

Sl. 3. Uticaj pozicije postavljenih toplovodnih cevi na prirodno strujanje vazduha u zaštićenom prostoru
(A – cevi iznad zemlje, B – kombinovano pozicioniranje, C – cevi u zemlji)

Fig. 3 Impact types of position heating tubes onto natural air flow into greenhouse
(A- tubes on ground, B – combine position, C – tubes in ground)

LITERATURA - REFERENCES

- [1] Babić, Ljiljana, Babić, M: Objedinjavanje relevantnih faktora na energetski bilans zaštićenog prostora zagrevanog niskopotencijalnim radnim fluidom, 5. Jugoslovensko savetovanje Pla – Sta 84, zbornik radova, 1984. s.140-147.
- [2] Babić, M. Babić, Ljiljana: Energetske pretpostavke povećanja proizvodnje u zaštićenom prostoru individualnog sektora. 5. Jugoslovensko savetovanje Pla – Sta 84, proceedings, 148-155.
- [3] Babić, M. i sar.: Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi, Savremena poljoprivredna tehnika, XX-4, 1984. 1994. s. 171-178.
- [4] Babić, M., i sar: Pravci razvoja procesne tehnike i energetike Jugoslavije, TOSS 06 Jugoslovensko društvo za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad, 1996. s.15.

[5] Babić, M. i sar.: Program korišćenja biomase kao goriva u Vojvodini, PTEP-časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad. V-3, 2001. s.57-61.

[6] Fowler, P. A. et al.: Comparison of energy needed to heat and insulated frame buildings used in agriculture, University of Florida, Cooperative Extension service, 1997. CIR 1198, 4.

[7] Latimer, J. G.: Dealing with the High Cost of energy for greenhouse operations, Virginia cooperative extension, publication 430-101, 8. 2001.

[8] Nenić, N. i sar: Energetski potencijal biljnih ostataka u Srbiji. Jugoslovensko društvo termičara, Beograd, 1994. s.55.

[9] British BioGen: Changing Priorities in Energy Markets. British BioGen - Trade Association to the UK Bioenergy Industry, 2001. www.britishbiogen.co.uk

Primljeno: 22.03.2002.

Prihvaćeno: 27.03.2002

Biblid: 1450-5029 (2002) 6; 1-2, p. 14-17
UDK: 662.8052:628.4.042

Pregledni rad
Review

ANALIZA STANJA I PRAVCI RAZVOJA BRIKETIRANJA BIOMASE

ANALYSIS OF STATE AND DIRECTIONS DEVELOPMENT OF BRIQUETTING BIOMASS

Dr Miladin BRKIĆ, dr Todor JANIĆ
Poljoprivredni fakultet, 21000 Novi Sad, Trg D. Obradovića 8

REZIME

U radu je dat pregled dosadašnjih iskustava u radu sa postrojenjima za briketiranje biomase. Ustanovljeno je da brikete mogu da zadrže svoj oblik ako presa ostvaruje visok pritisak od 150 do 200 bara i povišenu temperaturu od 90 do 95°C. Optimalni sadržaj vlage za presovanje usitnjenog materijala je 14 do 18%. Konstatovano je da cena briketa iznosi od 60 do 75 EVRA/t materijala. U radu je naglašeno da su brikete od biomase vrlo pogodno gorivo i stočna hrana za tržište. Energetske brikete su ekološki čistije gorivo od domaćeg uglja.

Ključne reči: biomasa, briketi, biogorivo, stočna hrana, ekologija.

SUMMARY

In this paper are given the review of former experiences in the work with installations for briquetting of biomass. It was found that the biomass briquettes might retain its shape if the press realizes high pressure of 150 to 200 bars and increased temperature of 90 to 95°C. The optimal moisture content for pressing of chopped material is 14 to 18%. It was found that the price of briquettes amounts of 60 to 75 EURO/t material. In this paper, it was pointed that the briquettes of biomass were very convenient biofuel and feed cattle for the market. Energetic briquettes are ecologically cleaner as a fuel than domestic coal.

Key words: biomass, briquettes, biofuel, feed cattle, ecology.

UVOD

Ukupni prinos biomase u Srbiji iznosi oko 13 miliona tona godišnje, a u Vojvodini oko 9 miliona tona (Brkić i Janić, 1996).

Od ove količine biomase 25% može da se koristi za zaoravanje ili kao prostirka za proizvodnju stajnjaka u cilju povećanja plodnosti zemljišta, 25% može da se koristi za proizvodnju stočne hrane, 25% za proizvodnju toplotne energije i uštedu

klasičnih vrsta goriva i 25% za ostale svrhe (za izradu građevinskog materijala, za izradu nameštaja, za industrijsku preradu u alkohol, za izradu sredstava za poliranje i za druge svrhe).

Biomasa, kao sirovina, ima vrlo različit geometrijski oblik, kabasta je, tj. male nasipne gustine, povremeno sa povećanim sadržajem vlage u odnosu na skladišni sadržaj, u kontaktu sa vlagom brzo dolazi do fermentacije i truljenja i dr. Prikupljanje biomase je otežano. Ipak, razvijene su linije mašina za mehanizovano prikupljanje, transport i uskladištenje biomase. Zbog napred navedenih specifičnih osobina biomasa u rinfuzi zauzima veliku zapreminu, pa je otežan transport i uskladištenje biomase. Da bi se smanjila zapremina biomase obavlja se presovanje iste u razne oblike: male prizmatične bale (tzv. konvencionalne bale), velike prizmatične bale ("big" bale), valjkaste ("rol") bale i stogove. Svi ovi oblici pakovanja biomase ne mogu podneti transportne troškove prevoza više od 10 do 15 km u prečniku. Dakle, upotreba biomase ovog oblika rentabilna je na mestu prikupljanja biomase.

Da bi biomasa postala roba za tržište, što je dugogodišnji cilj vojvođanske poljoprivrede, neophodno je da se biomasa upakuje u pogodnije oblike, koji mogu da pokriju transportne troškove na velika rastojanja (100 do 500 km, pa i više). Pogodniji oblici pakovanja biomase su: brikete raznog oblika i dimenzija (valjkasti oblik prečnika 20-100 mm i dužine 50 do 300 mm, prizmatični oblik sa poprečnim presekom dimenzija 20-100 x 20-100 mm i dužinom 50 do 300 mm). Dimenzije ispresovane biomase manje od navedenih su karakteristične za peletiranu biomasu.

Briketirana biomasa oblaže se plastičnom folijom da bi se zaštitila od uticaja vlažne sredine i da bi se s njom moglo lakše rukovati (tj. da bi se zaštitila od raspadanja). Sabijena biomasa zauzima manju zapreminu (manje prostora za uskladištenje), smanjuju se troškovi manipulacije i transporta, veća je otpornost tako upakovane biomase od procesa kvarenja, povećava se efikasnost u procesu sagorevanja biomase, povećava se stepen korišćenja biomase za stočnu hranu i u druge svrhe. Na slici 1 prikazane su brikete od kukuruzovine.



Sl. 1: Izgled briketa od kukuruzovine
Fig. 1: Briquettes view of cornstalks

ANALIZA STANJA

Briketiranje biomase obavlja se na različitim presama: klipne prese na mehanički pogon, klipne prese na hidraulični pogon, pužne prese (zavojne) i valjkaste prese. Najviše su u upotrebi klipne prese. Hidraulične prese se koriste za manje učinke od 50 do 250 kg/h, a mehaničke prese koriste se za veće učinke od 250 do 1500 kg/h (Brkić i Janić, 1997). Prese mogu biti stacionarne i pokretne (mobilne).

Tehnologija briketiranja biomase zasniva se na suvom ili vlažnom postupku, sa ili bez vezivnih sredstava, sa ili bez prethodnog usitnjavanja biomase. Najviše je u upotrebi suvi postupak, bez vezivnih sredstava, sa prethodnim usitnjavanjem biomase. Vlažni postupak zahteva specijalnu izradu alata prese (u obliku cediljke), koji dozvoljava odstranjivanje vode u toku

postupka presovanja biološkog materijala, što značajno poskupljuje postupak. Proces veštačkog sušenja biomase zahteva visok utrošak toplotne energije (goriva), odnosno električne energije, što se ne isplati. Zbog toga je preporučljivo da se biomasa prirodno suši, delom u polju ili u kamarama, što je moguće ostvariti. Primećeno je da se sušenjem biomase okolnim vazduhom, ponekad sa povećanjem relativne vlažnosti (kiša, niža temperatura, oblačno vreme, kondenzacija vlage na biomasi i dr.), povećava mikrobiološka aktivnost na biomasi, odnosno dolazi do postepene fermentacije biomase. Ovi procesi se zaustavljaju snižavanjem relativne vlažnosti u vazduhu i sušenjem biomase (suncano vreme, više temperature, itd.). Proces delimičnog (ili blagog) fermentisanja biomase posle nekoliko meseci skladištenja utiče na razaranje ligninskog kompleksa u organskoj masi, tj. do oslabljivanja inkrustirajućih (krutih) veza između celuloze i hemiceluloze. Sabijanjem ovakve biomase pod visokim pritiskom (od 150 do 200 bara) dolazi do zagrevanja biomase na temperaturu 90 do 95°C, pri čemu dolazi do omekšavanja celuloze i hemiceluloze i stvaranja lepljive želatinozne mase (biološkog lepka), koji nakon hlađenja brikete stvara čvrstu (kompaktnu, nerazdvojivu) vezu između čestica biljnog materijala. Kod prethodno usitnjenih čestica ovaj efekat je jači, mada se sličan efekat pojavljuje i kod neusitnjene mase. Naime, kod prethodno neusitnjene mase neophodno je ostvariti veći pritisak. Ukoliko bi se pronašao odgovarajući lepak, tj. vezivno sredstvo, za vezivanje čestica biljnog materijala, onda bi se mogli značajno smanjiti pritisci u presi. Snižavanjem pritiska u alatu prese, snižava se utrošak energije za pogon prese, što povećava ekonomičnost proizvodnje briketa. Nažalost, još nisu pronađena jeftina i efikasna vezivna sredstva za briketiranje biljnog materijala. Pokušano je sa različitim materijalima (tutkalom, mazutom, melasom, belim lukom, ovlaženim i omekšanim papirom, brašnom, raznim veštačkim polimerima, makromolekulima i drugim lepljivim materijalima), Mitić i sar., (1998, 1999). Dakle, postoje neekonomična lepljiva sredstva, skupa, neefikasna, nerentabilna i neekonomična sredstva. Zbog toga se izbegava briketiranje biomase sa vezivnim sredstvima. Takođe, briketiranje biomase bez vezivnih sredstava je još uvek skupo, zbog visokog utroška energije za pogon briketirke. Cena proizvodnje briketa bez vezivnih sredstava, suvim postupkom, sa prethodnim usitnjavanjem materijala danas iznosi od 60 do 75 EVRA po toni briketa, pa ponekad i više (Zubac, 1998). Ova cena još uvek prevazilazi cenu mrkog uglja, koji je po kaloričnoj vrednosti identičan briketama proizvedenim od biomase. Zbog toga danas se briketiranje biomase sporo širi u praksi. Ipak, očekuje se poskupljenje klasičnih vrsta energenata, pronalazjenja efikasnijih i ekonomičnijih vezivnih sredstava, kao i efikasnijih konstrukcionih rešenja presa, te stoga i većeg korišćenje briketirane biomase u praksi.

Osamdesetih godina prošlog veka u bivšoj Jugoslaviji postojala su dva proizvođača briketirke: "UNIS-Igman" iz Konjica i "Utva" iz Pančeva (Brkić i Janić, 1997). Ove briketirke su ustvari prese na mehanički pogon, velikog učinka do 1500 kg/h briketa. Snaga elektromotora za pogon prese je 30 do 70 kW. Prese proizvodnje "UNIS - Igman" iz Konjica bile su locirane u sledećim mestima: Arandelovac, Bajina Bašta (piljevina), Banatsko Karadordevo (slama), Čačak (piljevina), Debeljača (piljevina), Kikinda, Kovačica (slama), Knjaževac, Kraljevo, Mali Zvornik, Padej, Preševo, Prijedor, Samoš (piljevina), Novo Miloševo (slama), Senta (pozder), Srbobran (piljevina), Stara Moravica (slama), Teslić (piljevina), Zrenjanin (ljuska suncokreta) i Vranje (piljevina). Oblik briketa u ovom slučaju je valjkast. "Utva" iz Pančeva instalirala je samo jednu presu u fabrici ulja Veliko Gradište za briketiranje ljuške suncokreta. Oblik briketa je prizmatičan. Na VU "Karadordevo" kod Bačke Palanke nabavljena je pokretna presa američke proizvodnje, koja je dobijala pogon od motora SUS snage 120 kW. Traktor je vukao presu po njivi. Presa je imala pick-up uređaj za prikupljanje suve lucerke iz otkosa. Podašavanje sadržaja vlage obavljalo

se sa specijalnom vrstom tečnosti (kiselina), kojom se tretirala lucerka. Presa je formirala kobsove prizmatičnog oblika dimenzija: 20x20 mm, dužine 40 mm. Brikete su se raspadale, jer je teško bilo obezbediti povoljan sadržaj vlage u biljnom materijalu (navodno nije korišćena specijalna vrsta kiseline). Mišljenje autora ovog rada je da su se brikete raspadale i zbog neusitnjavanja biljnog materijala. Zbog visokog utroška energije i nezadovoljavajućeg rada briketirka je izbačena iz upotrebe. Takođe, početkom devedesetih godina prese za briketiranje slame su prestale sa radom iz raznoraznih razloga: visok utrošak energije za usitnjavanje slame, utrošak energije za sušenje slame, korišćenje skupih vezivnih sredstava, slaba termička obrada alata prese (intenzivno trošenje alata prese), vrlo kratak sezonski rad prese, neobučena radna snaga i dr. Jedino na PD "Labudnjača" u Vajskog radi još presa istočnonemačke proizvodnje "Forschrit", koja briketira slamu (dimenzije briketa su: prečnik 20 mm i dužina 35 mm). Drugom polovinom devedesetih godina povećao se broj briketirki za briketiranje piljevine (u drvnoj industriji i industriji

nameštaja). Instaliraju se prese domaćih proizvođača, a naročito italijanskih, nemačkih i drugih inostranih proizvođača, manjeg učinka (od 50 do 250 kg/h).

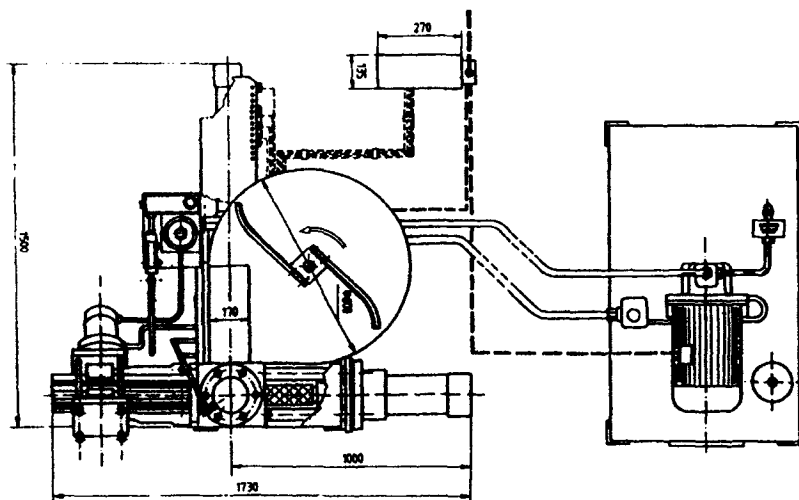
Danas, u Srbiji postoje uglavnom tri proizvođača stacionarnih i pokretnih briketirki: "Dekan" iz Banje Koviljače, "Dacom" iz Apatina i "Perović" iz Lovćenca. "Dekan" i "Perović" proizvode prese na hidraulični pogon, manjeg učinka (50 do 250 kg/h). Prese od ovih proizvođača formiraju brikete valjkastog oblika (prečnik 50 do 70 mm, dužina do 100 mm). Firma "Dacom" vrši montažu presa od inostranih proizvođača, većeg učinka (na mehanički pogon). Navedene prese mogu da presuju i slamu bez vezivnih sredstava, sa više ili manje uspeha, u zavisnosti kako je materijal pripremljen za presovanje.

Instalisana snaga za pogon prese "Dekan" je od 6 do 30 kW. Materijal mora biti usitnjen na 5 do 10 mm, a sadržaj vlage u materijalu ne sme da pređe 18 % (Zubac, 1998).

U tabeli 1 date su tehničke karakteristike briket presa. Na slici 2 prikazan je izgled hidraulične prese.

Tabela 1: Tehničke karakteristike presa za briketiranje biomase
Table 1: Technique characteristic of press for briquetting biomass

Tip Type	Kapacitet (kg/h) Capacity (kg/h)	Prečnik briketa Diameter (mm)	Instalisana snaga Power (kW)	Masa (kg) Mass (kg)
BP-50	40-60	50	6	500
BP-60	80-120	60	8	700
BP-70	200-250	70	10	800
BP-70-M	200	70	15	1100
BP-70-SM	200-250	70	30	2000
SBP-180	350-400	50	22	2800
SBP-200	800-900	70	40	3900
SBP-250	1300-1500	90	65	6000



Sl. 2: Shematski izgled hidraulične briketirke
Fig. 2: Schematic view of hydraulic press

Snaga pokretne prese "Perović" je 11 kW. Pesa dobija pogon od kardana traktora. Učinak prese je 400 kg/h. Pesa proizvodi brikete prečnika 100 mm, dužine 170 mm. Za presovanje slama se ne mora da usitnjava. Presovanje slame obavlja se iz bala prizmatičnog oblika. Pesa ima dva hidraulična cilindra sa klipovima. U prvom cilindru bala se sabija nižim pritiscima (45 - 60 bara) na manje dimenzije, a u drugom cilindru nedovoljno sabijena masa sabija se visokim pritiskom (oko 150 bara) na konačan oblik, tj u valjkaste brikete. Konusni alat prese nije jako zakošen. Iz prese izlazi skoro ohlađena briketa. Ova presa može da presuje i druge vrste biljnog materijala: oklasak, ljusku (komušinu) od klipa kukuruza, stabljiku kukuruza, usitnjeno granje i vinovu lozu, piljevinu i dr. Neophodno je obezbediti povoljan sadržaj vlage u materijalu. U slučaju da je viši sadržaj vlage od dozvoljenog (preko 18%), masi se može da doda negašeni

kreč u količini od 4 do 6% (zavisno od sadržaja vlage). Negašeni kreč upija višak vlage i suši biljni materijal.

Pored navedenih proizvođača presa u poslednje vreme pojavljuju se mnogi inovatori, koji rade na izradi pilot postrojenja briketirki. Očekuje se da će neki od njih uspeti da usavrše postojeće konstrukcije briketirki. Osnovni problem kod ovih amatera-proizvođača briketirki pojavljuje se u izboru neodgovarajućeg materijala (čelika) za izradu alata prese i loša termička obrada materijala. Zbog toga se brzo troše elementi prese.

Poseban problem javlja se kod svih presa u briketiranju sveže ubrane mase prikupljene neposredno sa njive, koja je žilava, tvrda, kruta i hrapava (abrazivna). Ima mnogo inkrustirajućih materija u vezama celuloze i hemiceluloze. Nakon presovanja ovakve biomase dolazi do brzog pucanja i raspadanja briketa.

PRAVCI RAZVOJA

U cilju prevazilaženja napred navedenih problema neophodno je da se u narednom periodu radi na sledećim pravcima razvoja postupka briketiranja biljne mase iz poljoprivrede:

- da se pronađu efikasna i jeftina vezivna sredstva (lepak) od organske materije (na primer: prirodni polimeri, tj. makromolekuli) u cilju snižavanja pritiska sabijanja biomase u alatu prese, tj. u cilju snižavanja utroška vrlo skupe (električne) energije za pogon prese,
- da se radi na kvalitetnijoj konstrukciji alata prese od adekvatnog materijala i odgovarajuće termički obrađenog,
- da se organizuje rad briketirnice tako da radi tokom cele godine, a ne samo sezonski. To je moguće, ako bi se u toku godine obezbedila dovoljna količina biomase, različite vrste, a briketiranje da se počne obavljati nakon 6 meseci od prikupljanja i uskladištenja biomase,
- veštačko sušenje biomase ne sme se dozvoliti ni u kom slučaju, jer se za ovaj proces troši mnogo toplotne i električne energije. Sušenje biljnog materijala treba obaviti korišćenjem promajnih mesta (u šupama, nadstrešnicama, kamarama i drugim mestima), a u krajnjem slučaju može da se upotrebi aktivna ventilacija biomase okolnim vazduhom, kada je sadržaj vlage viši od dozvoljenog (to je slučaj, u proseku, svake četvrte godine),
- neophodno je da država, odnosno vojvođanska vlada, podstiču proizvodnju briketirki, oslobađajući firme poreza i doprinosa, ukoliko se želi konačno rešiti problem korišćenja biomase, kao sekundarnog proizvoda. Takođe, banke bi morale da daju kredite kupcima briketirki pod povoljnim uslovima.
- na osnovu ekonomskih analiza može da se očekuje da bi izgrađeni pogoni za briketiranje biomase mogli brzo da vrate uložena investiciona sredstva. Pored toga, pogoni za briketiranje povećali bi zaposlenost radne snage na selu.

ZAKLJUČCI

Na osnovu analize stanja u oblasti briketiranja biomase iz poljoprivrede ustanovljeno je da je osamdesetih godina bilo podignuto više briketirnica za briketiranje slame. Početkom

osamdesetih godina prošlog veka ove briketirnice su stale sa radom iz više razloga: loše rešenih konstrukcija alata presa, nekvalitetnog izbora materijala (čelika), loše termičke obrade materijala, lošeg (neredovnog) održavanja presa, loše organizacije rada pogona za briketiranje biomase (visok sadržaj vlage u bimasi, neusitnjena biomasa, nedostatak biomase, kratko vreme rada-sezonski karakter rada, neobučena radna snaga, itd.) i zbog neefikasnih i vrlo skupih vezivnih sredstava (lepka) biljne mase (mazut, melasa i dr.).

Da bi se aktivirao rad briketirki u neposrednoj budućnosti neophodno je da se pronađu efikasna i jeftina vezivna sredstva, da se poveća kvalitet izrade alata presa, da se efikasnije organizuje rad pogona za briketiranje biomase i da ovu akciju potpomognu država, tj. vojvođanska vlada i bankarski sistem.

LITERATURA

- [1] Brkić, M, Janić, T: Prikupljanje, skladištenje i briketiranje biomase u poljoprivredi, Zbornik radova: "Značaj i perspektive briketiranja biomase", Ekološki pokret Vojvodine, Vrnjačka Banja, 1996, s. 15-24,
- [2] Brkić, M, Janić, T, Somer, D: Karakteristike briketirane biomase bez vezivnih sredstava, PTEP, Novi Sad, 1(1997)3, s. 3-6,
- [3] Mitić, D, Mihailović, Emina, Nešić, B, Milanović, B: Metodologija istraživanja mogućnosti izrade raznih vrsta biobriketa, PTEP, Novi Sad, 3(1999)1-2, s. 29-31,
- [4] Mitić, D: Fizičke karakteristike biomasa i biobriketa Srbije (potencijalna ekološka goriva), monografija, JDPTEP, Novi Sad i Jugoslovenski Savez društava inženjera i tehničara zaštite, Niš, 1998, s. 119.
- [5] Perunović, P, Brkić, M, Pešenjanski, I, Janić, T: Poljoprivredni otpaci - briketirati ili ne, PTEP, Novi Sad, 2(1998)3, s. 96-98
- [6] Rđovanović, M, Rac, A, Savić, A: Prilog karakterizaciji briketa od ljuske suncokreta, Zbornik radova: "Biomasa", IPP "Mladost", Ekološki pokret Jugoslavije, Beograd, 1995, s. 199-208,
- [7] Zubac, M: Tehnologija briketiranja-peletiranja biomase, PTEP, Novi Sad, 2(1998)1-2, s. 49-51,

Primljeno: 28. 03. 2002.

Prihvaćeno: 1. 04. 2002.

Biblid: 1450-5029 (2002) 6; 1-2, p. 17-19
UDK:621.577:631.563:631.635

Pregledni rad
Scientific review

NOVI PRISTUP I TENDENCIJE PRI KORIŠĆENJU TOPLOTNIH PUMPI U PROCESU SUŠENJA

NEW APPROACH AND TENDENCIES FOR APPLICATIONS HEAT PUMP DURING A DRYING PROCES

Dr Radivoje M. TOPIĆ, Goran R. TOPIĆ, saradnik,
Mašinski fakultet, 27. marta 122, Beograd

REZIME

Sušare s toplotnom pumpom su pogodne za sušenje materijala osetljivih na povišene temperature imajući u vidu lakše regulisanje režima procesa sušenja. Pored toga što se ovim rešenjima obezbeđuje ušteda energije ova rešenja sušara su i ekološka. Jedan od izazova koji se danas postavlja pred istraživanje i razvoj je konstrukcija kompaktnog postrojenja, što podrazumeva novi pristup korišćenju toplotnih pumpi i manje dimenzije sastavnih komponenata. U tom cilju prikazane su vrednosti ravnrotežnih temperatura za pritiske od 2,5 i 4,0 MPa i odgovarajuće kritične temperature za niz rashladnih fluida. Za iste rashladne fluide analiziran je uticaj vrednosti temperatura vazduha, na ulazu u komoru za sušenje, kao agensa sušenja, na vrednosti specifičnog izdvajanja vlage, $-w$, i faktora grejanja, $-e_g$, za konvencionalni i transkritični ciklus.