

OPTIMIZACIJA KOMBINOVANOG POSTROJENJA ZA PROIZVODNju POTROŠNE TOPLE VODE

COMBINED SYSTEM OPTIMIZATION FOR DOMESTIC HOT WATER PRODUCTION

V. Bakić*, V. Turanjanin*, M. Jovanović*, M. Pezo*, N. Miloradović**

*Laboratoriјa za termotehniku i energetiku, Institut Vinča, PO. Box 522, 11000 Beograd**
*JKP "Beogradske elektrane", Savski nasip 16, 11070 Novi Beograd***

Abstract: A dynamic simulation was done for DHW (domestic hot water) production in the summer operating period. The main objective of this paper was energy optimization of the large-scale solar heating system, for increase fossil fuels substitution of the hot water production for domestic use during the summer period using dynamical simulation method. Hot water for district heating and domestic use produces in heating plant „Cerak“ in Belgrade and supplying one settlement with hot water only during the summer period. There is exists production and distribution system based on fossil fuel energy, mainly of the natural gas.

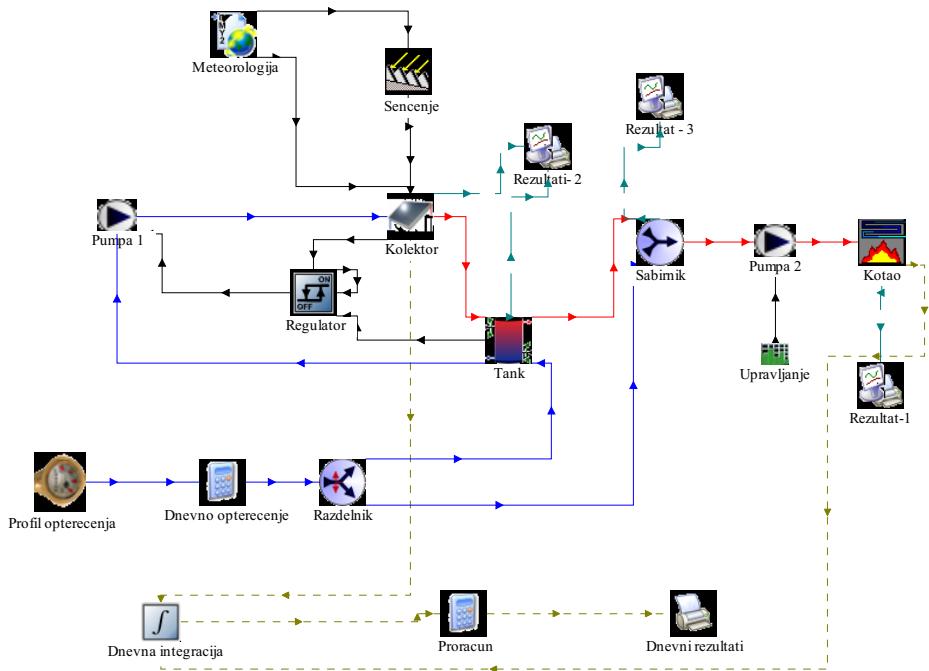
Key words: optimization, combined system, dynamic simulation

1. UVOD

Energetska situacija u svetu se naglo menja. Cene naftne i prirodnog gasa porasle su više nego dva puta u poslednjih nekoliko godina. Sa današnjom tendencijom snabdevanje naftom i gasom će biti otežano usled industrijske aktivnosti, rasta populacije i stalnog rasta potrebe za energijom. Takođe usled potrošnje fosilnih goriva dolazi do dramatičnih problema sa zagadenjem okolne sredine i emisije gasova staklene baštice. Korišćenjem solarne energije kao i obnovljivih izvora smanjilo bi se korišćenje fosilnih goriva a ujedno samnjilo bi se emitovanje gasova staklene baštice.

Dok cene naftne i gase rastu, podaci pokazuju da se cena solarne termalne opreme smanjuje. Korišćenjem solarne termalne energije ujedno se smanjuje energetska zavisnost od skupne uvozne energije. Prednosti solarne energije kao energetskog izvora koji se koristi za grejanje i proizvodnju potrošne tople vode su sledeće: besplatna je i dostupna, nezagadjuje okolinu (nema procesa sagorevanja, odnosno emitovanja gasova kao što su CO, SO, NO, i drugih), kombinovanjem sa klasičnim izvorima energije povećava stepen korisnosti postrojenja, doprinosi održivom razvoju. Čak i da se uzme u obzir stabilne cene fosilnih energenata, postoji značajan interes instalisanja solarnog termalnog sistema sa povraćajem sredstava od 5 do 9 godina, sa vekom trajanja solarnih sistema od 20 do 25 godina.

Efikasan način korišćenja solarne energije je primena solarnih kolektora u proizvodnji sanitarnih toplih voda i daljinskom grejanju. Toplana „Cerak“ je integralni deo JKP „Beogradske elektrane“ i prozvodi i distribuira potrošnu topnu vodu za potrošače u Beogradskim opština Čukarica i Rakovica u periodu od 15 aprila do 15 oktobra. Osnovni



Slika 1. Šematski prikaz kombinovanog postrojenja za proizvodnju tople vode.

energenat koji se koristi u ovoj toplani je gas i mazut. Ukupna instalisana snaga kotlova je 244.3 MW, od toga za grejanje koristi se oko 230 MW dok za proizvodnju potrošne tople vode oko 14.3 MW.

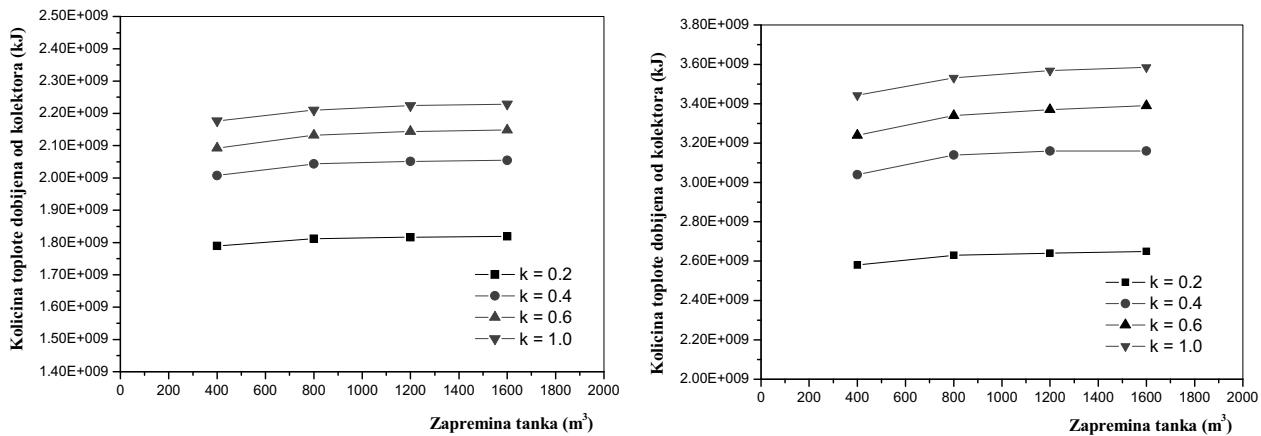
Instalisana snaga energetskog sistema na TO Cerak za proizvodnju potrošne tople vode u periodu od 15 aprila do 15 oktobra je oko 6 MW. Analizirana su tri radna režima toplane Cerak:

- projektovani radni režim 65/22 °C sa protokom potrošne tople vode od 120 m³/h, gde je temperatura odlazne potrošne vode 65 °C dok je temperatura potrošne tople vode u povratnom vodu 22 °C.
- sadašnji radni režim 62/45 °C sa protokom potrošne tople vode od 300 m³/h .
- radni režim nakon modernizacije podstanica 60/40°C sa protokom potrošne tople vode od 250 m³/h.

2. DINAMIČKA SIMULACIJA

Na Slici 1. prikazan je šematski prikaz kombinovanog postrojenja (solarna energija–gas) za proizvodnju tople vode na TO Cerak. Sve prikazane komponente kombinovanog sistema date su matematičkim modelima izražene diferencijalnim i algebarskim jednačinama. Simultanim rešavanjem ovih jednačina moguće je dobiti satne promene svih fizičkih veličina koje karakterišu ovaj energetski sistem. Dinamička simulacija urađena je korišćenjem softverskog paketa TRNSYS.

U ovom radu urađena je optimizacija energetskog sistema iz rada [1]. Razmatran je kombinovani energetski sistem sa površinom ravanskih kolektora firme NAU od 5000 m² i 8000 m². Optimizacija energetskog kombinovanog energetskog sistema vršena je sa ciljem dobijanja većih energetskih dobitaka od sunčevog zračenja promenom zapremine tanka i protoka potrošne vode kroz tank.

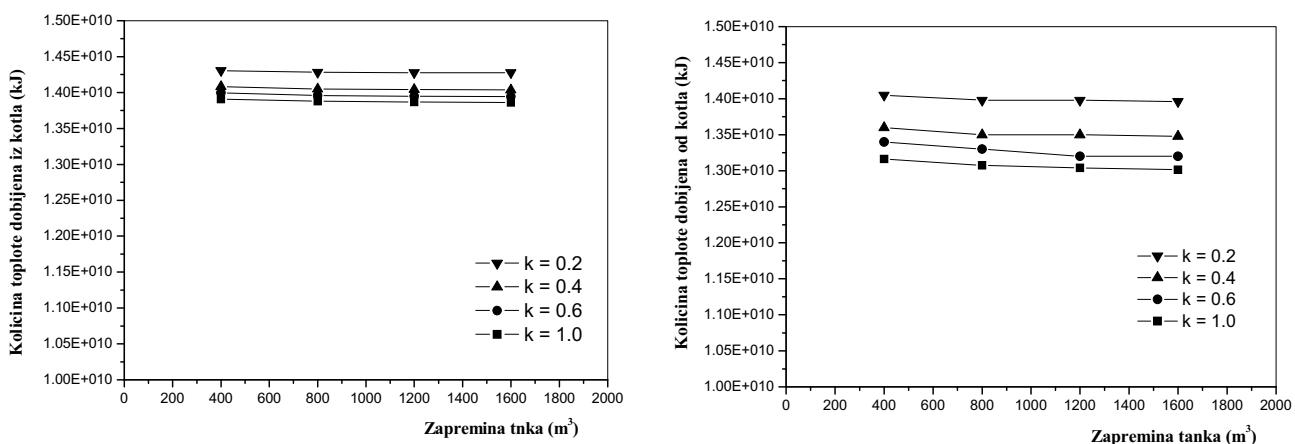


Slika 2. Količina toplice dobijena od kolektora tipa NAU za površine kolektorskog polja od 5000 m² (levo) i 8000 m² (desno) u zavisnosti od zapremine tanka i protoka potrošne tople vode kroz tank, režim 65/22 °C.

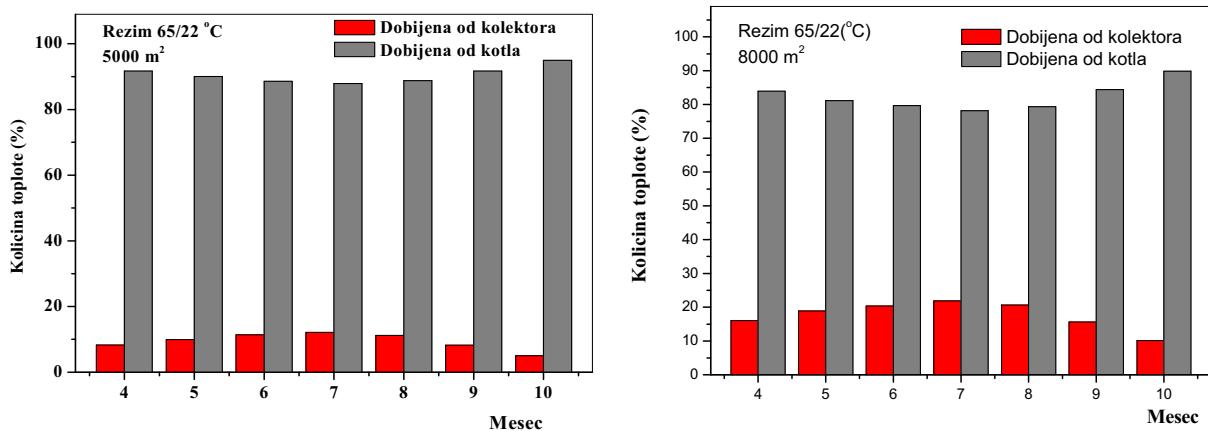
Integralni delovi kombinovanog energetskog sistema sa Slike 1. su: kolektorsko polje, tank, kotao na prirodni gas, pumpe, regulacioni sistem, razdelnik i sabirnik. Meteorološki podaci za Tipičnu meteorološku godinu (TMG) za Beograd su dobijeni iz softverskog paketa METEONORM [2]. Rad kotla na prirodni gas u simulaciji, koji odgovara aktuelnoj situaciji na TO "Cerak", je definisan tako da na izlazu iz kotla imamo željenu temperaturu potrošne tople vode koja se isporučuje potrošačima.

2.1. Rezultati dinamičke simulacije

Uticaj veličine tanka i deo protoka vode koji će proći kroz tank analiziran je za sve tri radna režima TO Cerak i za kolektorske površine od 5000 m² i 8000 m². Na Slici 2. prikazan je uticaj ovih aparatetara na energetske dobitke od kolektora za mesec jul, za radni režim 65/22 °C pri protoku sanitarnе tople vode od 120 m³/h, gde pri koeficijentu k = 1.0 celokupni protok vode prolazi kroz tank, a na Slici 3. prikazana je promena potrebne količine toplice za zagrevanje vode dobijena od kotla..



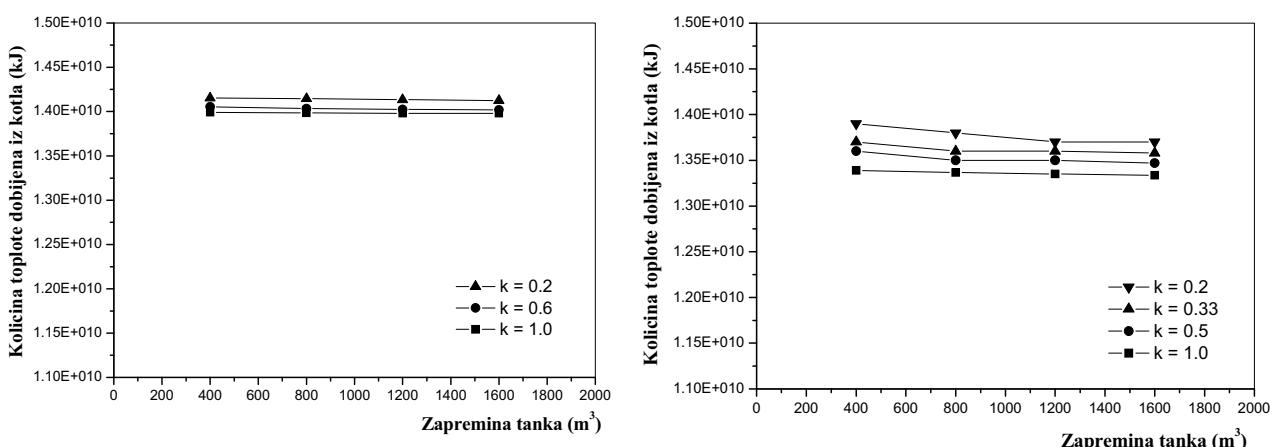
Slika 3. Potrebne količine toplice iz kolektora pri površini kolektorskog polja od 5000 m² (levo) i 8000 m² (desno) u zavisnosti od zapremine tanka i protoka potrošne tople vode kroz tank, režim 65/22 °C.



Slika 4. Procentualno učešće količine topline dobijene od kolektora i kotla u odnosu na ukupni toplotni kapacitet kombinovanog sistema za proizvodnju tople vode za režim 65/22 °C, 120 m³/h za k = 1.0 i pri zapremini tanka od 1200 m³.

Sa Slike 2. jasno se uočava da sa porastom zapremine tanka i porastom protoka potrošne tople vode kroz tank rastu i energetski dobici od kolektorskog polja. Analiziranjem rezultata sa Slike 2. i Slike 3. uočava se da sa porastom protoka vode kroz tank smanjuje se potrebna količina topline iz kotla za dogrevanje potrošne vode do željene temperature odnosno smanjuje se potrošnja gasa za ostvarivanje željenog režima. Takođe sa Slike 3. uočava se da povećanje zapremine tanka iznad 1200 m³ ne utiče bitno na smanjenje potrošnje gasa. Na Slici 4. prikazano je procentualno učešće količine topline dobijene od kolektora proizvođača NAU i kotla u odnosu na ukupni toplotni kapacitet kombinovanog sistema za proizvodnju potrošne tople vode.

Na Slici 5. prikazane su zavisnosti količine topline dobijene od kotla od zapremine tanka i protoka vode kroz tank za radni režim 62/45 °C pri površini kolektora od 5000 (levo) i 8000 m² (desno). Uticaj zapremine tanka i protoka pri režimu 62/45 °C na količinu topline dobijene od kotla je znatno manji s obzirom da je temperaturska razlika potrošne tople vode u odlaznom i povratnom vodu manja u odnosu na režim 65/22 °C.



Slika 5. Potrebna količina topline dobijena iz kotla pri površini kolektora od 5000 m² (levo) i 8000 m² (desno) u zavisnosti od zapremine tanka i protoka vode kroz tank 62/45 °C.

Tabela 1. Smanjenje emisije CO₂ optimiziranog kombinovanog sistema.

| Kolektorska površina | Smanjenje emisije CO₂ (t/god.) | | |
|-----------------------------|--|---|---|
| | 62/45 °C 300 m³/h | 65/22 °C 120 m³/h | 60/40 °C 250 m³/h |
| 5000 m² | 531,14 | 628,76 | 563,37 |
| 8000 m² | 826,73 | 992,30 | 878,81 |

Republika Srbija je ratifikovala Kjoto protokol, prema kome pripada grupi zemalja iz ANEKC-a I. Time je stvorena šansa za uključivanje ovakve vrste projekta u CDM projekta (projekti Mehanizma čistog razvoja, Clean Development Mechanism - CDM), pošto postavljanje i korišćenje termalnih kolektora sunčeve energije dovodi do smanjenja potrošnje fosilnih goriva i emisije CO₂.

Prema literaturi [3] sagorevanjem prirodnog gasa oslobođi se 50,33 kgCO₂/GJ energije goriva. Na osnovu rezultata dobijenih simulacijom za različite vrste i različite površine kolektora proračunato je smanjenje CO₂ za period letnjeg režima rada toplane CERAK. U Tabeli 1. su date vrednosti smanjenja emisije CO₂ za sve simulirane slučajevе.

Tabela 2. Dobijena količina topline od kolektora u % za period od 15. aprila do 15. oktobra.

| Kolektorska površina | Dobijena kolicina topline od kolektora (%) | | |
|-----------------------------|---|---|---|
| | 62/45 °C 300 m³/h | 65/22 °C 120 m³/h | 60/40 °C 250 m³/h |
| 5000 m² | 9,95 | 11,6 | 10,7 |
| 8000 m² | 15,58 | 18,47 | 16,8 |

3. ZAKLJUČAK

U krugu toplane Cerak postoji dovoljno prostora za ugradnju solarnih kolektora do 5000 m² (kupovinom zemljišta oko toplane 8000 m²) bez značajnijih ulaganja u pripremu prostora za postavljanje kolektorskih polja. Urađena je energetska optimizacija za kombinovani sistem za proizvodnju potrošne tople vode za dve ukupne površine kolektorskih polja od 5000 m² i 8000 m² tokom letnjeg režima TO Cerak. Razmatrana su tri režima rada kombinovanog sistema za zadatu toplotnu snagu do 6 MW: sadašnji 62/45°C sa protokom od 300 m³/h tople vode, projektovani 65/22 °C sa protokom od 120 m³/h i budući 60/40 °C sa protokom od 250 m³/h, koji će biti ostavaren nakon predviđenih rekonstrukcija i poboljšanja celokupnog sistema TO Cerak.

Analiza dobijenih rezultata je pokazala da je ušteda gasa srazmerna površini postavljenih kolektora, jer su tokom leta značajni dobici od sunčevog zračenja. U radu je prikazana je optimizacija kombinovanog energetskog sistema sa celjem dobijanja većih energetskih benefita. U radu su analiziran uticaj zapremine tanka i protoka kroz tank na energetske dobitke od sunčevog zračenja.

REFERENCE

- [1] METEONORM 5.0, Global Meteorological Database for Solar Energy and Applied
- [2] Valentina Turanjanin, Vukman Bakić, Nenad Miloradović, Biljana Vučićević, Marina Jovanović, Simulation of Combined System for Water Heating, Termotehnika, (2009), 1, str. 111-120.
- [3] www.naturalgas.org/environment/naturalgas.asp