

**POTROŠNJA ENERGIJE U PROIZVODNJI PARADAJZA NA OTOVRENOM I U
OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA RAZLIČITE KONSTRUKCIJE
ENERGY CONSUMPTION IN THE OPEN FIELD AND GREENHOUSE TOMATO
PRODUCTION**

Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević, Zoran Mileusnić, Rajko Miodragović¹

¹Poljoprivredni fakultet, Zemun, Nemanjina 6.

E-mail: mdjevic@agrif.bg.ac.rs

SAŽETAK

S obzirom na intenzivnost korišćenja paradajza u ljudskoj ishrani, za proizvođače je od izuzetnog značaja energetska, ekonomska i ekološka efikasnost proizvodnje. S obzirom na to da se paradajz gaji kako na otvorenom tako i u objektima zaštićenog prostora cilj istraživanja je bio analiza proizvodnje na otvorenom polju i u objektima zaštićenog prostora tunel i blok tipa s aspekta potrošnje energije i energetske efikasnosti. Objekat tunel tipa dimenzija je 5 x 20 m i pokriven je dvostrukom 180 µm PE UV IR folijom. Blok objekat je sa dva broda, dimenzija 21 x 250 m pokriven dvostrukom PE UV IR folijom. Rezultati ukazuju na razlike kako u prinosu tako i u potrošnji energije i energetske efikasnosti u proizvodnji na otvorenom i u objektima zaštićenog prostora. Najviši prinos ostvaren je u blok objektu od 23,78 kg/m² a najniži na otvorenom polju od 17 kg/m². Izmereni utrošak materijala i ljudskog rada u vidu direktnih i indirektnih inputa ukazuje da se niža potrošnja energije po jedinici površine može očekivati na otvorenom, a da se, kada su objekti zaštićenog prostora u pitanju niža potrošnja energije može očekivati kod objekata veće specifične zapremine, tj. objekata blok tipa. Najniži energetske input po kilogramu proizvoda ostvaren je u blok plasteniku, 0,89 MJ/kg, a najviši u objektu tunel tipa, 1,21 MJ/kg. Kada se govori o energetske produktivnosti u blok objektu je utvrđena najviša vrednost od 1,12 kg/MJ, dok je u objektu tunnel tipa bila najniža i iznosila je 0,83 kg/MJ.

Cljučne reči: paradajz, otvoreno polje, plastenici, energetska efikasnost.

1. UVOD

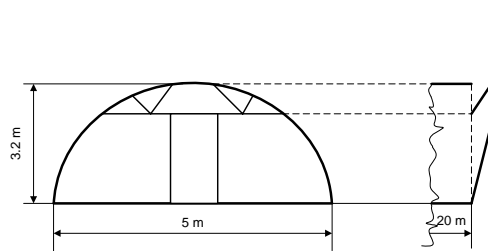
Paradajz je jedna od najčešće korišćenih povrtarskih kultura u ljudskoj ishrani kako u svežem, tako i u konzervisanom stanju. Ima visoku energetske vrednost i bogat je mineralima i vitaminima. U svetu se gaji na oko 2,5 miliona hektara, a u Srbiji na oko 20.000 hektara (Ilin et al, 2003) sa prosečnim prinosom od 8,3 t/ha. Gaji se kako na otvorenom polju, tako i u objektima zaštićenog prostora. Kada je reč o proizvodnji u zaštićenom prostoru, paradajz se u Srbiji uglavnom proizvodi u objektima bez grejanja (Lazić i Ilin, 1999), koji omogućavaju dve, najviše tri nedelje ranije pristizanje u odnosu na proizvodnju na otvorenom polju. Ukoliko se paradajz gaji u objektima sa sistemom za grejanje, ubiranje može da počne već u aprilu (Hanan, 1998, Momirović, 2003). Razlozi zašto se paradajz kod nas ređe gaji u zagrevanim objektima mogu biti visoka potrošnja

energije (Brkić i Škrbić, 1999), visoke investicije u sistem za zagrevanje i investicije u visokoprinosne sorte.

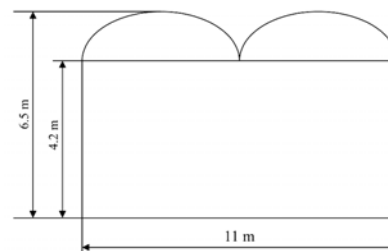
Cilj ovog rada jeste analiza strukture utrošene energije u proizvodnji paradajza na otvorenom polju i u objektima zaštićenog prostora tunel i blok tipa kako bi se utvrdilo da li je proizvodnja u zaštićenom prostoru energetski opravdana i da li postoje razlike u količini i strukturi utrošene energije kod objekata zaštićenog prostora različite konstrukcije.

2. MATERIJAL I METOD

Proizvodnja paradajza je praćena na otvorenom polju i u objektima zaštićenog prostora tunel i blok tipa. Objekat tunel tipa (sl. 1) podrazumevao je visoki tunel dimenzija 8 x 25 m prekriven dvostrukom PE folijom debljine 180 μm sa dodatkom UV stabilizatora i IC blokirajućih elemenata. Blok objekat je podrazumevao dvobrodni plastenik pokriven dvostrukom folijom, širine 21 i dužine 250 m. Unutrašnja folija plastenika (sl. 2) je bila debljine 50 μm , dok je spoljašnja bila debljine 180 μm . Specifična zapremina visokog tunela iznosila je 16,08 m^3/m , a blok objekta 104,81 m^3/m .



Sl. 1. Tunel plastenik
Fig. 1. Tunnel structure



Sl. 2. Blok objekat
Fig. 2. Gutter-connected structure

Eksperiment je izveden na privatnom imanju Slaviše Kovačevića, 130 km južno od Beograda i na imanju Žužulja Koste u Pančevu. Proizvodnja paradajza je ocenjena na osnovu potrošnje energije, energetskog odnosa i energetske produktivnosti.

Metod koji je korišćen prilikom analize (Storck, 1978, Ortiz-Cañavate, Hernanz, 1999, Đević, Dimitrijević, 2009, Hatirli et al, 2006, Ozkan et al, 2007, Dimitrijević i Đević, 2009) podrazumeva analizu energetskih inputa (definisanje direktnih i indirektnih energetskih inputa), potrošnje energije za dati tehnološko-tehnički sistem proizvodnje i analizu energetske efikasnosti. Kao parametar koji opisuje konstrukciju uzeta je zapremina objekta po dužnom metru, [m^3/m], koja adekvatno prikazuje razlike u konstrukciji tunela i blok objekta.

Energetski input je dobijen množenjem utrošenog materijala i ljudskog rada sa pripadajućim energetskim ekvivalentom (Enoch, 1978). Proizvodnja paradajza je praćena od sadnje na stalno mesto, do ubiranja. Na otvorenom polju bilo je 204 sadnice, u tunelu

400, dok je u blok plasteniku posađeno 14.463 biljke. Paradajz je, i na otvorenom polju i u objektima, gajen u zemljištu pokrivenom malč folijom, debljine 25 μm . Proizvodna tehnologija je podrazumevala pripremu zemljišta, aplikaciju hraniva pred sadnju i tokom vegetacije, aplikaciju fungicida i pesticida i uobičajene mere nege u vidu vezivanja paradajza, zalamanja zaperaka i navodnjavanja.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Količine utrošenog materijala i ljudskog rada kao i njihova energetska vrednost, prikazane su u tabelama 1 i 2. Na osnovu energetskog inputa i proizvodne površine izračunata je i specifična potrošnja energije.

Parametar koji može da se iskoristi za upoređenje ova dva tehnološko-tehnička sistema gajenja, jeste specifična potrošnja energije po jedinici površine. Ovaj parametar je pokazao različite vrednosti u sva tri slučaja. Najniža vrednost zabeležena je u proizvodnji na otvorenom polju, 15,91 MJ/m², dok je najviša zabeležena u slučaju proizvodnje paradajza u objektu tunel tipa, 24,12 MJ/m². Ukoliko se ove vrednosti uporede dolazi se do zaključka da je, s aspekta potrošnje energije po jedinici površine, u poređenju sa proizvodnjom na otvorenom, proizvodnja u zaštićenom prostoru zahtevnija i to u slučaju blok objekta 33,19% viša, kada je reč o proizvodnji u visokom tunelu čak 51,6% intenzivnija.

Tab. 1. Potrošnja energije u proizvodnji paradajza na otvorenom polju

Tab. 1. Energy consumption in tomato production in the open filed

Energetski input Energy input	Količina Quantity	Utrošak energije, MJ Total energy consumption	Udeo % Share
Gorivo, l Fuel	1	47,8	4,77
Tehnički sistemi, h Technical systems	0,18	2,35	0,23
Hraniva, kg Fertilizers			
Azot Nitrogen	3,75	295,13	29,43
Fosfor Phosphorus	9,3	161,82	16,14
Kalijum Potassium	14,1	193,17	19,27
Voda, l Water	10080	90,72	9,05
Ljudski rad, h Human labor	108	211,68	21,11
Ukupna potrošnja energije, MJ Total energy consumption		954,87	100
Specifična potrošnja energije, MJ/m ² Specific energy consumption		15,91	

Dević M, i dr. (2010). Potrošnja energije u proizvodnji paradajza na otvorenom i u objektima zaštićenog prostora različite konstrukcije. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(2): 138-146.

Tako bi, osim proizvodnje na otvorenom, proizvođačima mogla da se preporučiti i proizvodnja u zaštićenom prostoru, ali veće specifične zapremine.

Tab. 2. Potrošnja energije u proizvodnji paradajza u objektu zaštićenog prostora
Tab. 2. Energy consumption for tomato production in the greenhouses

Energetski input Energy input	Tunel objekat Tunnel structure			Blok plastenik Gutter-connected structure		
	Količina Quantity	Utrošak energije, MJ Energy	Udeo % Share	Količina Quantity	Utrošak energije, MJ Energy	Udeo % Share
Gorivo, l	3	143,4	5,95	70	3346	3,01
Slama, kg Straw				1050	17293,5	15,55
Tehnički sistemi, h Technical systems	0,17	2,22	0,09	5,2	67,91	0,06
Hraniva, kg Fertilizers						
Azot Nitrogen	19,26	1515,76	62,84	625,23	49205,6	44,23
Fosfor Phosphorus	8,75	152,25	6,31	327,75	5702,85	5,13
Kalijum Potassium	22,75	311,67	12,92	817,4	11198,38	10,07
Pesticidi, kg Pesticides	0,02	3,98	0,17	0,58	115,42	0,1
Fungicidi, kg Fungicides	0,203	18,68	0,77	3,26	299,92	0,27
Voda, l Water	1032	9,29	0,39	1445400	13008,6	11,69
Ljudski rad, h Human labor	130	254,8	10,56	5616	11007,36	9,89
Ukupna potrošnja energije, MJ Total energy consumption		2412,05	100		111245,50	100
Specifična potrošnja energije, MJ/m ² Specific energy consumption		24,12			21,19	

Iz strukture utrošene energije u proizvodnji paradajza na otvorenom (tab. 1) može se videti da veći udeo u ukupno utrošenoj energiji ima indirektno utrošena energija, čak 95,23%. U proizvodnji u tunelu (tab. 2) indirektni energetski inputi učestvuju sa 94,05%, dok se učešće indirektnih energetskih inputa u blok plasteniku, s obzirom na korišćenje

slame za održavanje povoljne strukture zemljišta, malo niže (81,45%). Razlog za niže učešće direktnih energetske inputa može biti činjenica da objekti nisu zagrevani (Babić et al, 2003). Ovakva struktura utrošene energije proizilazi iz veoma intenzivnog uložene ljudskog rada, i, shodno prinosu, intenzivnoj proizvodnji paradajza u plateniku u odnosu na otvoreno polje.

U sva tri slučaja najintenzivniji utrošak energije je bio putem hraniva. U proizvodnji na otvorenom hraniva su učestvovala sa 64,84% u ukupnom energetske bilansu. U tunelu i blok objektu njihovo učešće je iznosilo 82,07 i 59,43% redom. Ostali energetske inputi su pokazali različite vrednosti u sva tri slučaja. U proizvodnji na otvorenom, nakon hraniva, najveći udeo u utrošenoj energiji imaju ljudski rad, 21,11% i voda sa 9,05%. Udeo ostalih energetske inputa je manji od 1%. U objektu tunel tipa, nakon hraniva, najintenzivniji utrošak energije je preko ljudskog rada (10,56%). Učešće ostalih energetske inputa je manje od 1%. U blok plateniku se, takođe, uočava intenzivnija potrošnja energije putem vode za navodnjavanje (11,69%) i ljudskim radom (9,89%).

Energetske output (tab. 3) je određen na osnovu prinosa i energetske vrednosti paradajza. Najviši specifični energetske output ostvaren je u proizvodnji paradajza u plateniku i to blok tipa (19,02 MJ/m²), a najniži na otvorenom polju (13,6 MJ/m²). U poređenju sa blok objektom u proizvodnji na otvorenom ostvaren je 28,5%, odnosno u tunelu 15,88% niži energetske output po jedinici površine.

Tab. 3. Prinos paradajza i energetske output

Tab. 3. Tomato yield and energy output

	Prinos, kg Yield	Energetske output, MJ Energy output	Specifični energetske output, MJ/m ² Specific energy output
Otvoreno polje Open filed	1020	816	13,6
Tunel Tunnel structure	2000	1600	16
Dvobrodni platenik Gutter-connected structure	124848	99878,4	19,02

Viši energetske output dobijen je u slučaju proizvodnje paradajza u zaštićenom prostoru, kao što se i očekivalo. Na otvorenom polju prinos paradajza je bio 17 kg/m², a u tunelu 20 kg/m². U blok plateniku zabeležen je prinos od 23,78 kg/m². Razlog za viši energetske output u objektima zaštićenog prostora može biti u uniformnijim mikroklimatskim proizvodnim uslovima u poređenju sa klimatskim uslovima na otvorenom (Janić et al, 2005). U julu i avgustu zabeležene su više dnevne temperature i viši nivo sunčevog zračenja, koji su više oštetile usev na polju, nego u objektu.

Na osnovu energetske inputa i ostvarenog energetske outputa određeni su osnovni energetske parametri (tab. 4). Može se primetiti da se dobijene vrednosti razlikuju u zavisnosti od tehnološko-tehničkog sistema proizvodnje.

Tab. 4. Parametri za energetska analizu

Tab. 4. Energy parameters

Energetski parametar Energy parameter	Otvoreno polje Open filed	Tunel Tunnel structure	Dvobrodni plastenik Gutter-connected structure
Energetski input / kg proizvoda, MJ/kg Energy input / kg product	0,98	1,21	0,89
Energetski odnos Energy ratio	0,81	0,66	0,9
Energetska produktivnost, kg/MJ Energy productivity	1,02	0,83	1,12

Ukoliko se uporede vrednosti energetskog inputa uloženog po kilogramu proizvoda može se videti da je najviše energije potrebno uložiti u proizvodnju u tunelu, zatim na otvorenom polju, a najmanje u proizvodnji u blok plasteniku. U proizvodnji na otvorenom potrebno je, po jedinici prinosa, uložiti 10% više energije, nego u proizvodnji na otvorenom. U tom smislu je i tunel 36% zahtevniji.

Vrednosti dobijene za energetski odnos se, takođe, razlikuju. Najviša vrednost je zabeležena u proizvodnji u blok plasteniku, dok je najniži energetski odnos dobijen u slučaju proizvodnje u objektu tunel tipa. Ove vrednosti mogu da se uporede sa rezultatima dobijenim u Turskoj (Hatirli et al, 2006), gde se navodi da ove vrednosti variraju od 0,7 do 2,3 u zavisnosti od veličine proizvodne površine.

Ako se analizira energetska produktivnost, može se videti da je ona najviša kada je reč o proizvodnji u blok plasteniku. Ukoliko se uporede vrednosti dobije se da je proizvodnja paradajza na 26% manje energetski produktivna u poređenju sa blok plastenikom, dok ta vrednost za proizvodnju na otvorenom iznosi 9%

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da, ukoliko se posmatra potrošnja energije po jedinici površine, proizvodnja na otvorenom polju i dalje predstavlja manje intenzivan vid proizvodnje paradajza u uslovima rane njivske proizvodnje. Kada se posmatra ostvareni prinos na otvorenom i u objektima zaštićenog prostora, može se zaključiti da objekti zaštićenog prostora pružaju određenu zaštitu od sunčevog zračenja i umanjuju temperaturna kolebanja, stvarajući time uniformnije i pogodnije uslove za rast, razviće i plodonošenje biljaka. Dobijeni energetski parametri ukazuju na to da viši prinosi ostvareni u objektima zaštićenog prostora ne mogu uvek da dovedu i do povoljnog stepena iskorišćenja energije i nižeg specifičnog energetskog inputa po kilogramu proizvoda. Kod objekta tunel tipa se pokazalo da ostvareni prinos od 20 kg/m² nije dovoljan za ostvarivanje povoljnijeg specifičnog energetskog inputa. Sa druge strane, za blok objekat se može reći da su proizvodnja i potrošnja energije bolje izbalansirani. Blok je pokazao i najviši energetski output koji je bio dovoljan da se opravda visoka potrošnja energije i time dođe do nižeg specifičnog utroška energije po kilogramu proizvoda, kao i boljeg stepena iskorišćenja energije.

Dalja istraživanja o ovoj tematici trebalo bi trebalo da obuhvate energetska efikasnost proizvodnje paradajza i ostalih, za region značajnih povrtarskih kultura, u više različitih tipova konstrukcija objekata zaštićenog prostora u različitim sezonama gajenja.

4. ZAKLJUČAK

Paradajz je veoma značajna povrtarska kultura u ljudskoj ishrani. Može da se gaji kako na otvorenom polju, tako i u objektima zaštićenog prostora. Cilj rada je bila analiza potrošnje energije u povrtarskoj proizvodnji na otvorenom polju i u objektima zaštićenog prostora.

Na osnovu potrošnje energije i energetskog outputa, utvrđeni energetska parametri ukazuju na to da je specifična potrošnja energije po jedinici površine niža na otvorenom polju u poređenju s objektima zaštićenog prostora. Struktura utrošene energije ukazuje i da 80 do 90% ukupne utrošene energije čini indirektno utrošena energija i to putem hraniva, vode i ljudskog rada. Rezultati ukazuju i na to da je utrošak energije po jedinici proizvodnje niži u objektima zaštićenog prostora u poređenju sa proizvodnjom na otvorenom polju. Proizvodnja u zaštićenom prostoru se pokazala i kao energetska produktivnija.

5. LITERATURA

- [1] Babić M, Babić Ljiljana. (2003). Proizvodnja u zaštićenom prostoru na bazi biomase kao energenta. *Savremena poljoprivredna tehnika* 29 (3):97-105.
- [2] Badger P. C. (1999). Solid Fuels, In *CIGR Handbook* (3): 248-288.
- [3] Brkić M, Škrbić N. (1999). Zagrevanje plastenika i staklenika. *Savremena poljoprivredna tehnika* 25 (3):102-111.
- [4] Dimitrijević M, Đević M, Boretos M, Miodragović R. (1999). Design and Control Systems in Greenhouses, In *Proc. Technique Towards the 3rd Milenium*; Haifa, Israel
- [5] Dimitrijević Aleksandra, Đević M. (2005). Potrošnja energije i energetska efikasnost proizvodnje u kontrolisanim uslovima, In: III nučno-stručni skup "Klimatizacija, grejanje, hlađenje i ventilacija", Zlatibor .
- [6] Dimitrijević Aleksandra, Đević M. (2007). Potrošnja energije u objektima zaštićenog prostora. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 33 (3-4):179-186.
- [7] Đević M, Dimitrijević Aleksandra (2009). Energy consumption for different greenhouse construction. *Energy*, 34 (9): 1325-1331.
- [8] Enoch H.Z. (1978). A theory for optimalization of primary production in protected cultivation, I, Influence of aerial environment upon primary plant production, *Acta Hort.* 76: 31-44.
- [9] Hanan J.J. (1998). *Greenhouses. Advanced Technology for Protected Cultivation*, CRC Press.
- [10] Hatirli S. A, Ozkan B, Fert C. (2006). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production, *Renewable Energy*. 31: 427-438.
- [11] Ilin Ž, Marković V, Mišković A, Vujasinović V. (2003). Proizvodnja rasada paradajza, *Savremena poljoprivredna tehnika* 29 (3):69-75.
- [12] Janić T, Brkić M, Bajkin A. (2005). Proračun potrebne količine toplotne energije za zagrevanje plastenika od 0,5 ha u realnim uslovima. *Savremena poljoprivredna tehnika* 31 (4): 181-196.
- [13] Lazić Branka, Ilin Ž. (1999). Stanje i pravci razvoja proizvodnje u zaštićenom prostoru. *Savremena poljoprivredna tehnika* 25 (3):91-101.
- [14] Momirović N. (2003). Škola gajenja povrća, Specijalno izdanje, *Poljoprivredni list*: 50-53.
- [15] Nelson P. (2003). *Greenhouse Operation and Management*, 6th edition.

Đević M, i dr. (2010). Potrošnja energije u proizvodnji paradajza na otvorenom i u objektima zaštićenog prostora različite konstrukcije. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(2): 138-146.

- [16] Ortiz-Cañavate J, Hernanz J.L. (1999). Energy Analysis and Saving in Energy for Biological Systems, In: CIGR Handbook, (3): 13-37.
- [17] Ozkan B, Fert C, Karadeniz F. (2007). Energy and cost analysis for greenhouse and open-filed grape production, *Energy*. 32: 1500-1504.
- [18] Storck, H. (1978). Towards an Economic of Energy in Horticulture, *Acta Hort.* 76: 15-30.

ENERGY CONSUMPTION IN THE OPEN FIELD AND GREENHOUSE TOMATO PRODUCTION

Milan Đević, Aleksandra Dimitrijević, Zoran Mileusnić, Rajko Miodragović

SUMMARY

The aim of this paper is to analyze energy patterns in open and greenhouse tomato production, since tomato is very important vegetable in human nutrition with tendency to be used whole year. The greenhouses used were one tunnel structure, covered with double PE folia, 5 x 20 m and one gutter-connected double PE covered structure 21m wide and 250m long. The results obtained lead to the conclusion that lower specific energy per production surface can be expected in conditions of the open filed and that, regarding the greenhouses lower value for energy consumption can be expected in case of multi-span greenhouses.

The results show that there are differences in yield as well as in energy consumption between the open and the greenhouse tomato production. The highest yield was measured in the gutter-connected greenhouse, 23.78 kg/m² and lowest in the open filed, 17 kg/m². The direct and the indirect energy input measured show that the lower specific energy consumption per production surface can be expected in the open filed compared to the greenhouse tomato production. The lowest energy input per kilogram of product was measured for the gutter-connected greenhouse, of 0.89 MJ/kg, and the highest for the tunnel structure, 1.21 MJ/kg. The highest energy productivity was measured for the gutter-connected structure, 1.12 kg/MJ and the lowest for the tunnel structure, 0.83 MJ/kg. Based on the energy consumption and the energy output it can be seen that the tomato production in the open filed is less energy demanding compared to the tomato production in the greenhouses. The structure of energy inputs shows that 80 up to 90% of the total energy consumption is based on indirect energy inputs, mostly fertilizers, human labor and water for irrigation. Results also show that energy consumption must be analyzed together with the energy output. Greenhouse structures had better ratio between yield and energy consumption compared to the open filed production system. This has also led to the higher energy productivity in the greenhouse tomato production systems.

Key words: tomato, open filed, greenhouse, energy efficiency.

Đević M, i dr. (2010). Potrošnja energije u proizvodnji paradajza na otvorenom i u objektima zaštićenog prostora različite konstrukcije. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(2): 138-146.

Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TR-20076, od 25.06.2008, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj republike Srbije.

Primljeno: 05.01.2010.

Prihvaćeno: 12.01.2010.