

Bibliid: 0350-2953 (2006) 33: 3-4, p. 179-186
UDK: 631.544.2:635.52

Originalni naučni rad
Original scientific paper

POTROŠNJA ENERGIJE U OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA
ENERGY CONSUMPTION FOR DIFFERENT GREENHOUSE
STRUCTURES

Dimitrijević Aleksandra, Đević M.*

REZIME

U radu je prikazan uticaj oblika konstrukcije plastenika na potrošnju energije i energetska efikasnost proizvodnje salate u zimskom periodu. Plastični pokrivni materijali su široko primenjeni u kombinaciji sa polukružnim konstrukcijama, kao ekonomski prihvatljivija varijanta. Potrošnja energije i energetska efikasnost analizirani su za četiri tipa konstrukcije objekta i to dva tunela 9 x 58 m i 8 x 25 m, i dva blok objekta 14 x 39 m i 128 x 42 m, pokriveni dvostrukom folijom. Rezultati pokazuju najniži utrošak energije za blok objekte i najvišu vrednost energetske efikasnosti. Najviša specifična potrošnja energije zabeležena je u objektu tunel tipa 8 x 25 m.

Ključne reči: plastenici, visoki tuneli, salata, energija, energetska efikasnost

SUMMARY

In this paper influence of greenhouse structure was estimated for four different double plastic covered greenhouses in winter lettuce production. Plastic coverings are introduced as mean of making this kind of plant production more efficient. Also, as a mean of lowering energy consumption, tunnel structures are proposed. Four different double plastic covered greenhouses were used for energy analysis. Two tunnel types, 9 x 58 m and 8 x 25 m covered with double PE folia, and two gutter connected plastic covered greenhouses. Results show lowest energy consumption for gutter connected greenhouses. Energy out/in ratio was also higher in gutter connected greenhouse. Highest energy consumption was obtained in tunnel greenhouse 8 x 25 m.

Key words: plastic covered greenhouse, tunnels, gutter connected structures, lettuce, energy, energy productivity

UVOD

Proizvodnja u zaštićenom prostoru predstavlja najintenzivniju granu poljoprivredne proizvodnje. Intenzivnost se ogleda u ostvarenom prinosu po jedinici površine, ali i u potrošnji energije, troškovima i početnim investicijama. Ovo su neki od razloga zašto je potrebno naći optimalnu kombinaciju energetske inputa, koja bi omogućila da ovaj vid proizvodnje bude energetski efikasniji. Na tržištu su u ponudi različiti tipovi konstrukcije

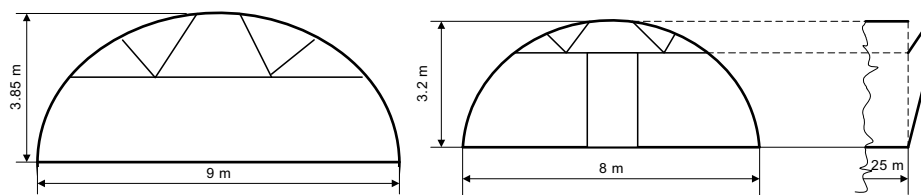
* Mr Aleksandra Dimitrijević, asistent, dr Milan Đević, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun

objekata zaštićenog prostora, kao i različiti pokrivni materijali čijim pravilnim izborom može da se utiče na potrošnju energije i energetska efikasnost proizvodnje. Uslovi koji treba da uzmu u obzir prilikom izbora materijala i oblika konstrukcije su biljna vrsta, period godine u kojem se proizvodnja planira i klimatski uslovi regiona.

Cilj istraživanja jeste analiza potrošnje energije za različite tipove konstrukcije objekata zaštićenog prostora u zimskoj proizvodnji salate.

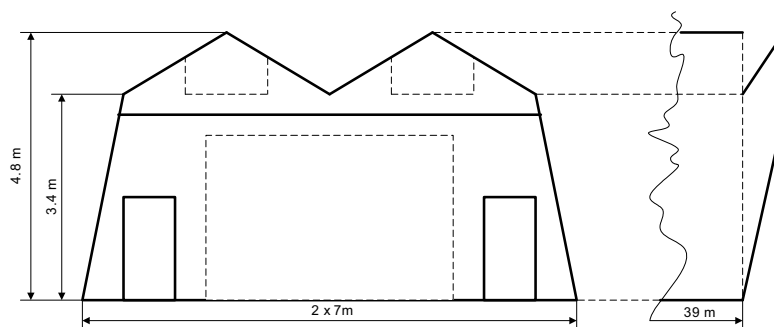
MATERIJAL I METOD RADA

Uticao oblika konstrukcije na potrošnju energije analiziran je za četiri tipa konstrukcije objekata zaštićenog prostora. Dva objekta tunel tipa (sl. 1) pokrivena dvostrukom 180 μm PE UV IR folijom, plastenik sa dva modula, 14 x 39 m sa 50 μm unutrašnjom folijom i 180 μm spoljašnjom folijom i blok plastenik 20 x 6,4 m širine i 42 m dužine sa 20 μm unutrašnjom i 180 μm spoljašnjom folijom (slike 2 i 3).



Sl. 1 Tuneli pokriveni dvostrukom folijom

Fig. 1 Tunnels covered with double inflated folia

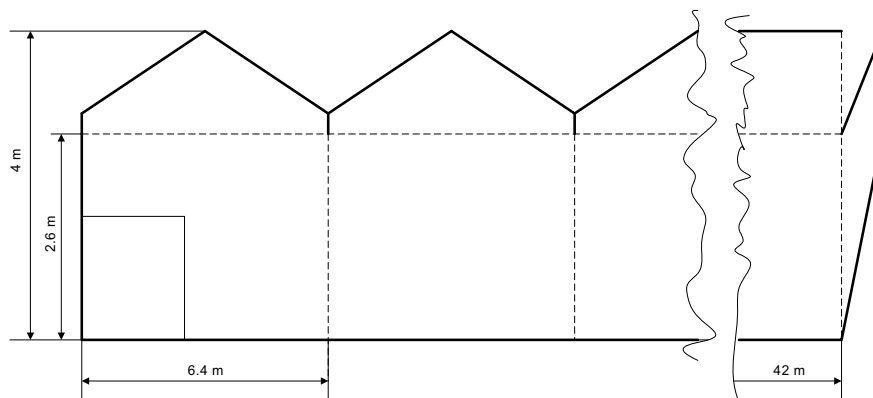


Sl. 2 Plastenik sa dva modula pokriven dvostrukom folijom

Fig. 2 Gutter-connected greenhouse covered with double folia

Ispitivanje je obavljeno na privatnom imanju u Gospođincima, nedaleko od Novog Sada. Proizvodnja salate praćena je od njene sadnje na stalno mesto u objektima, do ubiranja u vremenu od 29. oktobra 2003. god. do 24. februara 2004. godine.

U postupku energetske analize korišćena je metodologija (Ortiz-Cañavate and Hernanz, 1999) koja predviđa određivanje energetskeg inputa i energetskeg outputa, bazirano na izmerenim vrednostima utrošenog materijala i ostvarenog prinosa i datim energetskim ekvivalentima.



Sl. 3 Blok objekat sa dvadeset modula pokriven dvostrukom folijom

Fig. 3 Multi-span greenhouse covered with double folia

Na osnovu dobijenih vrednosti određeni su sledeći energetske parametri, kojima se definiše referentna biljna proizvodnja:

$$\text{specifični energetske input (EI)} = \frac{\text{energetske input u proizvodnom ciklusu [MJ/ha]}}{\text{output [kg/ha]}},$$

[MJ/kg]

$$\text{stepen iskorišćenja energije (ER)} = \frac{\text{energetske vrednost proizvodnje [MJ/ha]}}{\text{energetske input u proizvodnom ciklusu [MJ/ha]}}, [-]$$

$$\text{energetske produktivnost (EP)} = \frac{\text{output [kg/ha]}}{\text{energetske input u proizvodnom ciklusu [MJ/ha]}}, [\text{kg/MJ}]$$

Za statističku analizu dobijenih podataka korišćen je metod linearne regresije. Kao parametar koji opisuje konstrukciju objekta, data je specifična zapremina po dužnom metru objekta [m^3/m], koja adekvatno daje razliku između pojedinačnih i blok objekata.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Zelena salata u svim objektima gajena je na belo/crnoj malč foliji, debljine 25 μm širine 2 m sa već formiranim otvorima za ulaganje rasada. Sadnja je obavljena ručno. Gustina useva je iznosila 20 biljaka po m^2 . Proizvodna tehnologija obuhvata predsetvenu pripremu, startnu aplikaciju hraniva, postavljanje malč folije, navodnjavanje, hemijsku zaštitu bilja i ubiranje. Od direktnih energetske inputa praćena je energija utrošena za zagrevanje objekata i energija koja je utrošena za pogon pojedinih mašina i tehničkih sistema. Od indirektnih energetske inputa praćeno je časovno angažovanje

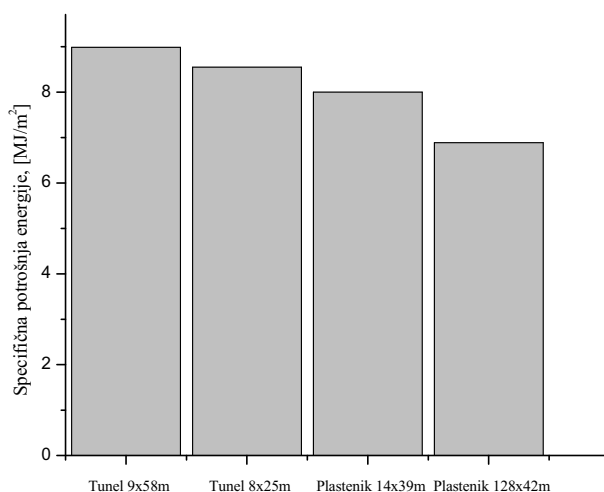
tehničkih sistema, utrošak hemijskih sredstava, vode, ljudskog rada i ambalaže za pakovanje salate (tab. 1).

Rezultati pokazuju da je specifični input energije bio viši u objektima tunel tipa u odnosu na blok plastenike. Ovo je u skladu sa literatunim izvorima (Dimitrijević i sar, 1999, i Hanan, 1998), u kojima se navodi da razlog za ovakav odnos treba tražiti u odnosu proizvodne površine i površine zidova i krova. Kada je reč o blok objekatima ovaj odnos je veći u poređenju sa pojedinačnim. Manja proizvodna površina u objektima, takođe, podrazumeva slabiji prenos toplote kroz zidove, što podrazumeva i manju potrošnju energije za zagrevanje objekata zimi.

Tab. 1 Direktni i indirektni energetske inputi

Tab. 1 Direct and indirect energy inputs for greenhouses

Parametri Arguments	Direktni i indirektni energetske inputi [MJ] Direct and indirect energy inputs [MJ]			
	Tunel 1 Tunnel 1 9 x 58 m	Tunel 2 Tunnel 2 8 x 25 m	Plastenik 1 Gutter- connected greenhouse 1 14 x 39 m	Plastenik 2 Multi-span greenhouse 2 128 x 42 m
	Zagrevanje objekta / Greenhouse heating	3338,82	1117,32	3235,51
Gorivo za pogon tehničkih sistema / Fuel for technical systems	165,75	55,56	164,37	57,36
Hraniva / Fertilizers	385,44	--	421,02	208,06
Fungicidi, pesticidi / Fungicides, pesticides	15,12	3,36	13,44	1,57
Tehnički sistemi / Technical systems	4,04	4,04	4,04	4,8
Voda za navodnjavanje / Water for irrigation	268,53	115,08	16,18	1,68
Kutije za pakovanje / Boxes	141,90	39,30	140,70	10,44
Ljudski rad / Human labor	375,00	375,00	375,00	54,42
Ukupni energetske input [MJ] / Total energy input [MJ]	4694,60	1709,66	4370,26	185,70
Specifični energetske input / Specific energy input [MJ/m ²]	8,99	8,55	8,00	6,89



Sl. 4 Specifična potrošnja energije za plastenike

Fig. 4 Specific energy consumption for the greenhouses

Za navedene objekte, na osnovu utvrđenog prinosa i toplotne vrednosti salate od 0,46 MJ/kg, izračunat je energetska output (tab. 2).

Tab. 2 Prinos salate i energetska output po objektima

Tab. 2 Lettuce yield and energy output in greenhouses

	Prinos / Yield [kg]	Energetska output / Energy input [MJ]	Specifični energetska output / Specific energy output [MJ/m ²]
Tunel 1 / Tunnel, 9 x 58 m	2753,60	1266,66	2,43
Tunel 2 / Tunnel, 8 x 25 m	808,00	371,68	1,86
Plastenik 1, / Gutter-connected greenhouse 14 x 39 m	2968,80	1365,65	2,50
Plastenik 2, Multi-span greenhouse 128 x 42 m	1634,80	752,01	2,80

Najviša vrednost energetska inputa ostvarena je u blok-plasteniku 1, a najniža vrednost u tunelu 2. Razlozi za dobijanje ovakvih rezultata mogu se tražiti u ujednačenijim mikroklimatskim uslovima objekata veće specifične zapremine i u smanjenom učešću oštećenih glavica salate. Ukoliko se uporede samo objekti tunel tipa, može se reći da objekti veće specifične zapremine imaju manju specifičnu potrošnju energije.

Energetska analiza

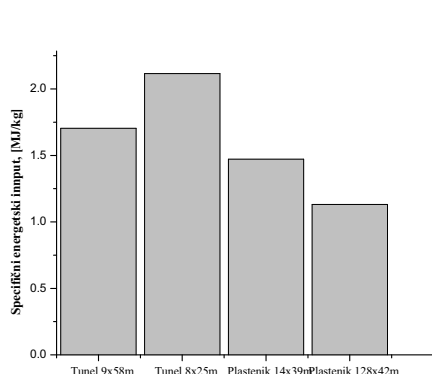
Na osnovu dobijenih vrednosti energetska inputa i outputa moguće je obaviti energetska analizu (tab. 3).

Sa slike 5 može se videti da blok platenik 2 ima najniži energetska input po kilogramu proizvoda, a da je najviši energetska input zabeležen u objektu tunel tipa 8 x 25 m. Dobijeni rezultati su u skladu sa literaturnim izvorima (Nelson, 2003).

Tab. 3 Paramteri za energetska analizu

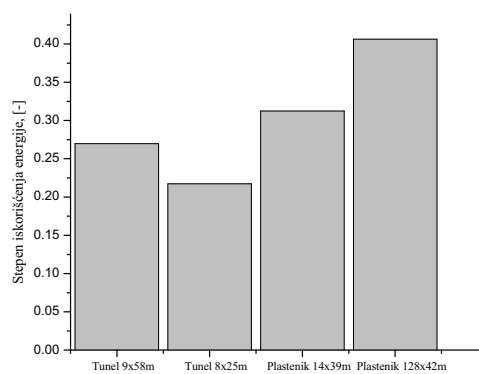
Tab. 3 Parameters for energy analysis

Energetska parametar / Energy parameter	Tunel 1 Tunnel1 9 x 58 m	Tunel 2 Tunnel2 8 x 25 m	Platenik 1 Gutter- connected greenhouse 14 x 39 m	Platenik 2 Multi-span greenhouse 128 x 42 m
Energetska input/kg proizvoda / Energy input / kg of product (EI) [MJ/kg]	1,70	2,12	1,47	1,13
Energetska efikasnost Energy efficiency (ER)	0,27	0,22	0,31	0,41
Energetska produktivnost Energy productivity (EP) [kg/MJ]	0,59	0,47	0,68	0,88
Specifična zapremina objekta Specific volume of greenhouse [m ³ /m]	27,00	20,10	54,00	416,80



Sl. 5 Specifični energetska input

Fig. 5 Energy input / kg of product



Sl. 6 Stepen iskorišćenja energije

Fig. 6 Energy efficiency

Za statističku obradu podataka korišćen je linearni regresioni model. Primenjeni model, u slučaju specifičnog energetska inputa, ukazuje na to da specifična zapremina objekta nema značajan uticaj na ovaj energetska parametar ($R = 0,77$; $F = 2,98$; značajnost $F = 0,22$).

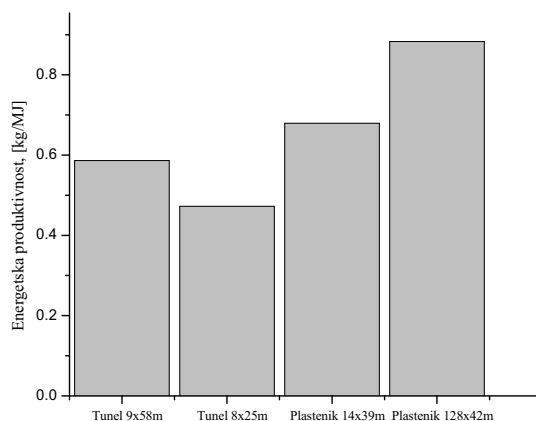
$$y = 1,86 - 0,001x \quad (1)$$

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da specifična zapremina objekta zaštićenog prostora nema značajan uticaj na energetske parametre u objektima.

$$y = 0,25 + 0,003 x \quad (R = 0,92; F = 10,87; \text{značajnost } F = 0,08) \quad (2)$$

$$y = 0,47 + 0,00099 x \quad (R = 0,87; F = 6,07; \text{značajnost } F = 0,13) \quad (3)$$

Ipak, niži energetska input i viša vrednost dobijenog energetskeg outputa doveli su do toga da se u blok objektima zabeleže više vrednosti stepena iskorišćenja energije (slika 6). Za tunel najmanje specifične zapremine, 8 x 25 m, dobijena je najniža vrednost ovog parametra. Analiza energetske produktivnosti pokazala je da najvišu vrednost ovog parametra, takođe, imaju blok objekti, a najnižu tunel objekat najmanje specifične zapremine (sl. 6).



Sl. 6 Energetska produktivnost

Fig. 6 Energy productivity

ZAKLJUČAK

Specifična potrošnja energije pokazuje različite vrednosti za različite oblike konstrukcije objekata zaštićenog prostora. Najniže vrednosti zabeležene su u blok objektima i to kod platenika najveće specifične zapremine (8,00 MJ/m²) a najviša za tunel 8x25m (8,99 MJ/m²). Kod blok platenika zabeležen je najniži energetska input po kilogramu proizvoda (1,47 MJ/kg). Razlog za postojanje razlika između energetske parametara može da se traži u tvrdnjama literaturnih izvora da je proizvodna sredina blok objekata uniformnija tj. ujednačenija i sporije reaguje na nagle promene spoljašnjih klimatskih činilaca. Drugo objašnjenje jeste da je kod blok objekata odnos korisne proizvodne površine i površine zidova i krova objekta relativno veliki u odnosu na pojedinačne objekte. Preko manje zidne površine smanjen je i "prolaz" toplote tako da mogu da se ostvare veće uštede u energiji za zagrevanje. Osim toga blok objekti olakšavaju primenu tehničkih sistema i sistema automatizacije čime se znatno smanjuje i utrošak ljudskog rada, a samim tim i na taj način utrošena energija.

Model linearne regresije je ukazao na to da oblik konstrukcije nema značajan uticaj na energetska input, energetska efikasnost i energetska produktivnost u objektima zaštićenog prostora.

Vrednost stepena iskorišćenja energije varira od 0,47 do 0,68, što region Srbije čini pogodnim za biljnu proizvodnju u zaštićenom prostoru.

LITERATURA

1. Dimitrijević M, Đević M, Boretos M, Miodragović R. 1999. Design and Control Systems in Greenhouses, Technique Towards the 3rd Milenium; Haifa, Israel.
2. Đević M, Dimitrijević Aleksandra. 2004. Greenhouse energy consumption and energy efficiency, Energy efficiency and agricultural engineering 2005, International conference, Russe, Bulgaria (<http://www.ru.acad.bg/baer/BugGHRad.pdf>).
3. Enoch H.Z. 1978. A theory for optimalization of primary production in protected cultivation, I, Influence of aerial environment upon primary plant production, Symposium on More Profitable use of Energy in Protected Cultivation, Sweden.
4. Hanan J.J. 1998. Greenhouses. Advanced Technology for Protected Cultivation, CRC Press.
5. Nelson P. 2003. Greehhouse Operation and Management, 6th edition.
6. Ortiz-Cañavate J, Hernanz J.L. 1999. Energy Analysis and Saving, Energy for Biological Systems, CIGR Handbook, 3.

Primljeno: 26.12.2006.

Prihvaćeno: 29.12.2006.