

Neke mogućnosti industrijske prerade (iskorištenja) kore i drvnih otpadaka — briketiranje

Sažetak

U članku je istaknuta potreba ispitivanja mogućnosti dalje prerade kore i drvnih otpadaka u svrhu dobivanja korisnih proizvoda. Uvodno su analizirani podaci o otpacima iz materijala međunarodne organizacije FAO i Studije o iskorištenju drvnih otpadaka iz šumske i drveno-industrijske proizvodnje u SRH, te neke mogućnosti dalje prerade otpadaka.

U nastavku prikazan je razvoj tehnike briketiranja, osnovne karakteristike drvenih briketa i područje njihove upotrebe. S obzirom da drveni briketi predstavljaju jednu vrstu goriva, izvršena je analiza u odnosu na neka uobičajena goriva u kućanstvu, uzimajući kao osnovu njihovu jediničnu kaloričnu vrijednost.

Zaključno su analizirane osnovne karakteristike i tok tehnološkog procesa te normativi za kapacitet proizvodnje od oko 15.000 t gotovih briketa godišnje.

Ključne riječi: drveni otpaci — briketiranje kore i otpadaka — drveni briketi — kalorična vrijednost.

SOME POSSIBILITIES OF BARK AND WOOD WASTES CONVERSION BRIQUETTING

Summary

This article underlines necessity of examining possibility of further conversion of bark and wood wastes with the purpose to obtain useful products.

Based on information of the International Organization FAO and a Study about utilization of wood wastes from forestry and timber-industrial production in SR Croatia analyses on data of wastes has been made in the introductory part of this article.

Article further deals with development of briquetting technic, basic characteristics of wooden briquettes and sphere of their usage. Since wooden briquettes represent a sort of fuel, analyses has been made in comparison with regular fuels in the houses, taking as a basis its unit thermal value.

Finally, essential characteristics and the course of technological process and the standards for capacity of production of about 15.000 tons ready made briquettes per annum have been analyzed.

Key words: wood wastes — bark and wastes briquetting — wooden briquettes thermal value.

Problem svrsishodnog iskorišćivanja kore i drvnih otpadaka pitanje je koje danas zaokuplja gotovo sve zemlje svijeta. O izvanrednom značenju te problematike u širim razmjerima govori i činjenica da se kompleksnim iskorišćenjem drva intenzivno bave i zemlje članice SEV-a u okviru specijalnog dugoročnog projekta, na čemu surađuje i Jugoslavija. Za nas je od posebnog interesa stanovište evropskih zemalja.

Na simpoziju o modernizaciji pilanarstva 1975. g. [1], koji je održan u organizaciji Komiteta za drvo Evropske ekonomske komisije Ujedinjenih naroda u Ženevi, jedna od glavnih tema velikog broja referata bilo je i pitanje prerade pilanskih otpadaka, odnosno kompleksnog i integralnog iskorišćenja pilanskih trupaca.

Nema sumnje da je pitanje pilanskih i drugih otpadaka koji nastaju u preradi drveta od velikog značenja i za nas. Podsjetimo se samo da se klasična pilanska tehnologija (posebno listača)

mijenja u suvremenu tehnologiju masivnog drva, u kojoj su glavni proizvodi drveni elementi. U takvoj pilanskoj proizvodnji nastaje na pilani i do 70% drvnih otpadaka od volumena trupaca i još oko 10—15% otpadaka kore. U današnjim uvjetima upravo gladi za sirovinama, pa tako i za drvom, u svijetu, a i kod nas, nedopustivo je o tolikoj količini otpadaka ne voditi računa, ne upotrijebiti ih kao »sekundarnu sirovinu« za dobivanje novih proizvoda.

Racionalno iskorišćenje pilanskih otpadaka nije od važnosti samo za pilanu, zbog povećanja rentabilnosti cjelokupne pilanske proizvodnje, već ima veliko značenje i za druge vidove mehaničke i kemijske prerade drva. Na pilanarima je da stvaraju osnovne preduvjete za racionalno iskorišćenje pilanskih otpadaka — koncentraciju otpadaka putem koncentracije pilanskih kapaciteta. S tim u vezi je i pitanje pripremanja otpadaka u formi i na način koji najbolje odgovara za dalju manipulaciju i preradu. Kod nas se još praktički uopće ne vodi računa o tom da i način prerade trupaca, te odgovarajući režimi piljenja mo-

* Mr S. Petrović, dipl. ing., INSTITUT ZA DRVO — ZA GREB

gu vrlo mnogo pridonijeti racionalnijem iskorišćenju otpadaka kao što to pokazuje praksa u drugim zemljama [4].

Za bolje shvaćanje ove problematike u našim uvjetima bilo bi korisno dati kratki prikaz stanja i tendencija u preradi otpadaka u Evropi i kod nas.

1.1. SADAŠNJE STANJE I TENDENCIJE RAZVOJA U PRERADI OTPADAKA U EVROPI

1.1.1. Dalja prerada industrijskih otpadaka

S obzirom na raznolikost kako izvora drvnih otpadaka tako i područja njihove upotrebe, statistički podaci koje obrađuje Komitet za drvo Evropske ekonomske komisije [1] nepotpuni su, osobito u odnosu na slijedeća tri momenta:

- Poteškoće kod određivanja izvora otpadaka na nacionalnoj osnovi;

Tako npr. sječku od šumskih otpadaka (tzv. zelena sječka), čija upotreba je danas neznatna, nije moguće lako odijeliti od pilanskih i drugih otpadaka u momentu skupljanja. S obzirom na njezino potencijalno značenje u budućnosti, bit će potrebno uključiti je u nacionalne statistike o industrijskim drvnim otpacima.

- Prikaz otpadaka samo u obliku kvalitetne bilance

Premda neke zemlje skupljaju detaljne statističke podatke o ukupnoj proizvodnji i potrošnji industrijskih otpadaka i dostavljaju to Komitetu za drvo pri Evropskoj ekonomskoj komisiji, ti podaci se odnose samo na proizvodnju celuloze, iverica i vlaknatica.

- Statistički podaci skupljeni u mnogim evropskim zemljama obuhvaćaju samo otpatke iz pilana, tvornica celuloze, furnira i ploča, bez otpadaka koji nastaju u proizvodnji namještaja.

1.1.2. Opseg proizvodnje i potrošnje

Otpaci nastaju praktično u svakoj fazi proizvodnje i iskorišćenja drva. Prema klasifikaciji Komiteta za drvo, otpaci se svrstavaju u tri grupe:

- otpaci kod eksploatacije šuma,
- otpaci iz pilana i tvornica furnira i furnirskih ploča,
- otpaci iz proizvodnje namještaja i stolarske proizvodnje općenito.

Ocjena potrošnje drvnih otpadaka u Evropi u periodu 1950—1974. god. vidljiva je iz tabele 1.

Iz tablice 1. evidentno je da potrošnju drvnih otpadaka u navedenom razdoblju karakterizira stalni porast. Kao što se iz tablice vidi, relativno najbrži porast potrošnje ostvaren je u grupi zemalja južne Evrope, dok u apsolutnom iznosu najveću potrošnju otpadaka imaju zemlje sjeverne Evrope. Perspektivno gledano, smatra se vjerojatnim da će u Evropi u 2000. godini pretežna količina otpadaka iz primarne industrijske prerade u količini od oko 80—100 mil. m³ naći svoju primjenu.

Već danas se primjećuje tendencija za povećanjem udjela drvnih otpadaka u proizvodnji celuloze i ploča, za proizvodnju toplinske energije i za mnoga druga područja primjene. Prema istom izvoru, predviđa se da će, od ukupne teoretski izračunate količine otpadaka u 2000 god., 80 % i više biti upotrijebljeno u proizvodnji celuloze, iverica i vlaknatica. Ove prognoze Komiteta za drvo baziraju se na činjenici da cijena goriva neće porasti u tolikoj mjeri ili da neke druge okolnosti tehničkog i ekonomskog karaktera neće dovesti do povećane uporabe otpadaka za proizvodnju toplinske energije. U takvim uvjetima postavlja se pitanje uporabe kore i drugih manje vrijednih drvnih otpadaka koje nije konzumirala proizvodnja celuloze i ploča. Za njihovu preradu traže se danas prikladna tehnološka rješenja.

Tablica br. 1.

(mil. m³)

Grupa zemalja	1949—1951.*	1959—1960.*	1965.*	1969.	1971.	1974.	Porast u odnosu na 1969—71. g. %
				Količina	Porast u odnosu na 1965. %	Količina	
Sjeverne evropske zemlje	—	—	10,0	13,0	30,0	19,3	48,0
Evropska ek. zajednica	—	—	5,6	8,2	28,6	12,3	50,8
Centralna Evropa	—	—	1,0	1,8	80,0	2,1	18,2
Južna Evropa	—	—	0,4	0,7	75,0	2,2	190,8
Istočna Evropa	—	—	3,6	4,4	22,0	5,4	22,7
Evropa	5,0	13,0	20,6	28,1	36,4	41,3	47,0

* Podaci dobiveni putem posrednog ispitivanja.

1.1.3. Raspoloživi drvni otpaci na području SRH i mogućnosti njihove dalje prerade

Problem prerade otpadaka je pitanje kojemu se i kod nas u posljednjih nekoliko godina poklanja veća pažnja. U prilog tome govore rezultati provedenih istraživanja 1973—1975. g. [11] od strane INSTITUTA ZA DRVO, Šumarskog fakulteta i Šumarskog instituta poduzetih s ciljem da se utvrdi količina raspoloživih drvnih otpadaka na području SR Hrvatske po vrsti, obliku i karakteru. Prikupljeni podaci grupirani su [10, 11] u dvije osnovne skupine — šumske i industrijske otpatke. Otpaci iz svake od ovih osnovnih grupa razrađeni su po makro-regijama, porijeklu, vrsti drva te obliku i karakteru.

Rekapitulacija svih raspoloživih šumskih i industrijskih otpadaka s prognozom do 1985. g. po obliku i karakteru dana je u tablici 2.

Tablica br. 2. (u 000 m³)

Izvor otpadaka	Količina otpadaka		
	1970.	1975.	1985.
1. Šuma	940	1004	1271
2. Industrija	717	878	1373
Svega SRH	1657	1882	2644

U tablici 2. uključeni su kora te komadni i degradirani otpaci hrasta, bukve, ostalih tvrdih listača, mekih listača i četinjača. Detaljniji podaci o raspoloživim otpacima mogu se naći u navedenoj literaturi. Kada se govori o raspoloživim otpacima i mogućnostima njihove dalje prerade, treba voditi računa o specifičnostima njihove prerade s obzirom na vrstu, oblik, količinu, i lokaciju. Tek analizom svih elemenata mogu se naći određena optimalna rješenja za pojedinog proizvođača.

I kod nas su se otpaci do sada najvećim dijelom upotrebljavali u proizvodnji celuloze i ploča, te za proizvodnju toplinske i elektroenergije. Sudeći po prisutnim tendencijama u evropskim razmjerima i stalnom porastu cijena osnovnih sirovina, treba očekivati da će ovi potrošači i ubuduće biti glavni konzumenti drvnih otpadaka. Međutim, otpaci ove vrste i kvalitete nisu predmet našeg daljeg razmatranja, jer oni ni ne predstavljaju neki poseban problem u pogledu njihove dalje uporabe. Bit problema leži u traženju rješenja za uporabu kore i manje vrijednih drvnih otpadaka, koji se inače ne upotrebljavaju u proizvodnji ploča i celuloze. Takva se vrsta otpadaka djelomično upotrebljava u proizvodnji toplinske energije, ili se vrlo često mora odvoziti na za to određene deponije izvan naseljenih mjesta. To, međutim, iziskuje dodatna financijska sredstva za transport, a može imati i druge neželjene posljedice u smislu Zakona o zaštiti čovjekove okoline.

Da bi se izbjegle navedene teškoće ili čak ostvarila određena dobit, postoji nekoliko mogućnosti dalje prerade ovih otpadaka u korisne proizvode kao što su: drvni i ugljeni briketi, toplinska energija, kompost itd.

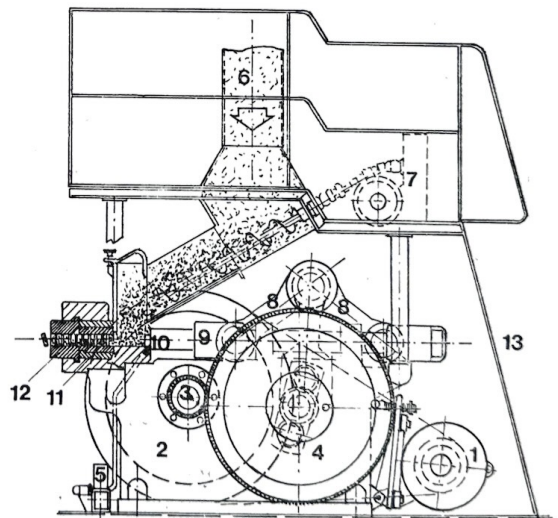
Neki od spomenutih načina prerade otpadaka bit će razmatrani u okviru ove analize. Briketiranje, kao jedna od mogućnosti prerade kore i otpadaka, bit će analizirano u nastavku.

2.0 BRIKETIRANJE

2.1. RAZVOJ PROIZVODNJE UREĐAJA ZA BRIKETIRANJE

Generacijama se već pokušavalo briketirati drvene otpatke sa ili bez veznog sredstva, tako da se može reći da osnovna zamisao i nije nova. Prvi put se ta ideja pojavljuje 1918. god. u Švicarskoj [5], gdje je patentiran uređaj za proizvodnju briketa od vlažnog papira. Tehnika briketiranja razvijala se dalje naročito u periodu 1939—1945, tako da je tokom 1942. u Švicarskoj i Engleskoj prijavljen drugi patent savršenijeg uređaja za prešanje celuloznih otpadaka. Problem briketiranja otpadaka zainteresirao je i druge, pa se usporedo javlja više proizvođača takvih uređaja u Evropi i Americi.

U Evropi se na tom planu najdalje otišlo u Švicarskoj, gdje je zapravo nikla i prva ideja o briketiranju. Nekadašnje akcionarsko društvo »Glomera«, koje je proizvodilo u svijetu po svojoj kvaliteti vrlo priznate uređaje za briketiranje, ne egzistira više u tom obliku. Iste visokotlačne preše, odnosno s vrlo malim razlikama u tehničkim detaljima, proizvode firma »Fred Haussmann« i »SPM — Pawert«, Basel (sl. 1).



Slika 1. GLOMERA-stroj za briketiranje: 1. el.-motor, 2. zamašnjak, 3. pog. zupčanik, 4. zupčanik, 5. usisač, 6. dovod materijala — silos, 7. pužni transporter, 8. koljenasta poluga, 9. vodilica klipa, 10. tlačni klip, 11. tlačni cilindar, 12. regulator tlačenja, 13. ljestve.

Princip rada sastoji se u osnovi u tome da klip tlačí usitnjene otpatke u metalnu konusnu cijev, čiji se konus može podešavati. Pod djelovanjem visokog pritiska dolazi do samovezivanja drvnih čestica u čvrste briquete, promjera 50 do 110 mm i dužine 6, 20 mm ili 30 mm, odnosno prema želji proizvođača. Kod povratnog hoda klipa, cijev se puni otpacima. Preša obično ima jednu ili dvije glave za prešanje, o čemu ovisi i kapacitet preše.

U Zapadnoj Njemačkoj počeo je 1957. godine »Hildebrand« proizvodnju preša za briketiranje na drugom principu, koji se sastojao u tome da preša u tzv. takt postupku proizvodi 150—200 kg briкета na sat, zavisno o sirovini. Ovi briketi imaju promjer 42 mm i dužinu 30—40 mm.

U USA je poznata visokotlačna preša za briketiranje »Pres-to-log«, koju izrađuje »Wood Briquettes, Inc., Levinston Idaho«. U komori za pretprešanje otpaci se uguste pomoću vijka pod pritiskom oko 210 N/mm². Jedna glava zatim tlačí ugušćene otpatke u kalup pod pritiskom 175,0—210,0 N/mm², pri čemu se razvija toplina. Kalupi su cilindrični otvori pravilno raspoređeni na obodu velikog točka. Dno kalupa se hidraulički zatvara čepom. Promjer otvora je 10,2 cm, a dužina 30,5 cm, što predstavlja ujedno i dimenzije gotovog briкета. Briketi proizvedeni na ovom stroju prikladni su za loženje, ali nisu pogodni za mehaničko slaganje.

U Americi se pojavio još jedan stroj za briketiranje izrađen od tvrtke »The California Pellet Mill Co. of San Francisco«. Princip rada sastoji se u tome da rotirajući valjak pod visokim pritiskom utiskuje otpatke u otvore na dnu suda. Na izlasku iz tih otvora rotirajući nož sječe prešani materijal na briquete promjera 29 mm, dužine nekoliko palaca (inča).

Bilo je i drugih pokušaja proizvodnje ovakvih uređaja koji se, kao i neki prije spomenuti, zbog raznorodnih faktora nisu mogli održati dugo u eksploataciji.

Najkvalitetniji i najuporniji proizvođači ovih uređaja prisutni su također i danas na tržištu, (Hausmann, Pawert, Spänex) i ne samo u Evropi, nego praktično u cijelom svijetu.

2.1.1. Osnovne karakteristike drvnih briкета

Naziv »briquet« dolazi od francuske riječi »briquette« i engleske riječi »brick« koje znače mala opeka, odnosno opeka.

Briketi se proizvode iz raznih otpadnih materijala, kao npr. piljevine, strugotine, kore, sijena, slame, bagase, otpadaka pamuka i užadi, rižine ljuske, treseta, lignita, lakih i obojenih metala i dr.

Drveni briketi predstavljaju valjke određenog promjera dobivene prešanjem usitnjenih drvnih otpadaka volumne mase oko 1,3 g/cm³ i kalorične vrijednosti 4000—4500 kcal/kg, ovisno o vrsti upotrijebljene sirovine.

Kad se počelo briketirati otpatke drva, primjenjivala su se iskustva stečena kod briketiranja tvari u razne svrhe, npr. radi odmjeravanja količine (tablete), radi konsolidiranja tvari u prahu i dobivanja jedinica određene veličine (kocke šećera), radi povećavanja gustoće (metalni otpaci za topljenje) [6].

Otpaci drva mogu se u principu briketirati pomoću pritiska, topline i veznih sredstava.

Pritisak razara prirodnu elastičnost drva, smanjuje volumen do na 1/10 u neprešanom stanju i povećava gustoću otpadaka. Otpaci se briketiraju bez veznih sredstava pod visokim pritiskom od najmanje 60,0 N/mm².

Ako se traže vrlo tvrdi briketi, prešaju se pod pritiskom od 210,0 N/mm². Pod visokim pritiskom komprimiraju se čestice drva i dolazi do »samovezivanja« vezivima koja se nalaze u samom drvu.

Toplina omekšava smolu, ako je ima u drvu, i ona doprinosi boljem povezivanju čestica drva. Pod djelovanjem topline drvo postaje plastično, pa se čestice međusobno sljepljuju.

Proizvodnja briкета u osnovi obuhvaća:

usitnjivanje, sušenje i prešanje otpadaka. Mora biti automatizirana da se troši što manje radne snage, kako bi briketi bili jeftiniji, a time i konkurentniji ostalim gorivima. Za kvalitetno briketiranje mogu se navesti tri osnovna uvjeta:

- a) — ujednačena granulacija otpadaka
- b) — niska i ujednačena vlažnost
- c) — vrlo visoki pritisak.

2.1.2. O problemu briketiranja drvnih otpadaka općenito

Stručnjaci su već prije upozoravali da briketiranje u sasvim određenim slučajevima može predstavljati ekonomičniji rješenje problema otpadaka. U međuvremenu je usvojena proizvodnja određenog asortimana preša, tako da i manja postrojenja mogu racionalno proizvoditi drvene briquete.

Isto tako poboljšana im je i kvaliteta, pa se briketi s pravom mogu označiti kao najčistije kruto gorivo. Osim toga, u posljednje vrijeme su cijene goriva i transportni troškovi znatno porasli, tako da se može očekivati da bi postrojenja, koja su prije desetak i više godina radila s gubitkom, mogla danas rentabilno proizvoditi. Također se došlo do zaključka da se briketiranje isplati samo ako se radi kod visokog pritiska i bez upotrebe veznog sredstva.

Kod tako visokog pritiska sadržaj vode u pripremljenom materijalu ne smije biti previsok iz dva razloga. Prvo, voda se ne da komprimirati, a drugo, briketi proizvedeni od takve sirovine skloni su bubrenju, pucanju i raspadanju. Kod strojeva starije izvedbe i slabije konstrukcije sadržaj vlage smije iznositi samo 10—12 %, jer se inače dobiju briketi koji, u odnosu na čvrstoću, te trajanje gorenja, pokazuju slabiji kvalitet.

Ovako niska granica vlažnosti predstavljala je priličan problem sve dok nisu razvijene specijalne sušionice za piljevinu, koje rade s malim investicijskim i pogonskim troškovima i koje su praktično sigurne od vatre ili eksplozije.

S tim u vezi pokušalo se razviti preše za briketiranje, koje će moći proizvoditi briquete kod većeg sadržaja vlage 18—20%. Nakon višegodišnjih ispitivanja u tome se djelomično uspjelo. Naime, pozitivni rezultati dobiveni su u radu sa strugotinama i mljevenim iverjem od ljuštenja. Kod piljevine koja nema vlaknastu strukturu moralo se ostati kod nižeg sadržaja vlage — najviše 15%. To, međutim, ne znači da tvornice s vlažnim otpacima moraju odstupati od proizvodnje briketa. Normalno je danas da se, uz jednu modernu liniju za proizvodnju briketa, osim preše, predviđa i sušionica, koja također ima odlučujuću ulogu.

Kod projektiranja postrojenja za proizvodnju drvenih briketa mora se prije svega objasniti koje tvornice mogu instalirati takvu liniju i koji se uvjeti moraju za to ispuniti da bi se osigurala ekonomičnost rada postrojenja. U tu svrhu nije moguće odrediti neki univerzalni pristup, nego se svaki slučaj mora promatrati, uzimajući u obzir njegove specifične karakteristike, kao npr.:

- vrsta, količina i karakteristike raspoloživog otpatka
- da li postoji još neka mogućnost prerade otpatka
- da li odvoz otpadaka izvan tvornice prouzrokuje troškove i u kojoj visini itd.

Postrojenje malog do srednjeg kapaciteta treba tako projektirati da se može postići potpuno automatski pogon, koji u radu iziskuje samo povremenu kontrolu. Investicija je u ovom slučaju nesumnjivo viša, ali je zato rentabilnost mnogo veća. Kod većih postrojenja za preradu drva, u pravilu nastaju otpaci s većim sadržajem vode (pilanski otpaci), pa je onda ekonomično sušenje prije briketiranja naročito važno. Pritom treba imati u vidu da sušionice u proizvodnji briketa imaju određene specifičnosti, tako da se ne mogu jednostavno poistovjetiti sa sušionicama u proizvodnji iverica. Kao jedno od tih specifičnosti treba spomenuti zahtjev da ove sušionice rade s minimalnim utroškom toplinske i elektroenergije, zbog čega treba, već prema mogućnostima, upotrijebiti izlazne dimne plinove na postojećoj kotlovnici. U protivnom, treba predvidjeti da se za zagrijavanje sušionice upotrijebi jedan dio raspoloživog otpatka.

Važan preduvjet za racionalno sušenje jest što je moguće ravnomjernije usitnjavanje otpadaka (strugotina, kora itd.) u specijalnim mlinovima koji rade i kod visokog sadržaja vlage bez opasnosti od začepljenja.

Uspjeh prodaje drvenih briketa ovisan je o njegovoj čvrstoći. Ovaj faktor se ponekad potcjenjuje, ili se, pak, zbog tehničkih karakteristika preše, ne može ispuniti. O čvrstoći briketa ovisi, naime, trajanje gorenja i kompaktnost.

Potrošač je zadovoljan svojstvima gorenja i čvrstoćom briketa ako su oni proizvedeni na kvalitetnom uređaju koji omogućuje proizvodnju briketa volumne mase približno 1,2 g/cm³. Takvi briketi imaju praktično neograničenu kompaktnost [3], što potvrđuju već 15 godina stari uzorci. Intenzivna emisija topline kod relativno dugog trajanja gorenja iznenađuje svakog stručnjaka za goriva, ako je bio u prilici da takve briquete iskuša.

Utoliko je veće razočarenje ako su isporučeni briketi niže volumne mase, dakle nedovoljne čvrstoće i kompaktnosti. Pored pucanja i mrvljenja briketa (zagađivanje okoline), takvi briketi prebrzo gore, pa zbog toga, u usporedbi s ostalim gorivima, nisu dovoljno racionalni. S obzirom na to, izvanredno je važno da se postrojenje za briketiranje, koje namjerava proizvoditi briquete za prodaju, a ne za vlastitu industrijsku potrošnju, tako projektira i gradi da u svako doba može proizvoditi briquete najveće čvrstoće [3].

Prema tome, ako se na briquete postavljaju veći zahtjevi u pogledu njihove sposobnosti u skladištenja i svojstva gorenja, moraju se predvidjeti preše vrlo jake konstrukcije, koje će moći udovoljiti tim zahtjevima. Naravno, pritom ne treba ispustiti iz vida vrstu i karakteristike sirovine koja se želi briketirati. Tako se npr. kod briketiranja različito ponaša piljevina u odnosu na koru. Pitanje briketiranja i upotrebe kore postalo je aktualno posljednjih godina zbog sve većeg interesa tvornica celuloze, iverica i vlaknata za kvalitetnijim drvnim otpatkom. Neupotrebljivi dio i kora postali su predmetom istraživanja u mnogim zemljama. Istraživanja koja su vršena u Norveškom Institutu za drvo [7] i jedinom pogonu potvrdila su već poznate detalje, ali istovremeno omogućila i sticanje novih spoznaja.

Rezultati komparativnih laboratorijskih ispitivanja s piljevinom i korom pokazali su da za piljevinu vrijede dosadašnje spoznaje. Kod briketa iz kore dobiveni su bolji rezultati u radu s povećanom temperaturom i vlagom.

Briketi proizvedeni kod 23% vlage pokazali su bolje rezultate nego kod niske vlage, pa bi se na bazi toga moglo zaključiti da kora ne treba toliko sušiti kao piljevinu.

U toku pogonskih ispitivanja provjereni su i potvrđeni rezultati dobiveni u toku laboratorijskih ispitivanja, ali su dobivene još neke dodatne informacije:

- briketiranje kore je lakše nego piljevine ili blanjevine
- rad strojeva bio je mnogo mirniji
- utrošak električne struje iznosio je oko 2/3 od utroška kod prerade piljevine
- dobiveni su briketi veće volumne mase.

Komparativno ispitivanje bubrenja u vodi briketa proizvedenih iz raznih sirovina pokazalo je da se briketi iz blanjevine i piljevine raspadaju u toku 1 sata, dok su briketi iz kore i nakon 10 sati pokazali još određenu čvrstoću.

Briketi od borove kore nisu ni nakon 20 sati potapanja u vodi nabubrili i pokazivali su zadovoljavajuću čvrstoću.

Sušenje kore nije predstavljalo nek' tehnički problem, osim kod pražnjenja silosa. S tim u vezi potrebno je također voditi računa o izboru stroja za usitnjavanje.

Prema Millsteinu i Mörkvedu [7], proizvodnja briketa iz kore ne bi trebala predstavljati problem, štoviše, ona se pokazala kao povoljniji materijal za briketiranje od piljevine i blanjevine. Kvaliteta briketa od kore nešto je bolja nego od drva, a praktično iste ogrjevne vrijednosti. Proces izgaranja povoljniji je nego kod briketa od drva, jer gori iz površine, a da pritom ne buja. Briketi od kore daju nešto više pepela nego briketi od drva, ali to ne predstavlja neki veći problem kod upotrebe.

2.1.3. Područje upotrebe drvenih briketa

Na prešama za briketiranje mogu se proizvoditi industrijski briketi, vlaknasti i šipkasti briketi u svrhu loženja, bez većih izmjena na samom stroju.

Industrijski su briketi goriva s vrlo dobrim svojstvima, za primjenu u kućanstvu, za svaku vrstu peći i štednjaka, za industrijske svrhe (uređaj za toplu vodu), pekare i dr.

Za otvorenu vatru, u kaminima ili na otvorenom, Amerikanci upotrebljavaju šipke briketa određenog promjera i dužine. Pale se izvanredno lako i gore svijetlim plamenom satima, praktično bez mirisa i ostatka pepela.

Drveni briketi visoke kalorične vrijednosti imaju slijedeće karakteristike [7]:

- ne prljaju podove, sagove, ruke i odjeću
- ne ostavljaju čađi i ne zagađuju dimnjake
- kod gorenja ne iskaču iskre i nemaju zadržan ugljena
- potpuno sagorijevaju i ostavljaju svega 3% pepela
- lako rukovanje
- nije potrebna posebna potpala
- na 1 m³ skladišnog prostora može se složiti:

1250 kg briketa što odgovara	6,0.10 ⁶ kcal
400 kg bukovih cjepanica što odgovara	1,2.10 ⁶ kcal
180 kg drvenog ugljena što odgovara	1,4.10 ⁶ kcal
900 kg kamenog ugljena što odgovara	5,8.10 ⁶ kcal
750 kg smeđeg ugljena što odgovara	3,7.10 ⁶ kcal
450 kg koksa što odgovara	2,9.10 ⁶ kcal

Briketi namijenjeni za individualnu upotrebu u kućanstvu obično se pakuju u papirnatu vreću. Primjera radi navodimo slijedeće podatke:

U Švicarskoj se briketi dimenzija ϕ 51 mm i dužine 100 mm prodaju u papirnatim vrećama, težine 25 kg. Cijena po jednoj vreći iznosi SFr 4,50 (49,8 Din), a po toni SFr 180 (1991,— Din). U Finskoj se briketi dimenzija ϕ 76 mm i duž. 250 mm također prodaju u papirnatim vrećama, težine 25 kg, po cijeni od 200 SFr po toni (2212,— Din).

U USA se briketi dimenzija ϕ 76 mm \times 250 mm prodaju kao paket od 4 kom. u plastici. Težina po pakovanju iznosi oko 5,5 kg, a cijena SFr 1,10 (12,17 Din). Prodaja se također vrši i za 1 paletu (156 pakovanja), težine 908 kg (uključivo i paleta), uz cijenu od SFr 163,10 (1803,4 Din).

U Jugoslaviji upotreba drvenih briketa praktično ne postoji, pa se u ovom momentu sasvim logično postavlja pitanje njihova plasmana.

Novo gorivo treba promatrati u odnosu na danas uobičajena goriva kod nas (ogrjevno drvo, ugljen, ložno ulje, plin) s nekoliko aspekata.

Tu prije svega mislimo na tržišnu cijenu, ogrjevu vrijednost, te općenite prednosti ili mane pojedinog goriva, u manipulaciji ili upotrebi.

Cijene nekih uobičajenih goriva na domaćem tržištu prikazane su u tablici 3.

Tablica 3.

Redni broj	Vrsta goriva	Kalorična vrijednost kcal/kg	Cijena po mjerne jedinici
1.	bukva I/II kl.	3500	490.— Din/pm
2.	lignit (komadni)	3400	600.— Din/t
3.	mrki ugljen (komadni)	4600	800.— Din/t
4.	ulje za loženje	9850	3,80 Din/kg
5.	Plin za kućanstvo (butan/propan)	10900	5,50 Din/kg

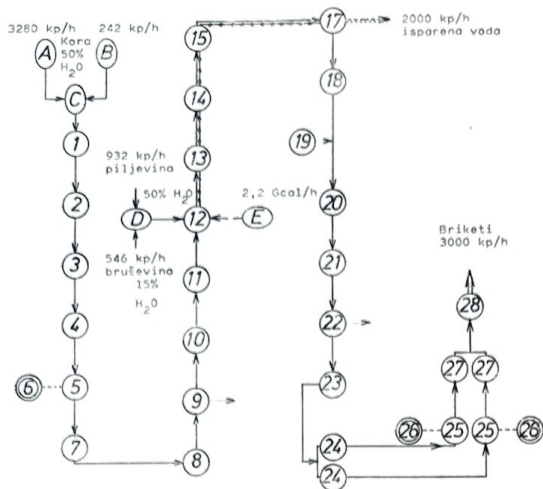
S obzirom na podatke u tablici 3. cijena gotovih briketa morala bi se tako formirati da u odnosu na uobičajena goriva bude interesantna za potrošače. Iako tekuća i plinska goriva zauzimaju važno mjesto u ukupnoj potrošnji goriva, može se očekivati da bi drveni briketi, s obzirom na već poznate karakteristike kao »najčišće kruto gorivo«, mogli ravnopravno konkurirati postojećim gorivima.

2.1.4. Usporedba drvenih briketa i nekih drugih goriva

1. U odnosu na ulje za loženje

Kompariraju li se međusobno drveni briketi i ulje za loženje kao dva konkurentna goriva, dobivaju se slijedeći odnosi:

— cijena 1 t ulja za loženje	3.800 Din/t
— kalorična vrijednost ulja za loženje	9.850 kcal/kg
— kalorična vrijednost briketa na bazi drva i kore	4.300 kcal/kg
— po kaloričnoj vrijednosti jednoj toni ulja za loženje odgovara ekvivalentna količina briketa	2,29 t
— cijena za 2,29 t briketa (1 t = 1000 Din)	2.290 Din
Ušteda na troškovima	1.510 Din/t



Legenda:

————	Materijal	11	Iznošenje
————	Vrući zrak	12	Pneumatski vod
.....	Zrak	13	Ventilator za vrući zrak
A	Stroj za okoravanje	14	Sušara
B		15	Cijevni vodovi
C	Betonirano stovište	16	Izolacija
D	Postojeći silos 240 m ³	17	Čelijski dodjeljivač
E	Proizvođač toplog zraka	18	Ventilator
1	Lančani transporter	19	Venturijeva cijev
2	Vibracioni ljevak	20	Transportna cijev
3	Kosi trokutasti transporter	21	Ciklon
4	Odvajač metala	22	
5	Sjekačica	23	
6	Motor 160 KW	24	Pražnjenje bunkera
7	Ventilator	25	Preše FH 90/200
8	Cijevi	26	Motori
9	Ciklon - odvajač	27	Vodovi za hlađenje
10	Bunker za mokri materijal	28	Stanica za pakovanje

Slika 2. Shema toka tehnološkog procesa proizvodnje drvenih briketa (F. Haussmann).

2. U odnosu na zemni plin za kućanstvo:

- cijena 1 t plina za kućanstvo 5.500 Din/t
- kolarična vrijednost plina 10.900 kcal/kg
- po kaloričnoj vrijednosti 1 toni plina odgovara 2,53 tone drvenih briketa kalorične vrijednosti 4.300 kcal/kg
- cijena za 2,53 tone briketa 2.530 Din

Ušteda na troškovima 2.970 Din

2.2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE TEHNOLOŠKOG PROCESA I NORMATIVI PROIZVODNJE

2.2.1. Analiza tehnološkog procesa

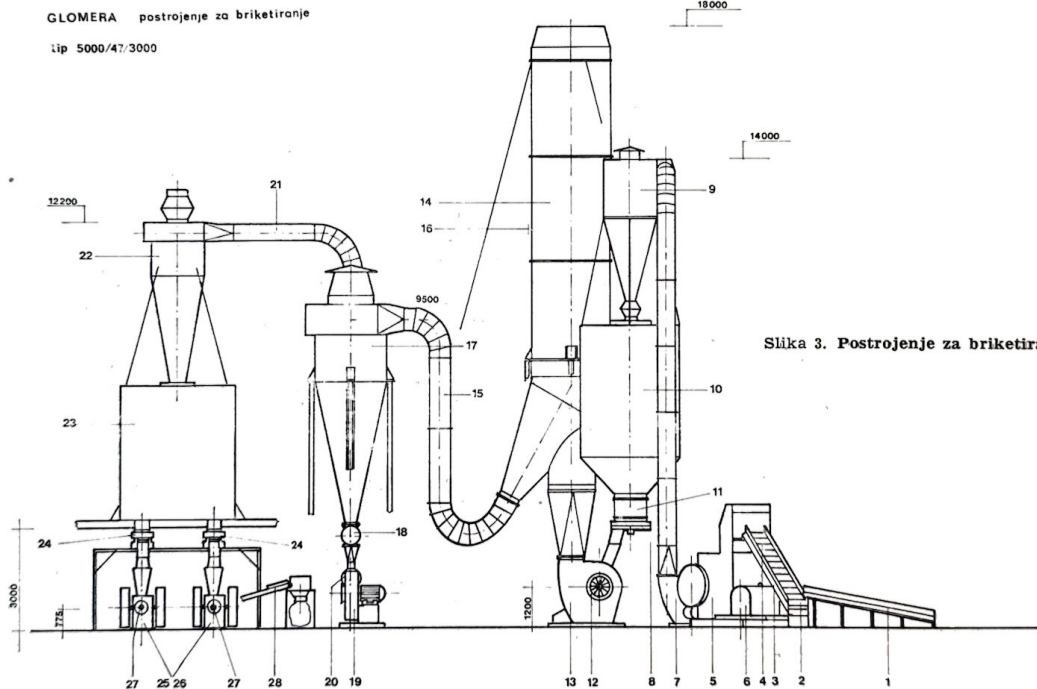
Shema tehnološkog procesa proizvodnje drvenih briketa firme »F. Haussmann« prikazana je na sl. 2. i 3.

Vlažna kora s prosječnom vlagom od 50% doprema se od mjesta okoravanja (A) i (B) do otvorenog prostora za uskladištenje (C). Ovaj prostor je potrebno okružiti niskim betonskim zidom da se spriječi rasipanje materijala.

Kora se ručno ili preko posebnog uređaja dozira lančanim transporterom (1).

Punjenje transportera može se također vršiti i direktno iz transportnih kolica kojima se otpadak doprema od sabirališta (A) i (B).

Preko vibracijskog transportnog ljevka (2) i kosog trakastog transportera (3) materijal dolazi



Slika 3. Postrojenje za briketiranje

u stroj za usitnjivanje (5), odakle se pneumatski (7) transportira dalje. Predviđen je također uređaj za otkrivanje metala (4) na traci (3), koji ima zadatak da nakon otkrivanja metalnog dijela u materijalu zaustavlja čitav uređaj za doziranje. Istovremeno se aktivira i zvučni signal koji upozorava radnika na nastalu smetnju.

Usitnjena kora i otpaci dalje se pneumatski (7) transportiraju u silos, koji je snabdjeven pokazivačem maksimalnog nivoa, da bi se spriječilo eventualno prekomjerno punjenje silosa. Iz nosač (11) s varijacionim pogonom puni usisni vod (12), odnosno sušionicu (14) željenom količinom vlažnog materijala. Sušionica je na ulazu i izlazu snabdjevena instrumentom za mjerenje temperature.

Oscilacije u temperaturi utječu na ulaz svježeg zraka od usisnog voda (12). U ciklonu (17) odvaja se osušeni materijal od toplog zraka, koji se zatim direktno hladi svježim zrakom od ventilatora (19) u transportnim cijevima (20, 21). Dovod vrućeg materijala u struju hladnog zraka postiže se čelijskim dodjeljivačem (18) i venturijevom cijevi (20). Ovim hlađenjem materijala sprečava se da se kora u silosu (23) eventualno zapali. Silos (23) posjeduje dva podesiva uređaja za iznošenje (24), od kojih svaki puni po jednu prešu za briketiranje (25) (slika 3.).

U dvije preše za briketiranje preša se usitnjeni i osušeni materijal u brikete promjera 90 mm, bez dodavanja veznog sredstva (slika 4). Svaka preša ima vlastiti pogonski motor (26).

U oba voda za hlađenje (27) vlastitom potisnom snagom preše briketi se transportiraju i istovremeno (oko 9 minuta) hlade na okolnom zraku, prije nego što se pomoću uređaja za formatiranje prikraćuju u brikete određene dužine.

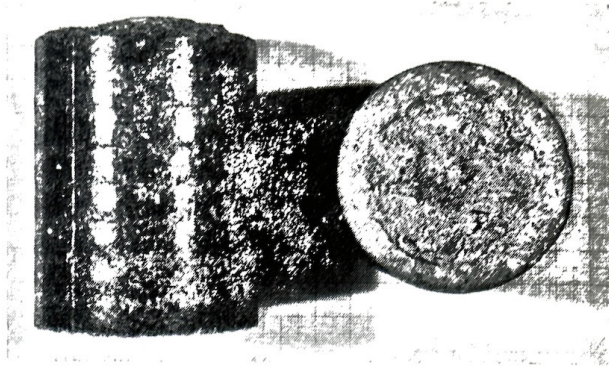
Briketi nakon toga padaju na transportnu traku i vode se zatim kroz lijevak na pakovanje (u papirnate ili plastične vreće, ili pak kartonske kutije).

Za proizvodnju 1 t gotovih briketa potrebno je računati sa slijedećim osnovnim normativima:

- kora i drveni otpaci oko . . . 1,7 t
- elektroenergija 85 KWh
- toplinska energija 0,81 Gcal

Premda cijena osnovnog materijala — kore i otpadaka — predstavlja često puta materijal s negativnom vrijednošću, preporučljivo je kod projektiranja takvih procesa računati s određenom cijenom radi pokrića transportnih troškova. Radna snaga varira ovisno o kapacitetu postrojenja, no u globalu ona se kreće od 1—3 radnika u smjeni.

Visina investicije također varira zavisno o kapacitetu. Na primjer, za proizvodnju oko 15.000 t gotovih briketa godišnje, ukupna investicija iznosila bi oko 14.000.000 dinara, a vrijednost proizvodnje oko 15.000.000 din. No, kako je naprijed već više puta istaknuto, konačni efekt ovisit će o specifičnim uvjetima pojedinog proizvođača, pa precizan odgovor može dati samo analiza u okviru investicijskog programa.



Slika 4. Drveni briketi promjera 60 mm

3.0. ZAKLJUČAK

Provedena analiza imala je svrhu da upozori na opću potrebu da se uporabi kore i otpadaka kod nas posveti veća pažnja nego do sada. Brojna ispitivanja koja se provode u svijetu imaju zajednički cilj — potpuno iskorišćenje kore i drvnih otpadaka u svrhu dobivanja korisnih proizvoda, te zaštita čovjekove okoline. Proizvodnja drvenih briketa je samo jedna od mogućnosti da se dode do željenog cilja. Za realizaciju toga cilja potrebno je ispuniti određene preduvjete. Stoga odluku ne bi trebalo donositi bez konzultacije sa stručnjacima, koji će tek nakon tehnološko-ekonomske analize utvrditi ima li takva investicija u konkretnim uvjetima nekog proizvođača svoje ekonomsko opravdanje.

LITERATURA

- [1] ANONIMUS: Issledovanie tendencij i perspektiv lesopromišlenosti i lesotorgovli v reione EEK v 1950—2000 godah. (Materijali s 33. zasjedanja, 20—24. X 1975. Division du Bois CEE/FAO, Palais des Nations, Geneve.
- [2] ANONIMUS: Zum Problem der Holzabfallbrikettierung 1956, 26. April Nr. 50, Messeheft, 83. Stuttgart.
- [3] ANONIMUS: Die Holzabfallbrikettierung im Grossbetrieb. Holz — Zentralblatt 1956, Nr. 77, 964 Stuttgart.
- [4] BREZŃJAK, M.: Otpadak, ostatak nusproizvod »Drvena industrija« 3—4/1975, str. 63.
- [5] HAUSSMANN, F.: Briquetting wood waste by the Haussmann method. Copyright 1974. by Miller Freeman Publications Inc. San Francisco, California, USA.
- [6] MILLSTEIN, H., MØRKVED, K.: Brikettering av bark og sagflis (Briquetting of Bark and Sawdust) Meddelelse Nr. 14, Norsk Treteknisk Institut, Blindern 1960.
- [7] NJERS, I.: Briketiranje — još jedna mogućnost za rentabilno iskorišćenje drvnih otpadaka. Drvena industrija, 2 (1951), 7, s. 20, Zagreb.
- [8] KRPAŃ, I.: Drveni briketi, Drvena industrija, 13 (1932), 7—8, s. 128—131, Zagreb.
- [9] PETROVIĆ, S.: Studija o komparativnom ispitivanju mogućnosti daljnje prorate kore i drvnih otpadaka u Kombinat »Belišće«. Institut za drvo, Zagreb, 1975.
- [10] STAJDUHAR, F.: Briketiranje piljevine, Šumarski list, 74 (1950), 7—8, Zagreb.
- [11] STAJDUHAR, F.: Neki problemi iskorišćenja drvnih otpadaka u SR Hrvatskoj. DI 3—4 (1976) s. 59—69.
- [12] Skupina autora: Studija korišćenja otpadaka drveta iz šumske i drvo-industrijske proizvodnje u SRH. Institut za drvo, Zagreb, 1975. g.
- [13] Ponuda firme F. Haussmann br. 2519 — Glomera postrojenje za briketiranje tip 5000/47/3000. Basel.
- [14] Ponuda firme SPM — Pawert, Postrojenje za briketiranje, Basel.