



ing. JANEZ JERMAN

BRIKETIRANJE LESNIH IN
DRUGIH ODPADKOV

**INSTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
IN SLOVENIJE LJUBLJANA**

ING. JAKSE JERMAN

**BRIKETIRANJE LESNIH IN DRUGIH
ODPADKOV**

Direktor
Bogdan Logar
Ing. Bogdan Logar

Ljubljana 1963



Po naročilu Štev. 156/63-P od 11.3. in 13.3.1963 podjetja
Vrtnarija "POSTERŠIN" Moribar, Levčeva 10, je bila izdelana
študija oziroma elaborat "BRIKETIRANJE LESNIN in DRUGIH OD-
PADKOV" na Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo ILS v
Ljubljani marca in aprila leta 1963

Avtor:

Ing. JANEZ JERMAN



VSEBINA:

Briketiranje lesnih in drugih odpadkov,
Izračun potrebne surovine za proizvodnjo
briketov in šagovine.

Prednosti briketiranja odpadkov

Ostali postopki briketiranja

Opis in problematika za obstoječe briketarne

Gospodernost briketiranja

BRIKETIRANJE LESNIH IN DRUGIH ODPADKOV

Pri nas in v ovetu se v raznih vejah industrijske predelave posveča velika pozornost in trud dobrosomnemu iskoriščenju odpadkov, ki nastajajo pri predelavi raznih osnovnih surovin. Zlasti v lesni industriji nastaja ogromno odpadkov, ki se več ali manj slabo ali sploh ne iskoriščajo. Med te spada v prvi vrsti žagovina.

Za mnoge lesne odpadke se se po dolгих naporih vendar našli vsaj delno uspešni načini iskoriščenja, medtem ko se za žagovino nikakor ni našla ekonomična pot uporabe in predelave. Njena voluminoznost in slab gorilni efekt nista prenesla transporta, a njena predelava kljub vsem znanstvenim raziskovanjem ni bila ekonomična. Isto se dogaja s hrastovimi in kostanjevimi ostanke po ekstrakciji tanina, s odpadki lignita, s lubjem, s premogovim prahom, s četo, s prahom antracita in oglja, s odpadki sladkorne repe, melase, strobov, sena in slame.

Mnogi znanstveniki in industrijske ustanove ter posidni strokovnjaki vseh vrst se se ubadali s ekonomskim iskoriščenjem vseh vrst odpadkov s metodo stiskanja, vendar do sedaj ni bilo posebnih uspehov. Dosedanje metode stiskanja odpadkov v briquete tako, da bi bili sposobni za daljši transport, so vedno operirale s večjim ali manjšim dodajanjem lepil, katero se pa briquete podrobila, kar se je pokazalo za neekonomično. Glavni namen študije za ekonomično uporabo odpadkov je bil v tem, da se zmanjša njihova voluminoznost na minimum, da bi se tako izplačal transport, na drugi strani pa naj bi ^{se} povečal njihov kalorični učinek. Tudi razni načini stiskanja brez vezilnih sredstev in lepil niso bili uspešni, ker taki briquete niso prenesli daljšega transporta in se se pri tresljejih, prekladanju, premetovanju in na vlogi razpadli. Tudi kompresija pri stiskanju je bilo mogoče in ni mnogo zmanjšala prvotne voluminoznosti žagovine in drugih odpadkov.

Ingleda, da je pred kratkim uspelo rešiti ta problem švicarskim inženirjem in konstruktorjem. Lotili so se dela s načelom, da se mora vršiti proizvodnja briketov brez dodajanja lepila kot vezilnega sredstva, da mora biti proizvodnja enostavna in ekonomična. Vršili so poskuse s visokim pritiskom na

majhne površine t.j., da so s visokim pritiskom izdelali majhne briquete z majhno prostornino.

Prejšnji poskusi so iskajali iz napačne predpostavke, da so s majhnim pritiskom izdelovali velike briquete /v obliki opeke/. Rezultat dolgotrajnega dela švicarskih konstruktorjev je stroj za briquetiranje, ki je dobil še vedno ali manj dokončno obliko, vendar se še vedno izpopolnjuje. Še pred nekaj leti se je začela proizvodnja teh strojev v velikih količinah, ker se mnoge države, med njimi tudi Jugoslavija zelo zanimajo za ta stroj. V naslednjem bomo obdelali problematiko briquetiranja raznih odpadkov v prvi vrsti šagovja in metode postopka s strojem švicarskega porekla, ki je v tej smeri raziskovanja in konstrukcije dosegel največji uspeh in napredek v svetu.

Glavni cilj tega prevzaprav enostavnega problema je bil, izkoristiti nič ali malovredne odpadke v uporabljivo gorivo, zlasti šagovino, lesnih stružkov in premogovega praha, ki se v ogromnih količinah gredajo po tovarnah in šagah ter ovirajo proizvodnjo. Važno je pri tem, da morajo biti odpadki sušno suhi, oziroma morajo imeti določen procent vlage in da so medseboj enakomerno pomešani, da se lahko uspešno komprimirajo brez vezilnih sredstev.

Važno za kompiriranje brez tekočih vezilnih sredstev in lepil je tudi to, da odpade drag in dolgotrajen proces sušenja briquetov po izdelavi zaradi primečnega tekočega lepila.

V prej omenjenem stroju se morajo kompirirati v briquete razni odpadki v obliki srn, prahu ali kosmičev. Odpadki večjih dimenzij se morajo preje zdrobiti v srnate ali kosmičaste stanje. V briquete lahko kompiriramo:

Lesne odpadke: šagovino, ostružke, razne lesne odpadke, odpadke taninskega lesa, lesno moko, lignit, lubje, odpadni papir, razne gozdne odpadke /veje, čebarkle itd./, razne poljske, vrtnarske in druge ostanke.

Premogov in šotnih prah: prah lignita, premoga /črnega in rjavega/, antropita, lesnega oglja in ogljeni odpadki od suhe destilacije itd.

Krmila: hranilno celulozo, odpadke sladkorno repe, melaso, otrobe, narezano seno in slamo, različne vrste moke itd.

Vsi ti materiali morajo biti suhi oziroma posušeni in lahko sačurjujejo v sebi največ 12 do 20 % vlage. Z večjo vsebino vlage bi se po komprimiranju razmoččali in bi razpadli med transportom znopet v prvotne delce. Imeli bi tudi manjšo kalorično vrednost, če bi vsebovali več vlage. To pomeni, da je treba imeti na razpologo značno suh material. V slučaju, da ga nimamo, je treba k stroju zgraditi še sušilnico s vrtečimi bobni, kjer se material suši s vročo značno strujo.

Ti sušilni bobni so zlasti primerni za lesne in premogove odpadke. Pri tem lahko mešamo različne odpadke med seboj, vendar mora biti vedno priloženo vsaj 30 do 60 % žagovine ali premogovega prahu, ker ta dva materiala imata sposobnost, da se pri visokem pritisku zlepita v kuzilno brikete. Ni pa uporaba zgorej naštetih raznih vrst materialov vezano na nobene spremembe stroje in naprav. Ako žagovini priložimo le do 30 % premogovega prahu, dobimo mnogo večji kalorični efekt in večjo trdnost briketov. Poleg tega se more ta stroj uporabljati tudi za glomercije v resne kemične in tehnične namene, n. pr. za stiskanje prahu raznih smol, lesnega oglja, ručnih itd. v švrte in trdne kose.

Tak stroj za prelovednjo briketov švicarske izvedbe, ki ga prikazuje slika 1 zavzema oca 4 m² prostora in je visok skupno s silosom za material 3 do 4 m. Težak je 7 do 8 ton, čene ga vgrajen elektromotor, ki ima 26 KS in 1.420 obratov v minuti. Bat izvaja pritisk 60 ton in pritiska na okrogli briket premera 75 mm s silo 1.200 atn. Masanje je centralno. Pomik bata znaša 184 mm. Stroj je opremljen s dvenj izmenično se gibajočimi boti, katerih vsak naredi 40 do 70 obojesmernih pomikov v eni minuti. Premer batov je velik po želji in potrebi 45 mm, pri katerem izvaja pritisk 1000 atmosfer ali je premer bata 75 mm in izvaja 1400 atn pritiska ali pa 85 mm premera s 1.000 atn pritiska ali v raznih kombinacijah, kar je odvisno od materiala, ki ga stiskamo in od trdnosti, katero mora imeti briket zaradi transporta ali vlage.

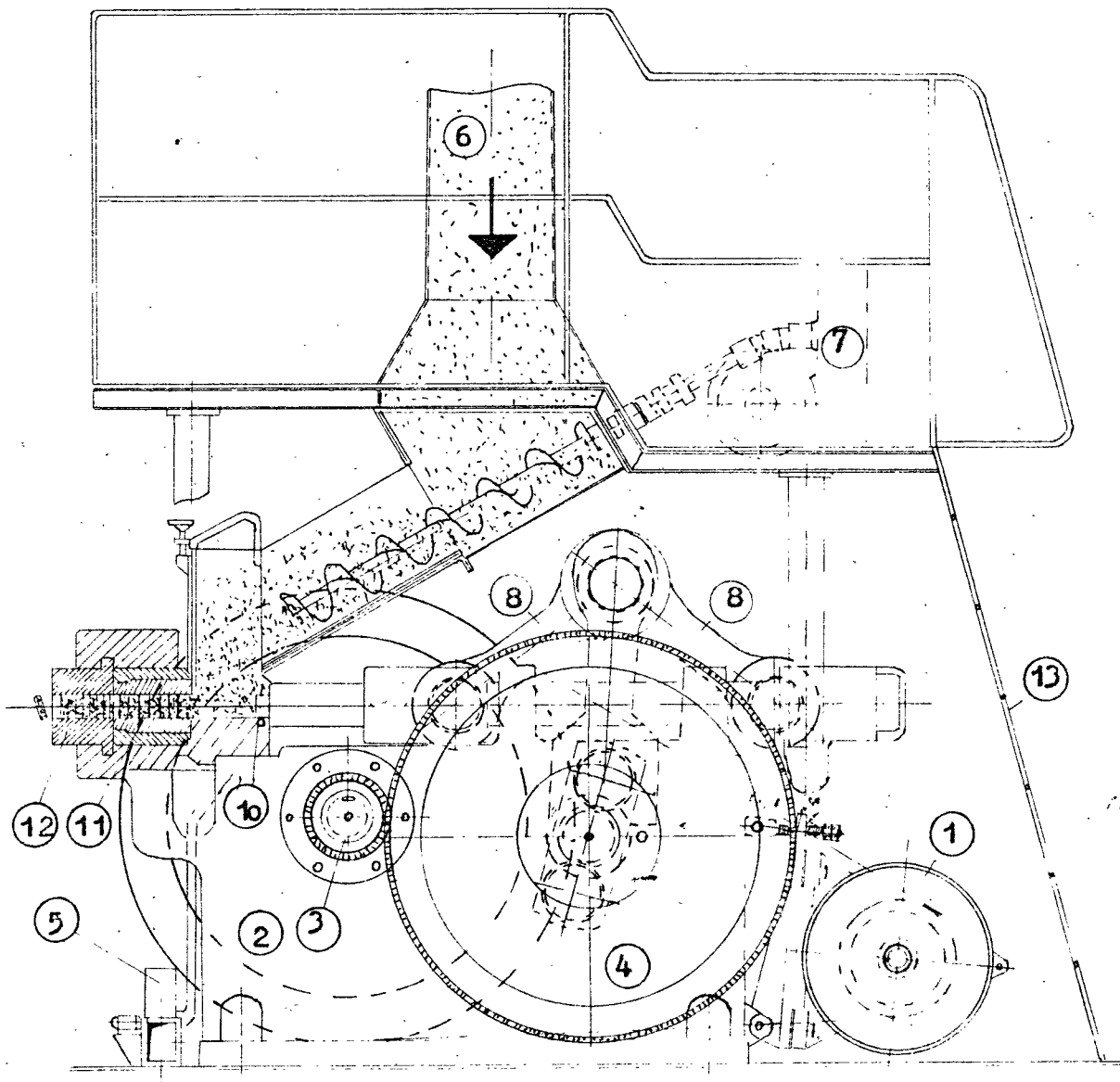
Stroj je sestavljen iz močnega ogrodja. Oba bata se gibata v horizontalni smeri s pomočjo dveh vertikalnih ekscentričnih ročic preko štirih ~~valov~~ Oba bata tlačita material v dva stiskalna cilindra in ga komprimirata v brikete. Ročici sta ekscentrično pritrjeni na velikem kolesu, katerega oboč je prečno nazobljen. To kolo je preko manjšega nazobljenega kolesa povezano s osjo vtrajnika, ki je preko trapezoidnih jermenov povezan s elektromotorjem 26 KS.

Nad strojem je silos, v katerega nasipavamo material ročno ali avtomatično. V silosu imamo lopetasti mešalec, katerega kleno isti stroj s verišnim prenosom gibanja s osi velikega prečno nazobljenega kolesa. Material pada iz silosa v poševno dovodno cev, ki je še pod gornjim podom stroja. V tej cevi je polkasti transporter, ki enakomerno dovaja material v cev za komprimiranje. Polkasti transporter kleno poseben motor s močjo 3 KS. Hitrost tega polkastega transporterja se more menjati in se po želji, potrebi ali naročilu menja in urevna na ta način količino materiala za posamezni briket. Z natančnim doziranje materiala v stiskalnem prostoru dosežemo bolj ali manj komprimirane oziroma hitreje ali počasneje goreče brikete.

V ta namen je prišvrščena na motorju s močjo 3 KS posebna priprava za menjanje hitrosti polke. Oba bata se gibata izmenoma naprej in nazaj. Ko se bat giblje v povratni smeri, pada material iz stiskalnega prostora v stiskalni cilindri, kjer ga bat s pritiskom 1200 atn stisne v briket. Stiskalni bati in cilindri so oblikovani zvezdasto tako, da je oboč cilindra razširjen s pravokotnimi vzdolžnimi režami, po katerih teče bat s odgovarja-jočimi pravokotnimi rebri.

Taka konstrukcija stiskalnih batov in cilindrov je potrebna zato, da se more odstreniti med stiskanjem iz stisnjene materiala srek, poleg tega pa tudi zato, da se različne vrste neenakomerno premešanega materiala ne odmikajo med seboj, ampak se lepijo. Razen tega se razvija zaradi visokega tlaka temperatura do 100°C, katero povečana površina ušljebljenih batov in cilindrov hitreje odvaja in se hitreje ohlajuje.

Na spodnjem delu stroja je montiran še ventilator, katerega goni motor s močjo 1 KS in kateri vskrava skozi posebne



1 Pogonski motor

2 Zamašnjak

3 Prenos

4 Zobato pogonsko kolo

5 Odsesavanje

6 Dovod odpadkov

7 Regulacija doziranja
materiala

8 Kolenasta ročica

10 Bat za kompresijo

11 Cev za komprimiranje

12 Regulacija kompresije

13 Stopnice

Slika 1. Načrt stroja za briketiranje švicarske izvedbe "GLOMERA"

cevi pri komprimiranju nastali prah iz cilindra ozirane stiskalnega prostora. Razen tega pospešuje te ventilator s pnevmatičnim vrtkovanjem zraka polnjenje cilindra s materijalom, kar precej poveča zmogljivost celotnega postrojenja. Na drugi strani pa s odstraevanjem prahu preprečujemo poškodovanje letov /soribevanje/.

Delamo lahko tudi briquete s premerom 65, 75 ali 85 mm premera glede na to, kolikšno njihovo gorljivost potrebujemo. Briqueti s premerom 85 mm hitreje gorijo, med tem ko gore briquete s premerom 65 mm počasneje. Žagovino moremo toliko stisniti, da zmanjšamo njeno prvotno prostornino za 80 % do 90 %. Rane vrste odpadkov moremo stiskati čiste ali pa pomočane s eno ali več vrstami drugih. Takšni briqueti imajo okoli 4.200 kalorij in največ 3% pepela. Gorijo izvrstno in se s uspehom uporabljajo posebno v industrijske svrhe za kurjenje parnih kotlov, za centralno kurjave, za peči in štedilnike v stanovanju itd., kajti njihove kalorična vrednost 4200 kghal je precej višja /n.pr. lignit ima okoli 2.800 kghal/ in je enaka kalorični vrednosti črnega premoga.

Več letne preizkušnje so pokazale, da se ti briqueti prav uspešno uporabljajo na mesto črnega premoga. Edina resnica, ki bi morala biti pri večjih količinah briкетов neugodna, bi bila v tem, da je prostornina briкетов trikrat, a njihova težina dvakrat večja od prostornine in teže črnega premoga /vedno za transport in za polnjenje velikih gorišč/ pri isti kalorični vrednosti.

Stiskalnica dela stalno v treh ismenah in proizveje do 7.200 briкетов v 1 uri, kar anese 800 kg briкетов iz žagovine na uro, 1.400 kg briкетов na uro iz čote in 1.500 kg iz lignita. Proizvodni stroški briketiranja so zelo nizki. Tako eno-kože za 10 ton briкетов pri polavtomatskih napravah/rečna doprema sirovine in odprema briкетов/ stroški proizvednje pri uporabi dveh delovnih moči kot sledi:

Za 10 ton	Trajanje dela stroja	Delovna sila	Porabljena energija	Olje
Briketov iz krogovine	12,5 ur	25 ur	250 Kwh	1,25 kg
Briketov iz šote	7,5 ur	15 ur	150 Kwh	0,75 kg
Briketov iz lignita	7, ur	14 ur	140 Kwh	0,75 kg

Po podatkih za "Glenoro"

Za potrebo celokupnega postrojenja t.j. za dovoz surovine iz skladišča, za polnjenje sušilnice, za upravljanje sušilnice, za polavtomatski dovoz materiala iz sušilnice v stroj itd., ~~da~~ naloženega vagona s briketi je potrebnih povprečno 6 do 8 delovnih moči.

IZRAČUN POTREBNE SUROVINE ZA PROIZVODNJO BIKETOV IZ
ŠAGOVINE

Pri planiranju nakupa in postavitve briketarnice se vprašamo, kolika mora biti zmogljivost predelave lesa lesno - industrijskega obrata, da bomo dobili dovolj šagovine za potrebe proizvodnje postrojenja briketarnice pri dotičnem obratu. N. pr. pri razrezu hlodov na šagah od promera 28 cm, imamo približno naslednje procente izkoriščenosti iz 1 m³ /kubični meter/ okroglega lesa:

izkoriščeno v deske	62 %
šagovine	17 %
krajnikov	9 %
robljencev	9 %
odrezki, trake, prah	7 %

Če bi n. pr. rezali iz hlodov direktno samo deske za rabo, bi dobili celo 24 % šagovine.

Če računamo, da dobimo povprečno 17 % šagovine pri predelavi 1 m³ hlodov iglavcev v deske, ki imajo v svežem stanju 40 % vlage, tedaj nam da ta 1 m³ hlodov 0,17 m³ šagovine v kompaktnem stanju. Ko šagovina spada pri razrezu lesa, to je, ko se pretvori v nekompaktno stanje, je maximo v prv /prostorni metri/. Pri svežem lesu s 40 % vlage vzamemo prostorninski koeficient 5,5, pri osušenem lesu s 15 % vlage pa koeficient 7. Kot vidimo, nam da 1 m³ lesa 0,17 kompaktne šagovine s 15 % vlage. Za proizvodnjo briketov rabimo namreč šagovino osušeno na okoli 15 % vlage.

Teža 1 m³ svežega iglastega lesa s 40 % vlage znaša navadno 600 kg. Torej bi znašala teža 0,17 m³ ali 0,995 ppm šagovine s 40 % vlage 102 kg. Ker pa potrebujemo šagovino osušeno na 15 % vlage, moramo vneti zaradi lažjega računa za izhodišče suho hlodovino /ker se praktično redko dogoja in bo treba šagovino umetno sušiti v sušilnih bobnih/, katere 1 m³ tehta po praktičnih izkušnjah navadno 450 kg, tedaj bi dobili za 0,17 m³ ali 1,19 ppm šagovine s 15 % vlage tešino cca 76 kg.

Proizvodnja briketarnice v 8 urah znaša 6.400kg briketov. Za to proizvodnjo je potrebno 63 ppm šagovine + 5 % račun-

još sa kolo. To bi značilo skupaj 66 prm sveže šagovine s 40 % vlage. Ker pa je vedno treba se proizvodnjo briketov osušiti šagovino na 15 % vlage, bi potrebovali na 6.400 kg briketov 84 prm osiroma s kalom 88 prm osušene šagovine.

Za izdelavo 6.400 kg briketov bi torej počebovali obrat, ki bi predelal na 8 ur 74 m³ hlodevine, da bi mogli dobiti 88 prm šagovine s 15 % vlage. Pri postavljenju prvih briketarne bi morali vsekakor predvideti njih delo v treh imenah, t. j. 19.200 kg dnevno, kar pomeni, da bi moral dotedni obrat osiroma lažno industrijsko podjetje predelati dnevno vsaj 222 m³ hlodevine in vsa ostalega lesa za obdelavo /sabojarne, barakarne, itd./, da bi dobili 264 prm potrebne suhe šagovine na dnevno zmogljivost briketarne v treh imenah. Ker sicerkrat predela le malo naših obratov 222 m³ lesa dnevno, bo treba verjetno dovažati šagovine že iz bližnjih obratov.

Čezajl proročun proizvodnje je vsekakor vzet v najslabšem primeru tako, da so navedene količine hlodevine maksimalne, pri čemer so vse tudi vsi faktorji se proročunavanje šagovine maksimalne. Navedene količine hlodevine potrebne za pridobivanje zadostne količine napadne šagovine bodo v mnogih primerih verjetno manjše iz alodeših razlogov:

1./ Večji del hlodevine iglavcev ne pride v predelavo v čisto svežem stanju s 40 % vlage, ampak se že pri manipulaciji, transportu in vakuiranjem osuši, čimer pa hitro rastejo prostorninski koeficienti 5,5 proti 7 in tudi višje. To koeficient je navadno pri gostih vrstah lesa, ki v sebi sadržujejo manj vode, večji in je tudi šagovina gostejša in s tem seveda težja.

2./ Koeficient 7 osiroma 5,5 je vzet precej visoko in mnogokrat lahko pade nižje na 3 ali izjemno celo na 1,7. Pri tem ostane težina šagovine isto, manjša pa se samo njena prostornina, ki je velikega pomena za prevosno stroške.

Po Pawertu stisne briketarna šagovino na 80 % do 90 % njene prvotne prostornine, s čimer istisne iz presnih prostorov v celicah in iz celičnih vmesnih prostorov arak, tako da predstavlja prostornina briкета le še 10 % do 20 % prvotne prostornine šagovine. Čim močnejše so stisnjeni briketi, tem večji je

njihov kalorični učinek. Pri stiskanju s večjo močjo, torej pri trših briketih pa je njihova proizvodnja počasnejša, tako da je končni ekonomski učinek isti. Imamo pa /raznere materialov, ki zahtevajo največjo kompozicijo, ker sicer ne bi bili dovolj trdni in bi se pri transportu, vlačnjah in premetovanju razpadli. Vendar ta primer ne velja za Hagovino, pri kateri moramo uporabljati vse možne pritiske, ker se briketi iz Hagovine dovolj trdni tudi, ako jih stiskamo s najmanjšimi pritiski.

Na podlagi navedenih podatkov in spredaj objavljene tabele o proizvodnih stroških ter na podlagi izdelanih kalkulacij in praktične proizvodnje briketov iz Hagovine dobimo približno najvišjo proizvodno število za 1 tona briketov, ki znaša v najboljšem primeru oca 1400.7 din ako kupujemo Hagovino franco Sage po din 300 din za 1 prm. Kalorična vrednost briketov je enako kalorični vrednosti črnega premoga, večja pa je za 1,3 do kalorične vrednosti rjavega premoga in več kot 2-krat večja od kalorične vrednosti 2 prm suhih drv. Tako bi prišla cena za 1 tona briketov več kot 9-krat cenejša od 2 prm drv, ki imajo isti kalorični učinek kakor 1 tona briketov.

Ze sem rentabilitetni račun nam pokaže izredno produktivnost briketiranja in zelo hitro amortizacijo nabavnih in instalacijskih stroškov. Iskoriščenost Hagovine v briketarnicah bi rešila prede problem oskrbovanja širokih potrošnikov s kurivom po zelo niskih cenah, na drugi strani bi pa pomnilo odstranjenje velikih težav, skrbi, požarne nevarnosti s kurivom, izpraznilo bi se natrpani prostori in skladišča za kurivo, občutno pa bi se zmanjšali stroški lesne industrijskih obratov zaradi kopičenja Hagovine po vseh mogočih skladiščih in odlagalščih.

PRIPOMOČKI PRI KORIŠČENJU ODPADKOV

Ögromna donosna sredstva, ki se vlagajo že desetletja v študije in raziskovanje se ovrednotenje in učinkovito izkoriščanje neizmernih količin brezvrednih in voluminosnih odpadkov, se do časa ostala brez splošno sprajemljivega uspeha. Posamezne le delne rešitve so ostale osamljene, ker v praktični izvedbi niso dosegle pričakovanega uspeha. Šele briketiranje odpadkov po opisanem sistemu se je hitro razširilo po vsem svetu in se uporablja s velikim uspehom.

V naši državi pa še do nedavnega ni bilo potrebe po izkoriščanju odpadkov v briketih, ker smo na eni strani imeli dovolj premoga in drv za kurjavo, na drugi strani pa je primanjkujevalo goriva za nekatere briketarne. Drv je bilo celo toliko, da se gnilo po gozdovih, ker ni nihče povpraševal po njih. Sednja leta pa smo tudi pri nas dosegli stopnjo razvitih industrijskih držav, ko dosegajo gorivo visoke cene in ga primanjkuje. Tako je postal tudi pri nas položaj, ki se ekonomično izkoriščanje odpadkov za kurilno briketi, ki bodo na eni strani pomnil vrniti v pomenjkanju goriv, na drugi strani pa bodo omogočili uporabo lesa za drva za višje vredne tehnične sortimente /luččenje furnirja, šagen les itd./.

Z briketi lahko kurimo na vseh vrstah pečeh, primerne so za kurjenje vseh vrst industrijskih peči, za vertikalno in generatorsko kurjenje, za centralne kurjave vseh velikosti, za sobne peči, kupolke, za pečak - kurilnice, krušne peči in druge. Briketi odlično gore in se investicije za njihovo stroja prav kmalu amortizirajo. Potrobniki raje uporabljajo briketi, ker so zelo sadovljivi s njimi zaradi njihove visoke kalorične vrednosti, majhne količine uporabe, čistoče v primeru s drugimi kurivi in ker dajejo izredno malo pepela. Sedaj ostane od njihove visoke kalorične vrednosti 4200 kcal le 3 % pepela. Brez posebnega požurjenja se tokoj vnamejo, s regulacijo vlake v peči uravnavaone njihovo hitro ali počasnejše izgorevanje ali celo tlenje, s čemer nadzorimo toplotno v peči zelo dolgo.

Proizvodnje briketov po še preje opisanem postopku je izredno enostavna in uveljavljena s najhujimi proizvodnimi stroški.

S suhimi in razdrobljenimi odpadki napolnimo lijaketi silos stroja, katere potiska bat s pritiskom 80 ton skozi cilindar, iz katerega padajo tri okrogli prešanci neposredno na kamion ali vagon. Avtomatiziran stroj upravlja 1 človek, polavtomatiziranega pa 2. Za sprotno uporabo briketov v gospodinjstvu jih zavijamo po 5, 8, 10, ali 12 v valjaste zavoje, katere more gospodinja kupovati vsak dan sproti obnem, ko kupuje ostalo prehrano na trgu ali v trgovini.

Za proizvodnjo briketov in namestitvev stroja za brikete je primerna vsaka baraka ali šupa ali celo samo streha s površino 16 do 30 m² in višino 4 m. Drobel odpadkov morejo biti različne velikosti in se njihove velikosti med seboj lahko razlikujejo največ 25% do 50%. Ako manj gorljivim odpadkom dodamo 5 premogovega prahu, dosežemo večjo gorljivost in večjo kalorično vrednost briketov. Premogovega prahu dodajamo lahko največ do 30 %, priporočljive pa je dodajati ga 10 % do 20 %.

Najpomembnejši dosežek raziskovalnega dela pri opisanem postopku je v tem, da aktiviziramo lignin, ki je prirodno lepilo sestavnih delov, celulo, vlaken itd. lesa. Če vezilov med lignine med sestavinami lesa smo s razžaganjem in drugačnim razkosovanjem lesa razrušili. Z visokim pritiskom pa smo sposobnosti lepljenja lignina v žagovini in drugih drobnih odpadkih znova oživelili.

Na ta način se odpadki stroški za nabavo lepil in stroški dela s dodajanjem, mešanjem itd. lepil v lesne odpadke pred briketiranjem. Pri prejšnjih časih še gostotalih postopkih briketiranja je bilo posebno dodajati odpadkom lepilo v tekočem stanju, s čimer se je povečala vlačnost odpadkov, njihovo sušenje pa je bilo oteženo in podeljano ter zvezano z večjimi stroški. Razen tega imajo odpadki zaradi povečane vlačnosti tudi manjšo gorilno moč. Tudi stiskanje briketov je počasnejše, in more biti vsak briket v stiskalnici toliko časa, dokler se ne strdi lepilo. Na ta način pa postane smogljivost briketiranja tako majhna, da je skorajno nerentabilna. Pritisk na vsak briket mora trajati toliko časa, da se lepilo strdi, ker sicer briket razpade. Tudi prostornina s lepilom slepljenih

briketov je izredno velika in za transport ter skladiščenje neprimerno.

Pri briketiranju brez lepila in s visokim pritiskom, s katerim aktiviramo lepljivost v lesu se nahaja-jočega lignina, pa proizvedemo 18 ton briketov v 6 urah in smanjimo prvotno ~~prostornino~~ odpadkov od 100 % na 10 % do 20 %. Iz tega je razumljivo, da se je ta postopek bližkovito razširil po celotni svetu in se ga usvojile skoro vse države. Na ta način je končno le uspelo ovrednotiti odpadke brez vrednosti in jih uporabiti za visoko kalorično gorivo.

Ako na kratko oberemo prednosti briketiranja odpadkov s visokim pritiskom brez lepila, ugotovimo sledeče:

Prihranimo na stroških za nabavo lepila in na stroških za manipulacijo s grmečevanjem lepila odpadkom.

Pri povečanem gorilnem učinku nižimo stroške sušenja, ker briketi niso s lepilom navlaženi.

Briketirati moramo vsak gorljiv odpadek in celo živinska krmla lahko stikamo zaradi smanjčnje prostora skladiščenja in transporta /na 80 % do 90 % smanjčona prostornina/.

Povečamo vrednost in gorilno moč odpadkov /kragovine ima 1000 kgkal, briketi iz kragovine pa 4.200 kgkal./

Omogočimo ekonomičnost odpadkov, ki sicer zaradi svoje majhne vrednosti in velike prostornine ne prinesejo stroškov transporta.

Briketiranje je povsem avtomatizirano od dovajanja odpadkov v stroj do nakladanja briketov neposredno iz stroja na vagon ali na kamion.

Z mešanjem raznih vrst manj ali bolj gorljivih odpadkov moramo izdelati variante briketov za hitro ali počasno gorenje, njihove sposobnosti in velikosti pa lahko prilagodimo raznim kurilščem in pečem.

Uporebimo lahko vse vrste, oblike in velikosti odpadkov od kosmičastih, prašnih in gresastih do večjih kosov, katere moramo predhodno razdrebati.

Postopek je finančno in ekonomsko zanimiv, ker dvigne vrednost brezvrednemu materialu.

Možne so neomejene kombinacije mešanje in etikanja raznovrstnih odpadnih materialov.

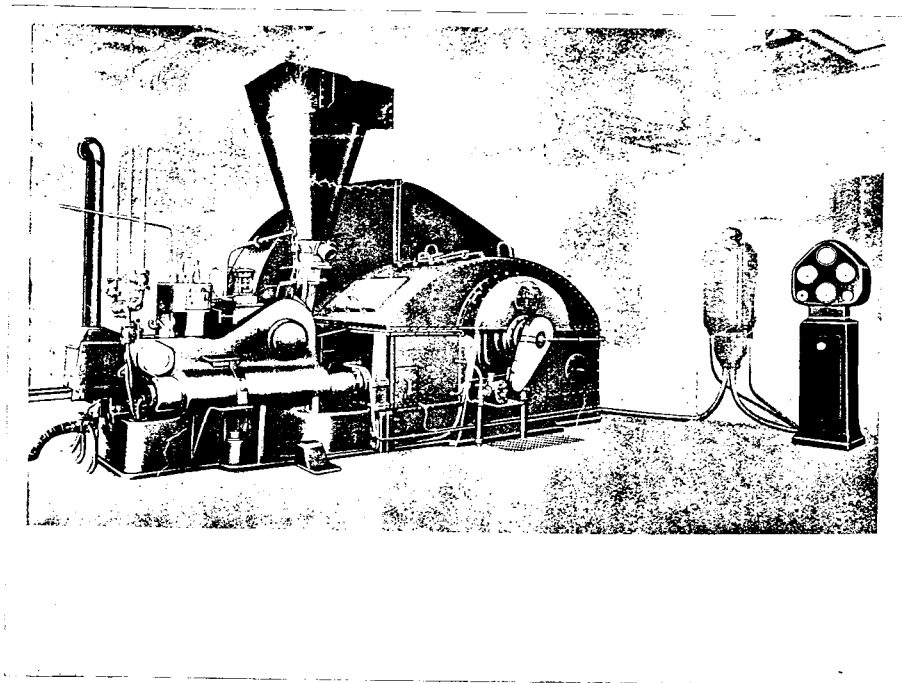
OSTALI POSTOPKI BRIKETIRANJA

Od predvojnih postopkov je bil pri nas poznen Tophanov postopek, kateri je s majhnimi pritiski stiskal Zagovino v brikete. Ti so imeli obliko nepravilnega podolgovatega česterokotnika v velikosti bolj debele opeke. Vendar so bili ti briketi tako rahlo stisnjeni, da so pri prevozu ali pod vplivom vlage raspadali sopet v Zagovino oziroma v osnovne odpadke. Tudi po daljšem času skladiščenja, pri prekladanju ali prenašanju so začeli raspadati v osnovne delce. Zaradi te slabe povezanosti delcev so bili ti briketi uporabne v najbližji okolici briketarnice. Ta postopek briketiranja je bil pri nas in tudi drugod po svetu opuščen kmalu po vojni.

Nekaj let po vojni so se v nekaterih državah razvili resni postopki in naprave za briketiranje predvsem Zagovine. Zanimivo, da se je briketiranje razvilo predvsem v deželah bogatih s lesom in lesnimi odpadki. Tako so Finci razvili napravo WINKO, ki pa se razen v Rusiji ni razširila v ostale države. Sosedji Finske - Švedi - so namreč razvili drugo prvi podobno napravo za briketiranje, katero je izvedla firma HEIDENSTAM in se tako imenuje tudi švedski postopek briketiranja. Tudi ta švedski postopek in naprava se nista razširili v sosednje države razen na Norveško.

Za ameriške prilike so v Združenih državah razvili postopek in napravo PRESS-TO-LOGS, ki sta se močno razširila zlasti v severnih predelih ZDA in v Kanadi. Proizvodnja po tem postopku je zelo rentabilna in se je usmerila predvsem na drobno potrošnje državljanov. V vsaki trgovini ali samopostrežbi prodajajo brikete v manjših, srednjih in večjih zavojih kot vse ostale blage. Potrošniki so se tako navadili na to higijenično, čisto in učinkovito gorivo, da ga sproti kupujejo obenem s ostalimi prehrabnimi in drugimi gospodinjskimi artikli.

V Evropi zlasti v njenem zapadnem delu se vsi naštetih postopki briketiranja niso mogli uveljaviti, kar je bil v prvem delu te študije opisan švicarski postopek GLOMERA mnogo cenejši, ekonomičnejši in rentabilnejši. Tudi investicije in zahteve po objektih za napravo so pri švicarskem stroju nepri-



**Slika 2. Izvedba češkoslovaške briketarnice "ALFA"
s zmogljivostjo 7000 kg briketov na uro.**



Slika 3. Briketi češkoslovaške naprave ALFA.

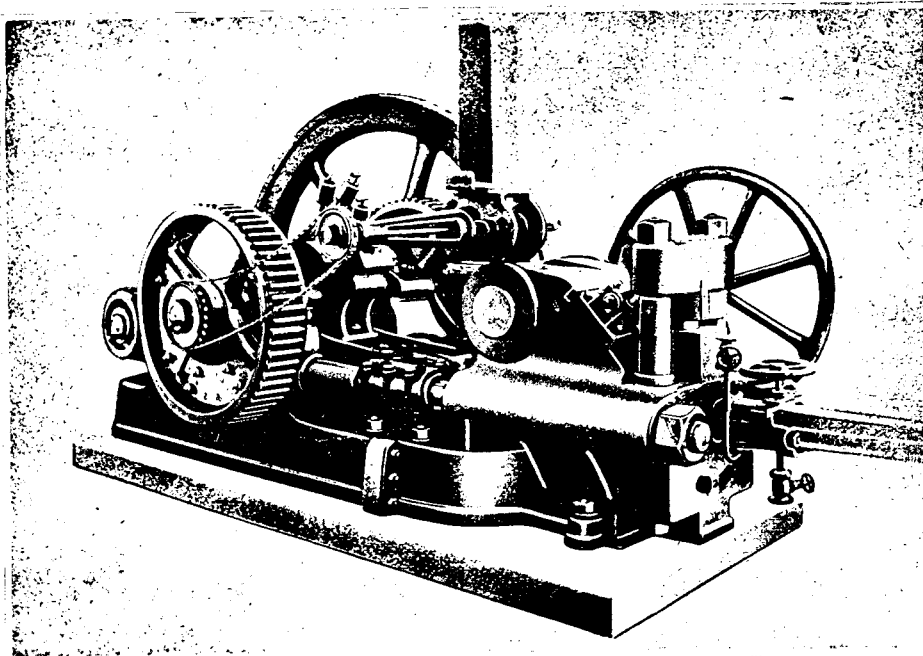
merne manjše v primerjavi s ostalimi. Zato je ta postopek brez konkurence v državah Zahodne Evrope in je zato v njih tudi močno razširjen.

Za države Vzhodne Evrope je razvila postopek in napravo ALFA za briketiranje Češkoslovaške. Tudi ta naprava je sposobna briketirati vse mogoče lesne in druge rastlinske, živalske, hranilne in poljedelske odpadke. Stroj je velik in težak ter zahteva dvonadstropno zgradbo tako, da je v spodnjem delu stroj, v zgornjem pa silos s odpadki kot to prikazuje slika 2. Stroj s enim batom izdelava 2.500 do 3.500 kg briketov v 1 uri, stroj s dvema bati pa 5.000 do 7.000 kg briketov v 1 uri. Briquete ALFA češkoslovaške izvedbe prikazuje slika 3.

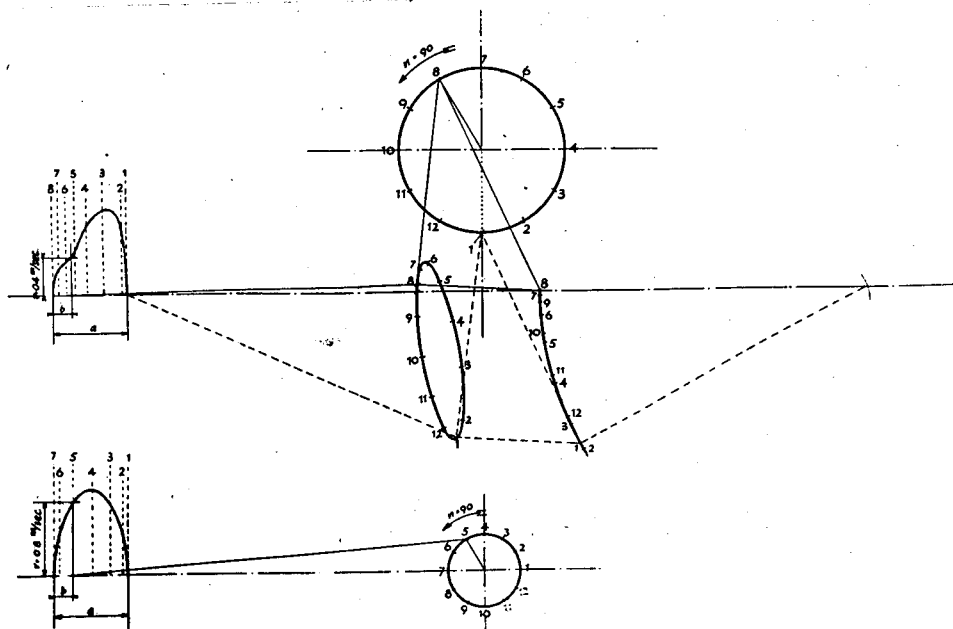
Manjše izvedbe češkoslovaške briketarnice ALFA prikazuje slika 4. Ta briketarnica ima sposobnost 800 do 1000 kg briketov v 1 uri in ne potrebuje nobene posebne stavbe. Najen pogon je samo s elektromotorjem, med tem ko je za stroj preje omenjene večje kapacitete primeren tudi transmisijski pogon. Pri strojih manjše izvedbe so tudi pritiski tlačnih batov manjši in so torej tudi briketi manj odporni na transport in premetavanje.

Na sliki 5 so označeni diagrami hitrosti zamašnjaka v razmerju s hitrostjo in pritiskom tlačnega bata. Na zgornjem diagramu vidimo, kako se zaradi spremembe krožnega gibanja zamašnjaka v premeritno gibanje bata menja hitrost stiskanja. Pri položaju 1 zamašnjaka, hitrost bata hitro poraste in doseže kulminacijo pred točko 3, nato pa začne hitrost bata zaradi odpore materiala vse bolj in bolj padati, dokler pri točki 7 ne doseže mrtvega hoda. Ker pa je material elastičen se pri hodu bata nazaj do točke 8 zamašnjaka širi in sledi batu pri odmiku.

Spodnji diagram na sliki 5 pa kaže krivuljo enakomernega stiskanja materiala v briquete, ki raste od začetne mrtve točke zamašnjaka, doseže kulminacijo v točki 4, to je v sredini polovičnega obrata zamašnjaka, in začne padati nato v drugi polovici proti drugi mrtvi točki zamašnjaka. Čim bolj enakomerno velikosti so odpadki, čim dalj traja stiskanje in čim večja je pritisk bata, ki znaša 1.600 do 2.000 kg/cm², tem trdnjši, boljji in bolj kalorični so briketi.



Slika 4. ALFA stroj za brikete s manjšo zmogljivostjo



Slika 5. Diagrami obročanja samežnjaka in stiskanje briketov.

OPIS IN PROBLEMATIKA EN OBTOJEČE BRIKETARNE

Pred leti smo si ogledali v Unsmarktu na Koroškem blizu Celovca briketarno gosdnega posestnika kneza Schwarzzenberga, ki ima v tem kraju okoli 20.000 ha gozdov in žage na električni pogon. Ker žagovine ne kusi za pogon žage, je nastal resen problem, kam s žagovino, katera se je kopičila v obsežnih gomilah okoli žage. Zato je skupaj lastnik žage izdelave projektov za briketiranje žagovine podjetju Dobocsky v Völkermarktu, ki je izdelalo projekta po vzoru švicarskega postopka GLONERA. Vendar naročnik izdelanega projekta ni ustraval, ker ni verjel v njegov ekonomski uspeh. Zato je izgradnjo briketarnice po tem projektu prevzel konzern industrije celuloze, ki je nameraval s briketi zmanjšati vrzel v pomenjkanju celuloznega lossa.

Briketarnica je bila zgrajena pred nekaj leti in sovsena okoli 180 m² površine. Razdeljena na tri dele in sicer:

1. Skladišče in silos za žagovino
2. Sušilnica za žagovino
3. Prostor za stiskanje in skladiščenje briketov

Ad 1. Skladišče in silos za žagovino

Sveže žagovina je vskladiščena v zidnem prostoru, iz katerega je prenašajo s pomočjo odsesavanja skozi rešetko, /11/, kjer ostanejo večji odpadki, kosi in trake, dalje v silos, kot je to razvidno iz slike 6. Ventilator /12/ ekshavstira žagovino v ciklon /13/, skozi katerega pada v silos /14/. Vskladiščenje velikih količin sveže ali celo mokre žagovine v enem prostoru za daljše razdobje ni priporočljivo, ker se sušna žagovina kuhati in pomalem raspadati. V tem primeru dobi žagovina rjavo barvo in se slepi v kepe. Dobra stran take žagovine pa je, da dobimo iz nje mnogo tranejše slepljene brikete. Ker žagovina redno doteka, skladišče niso potrebna, ker jo odsesavamo iz žage, vosa, kamiona ali vagona neposredno skozi ciklon v silos, ki more vsebovati precejšnjo zalogo žagovine.

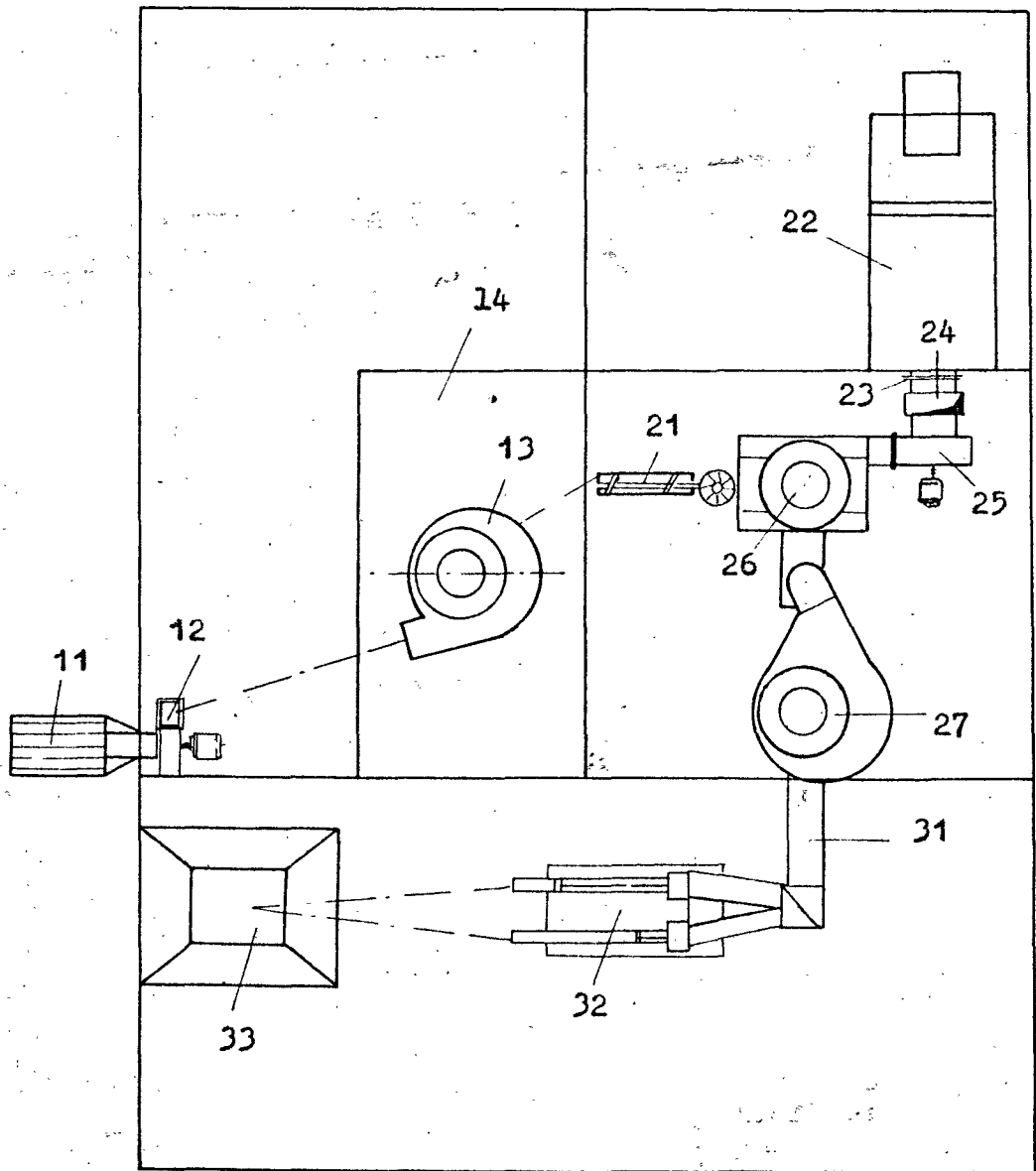
Ad 2. Sušilnica za žagovino

Is silosa odvezema žagovina polkasti transporter /21/ in jo prinaša v sušilno komoro /26/, kjer se meša žagovina s toplim zrakom. V sušilni komori sta ena v drugi dve lo m dolgi cevi. Ena ima manjši, druga pa večji premer. Skozi te cevi struji topel zrak pomešan s izgorilnimi plini in s svežim zrakom, katerega dovajamo skozi posebno loputo in s njo uravnavamo njegovo količino tako, da ima sušilna mešanica zraka odgovarjajočo temperaturo. Ta temperatura je odvisna od vlažnosti žagovine in znaša 100° do 300°C. V tej sušilnici moramo žagovino osušiti do take mere, da ne vsebuje več kot 14 % do 15 % vlage.

Po obeh ceveh v sušilni komori struji vroč zrak v isti smeri. Proizvaja ga generator za proizvodnjo dimnih plinov, kateri ima kurilnice s stopničaste rešetke za žagovino in prostor za sekundarno izgoravanje plinov /22/. Od tod sesa ventilator /25/ vroče pline skozi filter za izločanje isker /23/ v mešalni boben /24/, kjer se pomešajo s dodanim svežim zrakom in skladajo na določeno temperaturo. Is mešalnega bobna poganja ventilator /25/ vroč zrak v sušilno komoro, kjer se meša v ceveh s žagovino. Skozi oboje cev potuje žagovina navzdol. Nosil jo topla zračna struja, katere hitrost in količina sta natančno preračunani. Is dve te širše cevi vleče ventilator tako osušeno žagovino skozi ciklon v silos /27/.

Glavni del osušenja se opravi v ostri cevi sušilne komore. V njej lebdi delci žagovine v struji vročega zraka toliko časa, da se njihove težje zaradi izgube vlage toliko zmanjša, da jih struja vročega zraka odnese dalje na dosuševanje v širše cev. Na vrhu cevi so nameščene vodovodne cevi, ki v primeru požara takoj zalijejo celetno napravo.

Začetna vlažnost vsake pošiljke žagovine izserino pred oddajo v skladišče ali silos, končno vlago žagovine po instopu iz sušilnice pa merimo vsaki 2 uri. V posebni v cevi vgrajeni termometri merimo in stalno kontroliramo temperaturo vročega sušilnega zraka. V eni uri osuši sušilnica takšno količino žagovine, ki zadostuje za proizvodnjo okoli 1.500 kg briketov. Kurilnice in sušilnico upravlja 1 delavec.



Slika 6. Shematični tloris briketarnice v Unzmarktu
11 rešetka, 12 ventilator, 13 ciklon, 14 silos, 21 vibracijski transporter s kolesom za doziranje, 22 generator za proizvajanje izgorilnih plinov, 23 filter za izločanje isker, 24 mešalni poben za pline in zrak z loputo za dodajanje svežega zraka, 25 ventilator, 26 strujni sušilnik, 27 ciklon s silosom, 31 vibracijski transporter, 32 stiskalnica, 33 silos /deponija/ za brikete.

§4 3. Stiskanje briketov

Največji prostor briketarnice predstavlja prostor za stiskanje in skladiščenje briketov. In silos /27/ za suho šagovino v prostoru za sušenje vodi šagovino vibracijski transporter v prostor za stiskanje briketov in k stroju za briketiranje /32/. Stiskalnica siva vibracijskega transporterja sama avtomatično jemlje potrebno količino suhe šagovine.

Stiskalnica stiska šagovino v briquete s dvema boti v dveh cilindrih, ki delujeta izmenoma. V eni uri stisneta oba cilindra okoli 1000 kg briketov, pri čemer proizvede vsak bot okoli 1.200 at pritiska. Pri stiskanju šagovine v briquete se zaradi močnega pritiska in trenja razvije temperatura do 100°C, ki pa se po prenehanju pritiska zmanjša tako, da izstopijo briketi iz stroja že s temperature okoli 60°C. Pri tem segrevanju se zmanjša tudi vsebina vlage briketirane šagovine od 14% do 15% na 10% do 12%. Briketi imajo oblike okrogle ploščice s premerom 80 mm in s debelino 16 do 20 mm.

Takoj ko padejo briketi iz stroja, jih na podstavljeni mizi delno zavijajo delavke, delno pa zavijalna naprava v valje, ki so teški 2,5 kg ali pa napolnijo s njimi papirnate vreče, ki vsebujejo 25 kg briketov. Za razporedo pošiljke s vagoni ali kamioni dražje briketi neposredno iz stroja po klesovih na kamion ali na vagon ali pa na skladiščenje v silos /33/. Silos je na spodnji strani koničen in ima poleg proge ceste in še napravo za pritrjevanje vreč na njegovo konično ustje, da moremo iz njega polniti tudi vreče, sakoje in drugo embalažo.

Poleg obratovalne pisarne je v tem prostoru še majhen laboratorij za kontrolo teže, vlage in kalorične vrednosti briketov. Vsake skupaj je zaposlenih v dveh izmenah 18 ljudi, od tega jih je neposredno v proizvodnji 14, to je v vsaki izmeni 7. Zaposlena je predvsem ženska delavna sila. Če specializirani delci briketarnice s polno zmogljivostjo in doseže do 18.000 kg briketov na dan v dveh izmenah, v zimskem času pa se zmogljivost zmanjša na 10% do 20% in doseže okoli 15.000 kg briketov na dan.

Brikete izdelujejo predvsem iz šagovine sareke in jelke. Ker na šagi razšagujejo v glavnem les iz zimske sečnje, vsebuje šagovina povprečno 40 % vlage, vendar se ta vsebina vlage v šagovini zmanjša v polletnih mesecih tudi na 16 %.

Proizvedeni briketi so čvrsti in imajo ostre robove. Ako vržemo briket v vodo, upije v 1/2 ure toliko vode, da se poveča vsebina vlage v njem na 50 %. Ako pa leži več ur v vodi, začne briket razpadati v osnovne delce, iz katerih je bil nastal. Volumen teže briketov znaša $1,19 \text{ kg/dm}^3$, njihova kalorična moč pa je s atestom nedvoumno ugotovljena in znaša 4.200 kcal/kg . Bolj odporni proti vodi in še večjo gorilno moč imajo briketi iz boreve šagovine. Briketi iz čiste bukove šagovine so nekoliko manj trdni, ako pa bukovi šagovini primešamo nekaj šagovine iglavcev, so briketi trdnjši.

GOSPODARNEGA BRIKETIRANJA

Proizvodnja stroški briketiranja šagovine na obratu v Unsmarktu znašajo, ako avstrijske šilinge preračunamo v dinarje/30.- din = 1 šiling/ okoli 6.000 din so 1 tona briketov. Zavihanje briketov v valjaste zavojne stane 3.500.- din po toni, polnenje vreč po 1.700.- din po toni. Valjaste s papirjem zavite brikete prodajajo po 18.000.- din/tona, v drobni prodaji potrošnikom pa stanejo ti valji po 21.000.- din/tona.

Za proizvodnjo 1 tona briketov porabijo okoli 1,5 tona sveže in vlažne šagovine. Od te količine pokurijo 120 kg šagovine za sušenje ostale količine, 200 kg je v šagovini vode, ki med sušenjem izhlapi in oje, 180 kg šagovine pa se zadržati v prahu, restrese in izgubi na različne načine med prevozom, skladiščenjem, sušenjem itd.

Na tržišču elasti v večjih naseljih je izredno veliko povprečevanje med potrošniki po briketih. Obrat celo v treh imenah ni mogel zadostiti potreb v svojem bližnjem območju.

Investicijski stroški za gradnjo in poplino opremo briketarnice v Unsmarktu so znašali okoli 10 milijonov dinarjev, v čemer je vračunano tudi plačilo licence švicarskemu podjetju za izdelavo stroja za briketiranje. Amortizacija je zračunana

na 5 let, ki se pravkar potakla. Vendar dela obrat še vedno s polno zmogljivostjo brez kakršnih koli motenj.

Žagovino dobivajo briketarnica iz lastne žage po 2.000.- din za 1 tona, iz drugih žag do oddaljenosti 50 km dobavljeno žagovino pa plačuje po 2.600.- din za tona. Iz lastne žage dobi nad polovico potrebne žagovine. Preneseno v naše razmere bi značala polna lastna cena za 1 tona rinfusa briketov okoli 3.500 do 4.000.- din za 1 tona. Vendar je ta cena odvisna od več dejavnikov posebejno briketarnice n.pr. od cene, vrste in vlažnosti žagovine, od oddaljenosti od večjih naselij, od organizacije proizvodnje, od višine investicije/uvosna ali domača oprema/ itd. Domača oprema s vključenim licenčnim odkupom načrtov za stiskalni stroj bi bilo pri nabavi enega ali manjšega števila strojev nedvomno precej dražje, kakor pa nakup stiskalnega stroja v tujini. Vse ostale opreme razen stroja pa bi mogli brez težav izdelati v naših podjetjih. Tudi amortizacijo bi mogli brez pomisleka računati na najmanj 10 let.

Ako primerjamo kurilno /kalorično/ vrednost briketov s nekaterimi drugimi kurivi, dobimo sledečo sliko:

briketi iz žagovine	4.200 Kcal/kg
črni premog kosovo-Trbovlje	4.200 Kcal/kg
bukovo drvo	3.000 Kcal/kg
lignit iz Velenja	2.600 Kcal/kg

Ako primerjamo še cene pridemo do zaključka, da bi bili briketi glede na enoto kalorične vrednosti nad 2-krat cenejši od črnega premoga. — Trbovlje in od bukovih drv in za polovico cenejši od lignita.

Iz dosedanjih navedb sledi, da bi bila proizvodnja briketov iz žagovine in drugih odpadkov tudi pri vse visoki ekonomski utemeljena. Pomanjkanje in visoke cene goriv ter problematika gorljivih odpadkov postajajo s vse večjo industrializacijo tudi pri nas s dnevo v dan bolj pereči in bodo neizogibno pripeljali prej ali slej do briketiranja, ki je v naprednejših deželah že dolgo uvedeno.

Ekonomsko utemeljena in ugodna zmogljivost briketiranja se kaže pri proizvodnji vsaj 1200 kg briketov na uro, pri manjši zmogljivosti pa porastejo proizvodni stroški. Večna je

tudi sadostna količina žagovine ali drugih odpadkov v bližini. Tržišče za brikete v naših mestih in industrijskih centrih bi bilo neomejeno. Posebno ugodna tržišča bi našli briketi v obmorskih krajih pa tudi z izvozom v Trst in Italijo. Tudi investicija v briketiranje je neznatna v primeru z vsami ostalimi možnostmi investiranja v izkoriščanje žagovine, premogovega preha in drugih odpadkov.