

# ISKORIŠTAVANJE DRVNOG OSTATKA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vedran U r a n, Rijeka

UDK 621.311.22:674.002  
STRUČNI ČLANAK

Cilj je ovog rada prikazati načine iskorištavanja drvnog ostatka iz drvnih industrija za proizvodnju toplinske i električne energije. Pri tome su ukratko opisane karakteristike drvnog ostatka kao goriva, tipovi energetske sustava i sustava za loženje drvnih ostataka. Na primjerima pojedinih industrija u svijetu prikazana je isplativost izgradnje energetske sustava na drvni ostatak. Kroz prikaz dosadašnjih iskustava u iskorištavanju drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije u drvnim industrijama Hrvatske, utvrđene su mogućnosti sve većoj implementaciji energetske sustava na drvni ostatak u hrvatski toplinski i elektroenergetski sustav.

**Ključne riječi:** drvni ostatak, drvna industrija, proizvodnja toplinske i električne energije, energetske sustavi, sustavi za loženje, isplativost izgradnje energetske sustava na drvni ostatak.

## 1. UVOD

Uloga drvne industrije sastoji se u primarnoj i sekundarnoj obradi sirovine - drva, i njegove finalne obrade u gotov proizvod. Pri tim obradama, ovisno o kapacitetu proizvodnje, kao nus produkt nastaju određene količine različitih oblika drvnog ostatka. Interes je svake drvne industrije da taj ostatak pretvori u profit. Nekoliko je načina postizanja tog profita:

- vraćanje drvnog ostatka u proces radi izrade sekundarnih proizvoda,
- iskorištavanje drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije,
- tretiranje drvnog ostataka u komercijalne svrhe, te
- plasman drvnog ostatka na otvoreno tržište drvne biomase.

Drvni ostaci se međusobno razlikuju po fizikalnim i kemijskim karakteristikama, ali i po energetske vrijednosti, ovisno o njihovom podrijetlu i načinu korištenja. Drvne industrije su u odnosu na vlastitu potrošnju električne energije veliki potrošači toplinske energije. Stoga se mnoge drvne industrije opskrbljuju toplinskom energijom proizvodeći je u vlastitim kotlovnica na drvni ostatak. No, drvne industrije veće proizvodne produktivnosti imaju goleme količine drvnog ostatka pa pored vlastite proizvodnje toplinske energije za vlastite potrebe proizvode i električnu energiju. Time se rješavaju velikih količina drvnog ostatka, a deponijima više ne plaćaju naknade za odlaganje drvnog ostatka. Pri tome cijela drvna industrija ima sigurnu opskrbu električnom energijom te se ona može prodavati lokalnom distributeru ili trećem neovisnom subjektu po naprijed određenoj

otkupnoj cijeni električne energije. U takvim sustavima proizvode se velike količine toplinske energije pa se njen preostali dio iskorištava za grijanje okolnog naselja ili za tehnološke potrebe manjih industrijskih jedinica u susjedstvu matične drvne industrije.

U mnogim se drvnim industrijama takav način tretiranja drvnog ostatka pokazao jako ekonomičnim i ekološki prihvaćenim. Ovisno o tipu postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije moguće je postići veliki stupanj energetske iskoristivosti sustava (do 90 %). Premda često subvencionirana, takva postrojenja postaju sve aktuelnija u razdoblju slobodnog trgovanja električnom energijom unutar elektroenergetskog sektora [1]. S druge strane, drvni ostatak je kao jedan od oblika biomase i obnovljivog izvora energije sve prihvatljiviji u onim zemljama (pretežito razvijenim) koje nastoje smanjiti količinu ugljičnog dioksida CO<sub>2</sub> u atmosferu radi ispunjavanja Kyoto Protokola iz 1997. godine [2]. Smanjenje suvišnog udjela CO<sub>2</sub> u atmosferi nastaje zbog vezivanja ugljika za vrijeme procesa fotosinteze kod uzgoja biomase.

Industrijski energetske sustavi za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije na drvni ostatak (ali i na sve ostale oblike biomase) nazivaju se još i *bio-energane*.

## 2. KARAKTERISTIKE DRVNOG OSTATKA KAO GORIVA

Od početka razvoja čovječanstva drvo spada u najstarije oblike izvora energije. I danas se drvo kao takvo za potrebe grijanja pretežito koristi u ruralnim i

planinskim dijelovima. Na primitivan način drvo se u najvećim udjelima troši u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju. U razvijenim se zemljama drvo danas kao gorivo koristi u različitim osuvremenjenim oblicima: kao drveni ostatak iz šume i drvne industrije, u obliku iverja, briketa i peleta. Od najveće je važnosti imati saznanja o energetske kvalitete drva te tipu tehnologije u kojem će se to drvo kao gorivo u raznim oblicima spaljivati. Između te dvije relacije poželjno je izraditi optimalni sustav za što kvalitetnije i efikasnije izgaranje ovog oblika biomase.

### 2.1. Vrste drva i oblici drvnog ostatka

Vrste drva koje se javljaju u drvnoj industriji Hrvatske su u najvećoj mjeri hrast, bukva, zatim jasen, jela, smreka, bor i brijest te u manjim količinama voćkarice kao što su trešnja, kruška i orah. Te se vrste drva međusobno razlikuju po fizikalnim i kemijskim svojstvima. Među istim vrstama drva fizikalne i kemijske razlike mogu biti po kriteriju njihovog geografskog i klimatskog podrijetla.

Pod fizikalnim svojstvima drva podrazumijevamo:

- fizička svojstva drva (volumna težina drva, specifična masa drvne tvari, higroskopnost drva, točka zasićenosti vlakanaca drva, utezanje i bubrenje drva, linearno utezanje odnosno bubrenje u drvu);
- termička svojstva drva (koeficijent dilatacije, koeficijent vodljivosti topline drva);
- električka svojstva drva (električka vodljivost, relativna dielektričnost);
- akustična svojstva drva (koeficijent apsorpcije zvuka, vodljivost zvuka);
- optička svojstva drva
- mehanička svojstva drva<sup>1</sup> (modul elastičnosti drva, čvrstoća na vlak i tlak drva, kritičko naprezanje izvi-

<sup>1</sup> Mehaničke karakteristike drva od najveće su važnosti kod mehaničke prerade drva poput procesa piljenog drva, izrada furnira, proizvodnje šperovanog drva itd.

janja, čvrstoća na smicanje, čvrstoća na savijanje, čvrstoća na sukanje, čvrstoća na cijepanje, tvrdoća drva, otpornost protiv habanja ili abrazije).

Kemijska svojstva drva odnose se na kemijski sastav drva. Veći dio drvne tvari sastavljen je od kemijskih spojeva visoke molekularne težine. Ti kemijski spojevi su polimeri. Osim kemijskog sastava bitan je i sadržaj vode u drvu što također utječe na energetske vrijednosti drva i drvnog ostatka. Prema [3] elementarni sastav suhe drvne tvari gotovo je jednak za sve vrste drveta: suha drvna tvar sadrži u prosjeku 49,6% ugljika, 5,9% vodika, 44,0% kisika, 0,2% dušika i 0,3% pepela. Donja ogrjevna moć takvog drva je 15,300 MJ/kg. Prema [4] navode se sljedeći podaci za elementarni kemijski sastav različitih vrsta drva osušenog u sušari i koje sadrži 8% vlage (tablica 1).

Odnos između količine ulazne sirovine, trupaca, u proces njegove prerade i količine drvnog ostatka koji nastaje kao nus produkt u tim procesima najčešće iznosi oko 60%. Pri tome se dobije između dva do četiri puta više mokrog nego suhog ostatka [5, 6].

Najčešći oblici drvnih ostataka koji se koriste za proizvodnju toplinske i električne energije su kora i piljevina, zatim sječke, iver i bruševina. Količina proizvedene pare ovisi o specifičnoj masi drvnog ostatka, njegovom sadržaju vlage i gornjoj ogrjevnoj moći. U tablici 2 prikazan je utjecaj vlage u kori na njenu gornju ogrjevnu moć. Primjećuje se da što je manji sadržaj vode u kori to je gornja ogrjevna moć veća. No, pitanje je do koje se mjere isplati sušiti kora budući da je za proces sušenja potrebna određena količina dovedene energije koja ima svoju cijenu.

Prilikom jednostavnijih proračuna za dobivanje izlazne veličine za energiju u obzir se uzima da 1 tona drvnog ostatka s 10% udjela vlage može proizvesti 5 t/h pare, a 1 tona drvnog ostatka s 50% udjela vlage 2,72 t/h pare [5].

Tablica 1. Kemijski sastav i gornja ogrjevna moć drva [4]

	% C	% H <sub>2</sub>	% S	% O <sub>2</sub>	% N <sub>2</sub>	% Peleo	Gornja ogrjevna moć, MJ/kg
Čempres	54.98	6.54	-	38.08	-	0.40	22,951
Jela	52.3	6.3	-	40.5	0.1	0.8	21,045
Bor, smola	59.00	7.19	-	32.68	-	1.13	26,323
Bor, bijeli	52.55	6.08	-	41.25	-	0.12	20,696
Bor, žuti	52.60	7.02	-	40.07	-	0.31	22,347
Jasen, bijeli	49.73	6,93	-	43.04	-	0.30	20,743
Bukva	51.64	6.26	-	41.45	-	0.65	20,371
Javor	50.64	6.02	-	41.74	0.25	1.35	19,952
Hrast, crni	48.78	6.09	-	44.98	-	0.15	19,022
Hrast, crveni	49.49	6.62	-	43.74	-	0.15	20,208
Hrast, bijeli	50.44	6.59	-	42.73	-	0.24	20,487

Tablica 2. Gornja ogrjevna moć i sadržaj vlage u kori drveta [4]

% H <sub>2</sub> O	Gornja ogrjevna moć MJ/kg	kg vode/kg suhe tvari
0	20,347	0.00
20	16,278	0.25
40	12,208	0.67
50	10,174	1.00
60	8,139	1.50
70	6,104	2.30
80	4,069	4.00
90	2,035	9.00

## 2.2. Tretiranje drvnog ostatka

Drvni ostatak se selektira ovisno o instaliranom sustavu za loženje. No, česti su slučajevi da se generatori pare lože mješavinom kore i ostalog drvnog ostatka s 45 do 55% udjela vlage [5]. Visoko organizirani sustavi sastoje se od loženja generatora pare selekcijom različitih oblika drvnog ostatka s različitim udjelima vlage. Pri tome se u obzir uzima odnos energetske iskoristivosti s ekonomskom prihvatljivošću takvog sustava. Uobičajena je računica da su sofisticiraniji sustavi investicijski skuplji, ali su zato na dugi rok isplativiji od sustava sa neselektirajućim loženjem drvnog ostatka.

Unutar drvne industrije drvni ostatak je moguće iskoristiti i za proizvodnju briketa i peleta koji mogu predstavljati korisno gorivo za loženje veće ogrjevne moći od konvencionalnih oblika drvnih ostataka. No, isplativost korištenja briketa i peleta ovisi o odnosu između troškova njihove proizvodnje i prihoda dobivenih pri njihovoj eksploataciji.

## 3. DRVNI OSTATAK ZA KOMBINIRANU PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

### 3.1. Općenito o sustavu za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije u drvenoj industriji

Drvena industrija je intenzivni potrošač toplinske energije koja se većim dijelom koristi za parenje ili kuhanje trupaca te za sušenje drva u sušarama. Ovaj oblik energije se zatim koristi i za grijanje hala, skladišta, upravne zgrade, restorana te za zagrijavanje sanitarne vode.

Električna energija upotrebljava se najvećim dijelom za pokretanje elektromotornih pogona (70-80% od ukupno potrošene električne energije) te za rasvjetu.

Odnosi između veličine izlazne toplinske i izlazne električne snage postrojenja mogu iznositi i do deset puta u korist toplinske snage [7]. Zbog toga većina drvnih industrija posjeduje vlastite kotlovnice za opskrbu toplinskom energijom dok električnu energiju uzimaju iz javne mreže.

Pojedine drvne industrije proizvode goleme količine drvnog ostatka. One ih između ostalog nastoje iskori-

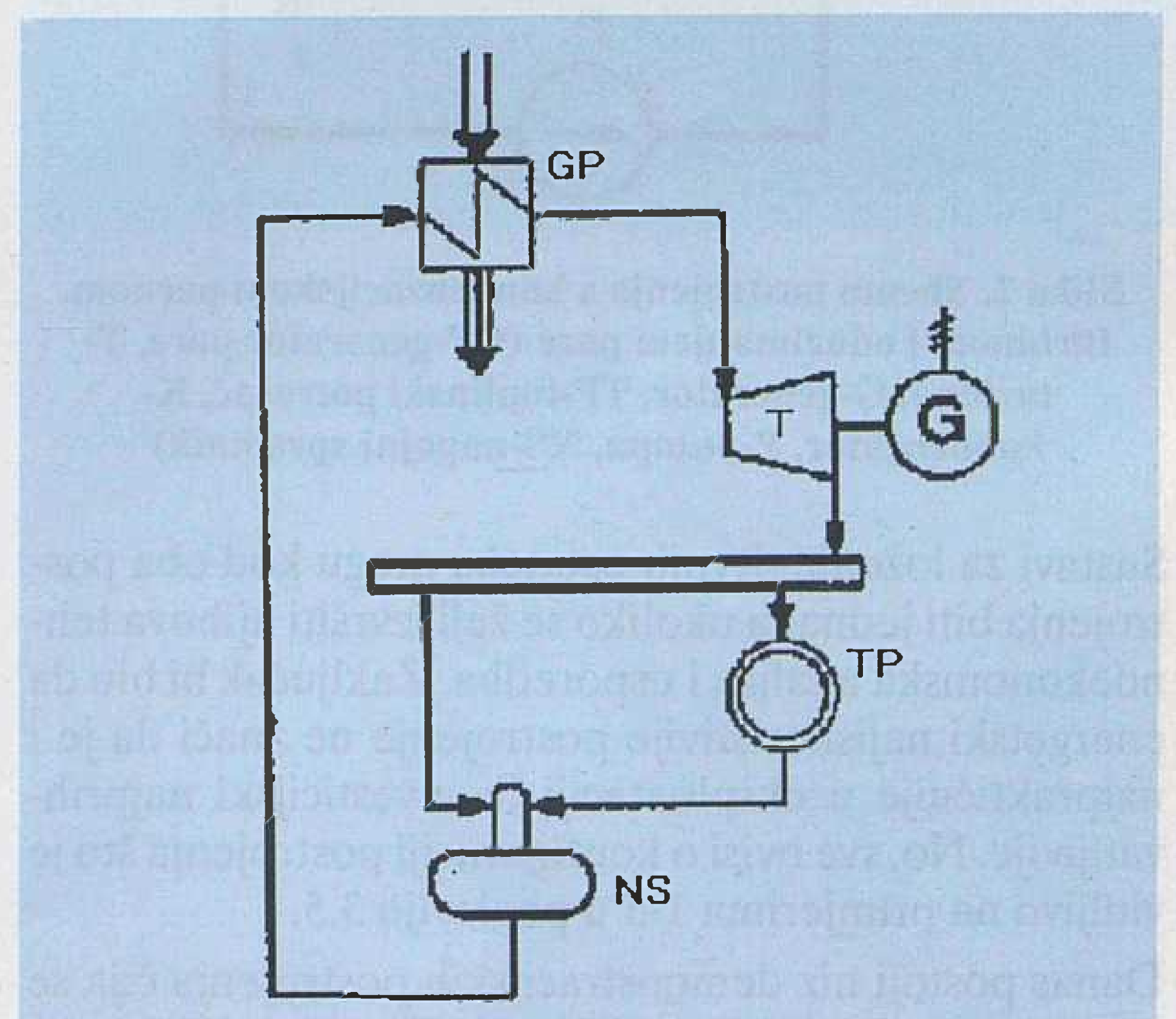
stiti i za vlastitu proizvodnju električne energije. Za tu je svrhu u energetski sustav industrije potrebno ugraditi parnu turbinu sa spojkom, reduktorom i generatorom električne energije zajedno s priključkom na javnu mrežu. Za proizvodnju električne energije potrebna je para viših radnih parametara tako da na ulazu u parnu turbinu tlakovi mogu iznositi od 12 do 45 bara, a temperature od 300 do 450°C [8]. Viši parametri daju ekonomičnije postrojenje.

### 3.2. Osnovni tipovi postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije

Osnovna prednost postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije jest što se toplina ne gubi nepovratno u okoliš već se ona kroz izmjenjivače topline koristi za energetske potrebe industrije. Također se učinkovitije vrednuje primarna energija, odnosno eksergija goriva te nema gubitaka prilikom prijenosa i distribucije energije, što se osobito odnosi na slučaj vlastite opskrbe industrije električnom energijom. Osnovni tipovi ovakvih postrojenja temelje se na tipu parnih turbina koje se u energetski sustav ugrađuju, a to su:

#### a) postrojenja s protutlačnom parnom turbinom

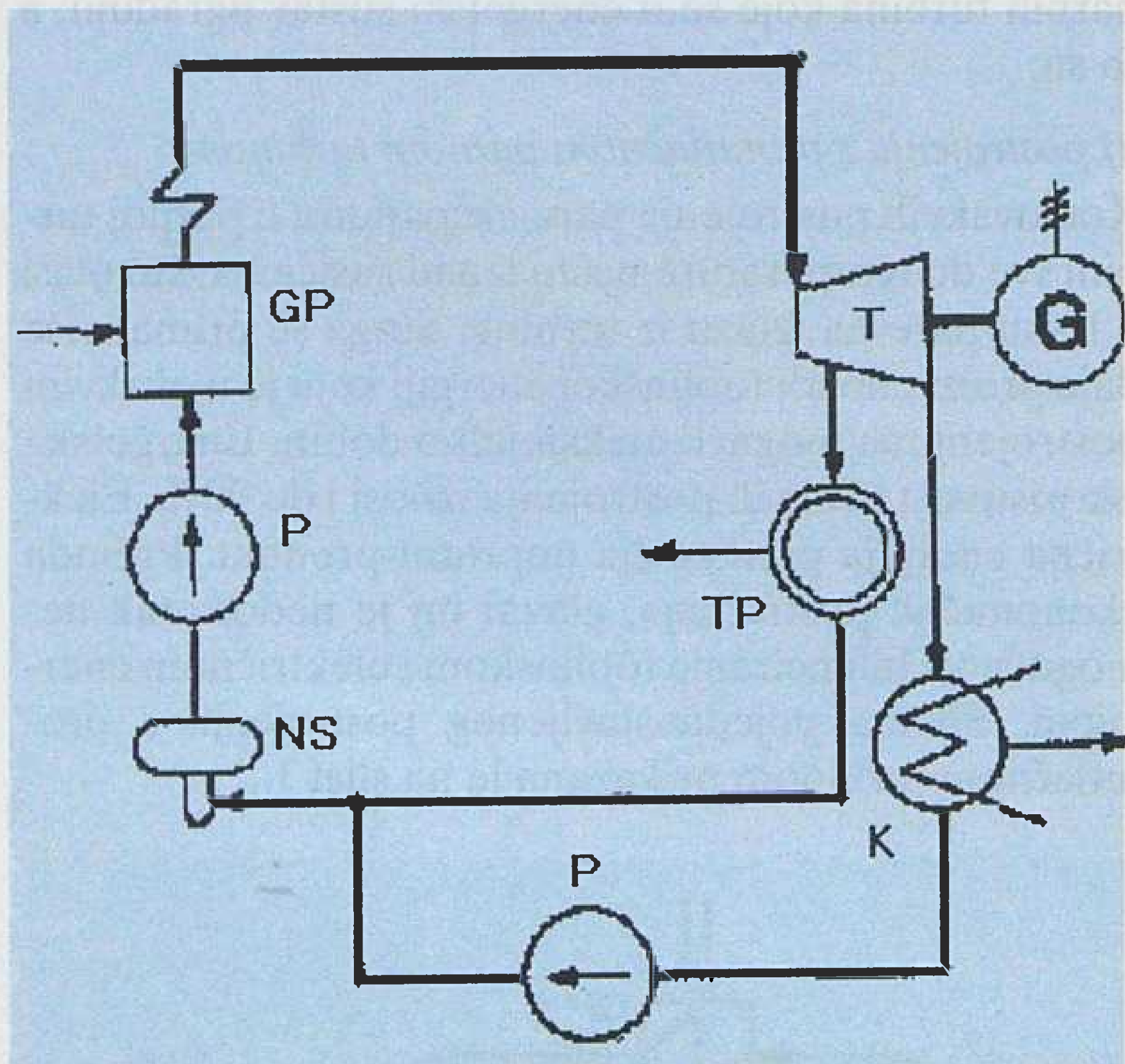
Kod ovakvih postrojenja para ekspandira u parnoj turbini sve do temperature nešto iznad zasićenja, što ovisi o tlaku pare na izlazu iz turbine. Stoga se primat više daje proizvedenoj toplinskoj energiji koju je u ovakvim postrojenjima moguće maksimalno dobiti. Energetska iskoristivost ovakvih postrojenja iznosi i do 90%. Električna energija predstavlja popratni produkt. Premda ekonomična postrojenja, glavni im je nedostatak nemogućnost bilanciranja toplinskom i električnom energijom. Shema pojednostavljenog postrojenja s protutlačnom turbinom prikazana je na slici 1.



Slika 1. Shema postrojenja s protutlačnom parnom turbinom (GP-generator pare, T-turbina, G-generator, TP-toplinski potrošač, NS-napojni spremnik)

### b) postrojenja s kondenzacijskom parnom turbinom i oduzimanjem pare

U ovakvim postrojenjima para ekspandira u turbini do određenog tlaka te se s određenom količinom odvodi u sabirnice koje vode do različitih potrošača topline. Preostali dio pare ekspandira do tlaka kondenzacije pri čemu je moguće proizvesti određenu količinu električne energije. Pri tome se neiskorištena toplina pare gubi kroz njeno hlađenje sve do temperature ukapljivanja pri tlaku kondenzacije. Zbog toga je energetska iskoristivost ovakvih postrojenja znatno niža (oko 50%) nauštrb mogućnosti bilanciranja toplinskom i električnom energijom. Nedostatak je i sama cijena postrojenja koja odskakače od sustava s protutlačnom parnom turbinom zbog ugrađenog kondenzatora. Ovakvo postrojenje ne mora imati samo jedno oduzimanje pare, može ih imati više, ovisno o vrstama i potrebama potrošača topline. Oduzimanje može biti regulirano i neregulirano. Shema pojednostavljenog postrojenja s kondenzacijskom turbinom i oduzimanjem pare prikazana je na slici 2.



Slika 2. Shema postrojenja s kondenzacijskom parnom turbinom i oduzimanjem pare (GP-generator pare, T-turbina, G-generator, TP-toplinski potrošač, K-kondenzator, P-pumpa, NS-napojni spremnik)

Sustavi za loženje drvnih ostataka mogu kod oba postrojenja biti jednaka ukoliko se želi izvršiti njihova tehnokonska analiza i usporedba. Zaključak bi bio da energetska najiskoristivije postrojenje ne znači da je i najpraktičnije u eksploataciji ili investicijski najprihvatljivije. No, sve ovisi o konfiguraciji postrojenja što je vidljivo na primjerima 1-5 u poglavlju 3.5.

Danas postoji niz demonstracijskih postrojenja čija se tehnologija temelji na rasplinjavanju drvene mase, pri čemu se dobiveni plin pod određenim pritiskom koristi za pokretanje plinske turbine i proizvodnju električne energije, a ispušni dimni plinovi koji prolaze kroz ko-

tao izmjenjivač za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije u parnom toplinskom ciklusu.

Druga obećavajuća tehnologija temelji se na iskorištavanju energije iz zraka koji se u izmjenjivaču može zagrijati do neke određene temperature. Energetski izvor njegovog zagrijavanja može biti drvena biomasa. Tako zagrijani zrak pod određenim tlakom može pokretati turbinu i proizvoditi električnu energiju, a na izlazu iz turbine taj zrak kontinuirano prolazi kroz snop cijevi u posebnom izmjenjivaču topline u kojem se proizvodi toplinska energija. Eksergetska iskoristivost zagrijanog zraka može biti jako visoka, ukoliko se uzme u obzir da se taj zrak može iskoristiti do sobne temperature, za razliku od ispušnih dimnih plinova čija temperatura na izlazu iz izmjenjivača zbog niskotemperaturne korozije ne smije biti manja od 100°C.

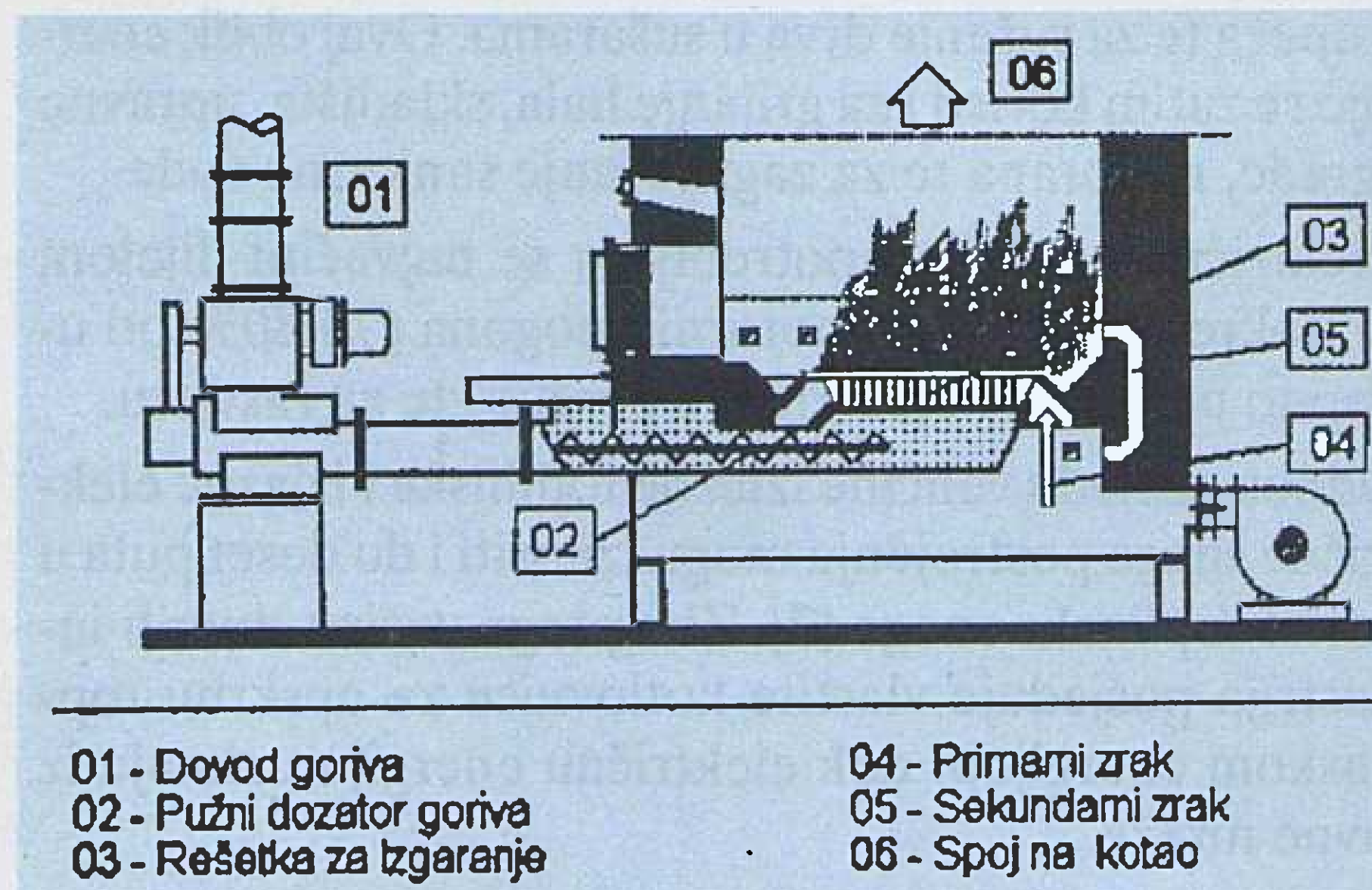
### 3.3. Tipovi sustava za loženje drvnog ostatka

Četiri su najčešća tipova sustava za loženje drvnim ostatkom:

#### a) sustav izgaranja drvnog ostatka u gomili

U ovakvim je sustavima moguće proizvesti od 7 do 170 t/h pare, ovisno o broju nosećih cijevi koji iznosi od jedan do šest. Te cijevi intenzivno hlade rešetke na kojima se dovodi drveni ostaci u gomili visine 60 do 120 cm iznad rešetke. Količina ulaznog zraka raspoređena je na sljedeći način: oko 30% ukupne količine (primarnog) zraka upuhuje se kroz rešetku, oko 60% (sekundarnog) zraka u pravcu prema gomili drvnog ostatka na rešetki te oko 10% pri vrhu komore izgaranja. Dimni plinovi napuštaju jednu komoru i ulaze u drugu u kojima se nalazi snop cijevi u kojima cirkulira pojava voda koju ti plinovi postupno zagrijavaju. Na slici 3 prikazan je sustav za loženje drvnim ostatkom koje se u ložište dovodi odozdo.

Sustav za loženje dimnog ostatka ima mogućnost kontrolirane razine ispuštene emisije dimnih plinova kroz čitav proces izgaranja, zatim niske temperature plamena te stupnjevanog izgaranja. Pepeo se otapa uz pomoć zraka koji cirkulira nasuprot zidova komore. Iz otopljenog pepela nastaje šljaka koja se na vodom hlađenoj rešetki ukrućuje. Za odstranjivanje šljake služe ručni ili automatski sustavi koji čine dio ložišta.



01 - Dovod goriva  
02 - Pužni dozator goriva  
03 - Rešetka za izgaranje  
04 - Primarni zrak  
05 - Sekundarni zrak  
06 - Spoj na kotao

Slika 3. Ložište za drveni ostatak s donjim dovodom goriva [6]

*b) sustav ložišta s rešetkom*

Danas su to najrašireniji sustavi za loženje drvnog ostatka. Rešetke mogu biti nagnute ili kose (slika 4), stupnjevite, pokretne ili nepokretne, izrađene od lijevanog željeza ili vatro otpornih cigli. Pokretnim rešetkama se bolje kontrolira izgaranje, a pepeo se automatski odstranjuje.

Loženje drvnim ostatkom u ovakvim sustavima vrši se automatski ili pneumatski. Da bi izgaranje bilo što uspješnije, svaki dio rešetke treba biti napunjen drvnim ostatkom. Malene čestice drva izgaraju u suspenziji, a veći dijelovi drvnog ostatka na rešetki.

Iz prvenstveno ekoloških razloga, ovakvi sustavi danas imaju usavršeno izgaranje. To se ostvaruje uz pomoć preciznijeg dovoda sekundarnog zraka u ložište, čija količina iznosi oko 50% od ukupno dovedenog zraka u ložište. Tri su različita ventilatora potrebna za preciznu kontrolu dovedene količine zraka: prvi za primarni zrak koji struji kroz rešetke, drugi za sekundarni zrak i treći za pneumatsko razvođenje drvnog ostatka.

*c) sustav izgaranja drvnog ostatka u fluidiziranom sloju*

Karakteristika ovakvog izgaranja sastoji se u inertnom sloju materijala čime se ostvaruje velika akumulacija topline u sloju što omogućava kvalitetno izgaranje i najlošijih goriva. Za izgaranje u fluidiziranom sloju nužno je zbog transportnih i aerodinamičnih uvjeta u sloju usitniti drveni ostatak.

*d) Sustav loženja drvnog ostatka u obliku suspenzije (kaše)*

Ložište može biti izvedeno za gorenje suhe bruševine i piljevine relativne vlage 15% i granulacije 5 mm ali u

obliku suspenzije. To se postiže uz pomoć spiralnog dijela ložišta koji ovakav tip goriva ubrizguje unutar rotirajućih prstenova između dva vrtložna strujanja zraka za izgaranje (slika 5).

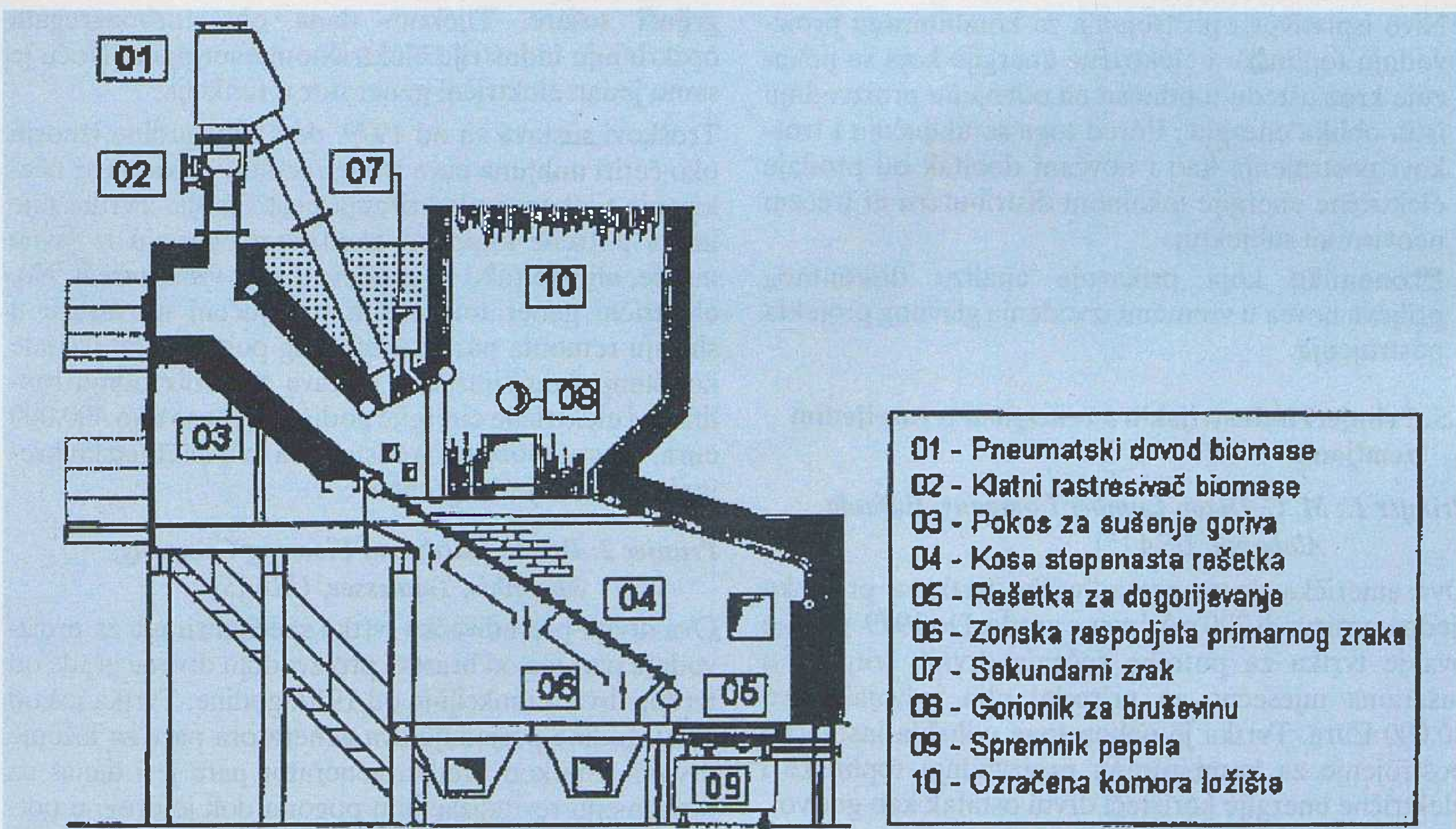
Ciklonska ložišta ubrizguju zrak i gorivo pri visokim brzinama unutar cilindrične komore izgaranja stvarajući ciklonsko vrtloženje.

U vertikalnim cilindričnim ložištima miješaju se zrak i gorivo pri čemu se dobivena masa ubrizguje u vertikalni, cilindrični sustav za loženje.

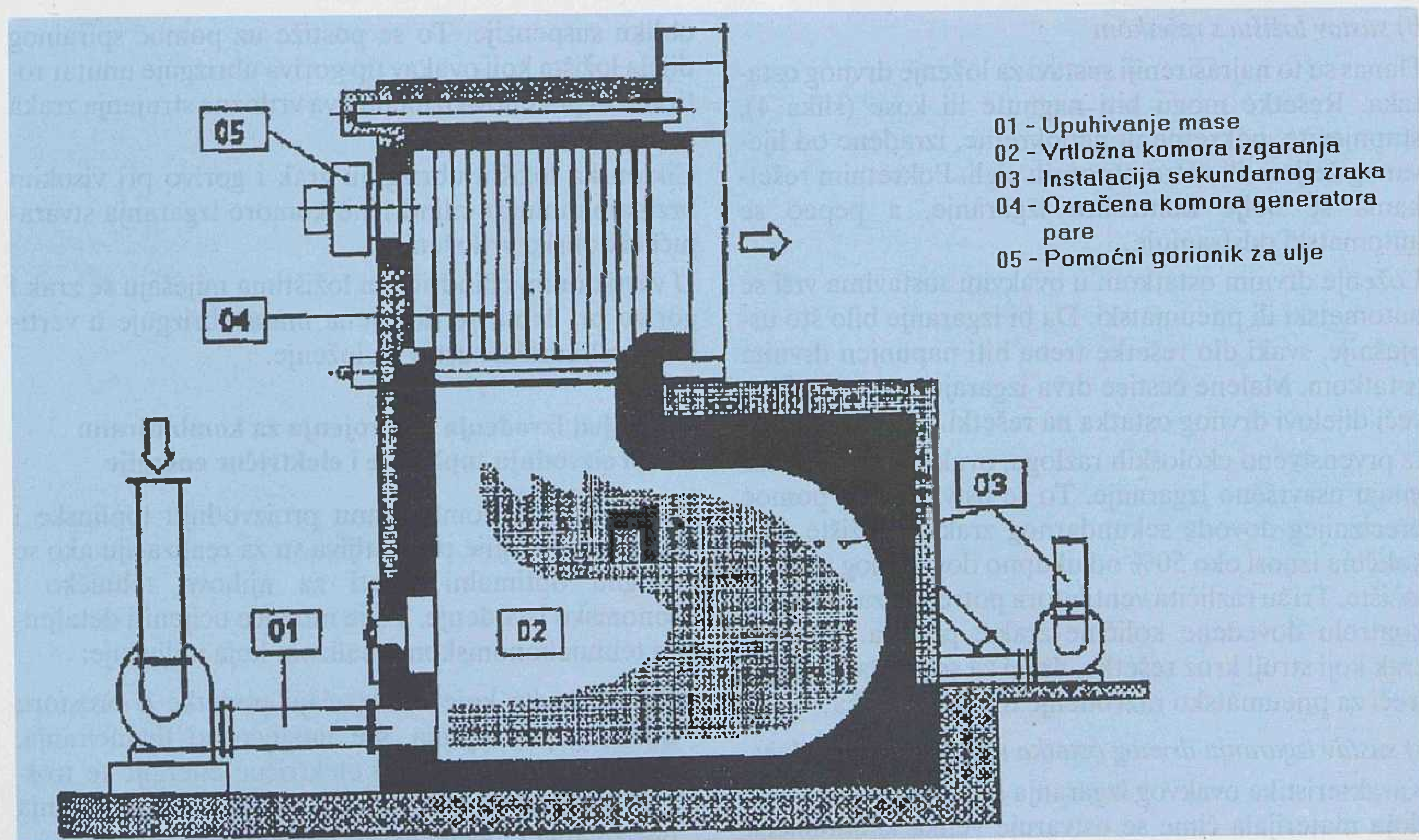
**3.4. Slijed izvođenja postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije**

Postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije prihvatljiva su za realizaciju ako se postignu optimalni uvjeti za njihovo tehničko i ekonomsko izvođenje. To je moguće ocijeniti detaljnijom tehnokonomskom analizom koja uključuje:

- Pretpostavke koje obuhvaćaju podatke o prostoru budućeg postrojenja, sve mogućnosti financiranja, cijenu koštanja goriva i električne energije te troškovi koje je moguće izbjeći prilikom projektiranja postrojenja i njegovog upravljanja;
- Karakteristike goriva, kao što su potrebna količina (po mjesecu) te njegova kvaliteta (ogrjevnost, relativna vlažnost, sadržaj pepela);
- Uporabu energije u smislu trošenja električne energije i plina pri odvojenoj potrošnji energije sustava, zatim nivo opremljenosti ovisno o snazi postrojenja te sadašnja i projektna potražnja potrošača za parom;



Slika 4. Ložište za drveni ostatak s kosom stepenastom rešetkom [6]



Slika 5. Vrtložno ložište za drvni ostatak [6]

- Veličinu sustava koja uključuje raspoloživost goriva, veličinu sustava za loženje goriva i generiranje pare, veličinu parne turbine i njoj pripadajućeg generatora električne energije;
- Tip sustava i troškovi za opremu postrojenja, izvođenje radova, osiguranje, upravljanje sustavom te troškovi održavanja;
- Nivo isplativosti postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije koja se pokazuje kroz uštedu u odnosu na odvojenu proizvodnju istih oblika energije. Pored toga se uključuju i troškovi postrojenja kao i novčani dobitak od prodaje električne energije lokalnom distributeru ili trećem neovisnom subjektu;
- Ekonomiku koja prikazuje analizu diskontnog priljeva novca u vremenu izvođenja glavnog projekta postrojenja.

### 3.5. Primjeri industrijskih bioenergana u razvijenim zemljama

*Primjer 1.: M. C. Dixon Lumber Company, Eufaula, Alabama, USA [5]*

Ova američka drvno-prerađivačka tvrtka u prosjeku tjedno proizvodi 200 m<sup>3</sup> drvene građe. Do 1979. godine ova je tvrtka za potrebe sušenja drvnih trupaca u sušarama mjesečno za prirodni plin izdvajala oko 40.000 Eura. Tvrtka je nakon toga odlučila instalirati postrojenje za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije koristeći drvni ostatak kao gorivo. Oblici drvnog ostatka koji se lože u generatoru pare su piljevina, bruševina i kora. Iz silosa se gorivo transpor-

tira u generator pare kapaciteta 27 t/h pare. Jedan dio pare tlaka 20 bara i temperature 260°C iskorištava se za grijanje sušara, a preostali dio pare ulazi u dvije kondenzacijske parne turbine izlaznih električnih snaga 1,5 MWe i 1 MWe. Preostala toplina nepovratno se gubi hlađenjem pare u kondenzatoru.

Generator pare dnevno radi 24 sata, 6 dana u tjednu, grijući sušare. Tijekom dana oba turboagregata opskrbljuju industriju električnom energijom. Noću je samo jedan električni generator u funkciji.

Troškovi sustava su od 1979. do 1992. godine iznosili oko četiri milijuna eura što je rezultat ostvarenog očekivanja tijekom projektiranja postrojenja. Tvrtka nije imala potrebe kupovati električnu energiju iz javne mreže, ali isto tako ni prodavati svoj višak mreži. No, električni generatori ostaju priključeni na mrežu u slučaju remonta parnoturbinskog postrojenja. Uštede korištenja kombiniranog sustava za proizvodnju toplinske i električne energije godišnje iznose oko 400.000 eura. Povrat uložениh sredstava za ovu energetsку preinaku iznosio je 5,3 godina.

*Primjer 2: Desoto Hardwood Flooring Company, Memphis, Tennessee, USA [5]*

Ova drvno-prerađivačka tvrtka specijalizirana za proizvodnju parketa od hrasta i proizvodnju drvene građe od tvrdog drva u funkciji je od 1912. godine. Tvrtka još od 1920. godine posjeduje dva generatora pare za loženje drvnim ostatkom. Jedan generator pare je i danas uz povremenu revitalizaciju u pogonu dok je drugi u potpunosti zamijenjen 1976. godine. Ti sustavi proizvode paru za sušenje drvnih trupaca i gotovih proizvoda.

1983. godine tvrtka odlučuje ugraditi sustav za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Pri tehnokonomskoj analizi došlo se do zaključka da bi tvrtka mogla uštedjeti i do 25% električne energije koju kupuje iz mreže. 1984. godine započinje rad kombiniranog postrojenja.

Oblici drvnog ostatka su bruševina, piljevina, drvene o-ljuštine, komadni okrajci. Putem silosa se ostaci drva transportiraju do ložišta. U ložištu se zatim ti ostaci pneumatski pretvaraju u suspenziju i kao takvi izgaraju. Generator pare je vodocijevni. Oko 9 t/h pare tlaka 10 bara pokreće protutlačnu parnu turbinu izlazne električne snage 0,3 MW. Para se na izlazu iz turbine koristi za grijanje sušara.

Računi za električnu energiju pali su s 18.000 eura na 13.000 eura mjesečno, pri čemu se postigla ušteda od 55.000 eura godišnje. Cijena turbogeneratorskog iznosila je 75.000 eura, a godišnji troškovi za upravljanje i održavanje postrojenja iznose 5.000 eura. Povrat uloženi sredstava je manji od 1,5 godine. Tvrtka je zadovoljna ovakvim načinom rada postrojenja jer se uz sigurnu i efikasnu opskrbu energijom rješava velikih količina drvnih ostataka.

*Primjer 3: Howes Leather Company, Frank,  
West Virginia, USA [5]*

Ova američka štavionica kože zapošljava 185 ljudi te se dnevno skida koža s 1.400 grla stoke. Početkom 80-tih tvrtka je započela s planovima da svoj dosadašnji toplinski sustav na bazi lož-ulja zamijeni sustavom na drvene ostatke. Takav je sustav započeo s radom 1982. godine. Tvrtka godišnje kupuje oko 46.000 tona kore, piljevine i drvnih sječki iz okolnih pilana u krugu udaljenosti do 120 kilometara. Drvni ostaci se od pilana do štavionice kože prenose kamionima, zatim ih se selektira, te se putem silosa transportiraju do ložišta u kojima oni izgaraju dijelom u suspenziji, dijelom na nepokretnoj rešetki.

Generator pare proizvodi oko 27 t/h pare tlaka 18 bara i temperature 310°C koja pokreće protutlačnu parnu turbinu. Pri tome se na stezaljkama generatora proizvodi električna energija snage 0,875 MW i njome pokriva jednu trećinu ukupnih industrijskih potreba za električnom energijom. Para izlazi iz turbine pod tlakom od 7 bara. Toplinski izmjenjivač i ventil hlade paru i smanjuju joj tlak jer je s nižim parametrima para potrebna za tehnološke procese i zagrijavanje prostorija i sanitarne vode. Nakon što se ovaj sustav pokazao uspješnim, tvrtka je ugradila još jednu protutlačnu parnu turbinu snage 0,65 MW te je smanjila tlak pare na nivo mnogo prihvatljiviji za tehnološke procese i potrebe grijanja prostorija i zagrijavanje sanitarne vode.

Cijena ugradnje ovakvog sustava iznosila je prema današnjim novčanim veličinama 4,8 milijuna eura s povratom uloženi sredstava od 4,2 godine. Sustav se pokazao pouzdanim, a generatori pare na loživo ulje ostali su u dijelu sustava kao pričuva. Otkad su u ener-

getski sustav ove industrije uvedeni drvni ostaci kao gorivo, nisu se pojavile potrebe za pričuvne generatore pare na ulje.

*Primjer 4.: Drvna industrija Houtindustrie Schijndel,  
Nizozemska [9]*

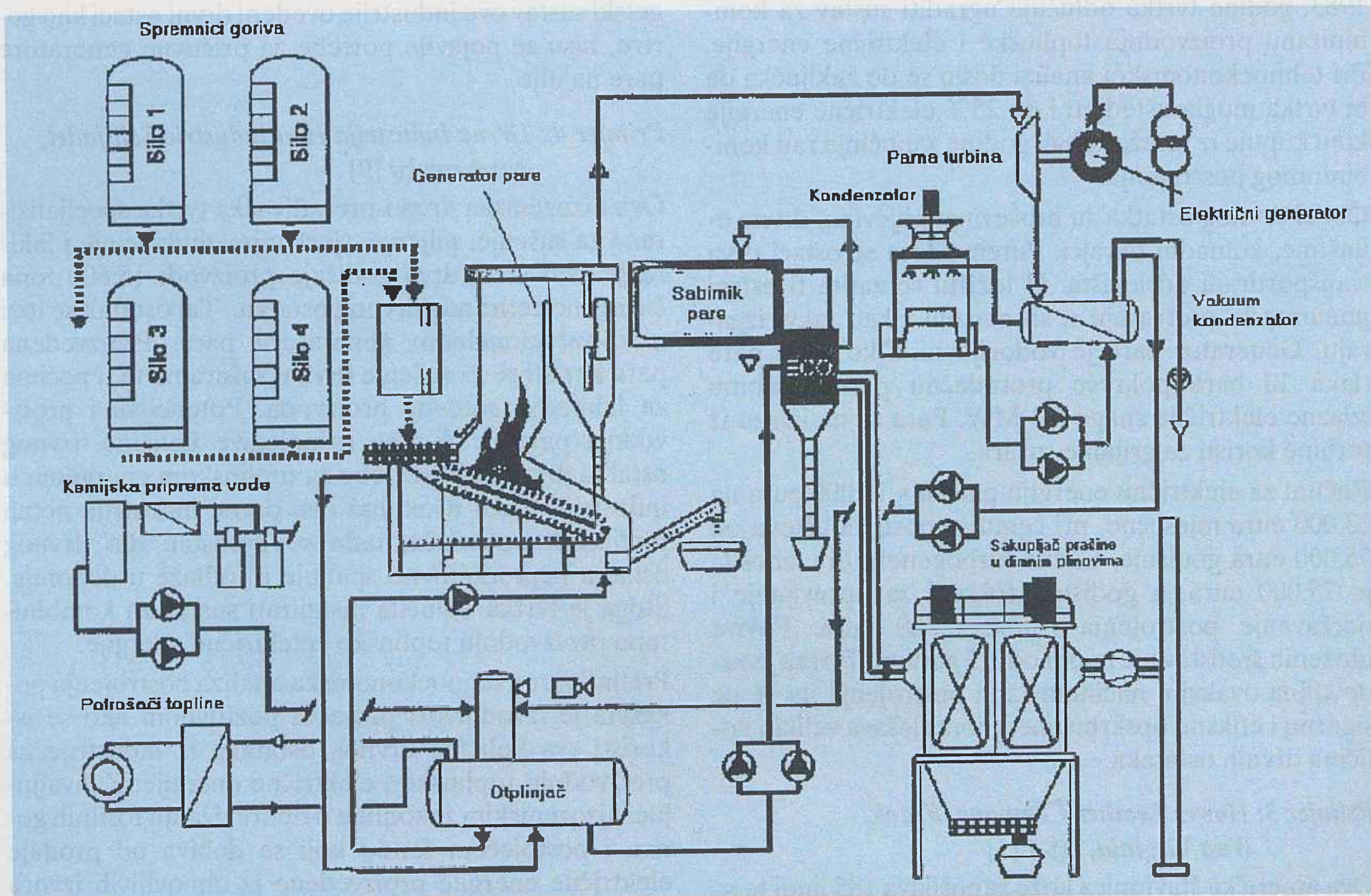
Ova nizozemska drvno-prerađivačka tvrtka specijalizirana za sušenje, piljenje, sjeckanje, oblikovanje i lakiranje svih vrsta drva godišnje proizvodi 15.600 tona čistog, netretiranog drvnog ostatka. Taj ostatak se loži u konvencionalnom generatoru pare. Proizvedena para koristi se za sušenje drva u sušarama te u pećima za lakiranje gotovog proizvoda. Potencijalna proizvodnja pare iz ukupne raspoložive količine drvnog ostatka premašuje potrebe za toplinskom energijom u industriji. Kako u okolini ove drvene industrije nema toplinskih potrošača, tada se preostali dio drvnog ostatka neproduktivno spaljuje ili odlaže u deponije. Stoga je tvrtka odlučila instalirati sustav za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije.

Preliminarna tehnokonomska analiza postrojenja pokazala je izvodljivost projekta pozitivnom ako se iskoristi sva količina drvnog ostatka iz industrije za proizvodnju toplinske i električne energije. Zahvaljujući nizozemskim zakonima o oporezivanju fosilnih goriva i postojećem fondu koji se dobiva od prodaje električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije lokalnom distributeru, izvedba ovakvog postrojenja je i više nego opravdana.

Osnovni elementi ovog postrojenja su generator pare, parna turbina i kondenzator. Iz silosa se gorivo transportira do spremnika koji se nalazi ispred generatora pare. U njemu se efikasno miješaju razni oblici drvnog ostatka. Iz tog spremnika u ložište generatora pare svaki sat ulazi 1.400 kg drvnog ostatka koje izgara na vodom hladenoj rešetki. Nastali pepeo se odstranjuje automatski. Rešetka je podijeljena u nekoliko zona i u svakoj se posebno vrši kontrola izgaranja goriva. Generator pare proizvodi paru nadkritičnog tlaka 28 bara pri 420°C. Para ekspandira do tlaka 0,15 bara u vakuum-kondenzacijskoj pet-stupanjskoj parnoj turbini električne snage od 1 MWe (slika 6).

Toplina iz kondenzatora koristi se za grijanje sušara i peći. Višak električne energije prodaje se lokalnom distributeru. Ono što je neobično za ovaj energetski sustav je to da se proizvodnja energije kontrolira po količini proizvedene pare u generatoru pare, a ne po količini električne energije potrebne za industriju. Svrha takve kontrole je da se u potpunosti osigura izgaranje ukupne količine drvnog ostatka nastale nakon prerade drva u industriji. Kroz potrebe za električnom energijom kontrolira se rad generatora pare.

Postrojenje dnevno radi 24 sata, godišnje 7 000 sati s godišnjim utroškom od 7 GWh električne energije. Postrojenje zadovoljava sva ekološka ograničenja propisana prema nizozemskim zakonima za zaštitu okoliša. Pri tome se ostvaruje manja količina ispuštenog ugljičnog dioksida CO<sub>2</sub> u atmosferu za 3.850 tona go-



Slika 6. Osnovna shema energetskega postrojenja u drvnj industriji Houtindustrie Schijndel, Nizozemska [9]

dišnje. Znatno su smanjene i količine dušičnih spojeva NO<sub>x</sub> i ugljikohidrata HC u okolinu.

Ukupne investicije izgradnje postrojenja iznosile su 1995. godine oko 2,5 milijuna eura. Proizvedena električna energija prodaje se po cijeni od 0,07 Eura/kWh. Cijena ukupne proizvedene energije iznosi 500.000 eura godišnje dok su dodatni godišnji troškovi vezani za projekt 75.000 eura. Ako se preostali dio dobitka od prodaje energije lokalnom distributeru podijeli s ukupnom investicijom postrojenja dobiva se da povrat uloženi sredstava iznosi sedam godina.

#### Primjer 5: Pilana u gradu Kiuruvesi, Finska [10]

Ova pilana je do rekonstrukcije energetskega sustava imala samo jedan generator pare snage 3,5 MW. Nova nadograđena jedinica za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije ima toplinski kapacitet od 6 MWt koji je potreban za grijanje sušara i područno grijanje okolnog naselja. Ekspandiranjem pare u protutlačnoj parnoj turbini proizvodi se električna energija snage 0,9 MWe. Instaliranjem nove energetske jedinice nastoje se što više iskoristiti dobivene količine drvnih ostataka iz proizvodnih procesa kao što su piljevina i vlažna kora.

Do reinstalacije postrojenja, za potrebe grijanja grada Kiuruvesi koristio se postojeći generator pare snage 3,5 MW pri čemu se iskorištavalo 60% ukupne količine drvnog ostatka iz pilane. Novo postrojenje koristi 90% ukupne količine drvnog ostatka. No, teško loživo ulje se koristi samo kao *stand-by* primarni izvor energije od-

nosno u slučaju najviših potreba za toplinskom energijom.

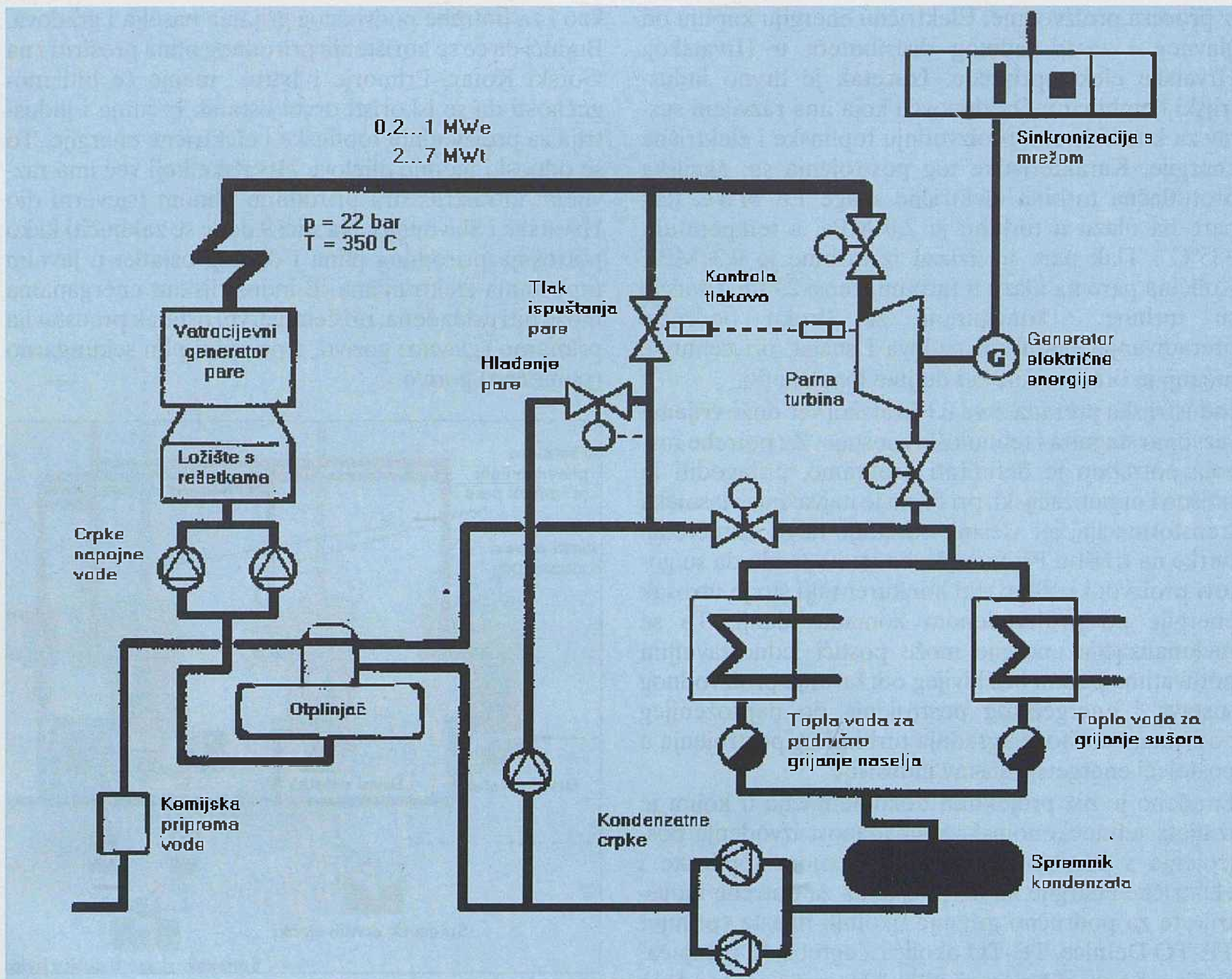
Finska tvrtka *Sermet Oy* (tvrtka specijalizirana za razvoj i proizvodnju sustava za loženje goriva i generiranje pare) razvila je novi tip bioenergane nazvan *BioPower* koji je prvi put ugrađena u energetske sustav ove finske pilane (slika 7). Rasponi električnih i toplinskih snaga ovakvih postrojenja kreću se od 0,2 MWe do 3 MWe i od 2 MWt do 10 MWt. Cijena *BioPower* postrojenja snage 6 MWt iznosi oko 2,7 milijuna eura pri čemu je vrijeme povrata uloženi sredstava od 7 do 10 godina ovisno o cijeni goriva, cijeni područnog grijanja okolnog naselja i cijeni električne energije koju slobodno tržište otkupljuje od ove pilane.

Ekonomsko opravdanje izgradnje ovakvog postrojenja sastoji se u njegovoj pouzdanosti, sigurnosti i jednostavnosti rada, upravljanja i održavanja. Uobičajeno je da se ovakva postrojenja mogu nabaviti u paketu što pojednostavljuje radove njegovog instaliranja u energetske sustav industrije. Upravljanje ovakvim postrojenjem je potpuno automatizirano, što omogućava njegov efikasni rad i racionalizaciju troškova.

#### 4. ISKORIŠTAVANJE DRVNOG OSTATKA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj se drvo tradicionalno koristi za grijanje kućanstava osobito u ruralnim i brdskim područjima. Drva se u obliku cjepanica obično lože u konvencional-



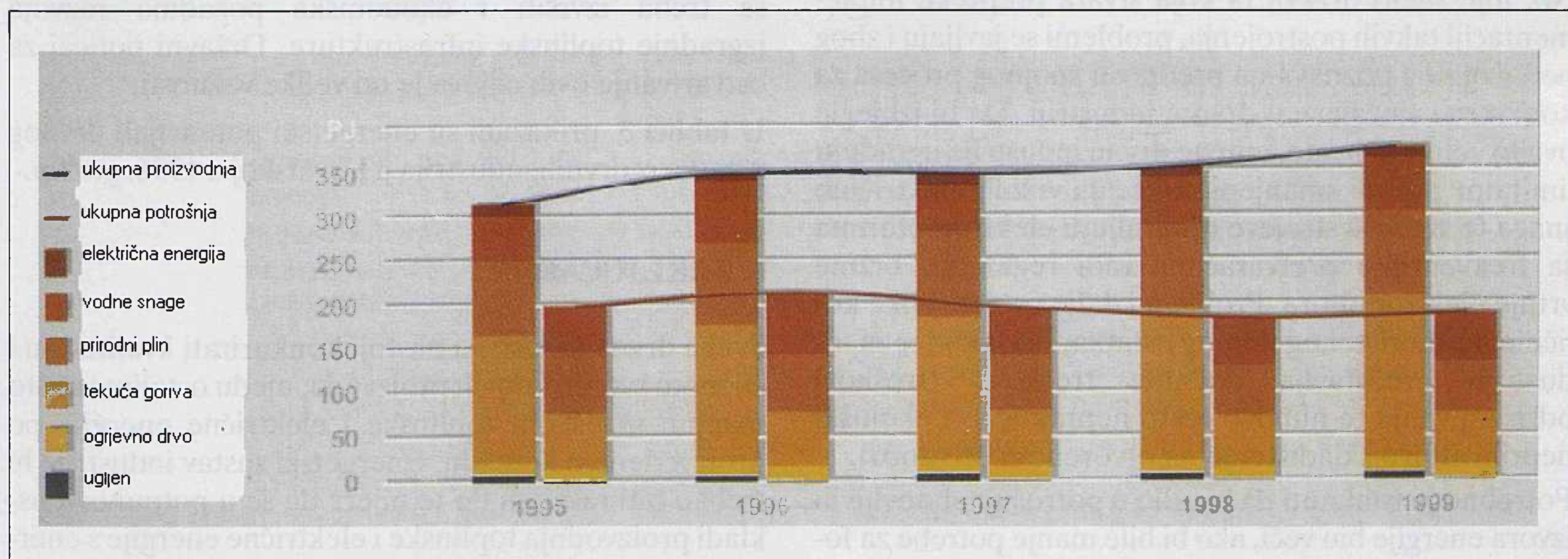


Slika 7. Osnovna shema energetskeg postrojenja u pilani grada Kiuruvesi, Finska [10]

nim pećima s dimnjakom. Uobičajen je sustav zagrijavanja jedne prostorije. Rjeđe se koriste ostali oblici drvnih ostataka i rjeđe domaćinstva koriste centralizirani sustav zagrijavanja prostorija i sanitarne vode na ovaj tip goriva. Ni u jednom području Hrvatske nije razvijena infrastruktura područnog grijanja naselja na

drvne ostatke. Ukupna proizvodnja i potrošnja primarne energije u Hrvatskoj u razdoblju 1995.-1998. godine prikazana je na slici 8.

Gotovo sve drvene industrije u Hrvatskoj opskrbljuju se toplinskom energijom putem vlastitih kotlovnica loženim drvnim ostacima dobivenim kao nus produkt



Slika 8. Ukupna potrošnja i proizvodnja energije u Hrvatskoj [12]

iz procesa proizvodnje. Električnu energiju kupuju od glavnog i zasad jedinog distributera u Hrvatskoj, Hrvatske elektroprivrede. Izuzetak je drveno industrijski kombinat u Đurđencu koja ima razvijeni sustav za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Karakteristike tog postrojenja su: akcijska protutlačna turbina električne snage 1,8 MWe, tlak pare na ulazu u turbinu je 2,0 MPa, a temperatura 385°C. Tlak pare na izlazu iz turbine je 0,3 MPa. Količina pare na ulazu u turbinu iznosi 23 t/h. Ovakve su turbine koncipirane za široko područje prerađivanja toplinskih padova i snaga, pri čemu se mijenjaju broj stupnjeva i duljine lopatica [8].

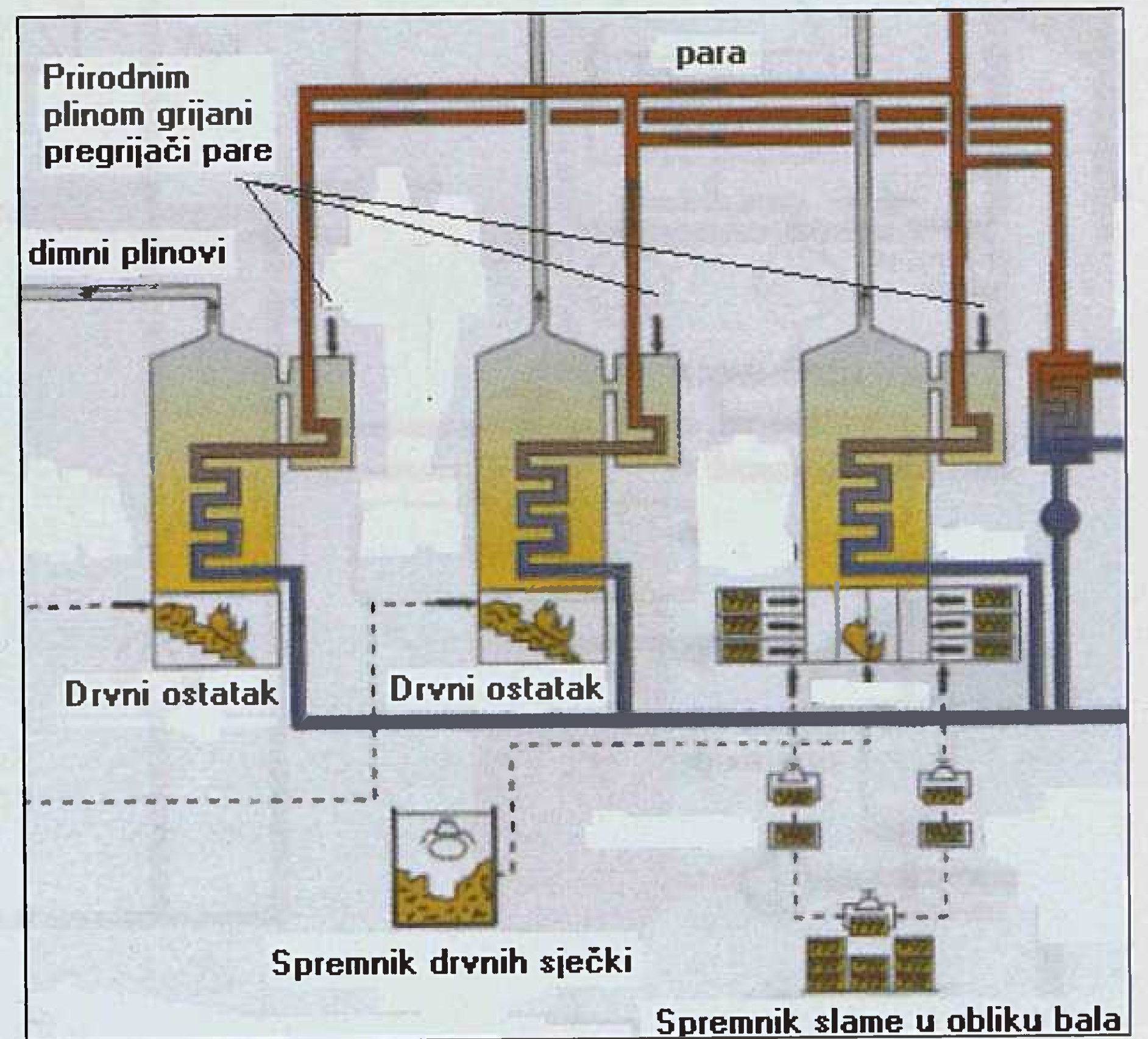
Industrijska prerada drva u Hrvatskoj već duže vrijeme razvojno stagnira i tehnološki zaostaje. Za potrebe razvoja potrebno je definirati programe, prilagoditi ih tržišno i organizacijski, pri čemu je najvažnija vlasnička transformacija, jer vlasnik određuje novo usmjerenje tvrtke na tržištu. Pri tome treba imati u vidu da su gotovi proizvodi iz tih tvrtki konkurentniji što je utrošak energije po proizvedenom komadu manji. Ta se racionalizacija energije može postići jednostavnijim pothvatima putem brižljivijeg održavanja proizvodnog sustava i energetskog postrojenja do najsloženijeg pothvata, kao što je ugradnja turbinskog postrojenja u postojeći energetski sustav industrije.

Izrađeno je niz projektnih dokumentacija u kojim je iznijeta tehnoe ekonomska opravdanost izvođenja postrojenja s kombiniranom proizvodnjom toplinske i električne energije na drvni ostatak za potrebe industrije te za područno grijanje okolnih mjesta (primjer TE-TO Delnice, TE-TO okolica Zagreba, "Drvenjača" Fužine, "Arena" Križevci, "Klas" Nova Gradiška) [11]. No, postoji niz prepreka izgradnji takvih postrojenja u Hrvatskoj, na primjer: nedostatak sredstava za financiranje postrojenja, zatim u Hrvatskoj nisu doneseni zakoni po kojima bi se olakšala izgradnja energetskih postrojenja na obnovljive izvore energije (u smislu subvencioniranja od strane države), te su još uvijek pristupačnija i jeftinija fosilna goriva da ih država dodatno ne oporezuje.

No, nije samo država ta koja stvara prepreke implementaciji takvih postrojenja, problemi se javljaju i zbog nedovoljnog poznavanja prednosti spojnog procesa za konkretne slučajeve u drвноj industriji. Da bi izbjegle ovako velike zahvate, mnoge drvne industrije ugrađuju limitator poradi smanjenja utjecaja vršnih električnih snaga te sve više strojeve opremljuju elektromotorima sa frekventnim pretvaračima radi regulacije brzine vrtnje elektromotora. Problem i dalje ostaju velike količine neiskorištenog drvnog ostatka, što također za industriju predstavlja dodatne troškove (troškovi odstranjivanja te njihovo često nepraktično i ekološki neprihvatljivo skladištenje na otvorenom prostoru).

Potrebno je istaknuti da bi udio u potrošnji obnovljivih izvora energije bio veći, ako bi bile manje potrebe za fosilnim gorivima. U Hrvatskoj se za potrebe proizvodnje električne energije u velikoj mjeri troši prirodni plin

kao i za potrebe područnog grijanja naselja i gradova. Budući da će se korištenje prirodnog plina proširiti i na Gorski Kotar, Primorje i Istru, manje će biti mogućnosti da se iskoristi drvni ostatak iz šuma i industrija za proizvodnju toplinske i električne energije. To se odnosi i na one dijelove Hrvatske koji već ima razvijenu infrastrukturu prirodnim plinom (sjeverni dio Hrvatske i Slavonija). Na slici 9 dade se zaključiti kako potrošnja prirodnog plina i drvnog ostatka u javnim toplanama-elektranama ili industrijskim energanama može biti usklađena, pri čemu drvni ostatak predstavlja primarno (glavno) gorivo, a prirodni plin sekundarno (pomoćno) gorivo.



Slika 9. Kombinirana potrošnja različitih oblika drvnog ostatka i prirodnog plina

U drvnim industrijama Republike Hrvatske gdje se tehnoe ekonomskom analizom pokaže opravdanim za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije, neophodno je izvršiti rekonstrukciju kotlovnica i ugraditi turbinsko postrojenje. Pritom treba u obzir uzeti i toplifikaciju obližnjeg naselja ili grada pri čemu se treba izvršiti i ekonomska pozadina razvoja izgradnje toplinske infrastrukture. Državni poticaj za ostvarivanje ovih ciljeva je od velike važnosti.

U tablici 3. prikazani su energetski potencijali drvnog ostatka iz drvnih industrija u Hrvatskoj u 1996. godini.

## 5. ZAKLJUČAK

Svaka drvna industrija nastoji konkurirati kvalitetom i cijenom svojih gotovih proizvoda, među ostalim i sa što manjim utroškom toplinske i električne energije po proizvedenom komadu. Energetski sustav industrije bi trebao biti razvijen do te mjere da se u potpunosti uskladi proizvodnja toplinske i električne energije s energetskim potrebama u industriji. To često nije moguće ostvariti pa se višak toplinske energije iskorištava za

Tablica 3. Energija drvnog ostatka iz drvne industrije na bazi proizvodnje u 1996. godini

Biomasa iz drvne industrije na bazi proizvodnje u 1996. god.	Ukupna količina ostatne biomase m <sup>3</sup> / god.	Toplinski potencijal PJ / god	Korištenje u industriji PJ / god	Iskorištenje %
Pilanski otpad - kora, piljevina, komad	446 550	2.945	2	67.70
Finalni otpad - piljevina, komad	225 760	1.814	1	0.55
Prostorno drvo - škart	181 234	1.195	0	0
Granjevina	152 721	0.669	0	0
Ukupno	1 006 265	6.623	3	45.29

područno grijanje okolnog naselja, dok se višak električne energije može prodavati lokalnom distributeru ili trećem neovisnom objektu.

Cilj svake drvne industrije je da na krajnje koristan i profitabilan način odstrani određene količine drvnih ostataka različitih oblika i energetske kvalitete. Te je količine potrebno što preciznije odrediti kako bi pridonijelo odluci o mogućnosti izgradnje sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije.

Država također igra veliku ulogu u poticaju izgradnji sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije, što iskazuje kroz povoljne zakone za zaštitu okoliša (dodatni «zeleni» porezi na fosilna goriva) te kroz posebne fondove čija se sredstva među ostalim koriste za izgradnju energetskih postrojenja na bilo koji oblik obnovljivih izvora energije. Slobodno tržište električnom energijom također doprinosi sve većom izgradnjom decentraliziranih sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Ovakvi se poticaji općenito odnose na industrijski razvijene zemlje članice OECD (*Organisation of Economic Co-operation and Development*).

Mogućnosti sve većoj implementaciji ovakvih postrojenja u elektroenergetski i toplinski sustav Hrvatske tek su u začetku i ovisit će o brzini prilagođavanja zakona zakonima Europske unije. Izgradnja ovakvih postrojenja također će ovisiti i o odlukama vlasnika pojedinih drvno-prerađivačkih tvrtki u Hrvatskoj u smislu da li je po njihovim kriterijima takav sustav ekonomski isplativiji od dosadašnjeg sustava kojeg trenutno ta tvrtka koristi za energetske potrebe u proizvodnim procesima.

Na kraju se može konstatirati da najveće prepreke izgradnji ovakvih postrojenja nisu tehnološke prirode nego financijska ograničenost tvrtki i državno-administrativni nestimulirajući zakonski aparat.

#### LITERATURA

- [1] V. URAN: "Pregled svjetske potrošnje energije do 2020. godine", EGE (2001) 4, str. 30-32
- [2] www.bioenergy.com

- [3] I. HORVAT: "Drvo", str. 419-443, Tehnička enciklopedija, Svezak 3, Leksikografski zavod M. Krleža, Zagreb, 1969.
- [4] EM Power Info, World Bank, 1995.
- [5] G. WILTSEE: "Biomass-Fueled Cogeneration Systems", U.S. Department Energy, 1993.
- [6] J. DOMAC et. al.: "BIOEN – program korištenja biomase i otpada", Energetski institut «Hrvoje Požar», Zagreb, 1998.
- [7] Projekti malih termoenergetskih objekata u Hrvatskoj, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1996.
- [8] B. STANIŠA, M. ANIĆ: "Mogućnost kombinirane proizvodnje toplinske i električne energije u energanama drvne industrije", Međunarodni znanstveni-stručni skup «Sušenje drva i drvnih proizvoda», Tuheljske toplice, 1990.
- [9] Green Electricity from the Combustion of Clean Waste Wood, CADDET Renewable Energy, IEA/OECD, March 2000.
- [10] M. PALONEN: "New Small-Scale CHP Plant for Biomass Fuels", page 23-25, CADDET Finnish National Team, December 1999.
- [11] J. DOMAC et. al.: "BIOEN – program korištenja biomase i otpada, Nove spoznaje i provedba", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2001.
- [12] Energija u Hrvatskoj – Godišnji energetski pregled, 1995-1999, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2000.

#### WOOD RESIDUE EXPLOITATION FOR HEAT AND POWER PRODUCTION

The scope of this work is to show the ways of wood residue exploitation from wood industry for heat and power production. Thereby, wood residues' characteristics as a fuel are briefly described, as well as types of energy and combustion systems that use wood residues. Based on the examples of certain wood industries in the world the profitability of wood residues' energy systems is shown. By reviewing the experience of wood residue exploitation for heat and electric energy production in the Croatian wood industry, possibilities of a wider implementation of such heat and energy generation systems within the Croatian energy system are determined.

## NUTZUNG DER HOLZABFÄLLE ZUR ERZEUGUNG VON WÄRME UND STROM

Der Zweck dieser Abhandlung ist die Arten der Nutzung der Holzabfälle zur Erzeugung von Wärme und Strom darzustellen. Kurz beschrieben sind dabei Eigenschaften der Holzabfälle als Brennstoff, Arten passender Energieanlagen und Feuerungen für Holzabfälle. An Beispielen einiger Industrien in der Welt wird gezeigt wie einträglich der Bau von mit Holzabfällen gefeuerten Energieanlagen ist. Mittels der Darstellung bisheriger Erfahrungen in der Nutzung der Holzabfälle zur Erzeugung von Wärme und Strom in den Holzindustrien Kroatiens sind Möglichkeiten des erhöhten Einsatzes von mit Holzabfällen geheizten Anlagen in den kroatischen Wärme- und Stromerzeugungssystemen.

Naslov pisca:

**Vedran Uran, dipl. ing.**  
**"CASE" d.o.o.**  
**Šetalište XIII. divizije 28**  
**51000 Rijeka, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2002-04-02.

[1] I. HORVAT: "Dnevni list", 14. listopada 1999.  
 [2] BM Power Lab, World Bank, 1997.  
 [3] G. WILTZEE: "Biomass-Fueled Cogeneration Systems", U.S. Department Energy, 1993.  
 [4] J. DOMAC et al.: "BIOM - program korištenja biomase i otpada", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.  
 [5] Projekt malih termoelektričnih objekata u Hrvatskoj, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1998.  
 [6] B. STANIŠA, M. ANIČ: "Mogućnost kombinirane proizvodnje toplinske i električne energije iz energije drvene industrije", Međunarodni znanstveni skup "Sustavne drve i drveni proizvodi", Tarbijske riječi, 1999.  
 [7] Green Electricity from the Combustion of Clean Waste Wood, CADDET Research Energy, IEA/OECD, March 2001.  
 [8] M. PALONEN: "New Small-Scale CHP Plant for Biomass Fuel", page 25-26, CADDET Project, National Team, December 1999.  
 [9] J. DOMAC et al.: "BIOM - program korištenja biomase i otpada, kroz sporazaj i provedbu", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2001.  
 [10] Izjava u Hrvatskoj - Godišnji energetski pregled, 1997-1999, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2000.

## WOOD RESIDUE EXPLOITATION FOR HEAT AND POWER PRODUCTION

The scope of this work is to show the ways of wood residue exploitation from wood industry for heat and power production. Thereby, wood residue characteristics as a fuel are briefly described, as well as types of energy and combustion systems that use wood residues. Based on the examples of certain wood industries in the world the profitability of wood residue energy systems is shown. By reviewing the experience of wood residue exploitation for heat and electric energy production in the Croatian wood industry possibilities of a wider implementation of such heat and energy generation systems within the Croatian energy system are determined.

područno grijanje okolnog naselja, dok se višak električne energije može proizvoditi lokalnom distribucijom u većem neovisanom objektu.

U svake drvene industrije je da na kraju kampanje i predložena način održani određene količine drvenih ostataka različitih oblika i energetskih kvaliteta. To je ključna potreba što predstavlja određeni dio u cjelokupnom mogućnosti izgradnje sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije.

Druga također ima veliki njegov u poticanju izgradnje sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Što iskazuje kroz povoljne zakone za razliku okolica (dobrota «zelena» porezi na fosilna goriva) te kroz posebne fondove čija se sredstva mogu osigurati koriste za izgradnju energetskih postrojenja na bilo koji oblik obnovljivi izvor energije. Slobodno tržište električnom energijom također doprinosi većem izgradnjom decentraliziranih sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Ovakvi se poticaji općenito odnose na industrijski razvijene zemlje članice OECD (Organisation of Economic Co-operation and Development).

Uspješnost sve veći implementaciji ovakvih postrojenja u elektroenergetski i toplinski sustav Hrvatske tako su u završetku i ovisiti će o brzini razvijanja takozvanog zakonska Europske unije. Izgradnja ovakvih postrojenja također će ovisiti i o odlukama vlastita pojedinih drveno-predstavničkih tvrtki u Hrvatskoj u skladu da li je po njihovim kriterijima takav sustav ekonomski isplativiji od dobavljanje sustava kojeg tražimo na tržištu koristeći za energetske potrebe u proizvodnim procesima.

U kraju se može konstatirati da najveće praktične izgradnje ovakvih postrojenja nisu tehnološke prirode nego financijska ograničenost tvrtki i drvenoprivrednih administrativu nestimulirajući zakonski aparati.

## LITERATURA

[1] V. URAN: "Pregled svjetske potrebe energije do 2020. godine", BOE (2001) i str. 30-32  
 [2] www.bioenergy.com