što proces izgaranja nije toliko kompliciran i osjetljiv.

Takvi kotlovi zahtijevaju termometre te eventualno, ako korisnik to želi, sustave za dojavu kvarova ili pak potrebe za nadopunom ložišta.

Iz tablice se može također vidjeti da kotlovi koji rade na principu pirolize imaju veće ugrađene kotlove za vodu što na kraju znači manje novca za nabavku dodatnog akumulacijskog kotla koji je obavezan, a ne dolazi u paketu s kotlom.

Zaključak je da bi za četveročlanu obitelj najbolji odabir bio Bio Tec pirolitički kotao jer je pogodan što se tiče cijene, snage i količine vode u spremniku potrebne za potrebe ukućana. Zbog veće količine potrošne vode, bit će potreban dodatni akumulacijski spremnik za toplu potrošnu vodu.

Drugi je potencijalni odabir VITOLIGNO 100 – S pirolitički kotao jer ima veću zapreminu vode od prethodnog, ali je cijenom skuplji.

Ostali kotlovi imaju svoje mane i prednosti, ali najveća je mana mala zapremina vode.

Što se tiče drveta kao goriva, najbolji je izbor bagrem s velikom ogrjevnom moći i srednjom cijenom, a najlošiji je izbor vrba s najlošijom ogrjevnom moći unatoč najnižoj cijeni.

7. ZAKLJUČAK

Tema ovog rada bila je proučiti tehnologije koje se koriste za proizvodnju toplinske energije za potrebe kućanstva s biomasom kao gorivom.

Iz usporedbe se može zaključiti kako proces pirolize, iako je kompliciran i zahtijeva bolju regulaciju, daje veću učinkovitost kod korištenja drveta i drvnih prerađevina za dobivanje toplinske energije. To ne znači da se klasični proces izgaranja treba u potpunosti odbaciti jer će se i ta tehnologija proizvodnje topline usavršiti godinama koje nadolaze.

Kotlovi koji rade na temelju procesa pirolize zasad su u boljem položaju od onih koji funkcioniraju na temelju procesa izgaranja. Iako su skupi i teški za održavanje, uloženi se resursi godinama vrate zbog visokih učinkovitosti peći temeljenih na procesu pirolize.

Rečeno je kako biomasa zauzima popriličan postotak ukupno proizvedene energije u svijetu, a ovim će, u poglavljima objašnjenim tehnologijama, taj postotak rasti iz godine u godinu. Važno je reći da će s godinama koje dolaze, tehnologije koje koriste biomasu kao gorivo doživjeti napredak te će nekad u budućnosti biomasa zauzeti mjesto fosilnim gorivima te tako postati ekološki prihvatljivo rješenje za proizvodnju energije.

LITERATURA

[1] REN21, Renewables 2019 Global Status Report, https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf, (14. kolovoza 2019.)

[2] World Bioenergy Association, https://worldbioenergy.org/uploads/181203%20WBA%20GBS%202018_hq.pdf, (14. kolovoza 2019.)

[3] Renewables 2016 Global Status Report, https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf, (22. kolovoza 2019.)

[4] Erik Dahlquist, *Technologies for Converting Biomass to Useful Energy*, UK, 2017.

[5] „*The basics of biomass*“, http://3906f7b311.url-de-test.ws/wp-content/uploads/2015/07/Latest_BiomassBasics.pdf, (1. srpnja 2019.)

[6] Conford Connects, *The production of wood pellets*, http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/ccnpellet_production.pdf, (3.srpnja 2019.)

[7] Webgradnja.hr, https://www.webgradnja.hr/katalog/15470/drveni-peleti-proizvodnja-prema-enplus-a2-standardu/, (14. kolovoza 2019.)

[8] Šakić d.o.o., http://sakic-doo.com/proizvodnja/drveni-briketi/, (14.kolovoza 2019.)

[9] Science Direct, *Pyrolysis*, https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pyrolysis, (16. srpnja 2019.)

[10] Grijanje na drva i piroliza, http://www.eko-puls.hr/Grijanje_na_drva_piroliza.aspx, (14.kolovoza 2019.)

[11] Greenspec, http://www.greenspec.co.uk/building-design/wood-fuelled-heating/, (14. kolovoza 2019.)

[12] PraviMajstor – građevinski izračuni, https://pravimajstor.hr/izracun-potrebne-toplinske-energije, (14. kolovoza 2019.)

[13] Energy Education, Domestic Water Heating, https://energyeducation.ca/encyclopedia/Domestic_water_heating, (29. kolovoza 2019.)

[14] Specifični toplinski kapacitet, https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinski_kapacitet, (29. kolovoza 2019.)

[15] Kotao na drva, pirolitički 25 kW – CENTROMETAL Bio Tec, https://www.ikoma.hr/Content/product/document/centrometal-bio-tec-piroliza-tehnicke-upute.pdf, (17. srpnja 2019.)

[16] Kotao na drva, pirolitički 26 kW – Logano S121 - 2, http://hr.documents1.buderus.com/download/pdf/file/6720647681.pdf, (18. srpnja 2019.)

[17] Kotao na drva, pirolitički 25 kW – VITOLIGNO 100 – S, https://www.viessmann.hr/content/dam/vi-brands/HR/PDF-Upute_projektiranja/5798083VPA00001_1.PDF/_jcr_content/renditions/original./5798083VPA00001_1.PDF, (18. srpnja 2019.)

[18] Kotao na drva, 20 – 30 kW, VIADRUS U26, http://tehno-dom.hr/wp-content/uploads/2017/03/U26_model_2010-HRVATSKA-VERZIJA.pdf, (18. srpnja 2019.)

[19] Kotao na drva 22 – 26 kW, KAPPA, KP 04, https://www.ikoma.hr/Content/product/document/kappa-kp-kotlovi-na-drva-korisnicki-prirucnik.pdf, (18. srpnja 2019.)

[20] Kotao na drva 25 kW – CENTROMETAL EKO – CK P, https://www.ikoma.hr/Content/product/document/centrometal-EKO-CK-P-14-60-kw-kotlovi-za-centralno-grijane-tehnicke-upute.pdf, (18. srpnja 2019.)

[21] Hidraulika drvošped, https://www.drvosped.hr/sumarstvo.html, (29. kolovoza 2019.)

[22] Grijanje, https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/3.-Grijanje.pdf, (29. kolovoza 2019.)

[23] Cjenik glavnih šumskih proizvoda, http://nadmetanja.hrsume.hr/javnipoziv/20180509_prostorno_2018/02_Cjenik%20glavnih%20sumskih%20proizvoda%202018.pdf, (29. kolovoza 2019.)