

**RACIONALIZACIJE POTROŠNJE TOPLOTNE ENERGIJE PRI
ZAGREVANJU ZAŠTIĆENOG PROSTORA**

**THE CONSUMPTION HEAT ENERGY RATIONALIZATION OF
GREENHOUSE HEATING**

Babić, M, Babić, Ljiljana, Karadžić, B. Pavkov, I.*

REZIME

Ispitivanje postojećeg modela zagrevanja zaštićenog prostora na bazi sojine slame kao goriva, obavljeno je sa ciljem da se predlože eventualna poboljšanja tog sistema. Obavljena su kontinualna merenja temperaturnog polja vazduha u plasteniku tokom određenog perioda u dva navrata. Pored toga, obavljeno je ispitivanje energetske efikasnosti postojećeg kotla, u kome je sagorevana sojina slama. Rezultati ispitivanja doprineli su izradi predloga za poboljšanje kompleksnog modela zagrevanja na bazi biomase kao energenta.

Ključne reči: zaštićeni prostor, biomasa, zagrevanje,

SUMMARY

The measurement of available heating model of greenhouse on base soybean straw with fuel, was making main to advise eventually amendment of system. It was worked continual temperature field of air measurement inside greenhouse during particular time period, two times. Moreover, was worked to measure energy efficiency of existing hot water boiler, which use soybean straw for combustion. Results of research were contributed to make suggestion for amendment to complexly greenhouse heating model on base biomass with energy source.

Key words: greenhouse, biomass, heating

UVOD

Jedan od najvažnijih problema održanja proizvodnje u zaštićenom prostoru u Srbiji

* Dr Mirko Babić, vanr. prof, dr Ljiljana Babić, red. prof, mr Branislav Karadžić, asistent, Ivan Pavkov, dipl.ing, Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad

je sniženje troškova energije za zagrevanje zaštićenog prostora (Babić, M. i sar, 1996. Prethodnim razmatranjima i pregledom domaće i strane literature utvrđeno je da se pri proizvodnji u zaštićenom prostoru (Babić, M. i sar, 2002, Babić, M. i sar, 2003) severnih delova Srbije mora voditi o mnogim faktorima od kojih su veoma značajni sledeći:

1. Izbor vrste energenta za zagrevanje,
2. Vrsta grejnog sistema i
3. Terminski plan proizvodnje.

Proizvodnja u klimatskim uslovima u Srbiji, kao i svugde, treba da bude optimizovana kriterijumom najvećeg profita. U skladu sa tim, potrebno je razvijati sisteme zagrevanja koji obezbeđuju minimalne troškove proizvodnje (Flower, 1997, Latimer, 2001). Pored toga, vodeći računa o navikama domaćih potrošača, koji su za sada dominantni kupci robe proizvedene u zaštićenom prostoru, treba planirati vrstu i rokove proizvodnje, koja na bazi poznatih troškova daje najveće efekte.

Izbor vrste energenta je osnovni motiv i cilj ovog istraživanja. Jedna od glavnih hipoteza istraživanja je da je biomasa iz ratarstva najekonomičnije gorivo u opštim proizvodnim uslovima ravničarskih delova Srbije, a naročito Vojvodine (Babić, M. i Babić Ljiljana, 1984, Nenić, N. i sar, 1996, Babić, M. i sar, 1996). Naravno, ne zanemaruje se mogućnost i ekonomičnost proizvodnje na bazi geotermalnih izvora i "otpadnih toplota" termoelektrana i toplana (Babić, Ljiljana i Babić, M, 1984).

MATERIJAL I METOD

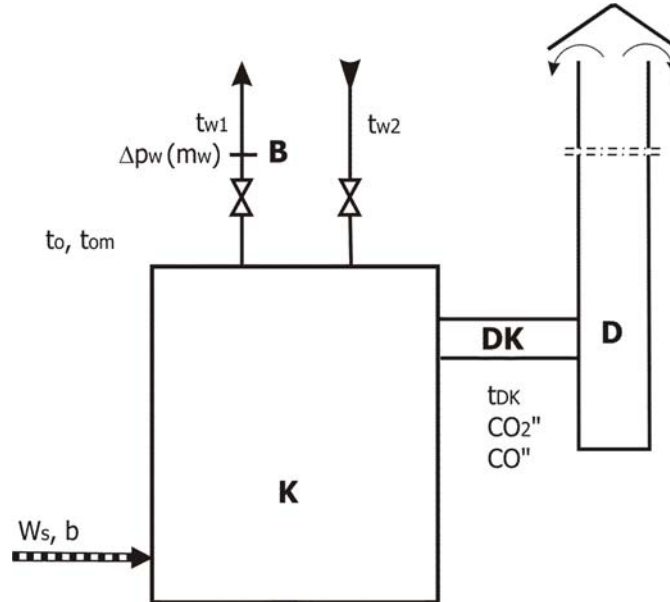
Model koji se analizira u ovom radu je proizvodnja u zaštićenom prostoru privatnog proizvođača Lazara Đukića iz Gospođinaca. Ovaj poznati proizvođač povrća poseduje plastenike raznih tipova ukupne površine blizu 2 ha. Pored toga, poseduje značajnu proizvodnju povrća na otvorenom prostoru (oko 80 ha). Stalni veliki dispariteti cena energenata, koji prate domaće tržište "naterali" su ovog proizvođača da instalira razne termoenergetske sisteme, koji su zasnovani na tečnom gorivu, uglju, prirodnom gasu, drvetu i na baliranoj slami soje. Tokom zime 2002/2003. u plastenicima je realizovana proizvodnja zelene salate. U ranoj prolećnoj proizvodnji zasnovana je proizvodnja paradajza, paprike, krastavaca i sličnih kultura. Ispitivanjima, koja su realizovana u zimu i rano proleće, bio je cilj da se ispita efikasnost rada kotlova na biomasu i ravnomernost temperturnog polja u plasteniku na bazi postojećeg grejnog sistema.

Kotlovnica na biomasu

Najveći blok plastenik, ukupne površine 5000 m², bio je energetski zasnovan na sojinoj slami uz manju potrošnju drveta. Pre sezone bio je instaliran jedan kotao na slamu deklarisanog toplotnog učinka 350 kW, a krajem zime, pre početka proizvodnje "toploljubivih kultura" instaliran je još jedan takav kotao.

Merna mesta za ispitivanje kotla na biomasu prikazana su na slici (sl. 1). Kotao je toplovodni i radi u sistemu otvorene ekspanzione posude. Domaće je proizvodnje. Ložišni prostor kotla je obložen vodenim prostorom. Toplotno-razmenjivački deo kotla je izrađen od ravnih čeličnih limova, gde su naizmenično poredani prostori za produkte sagorevanja i vodu. Produkti sagorevanja imaju dva prolaza kroz toplotni razmenjivač kotla pre nego

što ga napuste. Radi pomoću prirodne promaje zahvaljujući dimnjaku visine 8 m. Merenje rada kotla, u znatnoj mjeri, usklađeno je sa JUS M.E.2.203 i DIN 4702. Obavljeno je merenje kotla, koji je poslednji instaliran.

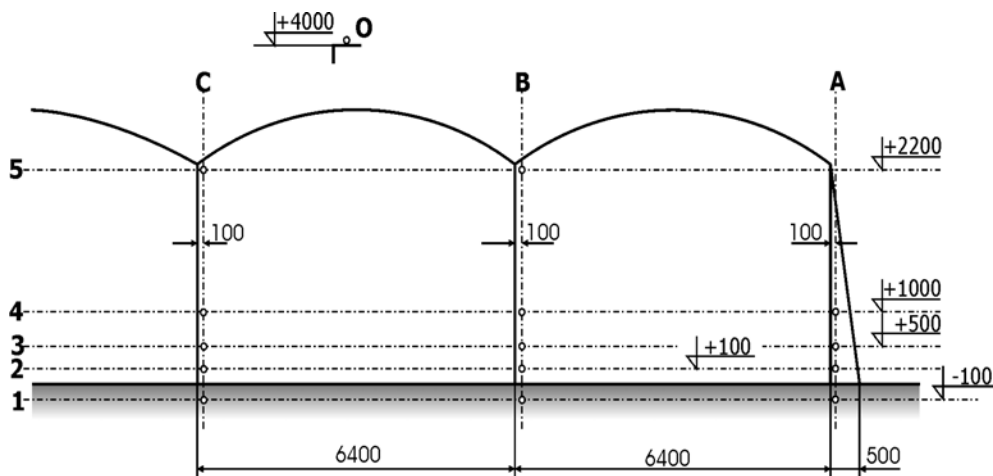


Sl. 1. Sistem merenja parametara rada kotla na biomasu (K - kotlo, DK - dimni kanal, D - dimnjak, B - merna prigušnica)

Fig. 1. The measurement system of biomass boiler operate parameters (K, - boiler, DK - smoke channel, D - chimney, B - orifice)

Grejni sistem

Grejni sistem se ispituje tako što se utvrđuje stanje mikroklimе u plasteniku. Utvrđivanje stanja mikroklimе u plasteniku zasnovano je na potrebi da se dozna temperaturno polje vazduha i vlažnost vazduha u karakterističnim tačkama. Merni sistem predstavljen je na slici (sl. 2). Pri planiranju merenja pošlo se od toga da treba utvrditi neravnomernost temperaturnog polja vazduha i zemljišta u zoni rasta biljaka i u zoni uz spoljne granice plastenika. Zbog toga je postavljena mreža definisana korodinatama A, B i C (vertikalni pravac) i 1, 2, 3, 4 i 5 (horizontalni pravac). Osim toga, iznad plastenika postavljena je merna tačka O radi merenja stanja okolnog vazduha i intenziteta zračenja Sunca. U tabeli 1. predstavljene su vrste merenja koje se izvode saglasno sa šemom merenja (sl. 2). Iz tabele proističu i indeksi oznake. Na primer, temperatura u preseku pravi 2 i B nosi oznaku t_{2B} .



Sl. 2. Šema merenja u plasteniku
 Fig. 2. The measurement scheme in greenhouse

Tab. 1. Merne veličine (u skladu sa sl. 2)

Tab. 1. Measure value (consistent fig. 2)

Merene koordinate Measure co-ordinate	1 (zemlja - soil)	2	3	4	5
A	T	T	T	T	T
B	T	T	T	T	T
C	T	T, MD	T	T	T, MD
O	T, MD, R				

Legenda: T - temperatura vazduha/zemlje, MD - vlažnost vazduha, R - direktno zračenje Sunca

Legend: T - temperature of air/soil, MD - moisture of air, R - direct solar radiation

REZULTATI I DISKUSIJA

Kotlovnica na biomasu

Merenja su obavljena dana 22.3.2003. Rezultati merenja i glavni parametri rada kotla predstavljani su u tabeli (tab. 2).

Iz rezultata ispitivanja može se zaključiti da kotao sadrži izvesne nedostatke. To je, pre svega, nizak termički koeficijent korisnog dejstva. Evidentna je neusaglašenost dotoka vazduha sa intenzitetom sagorevanja. Sa druge strane, razmenjivačka površina kotla je nedovoljna za deklarirani učinak, što ima za posledicu veoma visoke temperature produkata sagorevanja u dimnom kanalu. Pored ovih, uočeni su i drugi nedostaci sekundarnog značaja. Na osnovu merenja, obrade podataka i vizuelnog osmatranja rada kotla može se konstatovati da nedostaci uočeni pri radu kotla, mogu biti otklonjeni ili ublaženi u toj meri da bi koeficijent korisnog dejstva kotla mogao dostići zadovoljavajuću vrednost, koja za domaće uslove iznosi 60% (Babić, M. i sar, 2001). Toplotni učinak kotla

bio je niži od deklarisanog. Ako bi kotao radio na nižem toplotnom učinku, mogao bi se očekivati nešto veći koeficijent korisnog dejstva. Vizuelnim pregledom kotla konstatovano je da je potrebno toplotno izolovati dimni kanal i dimnjak, kako bi se povećao samouzgon dimnjaka.

Bez obzira na nizak koeficijent korisnog dejstva kotla, ekonomičnost zasnovana na bazi korišćenja sojine slame kao energenta nije dovedena u pitanje. Cene toplotne energije, na bazi ranije ispitanih cena biomase (Babić, M. i Babić, Ljiljana, 2003) u ispitanom režimu je oko 0,0026 /MJ ili 0,0078 /kWh toplotne energije (0,5 din/kWh). Ova vrednost je daleko najpovoljnija u domaćim uslovima.

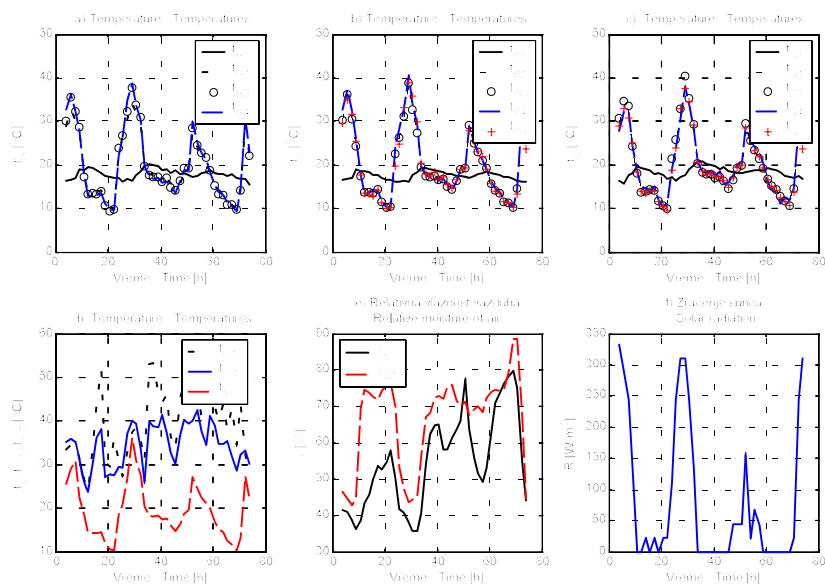
Tab. 2. Glavni rezultati ispitivanja kotla na biomasi

Tab. 2. Main results of research of biomass boiler

No	Parametar Parameter	Oznaka Title	Dimenzija Dimension	Vrednost Value
1	Temperatura polazne vode Boiler outlet water temperature	t_{w1}	$^{\circ}\text{C}$	63,37
2	Temperatura povratne vode Boiler inlet water temperature	t_{w2}	$^{\circ}\text{C}$	43,29
3	Vremenski period merenja Measurement time period	$\Delta\tau$	s	7200
4	Vlažnost slame Moisture content of straw	w_s	%	11,01
5	Potrošnja slame Straw consumption	b	kg/s	0,04251
6	Protok vode Water flow	m_w	kg/s	3,867
7	Sadržaj CO_2 Content of CO_2	CO_2	%	10,10
8	Sadržaj CO Content of CO	CO	ppm	0 - 2587
9	Temperatura produkata sagorevanja u dimnom kanalu Product of combustion temperature in smoke channel	t_{DK}	$^{\circ}\text{C}$	234,35
10	Toplotni učinak kotla Heat capacity of boiler	Q	kW	324,4
11	Termički koeficijent korisnog dejstva kotla Thermal efficiency coefficient of boiler	η	%	50,87

Grejni sistem

Deo rezultata merenja predstavljen je dijagramima na slici (sl. 3). U dijagramima je predstavljen vremenski period od 120 h i to od 1. do 5. aprila 2003. Ovaj period može da predstavlja opšti slučaj, karakterističan po velikoj tempereturnoj razlici okolnog vazduha tokom dana i uobičajenim temperaturama okolnog vazduha u periodu zagrevanja. U plasteniku je bila u toku proizvodnja zelene salate.



Sl. 3. Rezultati merenja parametara u plasteniku
Fig. 3. Measurement results of parameters in greenhouse

Analizirajući prikazane dijagrame mogu se izvesti brojni zaključci. U radu se navode važniji. Posmatrajući projekciju temperaturnog gradijenta vazduha u vertikalnom pravcu uočava se da je on veoma mali, što je povoljno. Ova pojava je posledica povoljnog položaja grejnih cevi. Sa druge strane, u horizontalnom pravcu postoji neujednačenost temperature koja nije velika, ali se ona može korigovati povećanjem grejnih površina uz bočne granice zaštićenog prostora. Na taj način bi se horizontalna komponenta gradijenta temperature svela na minimalnu vrednost, što bi se povoljno odrazilo na mikroklimatske uslove, naročito u graničnim zonama. Na dijagramu se uočava značajno

kolebanje temperature vazduha u plasteniku tokom 24 h. Može se konstatovati da je i temperatura grejne vode veoma promenljiva tokom rada, što nije dobro. Eliminisanje ovih nedostaka moglo bi se postići ugradnjom kvalitetnog sistema automatske regulacije temperature vazduha u zaštićenom prostoru podržanog ugradnjom adekvatnih akumulatora toplote (Babić, M. i Babić, Ljiljana, 2002).

ZAKLJUČAK

Ispitivanjem kotlovnice na biomasu i veličina stanja vazduha i zemlje u plasteniku utvrđeno je sledeće:

1. Ugrađeni kotao služi nameni, ali se može konstatovati da je koeficijent korisnog dejstva kotla nizak.
2. Temperatura produkata sagorevanja je visoka što ukazuje na činjenicu da su razmenjivačke površine u kotlu nedovoljne za deklarirani učinak kotla.
3. Može se očekivati da bi kotao na nižem učinku imao nešto veći koeficijent korisnog dejstva.
4. Bez obzira na utvrđene nedostatke kotlovnice, ekonomičnost korišćenja sojine slame kao goriva je najpovoljnija u odnosu na druge raspoložive energetske izvore.
5. Položaj grejnih cevi na zemlji povoljan je sa aspekta ravnomernosti temperaturnog polja vazduha u plasteniku.
6. Sistem zagrevanja zaštićenog prostora treba unaprediti ugradnjom akumulatora toplote i adekvatnog sistema automatske regulacija temperature vazduha u plasteniku.
7. Površine grejnih cevi uz bočne granice plastenika treba povećati.

Napomena: Ovaj rad je deo istraživanja na projektu "Revitalizacija proizvodnje u zaštićenom prostoru korišćenjem alternativnih izvora energije" (projekt broj BTR.5.03.0413.B), koje finasira Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Babić, Ljiljana, Babić, M: Objedinjavanje relevantnih faktora na energetske bilans zaštićenog prostora zagrevanog niskopotencijalnim radnim fluidom. 5. Jugoslovensko savetovanje *Pla - Sta 84*, Zbornik radova, 1984, 140-147.
- [2] Babić, M, Babić, Ljiljana: Energetske pretpostavke povećanja proizvodnje u zaštićenom prostoru individualnog sektora. 5. Jugoslovensko savetovanje *Pla - Sta 84*, Zbornik radova, 1984, 148-155.
- [3] Babić, M. i sar: Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. XX, 4, 1994, 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, 13 .
- [5] Babić, M. i sar: Program korišćenja biomase kao goriva u Vojvodini, *PTEP - časopis za procesnu tehniku i enregetiku u poljoprivredi*, Novi Sad, Vol. V, 3, 2001, 57-61.

- [6] Babić, M, Babić, Ljiljana: Energetski bilans zaštićenog prostora na bazi zagrevanja biomasom, *PTEP - časopis za procesnu tehniku i enregetiku u poljoprivredi*, Novi Sad, Vol. VI, 1-2, 2002, 11-14.
- [7] Babić, M, Babić, Ljiljana: Proizvodnja u zaštićenom prostoru na bazi biomase kao energenta, *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. XXIX, 3, 2003, 97-105.
- [8] Fowler, P. A. et al.: Comparison of energy needed to heat and insulated frame buildings used in agriculture. *University of Florida, Cooperative Extension service, CIR 1198*, 1997, 4.
- [9] Latimer, J. G: Dealing with the High Cost of energy for greenhouse operations, *Virginia cooperative extension*, publication 430-101, 2001, 8.
- [10] Nenić, N. i sar: Energetski potencijal biljnih ostataka u Srbiji. *Jugoslovensko društvo termičara*, Beograd, 1994. 55.

Predato: 2.06.2003.

Primljeno: 4.06.2003.