

# RAZVOJ I UPORABA RAČUNALNE APLIKACIJE ZA PROJEKTIRANJE SOLARNIH SUSTAVA



*Krešimir PEĆAR, dipl. ing.  
Maja ZORIĆ, prof.*

*Pri projektiranju složenih termotehničkih sustava urbane vile bruto površine oko 750 m<sup>2</sup>, koja uz klasične sadržaje, ima i bazen, sunčalište, dvoranu za fitness i lovačku sobu s trezorom, razvijena je računalna aplikacija za proračun insolacije, potrebne energije objekta, površine solarnih kolektora te uštedu i pozitivni ekološki učinak. Za očekivati je da će takvi i slični programi, u skladu sa sve većom primjenom solarnih sustava, postati sve potrebniiji alat projektantima i potencijalnim korisnicima tog obnovljivog izvora energije.*

Nedavno je objavljena vijest o tome da je u Grazu u Austriji 2009. godine otvoreno novo veliko solarno postrojenje za izravnu isporuku toplinske energije od Sunca u toplovodnu mrežu. To je još jedno od desetak većih solarnih postrojenja koje u potpunosti pokrivaju sve potrebe za pripremom potrošne tople vode tijekom ljeta za cijela naselja. Ukupna instalirana površina takvih solarnih kolektora iznosi 3855 m<sup>2</sup>.

To je samo jedna od mnogih sličnih vijesti koje često pristižu iz razvijenih zemalja. S obzirom na to da hrvatska politika, barem načelno, čvrsto prihvaća uzuse iz zemalja Europske unije, tako je donesen niz strategija i planova koji bi trebali pomoći primjeni svih energetske i ekološke standarde koji vode održivom razvoju. Međutim, slušajući predstavnike ministarstava u čijoj su domeni energetika i zaštita okoliša, razvidno je da je između proklamirane politike i realnog života ponor koji razdvaja te dvije razine: s jedne strane mnogo velikih i dobrih ideja, s druge premalo

ili ništa pomoći države da kroz poreznu politiku i/ili neposredne beneficije utječe na odabir investitora za obnovljive izvore. Čini se da odgovorni još nisu shvatili da je općeniti uvjet za korištenje obnovljivih izvora vrlo visoka investicija te da se bez većeg angažmana na promicanju i stvaranju realnih uvjeta za nižu investiciju ne može početi naprijed. Stoga će, na žalost, iz drugih zemalja čijem standardu Hrvatska teži i dalje stizati odlične vijesti kao na početku, dok će Hrvatska i dalje nazadovati u primjeni obnovljivih izvora, pa i Sunčeve energije.

Kako, međutim, bez obzira na spomenute poteškoće, ima investitora koji prepoznaju korist korištenja obnovljivih izvora i nalaze tehnoko-ekonomsku računicu (nesigurnost dobave energetske pravaca za Hrvatsku, a osobito plina, predviđiv značajan porast cijene energenata, smanjenje emisije ugljičnog dioksida, beneficije koje će u tom smislu predvidivo donijeti budućnost itd), taj sektor u Hrvatskoj ipak nije sasvim ugašen.



Ilustracija 1  
Računalni prikaz objekta



### Opis projekta

Za investitora je projektirana obiteljska kuća koja ima sustav osnovnog grijanja i hlađenja s dizalicom topline voda - voda toplinskog učina 50 kW (il. 1). Priprema PTV-a i zagrijavanje vode za bazen tijekom zime predviđeni su pomoću dizalice topline, a u razdoblju ožujak - listopad pomoću solarnih kolektora.

Objekt ima tlocrtnu gabarite  $20,3 \times 18,25$  m i ukupno tri etaže: podrum, prizemlje, kat (il. 1). Zahvaljujući bruto površini oko  $750 \text{ m}^2$  i ukupnom volumenu koji prelazi  $2500 \text{ m}^3$ , nestandardnim tehnološkim zahtjevima uz klasične sadržaje (zatvoreni bazen, fitness, sunčalište, lovačka soba itd) te vrhunskoj arhitekturi, investitor će dobiti objekt izvanredne uporabne vrijednosti. Pri tome se vodilo računa o njegovoj želji da se plin kao energent ne uzima u obzir zbog mogućih problema s plinskim sustavom u budućnosti, već da se pogon dizalice topline ostvari električnom energijom. U slučaju pada elektroenergetskog sustava, u pogon se automatski stavlja dizelski agregat.

### Elaborat uštede energije i toplinske zaštite

Da bi se uopće moglo provesti detaljnu energetska analizu, izrađen je Elaborat uštede energije i toplinske zaštite kojim su dobivene (il. 3, tablica 1):

- godišnja potrebna toplina za grijanje:

$$Q_{H,nd} = 105\,457 \text{ MJ} = 29\,294 \text{ kW h}$$

- godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici korisne površine zgrade:

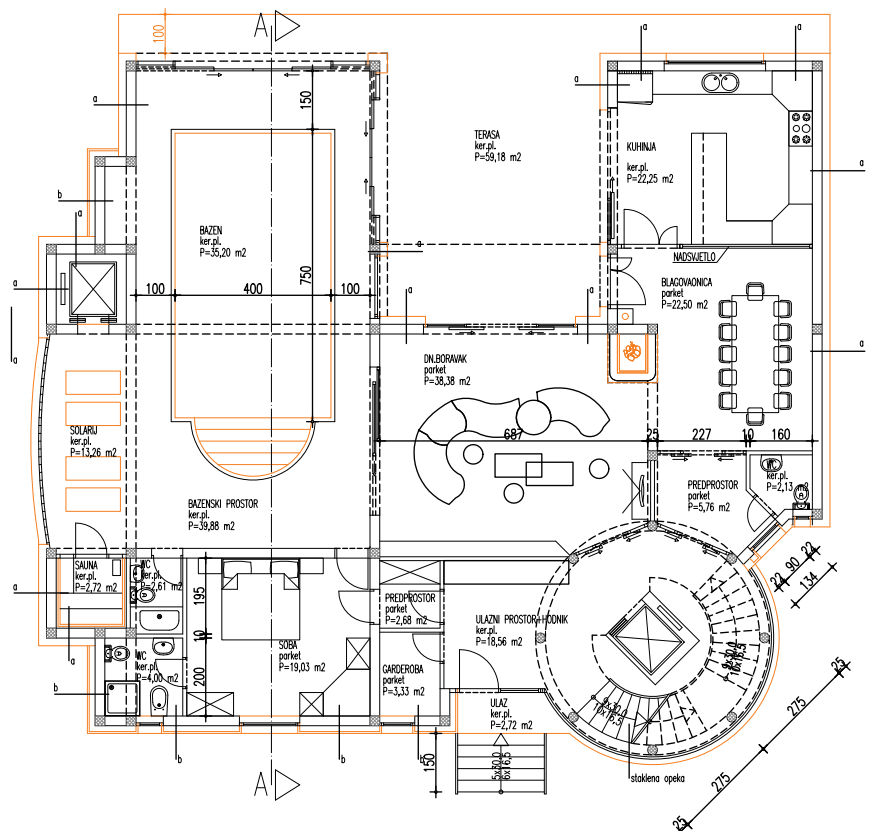
$$Q''_{H,nd} = 48,19 \text{ kW h/m}^2 \text{ godišnje}$$

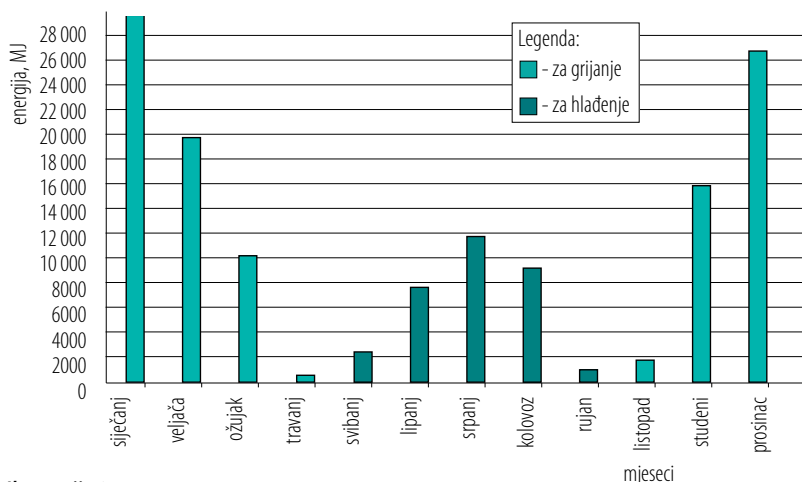
- godišnja potrebna rashladna energija za hlađenje:

$$Q_{C,nd} = 32\,683 \text{ MJ} = 9079 \text{ kW h.}$$

Potrebna toplina za grijanje zadovoljava zahtjeve iz propisa. No, kao što je vidljivo, specifična potrošnja energije za grijanje objekta iznosi oko  $48 \text{ kW h/m}^2$  godišnje, što ga ne svrstava u red niskoenergetskih kuća. Međutim, uzimajući u obzir površinu i volumen te ukupni instalirani toplinski učin  $40 \text{ kW}$  i rashladni učin oko  $20 \text{ kW}$ , zasigurno se može reći da je na njemu postignuta ravnoteža zahtjeva investitora za vrhunskom udobnošću i želje za što većom energetska učinkovitošću.

Ilustracija 2  
Tlocrt prizemlja





**Ilustracija 3**  
Dijagram potrebne energije za grijanje i hlađenje objekta

**Tablica 1** Proračun energetike objekta

površina, m <sup>2</sup>	neto	610
	bruto	750
volumen, m <sup>3</sup>		2500
potrebna energija, kW h godišnje	za grijanje $Q_{gr}$	30 000
	za pripremu PTV-a $Q_{PTV}$	5000
	za zagrijavanje bazenske vode $Q_{baz}$	25 000
	ukupna za grijanje	60 000
	za hlađenje	10 000
	ukupna za hlađenje	10 000
ukupna za grijanje i hlađenje na godišnjoj razini		70 000
godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici površine zgrade $Q''_{H,nd}$ , kW h/m <sup>2</sup> godišnje		48 (ne zadovoljava kriterij za NEK)
emisija CO <sub>2</sub> u atmosferu (na osnovi prirodnog plina), t godišnje	za grijanje	14
	za hlađenje	2,5
	ukupno	16,5
potrebni maksimalni toplinski učin izvora topline, kW	za grijanje $\Phi_{gr}$	45
	za pripremu PTV-a $\Phi_{PTV}$	3
	za zagrijavanje bazenske vode $\Phi_{baz}$	3
	ukupni $\Phi_q$	51
potrebni maksimalni rashladni učin, kW	za hlađenje $\Phi_{hl}$	20

### Računalni program SolarTeh

S obzirom na velik broj ulaznih podataka, matematičkih izraza i završnih rezultata, uputno je za proračun solarnog sustava koristiti pomoć računala čime se višestruko skraćuje vrijeme izrade različitih kompliciranih proračuna i, što je još važnije, uporabom prilagođenog korisničkog sučelja posve je nestala mogućnost pogreške zbog zamornog čitanja tablica i tipkanja više desetaka podataka po tipkovnici kalkulatora.

Iako na tržištu postoji nekoliko profesionalnih softverskih rješenja, njihova cijena, metoda proračuna, nepostojanje dijela željenih izračuna, a osobito nepostojanje točnih baza podataka za Hrvatsku su bili osnovni razlozi za odluku da se vlastitim znanjem razvije nova računalna aplikacija.

Osnovna struktura programa SolarTeh sadrži četiri modula: 'Insolacija', 'Energija', 'Kolektori', 'Ušteda i ekologija' (il. 4).

Iako je prvobitno bio zamišljen još i modul 'Oprema' koji je na osnovi proračunskih podataka iz prva četiri modula trebao dimenzionirati opremu solarnog sustava, on nije realiziran zbog kratkih zadanih rokova. No, pri tome se u punoj formi pokazuje još jedna prednost samostalnog kreiranja programa: modul će se doraditi pri projektiranju prvog sljedećeg solarnog sustava čime će program dobiti konačnu fizionomiju.

### Programski jezik C# i kod programa

C# je objektno orijentiran programski jezik koji je razvio Microsoft i napisan je za arhitekturu .NET Framework. Od jezika C preuzeo je učinkovitost, od jezika C++ objektno orijentiranu strukturu, od Jave visoku razinu sigurnosti, a od Visual Basica brzinu razvoja aplikacija. To je razmjerno jednostavan programski jezik sa samo 80 rezerviranih riječi i desetak ugrađenih tipova podataka. No, vrlo je uspješan kada je treba primijeniti nove programske ideje koje nerijetko u realizaciji zahtijevaju komunikaciju s bazama podataka. Zato .NET Framework sadrži raznovrsne klase za rad s bazama podataka.

Da bi se za neki realni problem izradilo softversko rješenje, potrebna je suradnja stručnih osoba iz područja problematike i programera. Tek nakon točnog sagledavanja zadataka i cilja softverskog rješenja, moguće je krenuti u izradu same aplikacije.

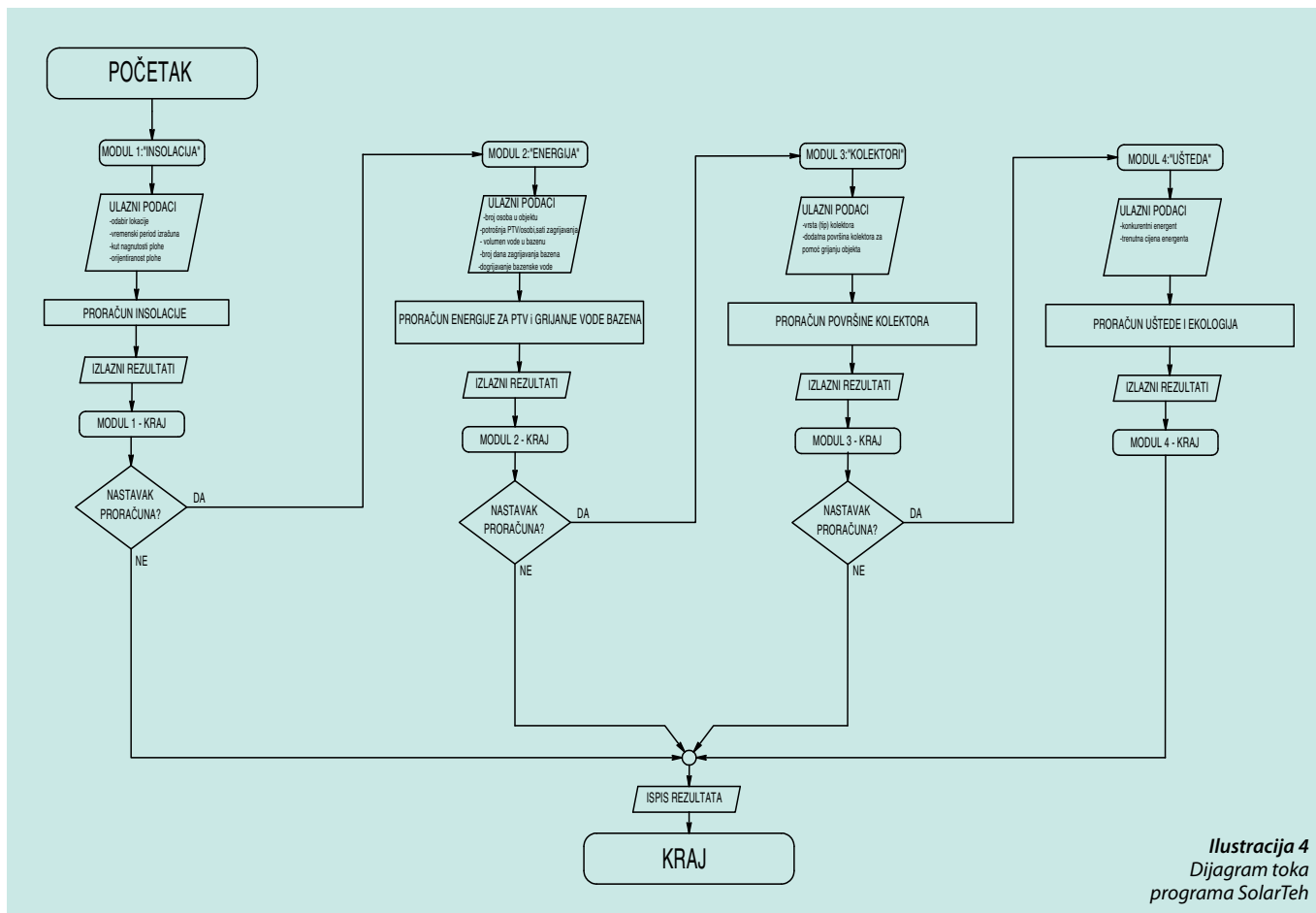
Program je rađen u Microsoft Visual Studiu 2008, a baza podataka je kreirana na Microsoft SQL Serveru 2005. Pri njegovoj izradi je za svaki od četiri modula unaprijed trebalo definirati:

- ulazne podatke: koje će od njih korisnik sam unositi, a koji će biti dani na izbor iz baza podataka
- tražene proračune
- izlazne podatke.

Program je osmišljen tako da bude razumljiv korisniku i jednostavan za uporabu, a također ima mogućnost proširivanja zadataka i dodavanja izračuna, ovisno o potrebama krajnjih korisnika.

### Korisničko sučelje i proračuni

U modulu 1 'Insolacija' korisnik odabire jednu od osam lokacija u Hrvatskoj, razdoblje izračuna,



**Ilustracija 4**  
Dijagram toka  
programa SolarTeh

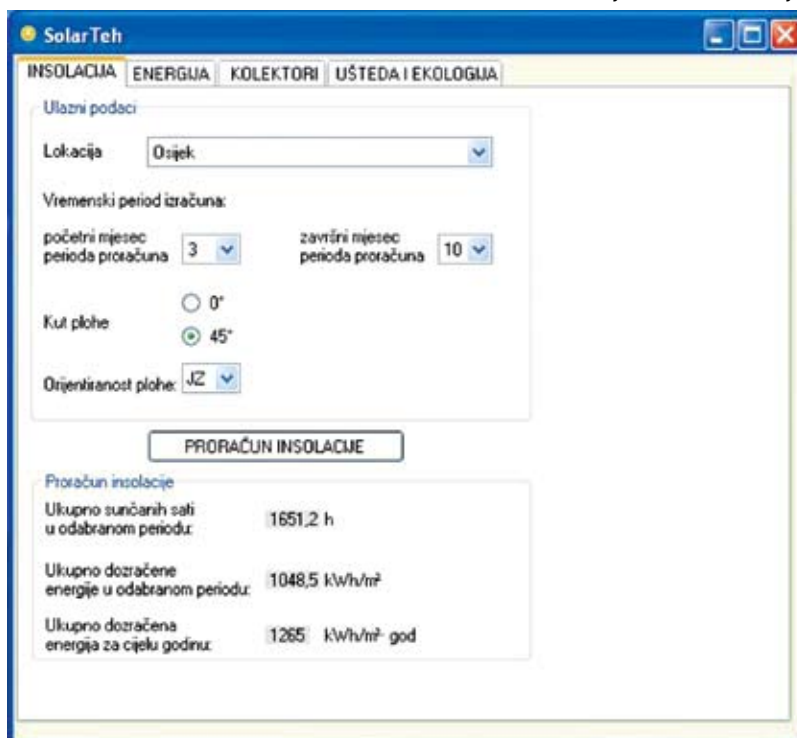
kut plohe kolektora te orijentiranost plohe (il. 5). Da bi se izračunali sunčani sati i ukupna dozračena Sunčeva energija u odabranom razdoblju i za cijelu godinu, korišteni su podaci iz 'Solarnog atlasa' koji je izradio Energetski institut 'Hrvoje Požar'.

U modulu 2 'Energija' korisnik odabire broj osoba u objektu, potrošnju PTV-a (u l/d po osobi), broj sati za pripremu PTV-a (u h), volumen vode u bazenu (u m<sup>3</sup>), broj dana za zagrijavanje bazena pri cjelokupnoj izmjeni bazenske vode, dnevno dogrijavanje bazenske vode (u K/d) (il. 6). Uvođenjem energetske jednadžbe, izračunavaju se potrebni energetske zahtjevi sustava za pripremu PTV-a i zagrijavanje bazenske vode

U modulu 3 'Kolektori' korisnik odabire vrstu kolektora i tip proračuna (pomoć sustavu grijanja: da ili ne) (il. 7). Nakon izračuna približne površine kolektora, korisnik odabire površinu kolektora koja je usklađena s maksimalno 60% solarnog pokrivanja godišnjih energetske potreba sustava za pripremu PTV-a i zagrijavanje bazenske vode. Ako se želi dodatna površina kolektora za pomoć sustavu grijanja u prijelaznom i zimskom razdoblju, omogućuje se njezin brojčani unos. U tom se slučaju još izračunava višak primljene topline

ljeti, što treba odvesti iz termodinamičkog sustava grijanja kao zaštita od pregrijavanja (stagnacije solarnog sustava).

**Ilustracija 5**  
Sučelje modula 1 'Insolacija'



**Solar Teh**

INSOLACIJA | ENERGIJA | KOLEKTORI | UŠTEDA I EKOLOGIJA

Ulazni podaci:

Lokacija: Osijek

Vremenski period izračuna:

početni mjesec: 3      završni mjesec: 10

perioda proračuna: 3      perioda proračuna: 10

Kut plohe:  0°  45°

Orijentiranost plohe: JZ

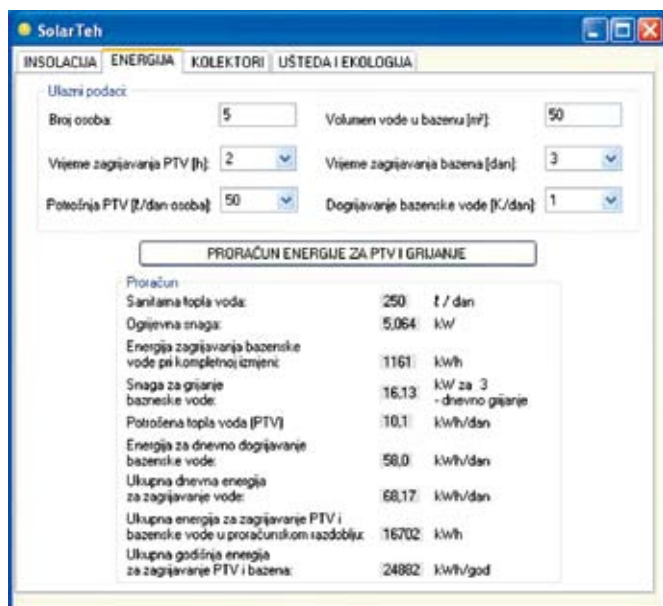
**PRORAČUN INSOLACIJE**

Proračun insolacije

Ukupno sunčanih sati u odabranom periodu: 1651,2 h

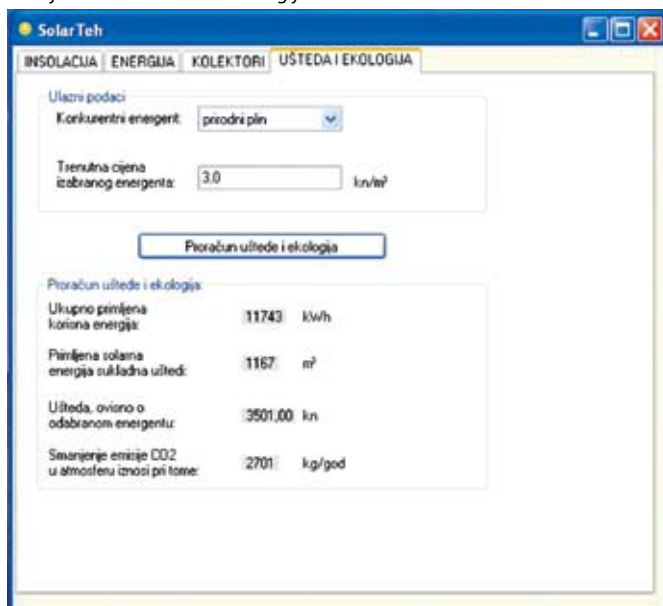
Ukupno dozračene energije u odabranom periodu: 1048,5 kWh/m<sup>2</sup>

Ukupno dozračena energija za cijelu godinu: 1265 kWh/m<sup>2</sup> god



Ilustracija 6  
Sučelje modula 2 'Energija'

Ilustracija 8  
Sučelje modula 4 'Ušteda i ekologija'



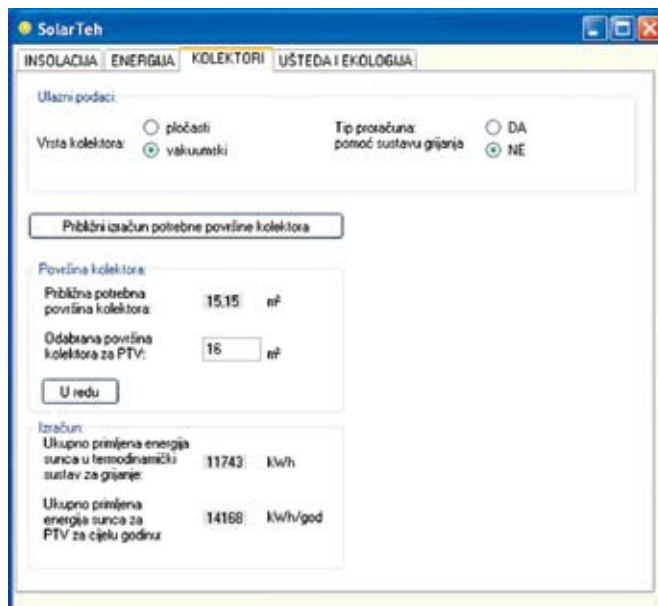
#### Napomena

Demo-verzija programa SolarTeh može se pronaći na internetskim stranicama tvrtke Hidroenerga:

[www.hidroenerga.hr/solarteh.html](http://www.hidroenerga.hr/solarteh.html)

Program se može instalirati na operacijski sustav Windows XP i Windows 7. Upute za instalaciju programa mogu se pročitati u tekstualnoj datoteci UputeZalnstalaciju.txt koja se nalazi u arhivi zajedno s instalacijom demo-verzije.

Ilustracija 7  
Sučelje modula 3 'Kolektori'



U modulu 4 'Ušteda i ekologija' unosi se konkurentni energent: prirodni ili ukapljeni naftni plin ili loživo ulje te njegova trenutna cijena (il. 8). Iz ukupne primljene korisne Sunčeve energije i donje ogrijevne vrijednosti energenta dobivaju se podaci o primljenoj insolaciji koja je ekvivalentna uštedi na izačunatoj količini odabranog energenta i njegovoj tržišnoj cijeni. U konačnici, računa se smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu kao osnovni ekološki čimbenik uporabe solarnih sustava.

#### Zaključak

Zamišljen kao jednostavna i korisniku prilagođena računalna aplikacija za projektiranje solarnih postrojenja, SolarTeh je u konačnici ispunio tražene projektantske zahtjeve.

Pri tome je pokazano da se vlastito izrađeni računalni programi po mnogim svojim performansama mogu usporediti s profesionalnim modulima raznih programerskih kuća, a znatno su jeftiniji od njih. Mogu se koristiti u neograničenom razdoblju (za razliku od besplatnih probnih verzija pojedinih programskih paketa nekih programerskih tvrtki), lako se oblikuju i prilagođavaju korisniku tako da imaju sve potrebne performanse i strukturu na koju je korisnik navikao te, u konačnici, mogu se neograničeno razvijati u vlastitoj organizaciji sukladno daljnjim potrebama i novim saznanjima korisnika. ■