

UDK: 631.23

ENERGETSKA OPTIMIZACIJA SISTEMA ZA KORIŠĆENJE GEOTERMALNE ENERGIJE ZA GREJANJE PLASTENIKA

Olivera Ećim-Đurić*, Vojislav Tomić, Predrag Milanović*****

**Poljoprivredni fakultet - Beograd*

***Rudarsko-geološki fakultet - Beograd*

****Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju - Beograd*

Sadržaj: Određivanje unutrašnjih parametara u plastenicima i staklenicima zahteva kompleksno razmatranje u cilju određivanja optimalnih sistema grejanja prostor au zimskom periodu i ventilacije u letnjem periodu. U cilju povećanja energetske efikasnosti objekta razmatrano je grejanje objekta energijom geotermalnog izvora, kao i modeliranje potrošnje geotermalne vode u uslovima nedovoljne količine pri izuzetno niskom temperaturama spoljašnjeg vazduha. Numeričke simulacije toplotnog opterećenja plastenika sprovedene su u cilju povećanja efektivne upotrebe izvora geotermalne energije i konceptualnih tehničkih rešenja. U radu je definisano termičko ponašanje objekta. Konačno, potreba za daljim istraživanjem i inženjerskim razvojem je naglašena.

Ključne reči: *geotermalna energija, plastenik, numerička simulacija.*

1. UVOD

Istraživanja geotermalnih potencijala Srbije poslednjih decenija pokazale su da se Republika Srbija nalazi u zoni povoljnih resursa. Iako je do sada prioritet u korišćenju geotermalnih potencijala bio na medicinskim i rekreativnim potrebama, a uzimajući u obzir činjenicu da se samo mali broj raspoloživih geotermalnih resursa kod nas koristi, od posebne važnosti je analiza mogućnosti primene geotermalne energije za grejanje prostora posebne namene, u cilju smanjenja potrošnje fosilnih goriva i emisije CO₂, naročito u oblasti poljoprivredne proizvodnje i lanca zdrave hrane. Najpovoljniji geotermalni izvori, locirani u poljoprivrednom regionu Mačve pružaju dobru mogućnost za intenzivnu povrtarsku proizvodnju u plastenicima uz mogućnost pokrivanja potreba za grejanjem od strane izvora geotermalne toplote.

Plastenik "Farmakom MB" – Šabac nalazi se u Debrcu uz magistralni put Šabac - Obrenovac, u neposrednoj blizini reke Save. Lokacija je izuzetno pogodna za

proizvodnju u zaštićenom području sa primenom energije geotermalnih voda za grejanje, sa jedne strane zbog blagih zima i ne tako izraženih niskih temperatura, a sa druge strane zbog velikog broja izvora geotermalne vode zadovoljavajuće temperature kojima region obiluje. Objekat je ukupne površine je 4,2 ha, omotačem koji je izrađen od duple folije sastavljene od 3-5 slojeva, između kojih se konstantno uduvava vazduh čime se formira vazdušni sloj debljine 15 cm i održava na natpritisku.

Prostor unutar plastenika podeljen je u 8 celina po 0,5 ha. U tehničkom delu ne postoji sistem grejanja i temperatura se održava samo od sunčevog zračenja koje prolazi kroz kupole krova. Poseban deo sa kontrolisanim uslovima, u potpunosti izolovan od ostatka plastenika, je deo za pripremu rasada u kome se tokom čitave godine održavaju zadati parametri temperature i relativne vlažnosti vazduha. Ostali deo objekta, podeljen je na četiri međusobno povezane celine bez ikakvih pregrada čime se dodatno otežava kontrolisanje uslova za gajenje biljaka, kako u pogledu održavanja definisanih uslova atmosfere, tako i u eventualnoj izolaciji biljaka od pojave mogućih bolesti. U središnjem delu plastenika postavljeni su rezervoari za vodu za navodnjavanje, pumpe kojima se doprema geotermalna voda za grejanje, kao i rezervoari sa veštačkom prehranom za biljke. U objektu se, tokom cele godine, proizvode povrtarske kulture, najvećim delom paradajz, a manjim delom paprika, krastavac, i u zimskom periodu zelena salata.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Prema fiziološkim potrebama biljaka koje se gaje u plasteniku, optimalna temperatura tokom godine treba da se kreće u intervalu 18-20°C. Relativna vlažnost u delu za pripremu rasada treba da bude oko 50%, dok se u prostoru za uzgajanje povrtarskih kultura kreće tokom godine i do 90%, zbog dodatnog orošavanja biljaka u cilju smanjenja temperature u letnjem periodu. U glavnom delu plastenika za gajenje biljaka optimalna temperatura u zimskom periodu je 16-17°C; međutim u letnjem periodu temperatura vazduha ne bi smela da pređe 50°C.

U plasteniku ne postoji sistem mehaničke ventilacije, što negativno utiče ne samo na visoku temperaturu u plasteniku tokom leta, nego i na kvalitet vazduha i količinu CO₂ koji je potreban biljkama za rast i razvoj. U letnjem periodu, kada je posebno izražen problem visokih temperatura unutar plastenika, koristi se prirodna ventilacija za provetranje prostora u kome se gaje biljke. U prostorima sa kontrolisanom atmosferom, minimalni protok svežeg vazduha pri ventilaciji samo za obezbeđivanje dovoljne količine CO₂ treba da bude 2-3 ACH, što je znatno više od postojećeg stanja.

Za grejanje plastenika se koristi energija geotermalne vode koja se crpi iz hidrogeološke IBDC-1 bušotine. Ukupna toplotna snaga koja se koristi za grejanje je oko 3 MW. U delu za uzgajanje biljaka smešteni su termički neizolovani rezervoari tople vode zapremine $V=20 \text{ m}^3$. Zbog gubitaka u sistemu razvoda vode od geotermalnog izvora do rezervoara, voda u cevima je temperature oko 40°C. Izlazna temperature vode iz sistema za grejanje je oko 22°C, i ne postoji sistem za vraćanje, pa se voda direktno ispušta u reku u neposrednoj blizini plastenika.

U zimskom periodu u toku noći, kada su kritično niske temperature dodatnu nepogodnost stvara formiranje magle i tada se kaloriferi, sa potrošnjom nafte od 192 l/h za dodatno zagrevanje, koji rade oko pola časa kako bi se „razbila“ magla i povišila temperatura u plasteniku. Pri temperaturi spoljašnjeg vazduha od -18°C, u plasteniku se dostiže temperatura od 10°C, što je ispod fiziološkog minimuma.

Na plasteniku je efekat staklene bašte izražen i u uslovima postojanja samo difuznog zračenja. To stvara uslove da se u toku dana može odvojiti deo geotermalne energije u sistem za akumulaciju toplote, koja bi se koristila u noćnom periodu.

3. ANALIZA RADA GEOTERMALNE BUŠOTINE IBDC-1 SA ASPEKTA NJENE PRIMENE U SISTEMU DALJINSKOG GREJANJA

1989. godine urađena je istražna hidrogeološka bušotina do dubine od 673 m na lokaciji PIK - "7 juli" u Debrcu. Izradom istražne hidrogeološke bušotine BDC-1 otkrivena je termalna voda koja je pod arteskim pritiskom ("samoizliv") u ispucalim i karstifikovanim krečnjacima trijasko starosti (vodonosnik), koji se nalaze ispod vodonepropusnih glina, laporaca i laporovitih glina neogene starosti na dubini do 473 do 673 m. Vodoprovodnost ispucalih i karstifikovanih krečnjaka u kojima je formirana termalna voda je $T=1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ i pripadaju dobro vodopropusnim stenama. Temperatura vode pod pritiskom iz istražne hidrogeološke bušotine je 51°C . Pri natpritisku termalne vode pri samoizlivanju od $+0,14 \text{ bar}$, izdašnost je $Q=4,2 \text{ l/s}$. Termalne vode iz bušotine su bez boje, mirisa i ukusa sa ukupnom mineralizacijom od $M=639 \text{ mg/l}$, i pripadaju hidrokarbonatnoj grupi natrijsko-kalcitskog tipa.

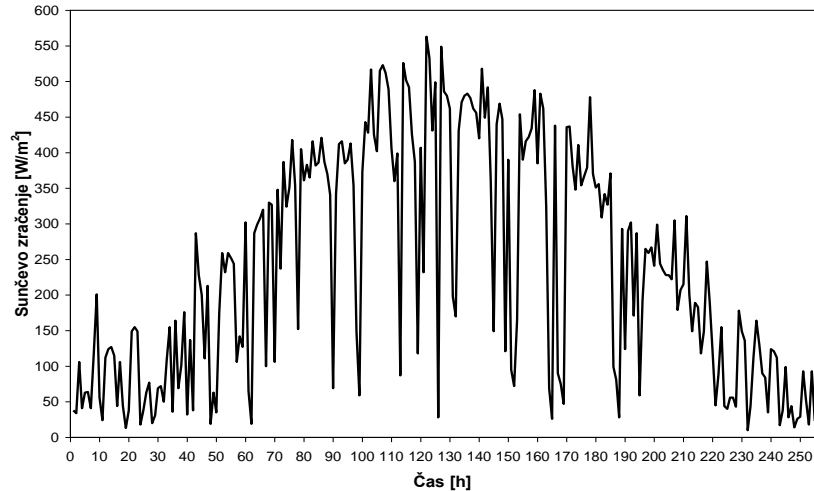
1991. godine urađen je istražno-eksploatacioni bunar IBDC-1 takođe na lokaciji PIK "7 juli" u Debrcu koji je na oko 100 m udaljen od istražne hidrogeološke bušotine BDC-1. Izradom bunara IBDC-1 definisan je geološko-hidrogeološki stub. Od 0,0 m do 483,0 m dubine teren je izgrađen od vodonepropusnih glina i laporovitih glina neogene starosti. Ispucali i karstifikovani krečnjaci trijasko starosti sa termalnim vodama pod arteskim pritiskom nalazi se na dubini od 483 m do 1002 m. Nakon izrade bunara 1991 godine samoizliv termalnih voda bila je $Q=13,5 \text{ l/s}$. Temperatura arterske termalne vode kreće se od 52 do 54°C . Mineralizacija termalnih voda iz bunara IBDC-1 je $M=360 \text{ mg/l}$, pa voda pripada hidrokarbonatnoj grupi (natrijsko-kalcitskoj grupi).

Na osnovu dugotrajnog hidrodinamičkog testiranja i režimskih ispitivanja termalnih voda iz bunara i istražne bušotine određene su bilansne rezerve termalnih voda kategorije **B** iz bunara od $Q=13,5 \text{ l/s}$ i kategorije **C** iz bušotine od $Q=36,5 \text{ l/s}$, (ukupno $Q=50,0 \text{ l/s}$). Takođe, važno je istaći da su fizička svojstva i hemijski sastav termalnih voda povoljni za transportovanje i korišćenje u sistemima daljinskog grejanja [1-2], [4].

Prema merenjima sprovedenim u poslednjih pet godina, prosečna izdašnost izvora iznosi 22 l/s , što je znatno manje od ispitivanjem mogućih protoka. Dinamičke simulacije ponašanja sistema su sprovedene za trenutnu izmerenu izdašnost geotermalnog izvora.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

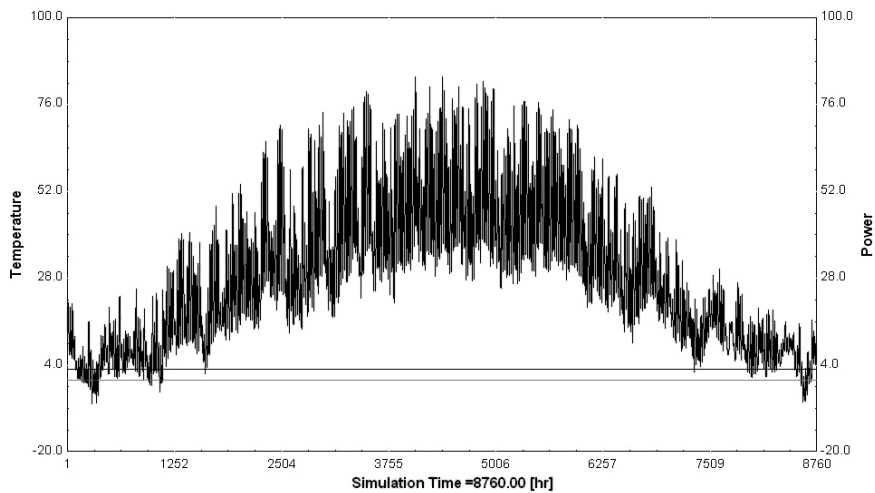
Projektovanje energetske efikasnog i ekonomičnog sistema bazirano je na relevantnim hidrometeorološkim parametrima, definisanim na osnovu TMG (tipične meteorološke godine) za datu lokaciju. Dinamičkim simulacijama određeni su dnevni i mesečni profili dozračenog globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu i vertikalne površine, za svih 8760 sati tokom godine, i na osnovu njih definisano ukupno toplotno opterećenje objekta. Intenzitet dozračenog sunčevog zračenja na horizontalnu ravan unutar plastenika tokom letnjeg perioda kretao se oko 500 W/m^2 , kako je prikazano na slici 1, dok je u zimskom periodu ova vrednost bila u pojedinim periodima i ispod 50 W/m^2 [3].



Slika 1. Izmerene vrednosti propuštenog globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u unutrašnjosti plasteniku u 14h

Ukupna dozračena sunčeva energija u zoni za pripremu rasada u toku godine iznosi 1071010 kWh, a u zoni gajenja biljaka 18525800 kWh.

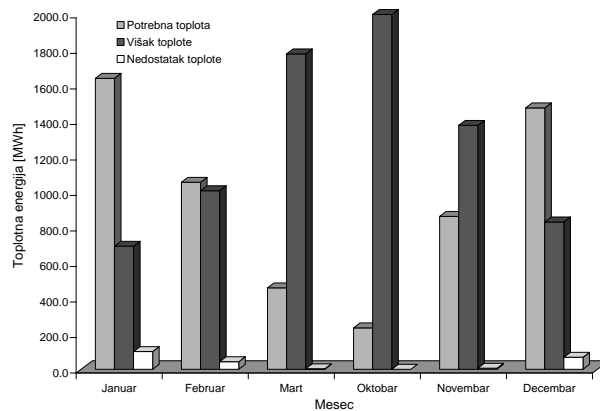
Dinamičkim simulacija izvršeno je upoređivanje nultog modela (ne postoji sistem za grejanje i klimatizaciju objekta) sa različitim scenarijima modela grejanja, hlađenja i ventilacije objekta. Na osnovu časovnih vrednosti spoljašnje temperature tokom godine, ustanovljena je temperatura unutar plastenika u slučaju da ne postoji sistem za grejanje i klimatizaciju objekta ("nulti model"). Minimalna temperatura dobijena u zimskom periodu je bila oko -7°C , dok je u letnjem periodu uočen rast temperature do 75°C (slika 2).



Slika 2. Časovni profili temperature unutar objekta tokom godine bez sistema za grejanje

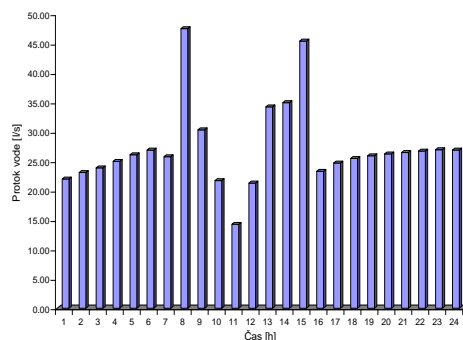
Unapređeni model je obuhvatio detaljnu analizu instalisane električne snage. Instalirana snaga osvetljenja u zoni za pripremu rasada iznosi 24 kW. Ukupna toplota od unutrašnjih izvora tokom godine u zoni za pripremu rasada iznosi 386830 kWh. U letnjem periodu, osvetljenje se koristi kada nema dovoljne osvetljenosti unutar zone, što značajno utiče na porast temperature.

Na slici 3, za usvojeni referentni model grejanja (temperatura u zoni rasada 25°C, u zoni gajenja 17°C), date su mesečne sume potrebne toplote za grejanje objekta, višak u odnosu na raspoloživu toplotu od geotermalnog izvora, kao i toplota potrebna da dogrevanje u periodima kada izdašnost geotermalnog izvora nije dovoljna da nadoknađivanje trenutnih termičkih gubitaka.

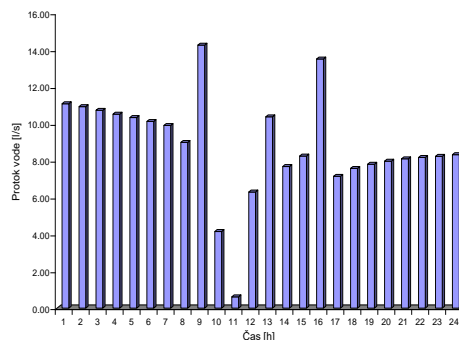


Slika 3. Grafički prikaz mesečnih bilansa potrebne toplote za grejanje objekta

Na osnovu raspoloživosti geotermalnog izvora, određeni su dnevni profili potrošnje vode u dva karakteristična slučaja: kada su potrebe za toplotom geotermalnog izvora manje od raspoložive i kada su potrebe za toplotom geotermalnog izvora jednake ili veće od raspoložive. Prema časovnim vrednostima potrebne toplote za grejanje određeni su profili potrošnje geotermalne vode prikazani na slikama 4 i 5.



Slika 4. Dnevni profil potrošnje vode u periodu kada su potrebe grejanja jednake ili veće od toplotne snage izvora



Slika 5. Dnevni profil potrošnje vode u periodu kada su potrebe grejanja manje od toplotne snage izvora

Sa raspoloživim protokom vode od 22 l/s, na osnovu slike 5, postoji višak vode u dnevnom periodu, koji se može uskladištiti. Sprovedenim preliminarnim analizama utvrđeno je da je klasičnim skladištenjem vode u izolovanim rezervoarima, za TMG, moguće "pokriti" potrebe grejanja samo snagom geotermalnog izvora.

Dinamičkim simulacijama postojećeg sistema prirodne ventilacije određene su časovne vrednosti temperature u zoni gajenja biljaka tokom godine, kao i potrebe za hlađenje objekta. U letnjem periodu u zoni gajenja biljaka ukupna toplota koja treba da se odvede sistemom za hlađenje i ventilaciju iznosi 7464880 kWh, a u zoni za pripremu rasada 560921 kWh. Postojećim sistemom prirodne ventilacije nije moguće u potpunosti ostvariti tražene veličine stanja vazduha. Sniženje temperature se ostvaruje povremenim orošavanjem (evaporativnim hlađenjem), čime se u mnogome narušava zahtevana relativna vlažnost vazduha, i u krajnjoj liniji smanjuju prinos i kvalitet proizvoda. Kritičan period u toku godine je jul - avgust, kada visoke temperature i vlažnost vazduha praktično onemogućavaju bilo kakvu biljnu proizvodnju.

ZAKLJUČAK

Mesečni iznos potrebne toplote za grejanje dat je u tabeli 1. Ako bi se za grejanje koristilo lako lož ulje, ukupna potrošnja ulja tokom čitave grejne sezone iznosila bi 545679 kg.

Ako se za grejanje koristi samo geotermalni izvori bez akumulacije toplote (što je trenutno stanje), maksimalna toplotna snaga za grejanje iznosi 2947 kW.

Tabela 1. Potrošnja lakog lož ulja tokom grejne sezone (računato prema TMG)

	Potrebno toplota	Potrošnja ulja	Cena ulja
	[MWh]	[kg/mes]	[1000*din/mes]
Januar	1638.6	156388.1	7708.37
Februar	1053.4	100536.6	4955.45
Mart	458.5	43759.3	2156.89
Oktobar	233.5	22285.3	1098.44
Novembar	861.1	82183.5	4050.82
Decembar	1472.4	140526.0	6926.53
Σ	5717.4	545678.7	26896.50

Poboljšanje energetske efikasnosti sistema moglo bi da se postigne akumulacijom viška toplote geotermalne vode i njenim vraćanjem u sistem u periodima kada su toplotne potrebe veće od raspoložive energije. Prema tabeli 1, ukupna toplota koja bi se akumulirala u čitavoj sezoni grejanja iznosi 219,4 MWh (prosečne mesečne vrednosti su date u tabeli). Ako bi tu energiju trebalo obezbediti potrošnjom lakog lož ulja onda bi akumulacijom viška geotermalne energije ukupna sezonska ušteda iznosila 20940 kg.

LITERATURA

- [1] Kosi F., Ećim O., Zlatanović I., Tomić V., Milanović P.: Razvoj i demonstracija energetski efikasnog sistema za korišćenje geotermalne energije u sprezi sa sistemom skladištenja toplotne energije geoizvora, Nacionalni program energetske efikasnosti, evidencioni broj EE273016, Godišnji izveštaj, Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije, 2007, Beograd.
- [2] Milanović P.: Materijali i oprema za korišćenje geotermalne energije, IHTM - Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, 2002, Beograd.
- [3] Ećim O., Todorović M.: Analiza uticaja debljine vazdušnog međusloja na koeficijent prolaza topline dvoslojne prekrivke plastenika, *KGH*, (2002), pp 23-29.
- [4] Milanović P.: Uticaj sastava i temperature vode na izbor toplotne šeme i materijala opreme za korišćenje geotermalne energije, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.

OPTIMISATION OF ENERGY EFFICIENCY GEOTHERMAL ENERGY SYSTEM FOR GREENHOUSE HEATING

Olivera Ećim-Đurić*, Vojislav Tomić**, Predrag Milanović***

*Poljoprivredni fakultet - Beograd

**Rudarsko-geološki fakultet - Beograd

***Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju - Beograd

Abstract: Setting-up the right greenhouse environment is subject to complex requirements. Present conditions real time parameters are analyzed from the viewpoint of greenhouse heating and ventilation system demands in winter period. Insufficient amount of heat energy gained from geothermal source during the low outside air temperatures period and unused geothermal heat energy in periods when heating system is not required are discussed. Complex environmental parameters modeling necessary for greenhouse heating and ventilation yearly energy requirements is provided. Numerical simulations are performed to provide energy efficiency improving, effective geothermal source use, defining heat storage system and conceptual technical design. Finally, needs for further research and engineering development are outlined.

Key words: *geothermal energy, greenhouse, numerical simulation.*