

Darko Knežević dipl. inž. elektrotehnike  
Inelek d.o.o.  
Grmoščica srednja 11, HR-10090 ZAGREB  
tel. + 385 (01) 3649 836, 3649 837  
fax. + 385 (01) 3698 737  
e-mail: [inelek@zg.t-com.hr](mailto:inelek@zg.t-com.hr); [darko.knezevic1@zg.t-com.hr](mailto:darko.knezevic1@zg.t-com.hr)

## APLIKACIJA ZA ODREĐIVANJE SUNČEVOG ZRAČENJA ZA HRVATSKU – PODLOGA ZA TEHNIČKU ANALIZU ZA PRIJAVU U REGISTAR PROJEKATA OIEKPP

Kako bi se povećala primjena obnovljivih izvora energije, koji u zemljama kao što je Hrvatska pružaju brojne mogućnosti, tvrtka „Energetika Marketing d.o.o.“ je 17. veljače 2011. organizirala održavanje seminara „Mogućnosti primjene obnovljivih izvora energije – fotonaponski sustavi“. Ovaj je projekt prezentiran tijekom trećeg tematskog dijela seminara pod nazivom „Rješenje za primjenu fotonaponskih sustava i izvedeni projekti“.

### 1. Uvod

Vrlo važni čimbenici koje treba uzeti u obzir pri projektiranju pasivnih i aktivnih solarnih sustava su:

- promjena ozračenja ( $\text{kWh/m}^2$ ) pri kretanju Sunca po nebu tijekom dana i tijekom godine,
- procjena zasjenjenosti određene lokacije tijekom cijele godine.

„Inelek d.o.o.“ je razvio jedinstvenu računalnu metodu pomoću koje će se integrirati oba prethodno navedena potrebna čimbenika za pravilno dimenzioniranje solarnih sustava.

Projekt je u rujnu 2010. u saradnji s FER-om prijavljen na natječaju „Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost“, prihvaćen je u kategoriji programa i projekata u području energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije, odobreno je sufinanciranje i čeka se sklapanje ugovora s Fondom.

### 2. Implementacija

Dobru lokaciju za korištenje Sunčeve energije je lako odrediti: okrenuta je prema jugu, izložena je Suncu bez prepreka kao što su brda, planine, stable ili zgrade. Međutim, nisu sve lokacije potpuno izložene jugu, pa svaku prepreku koja zasjenjuje Sunce treba uzeti u obzir. Za preciznije proračune potrebno je izmjeriti kutnu visinu svake prepreke i odrediti odgovarajuće smanjenje Sunčevog zračenja. Za tu svrhu će se koristiti [Solar Pathfinder](#) uređaj s pripadnim mu računalnim programom (prikazan na slici 1).



Slika 1: Solar Pathfinder uređaj

Solar Pathfinder uređaj se smatra standardnim alatom solarne industrije za analizu zasjenjenosti/transparentnosti lokacija na kojima će se instalirati solarni sustavi, a također i za analizu postojećih solarnih sustava.



Slika 2: Solarna mapa Solar Pathfinder uređaja

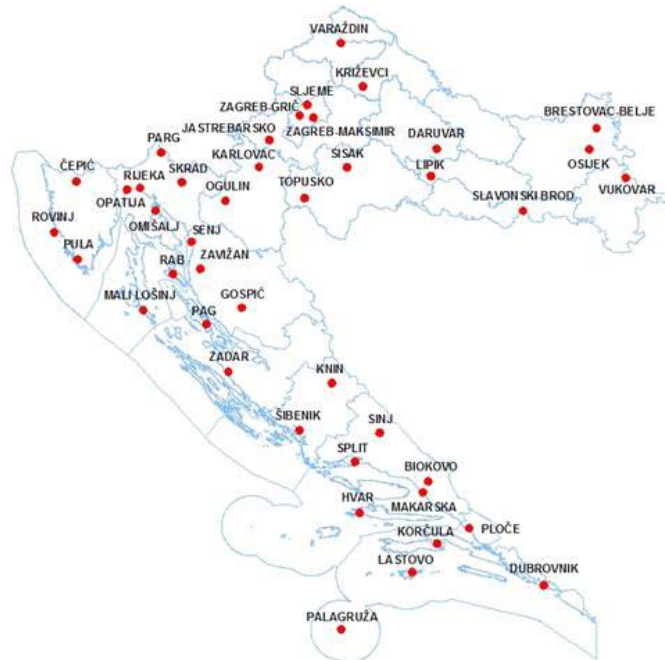
Solar Pathfinder uređaj se može koristiti tijekom bilo kojeg dana u godini bez obzira na vremenske prilike (ne mora biti sunčano).

Položaj Sunca na nebu u svakom se trenutku može opisati s dva podatka: visinom i azimutom Sunca. Vrlo jednostavan način prikazivanja prividnog kretanja Sunca je Sunčev dijagram, prikazan u polarnom koordinatnom sustavu. Solarna mapa Solar Pathfinder uređaja je Sunčev dijagram s dnevnim linijama kretanja Sunca po nebu ucrtanim za takozvane karakteristične dane u mjesecu i to s polusatnim intervalima. Postupak prijenosa i obrade panoramske slike cijelog okoliša koji se zrcali na solarnu mapu smještenu na bazi uređaja, u vrlo kratkom vremenu daje podatke o zasjenjenosti/transparentnosti lokacije za cijelu godinu (prikazano na slici 2).

Podaci o ozračenju će biti uneseni u "MS Access" bazu podataka kao dio Inelekove računalne aplikacije. Temeljiti će se na podacima objavljenim od Energetskog instituta "Hrvoje Požar" u suradnji s "Državnim hidrometeorološkim zavodom", prikupljenim u razdoblju od 1961 do 1980 godine na 43 meteorološke postaje u Hrvatskoj (Z.Matić: "Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske – priručnik za energetske korištenje Sunčevog zračenja"). Iako postoji mnoštvo izvora podataka o

ozračenosti na području RH, odabran je ovaj priručnik zbog pouzdanosti i konzervativnosti izmjerenih/izračunatih podataka. Iz navedene činjenice slijedi i da je opisana metoda određivanja ozračenja inherentno konzervativna.

Podaci o zasjenjenosti će se unositi u Inelekovu računalnu aplikaciju, koja će ih kombinirati s podacima o ozračenju na pripadnoj meteorološkoj postaji (ili s podacima ozračenja s više postaja) te će za svaki mjesec u godini računati totalno ozračenje željene lokacije.



Slika 3: Položaj mjernih postaja u RH

Za većinu lokacija, meteorološki podaci su primjenjivi za mjesta udaljena do 50 km od mjerne postaje (podatak iz "METEONORM (2003) Handbook Part I: Review and Software, Version 5.0. Bern: Meteotest"). Kako je mreža meteoroloških postaja relativno rijetka, podatke o ozračenju između postaja je moguće izračunati interpoliranjem (prikaz na slici broj 3),

Interpolacijom se želi u točki A dobiti vrijednost meteorološke veličine  $V(A)$ , a najbliže meteorološke postaje su u točkama  $x_i$  s izmjerenim vrijednostima  $V(x_i)$ . Stoga se veličina  $V(A)$  računa kako slijedi:

$$V(A) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot V(x_i)$$

$V(x_i)$  je meteorološka veličina izmjerena na  $i$ -toj postaji od ukupno  $N$  relevantnih meteoroloških postaja, uz uvjet da za težinske udjele vrijedi sljedeća relacija:

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

Težinski udjeli  $w_i$  se određuju gravitacijskom metodom (podatak iz "Lefevre M., Remund J., Albuissou M., Wald L., (2002) Study of effective distances for interpolation schemes in Meteorology. XXVII Annual Assembly of the European Geophysical Society, Nice, Geophysical Research Abstracts, IV; April 2002, EGS02-A-03429"), recipročnom vrijednošću kvadrata udaljenosti:

$$w_i = \frac{1}{d_i^2} \sum_{j=1}^N \frac{1}{d_j^2}$$

" $d_i$ " i " $d_j$ " su udaljenosti točaka  $X_i$  i  $X_j$  od točke A.



U slučaju graničnih lokacija, korištenjem GPS uređaja odrediti će se koordinate lokacije, a također i udaljenosti od relevantnih mjernih postaja.

### 3. Rezultati

Rezultati ove računalne aplikacije će biti u formi "MS Excel" izvješća koji će sadržavati podatke o mjesečnom/godišnjom ozračenju na horizontalnu plohu, a također i mjesečnom/godišnjom ozračenju na plohe postavljene pod godišnjim, sezonskim i mjesečnim optimalnim kutovima. Na kraju izvješća (najdonji redak) će biti uspoređeni svi prethodno navedeni slučajevi (ozračenje na horizontalnu podlogu je proglašeno referentnim – 100%). **Rezultati iz izvješća će biti primjenjivi na solarne fotonaponske i termalne sustave.** Slijede prikazi dvaju izvješća za istu lokaciju:

Inelek d.o.o. - Izvješće o iradijaciji (kWh/m <sup>2</sup> /mjesec)									
Datum: 2.12.2010.									
Stranka: ZXY									
Lokacija: Stari Grad									
Meteo stanica: Hvar									
Geografska širina: 43 st.									
10 min.									
Geografska duljina: 16 st.									
27 min.									
Mjesec	Transp. (%)	Ozračenost	Hor. (°)	Ozračenost	God. opt. (°)	Ozračenost	Sez. opt. (°)	Ozračenost	Mjes. opt. (°)
1	83,00	39,830	0	63,219	29,93	72,713	55,42	73,408	64,06
2	71,00	47,951	0	68,169	29,93	74,252	55,42	74,252	56,20
3	85,00	93,200	0	112,409	29,93	111,223	55,42	113,832	40,89
4	88,00	123,552	0	130,680	29,93	129,730	13,41	131,393	22,89
5	93,00	162,688	0	157,498	29,93	163,726	13,41	163,985	7,64
6	92,00	179,842	0	167,173	29,93	177,606	13,41	179,842	0,48
7	95,00	191,631	0	181,559	29,93	191,101	13,41	192,161	3,95
8	99,00	170,974	0	175,393	29,93	177,051	13,41	177,603	17,29
9	100,00	127,710	0	148,500	29,93	140,400	13,41	149,040	35,63
10	81,00	77,289	0	105,311	29,93	112,091	55,42	112,091	52,17
11	78,00	40,856	0	62,127	29,93	70,130	55,42	70,551	61,55
12	65,00	26,296	0	42,980	29,93	50,234	55,42	50,778	65,96
Ukupno:		1281,819		1415,018		1470,257		1488,936	
Postotak:		100,00		110,39		114,70		116,16	

Slika 4: Izvješće za "lošu" lokaciju

Inelek d.o.o. - Izvješće o iradijaciji (kWh/m <sup>2</sup> /mjesec)									
Datum: 2.12.2010.									
Stranka: ZYX									
Lokacija: Stari Grad									
Meteo stanica: Hvar									
Geografska širina: 43 st.									
10 min.									
Geografska duljina: 16 st.									
27 min.									
Mjesec	Transp. (%)	Ozračenost	Hor. (°)	Ozračenost	God. opt. (°)	Ozračenost	Sez. opt. (°)	Ozračenost	Mjes. opt. (°)
1	99,00	47,508	0	75,405	29,93	86,730	55,42	87,559	64,06
2	98,00	66,185	0	94,092	29,93	102,488	55,42	102,488	56,20
3	95,00	104,165	0	125,634	29,93	124,308	55,42	127,224	40,89
4	100,00	140,400	0	148,500	29,93	147,420	13,41	149,310	22,89
5	100,00	174,933	0	169,353	29,93	176,049	13,41	176,328	7,64
6	100,00	195,480	0	181,710	29,93	193,050	13,41	195,480	0,48
7	100,00	201,717	0	191,115	29,93	201,159	13,41	202,275	3,95
8	100,00	172,701	0	177,165	29,93	178,839	13,41	179,397	17,29
9	100,00	127,710	0	148,500	29,93	140,400	13,41	149,040	35,63
10	100,00	95,418	0	130,014	29,93	138,384	55,42	138,384	52,17
11	100,00	52,380	0	79,650	29,93	89,910	55,42	90,450	61,55
12	91,00	36,814	0	60,172	29,93	70,328	55,42	71,089	65,96
Ukupno:		1415,411		1581,310		1649,065		1669,024	
Postotak:		100,00		111,72		116,51		117,92	

Slika 5: Izvješće za "dobru" lokaciju

Dobitak od 12% u ozračenju pri mjesečnim optimalnim kutovima proizlazi iz različitog zasjenjenja ("dobra" i "loša" lokacija je zapravo ista parcela, ali je snimka za "dobru" lokaciju napravljena s podesta uzdignutog za oko 1 m); odnosno sam "dobar" odabir lokacije fotonaponskog modula direktno dovodi do značajnih dobitaka (vidjeti slike 4 i 5). Zasjenjenju, a time i smanjenoj dobiti, naročito doprinosi konfiguracija terena, drveće, izgrađene građevine i sl.

Podaci iz Inelekovog izvješća će se koristiti za ulazne podatke [PV Syst](#) programskog paketa (razvijen na Ženevskom sveučilištu), koji će služiti u izradi preliminarne analize umreženih fotonaponskih sustava.

#### **4. Zaključak**

Opisanom metodom će se omogućiti jednoznačnost i uniformnost izrade proračuna potrebnih za "Analizu opravdanosti izgradnje postrojenja i priključka na elektroenergetsku mrežu" u fazi ishođenja prethodnog energetskeg odobrenja i/ili energetskeg odobrenja (članak 11. Pravilnika o korištenju OIEIK) i za izradu studija izvodljivosti bilo kojeg solarnog sustava. Također je prikazan utjecaj lokacije i njenog okoliša na proizvodnju fotonaponskog sustava. Odabir lokacije, je najčešće prvi korak u realizaciji odluke o izgradnji solarne elektrane i zato je od izuzetne važnosti.

Stoga se svim potencijalnim investitorima u solarne sustave preporuča izrada studija isplativosti koja bi uzela u obzir ozračenost lokacije uz stvarno zasjenjenje tijekom cijele godine.