

Sončna energija v Sloveniji

Jože Rakovec¹, Damijana Kastelec² in Klemen Zakšek³

Povzetek

Prispevek prinaša rezultate raziskave o sončni energiji v Sloveniji, katere izsledki so objavljeni v knjigi [1] z istim naslovom, kot je naslov tega prispevka. V tej raziskavi smo opredelili globalni in kvaziglobalni sončni obsev (gostoto sončne energije, vpadle v določenem času na horizontalno oz. nagnjeno sprejemno površino) ter podatke o optimalnih naklonih in orientacijah sprejemnikov sončne energije za Slovenijo v obliki diagramov – vse to za desetletno obdobje 1994–2003. Obsevi so podani tudi kartografsko na georeferenciranih kartah globalnega obseva vodoravne površine in kvaziglobalnega obseva nagnjenih tal v Sloveniji.

Uvod

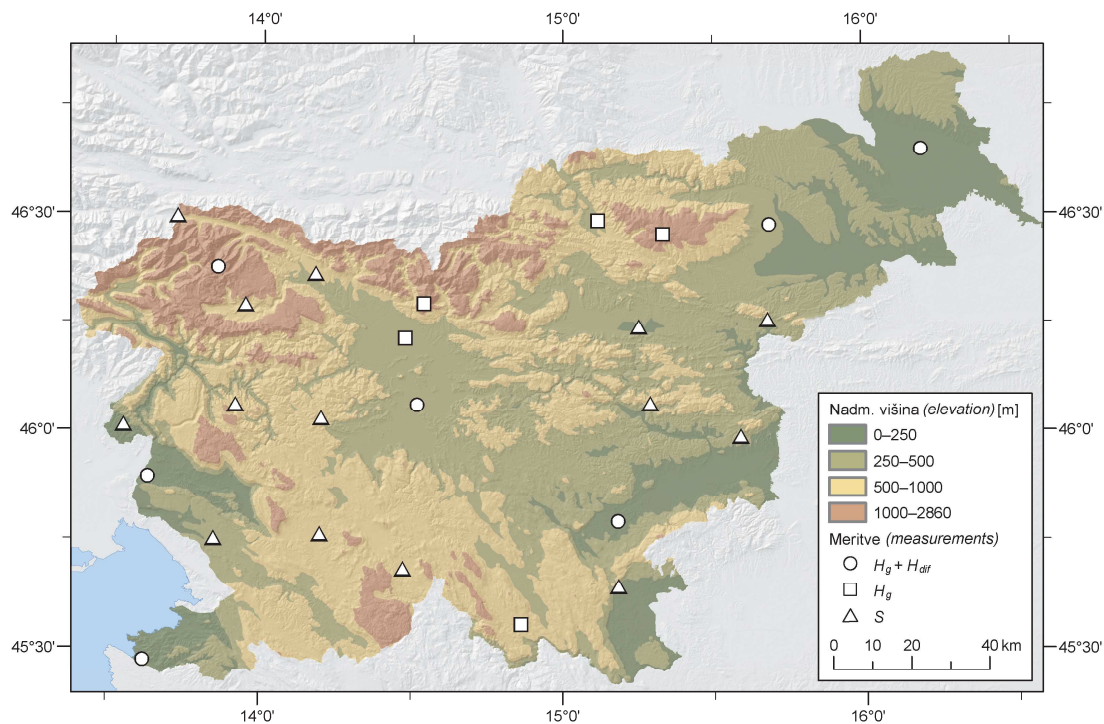
Ker je meritev sončne energije na meteoroloških postajah v Sloveniji le malo (Slika 1) in ker so rezultati teh meritev na več lokacijah na razpolago šele za zadnjih deset ali petnajst let, dobljeni rezultati žal niso v skladu s klimatološkim standardom o tridesetletnih obdobjih, ki naj bi zagotavljala reprezentativnost. Toda tudi v desetletnem obdobju 1994–2003 so dalj časa (sedem let ali dlje) merili globalni sončni obsev samo na 14 meteoroloških postajah (in na 8 od teh tudi posebej difuzni del sončnega obseva).

Za postaje, na katerih sončne energije niso merili vseh deset let, smo manjkajoče podatke časovno interpolirali iz meritev najbolj podobnih merilnih postaj in tako dobili tudi zanje desetletne nize izmerjenih vrednosti. Izmerjene in interpolirane vrednosti smo vsestransko logično in kritično pregledali, a ko smo na njihovi osnovi naredili preliminarne prostorske interpolacije za vso Slovenijo, so se še vedno ponekod pokazala nekatera nelogična odstopanja navzgor ali navzdol. Kjer je bilo mogoče, smo podatke še enkrat popravili, podatke iz nekaterih postaj pa smo morali iz nadaljnje obdelave izločiti. Tako nam je na koncu ostalo 12 lokacij z desetletnimi nizi izmerjenih vrednosti globalnega sončnega obseva (to je gostote sončne energije, ki v nekem časovnem obdobju - npr. uri, dnevu, mesecu - vpade na horizontalno sprejemno ploskev).

¹ Jože Rakovec, UL, Fakulteta za matematiko in fiziko, Katedra za meteorologijo

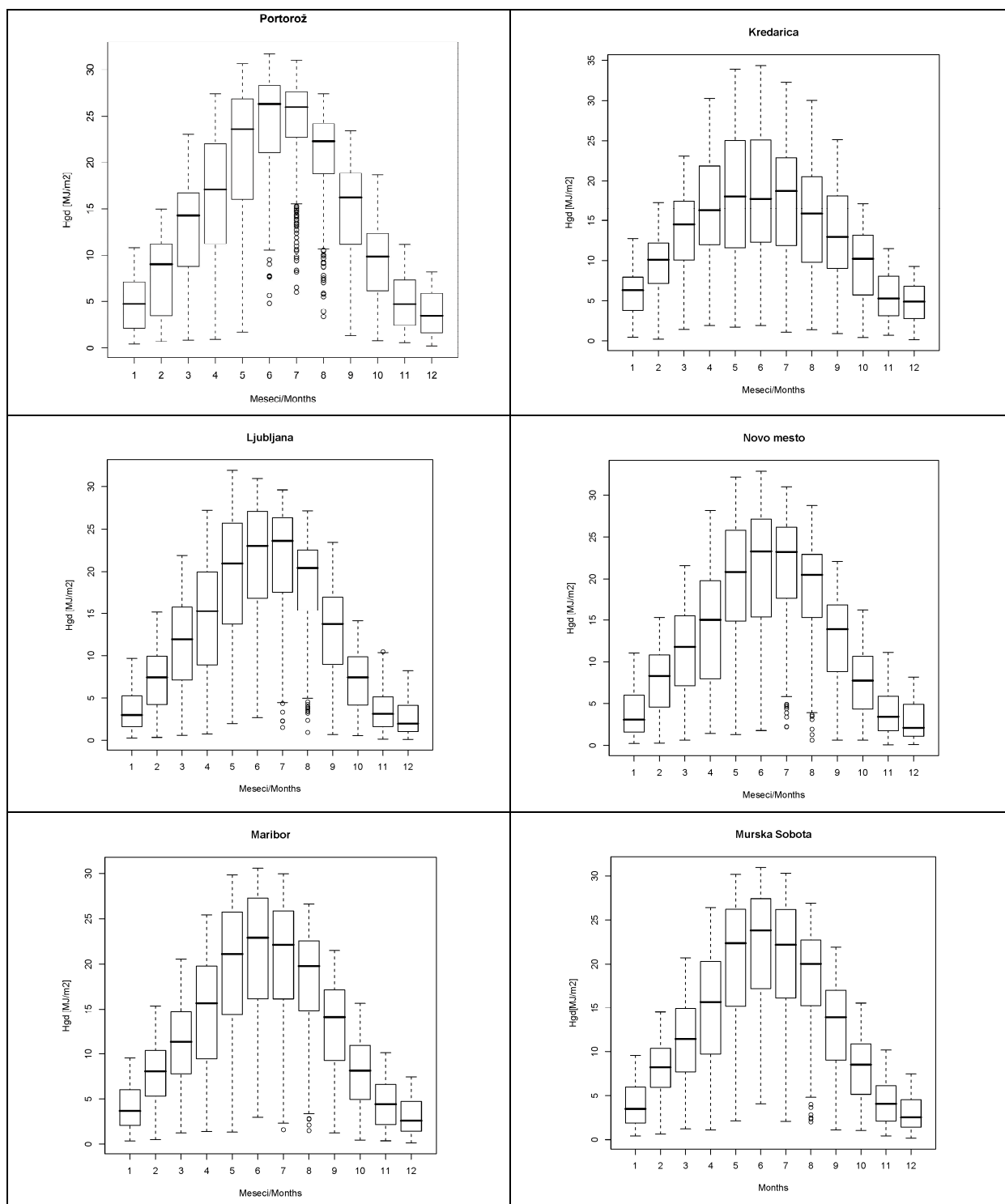
² Damijana Kastelec, UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

³ Klemen Zakšek, ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije



Slika 1: Lokacije meritev in grobi relief Slovenije; s krogi so označene lokacije z meritvami globalnega in difuznega obseva, s kvadrati lokacije z meritvami globalnega obseva in s trikotniki lokacije z meritvami trajanja sončnega obsevanja. (Vir višinskih podatkov: DMV 100, november 2005, © Geodetska uprava Republike Slovenije).

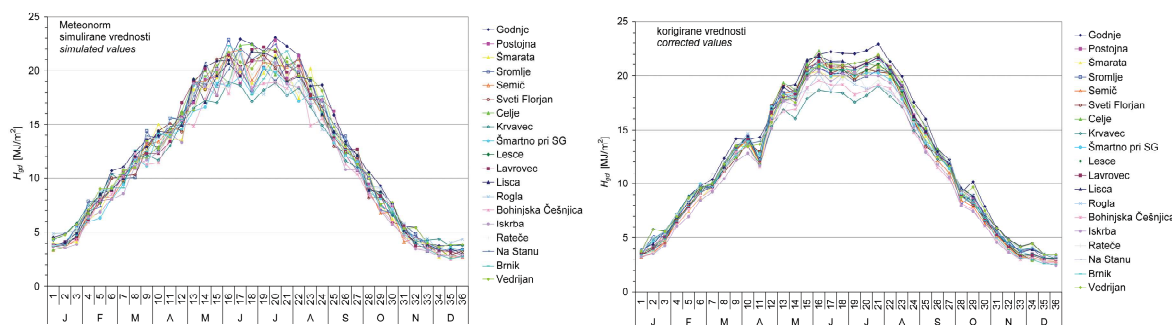
Neposredno iz meritev (12 lokacij) in posredno iz trajanja sončnega obsevanja (dodatnih 14 lokacij) smo dobili podatke o urnih vrednostih direktnega in difuznega sončnega obseva po 36 dekadah v letu za 26 postaj po Sloveniji ob predpostavki o idealnem obzorju. Za šest krajev v Sloveniji podatke o izmerjenih sončnih obsevih podajamo na Sliki 2.



Slika 2: Porazdelitev dnevnega globalnega obseva (MJ/m^2) po mesecih za obdobje 1994-2003 za postaje Portorož, Kredarica, Ljubljana, Novo mesto, Maribor in Murska Sobota. Vsak okvir z ročaji je narejen na osnovi 300, 310 ali 280 vrednosti, odvisno od meseca. Debelo je označena mediana, okvir sega od 25. do 75. percentila, črtkane črte od minimuma do maksimuma oz. od pogojnega minimuma do pogojnega maksimuma, če so prisotni s krogi označeni osamelci.

Statistično sta energija in trajanje sončnega obsevanja povezana – dlje kot sije sonce, več je sončne energije. Zato lahko za oceno energije poleg izmerjenih vrednosti uporabljamo tudi podatke o trajanju sončnega obsevanja, ki ga pri nas merijo na večini postaj, kjer merijo energijo, in še na 15 drugih meteoroloških postajah - uporabni so podatki s 14 postaj. Za oceno urnih vrednosti difuznega in direktnega obseva na teh postajah uporabimo računalniški model *Meteonorm* ver. 5.0 (© Meteotest, 2003), ki vključuje tudi obsežno klimatološko bazo meteoroloških podatkov za ves svet (7400 opazovalnih postaj), pa tudi programe za izračun različnih komponent sončnega obseva na poljubno nagnjenih površinah in na poljubno izbranih lokacijah po svetu.

Rezultate z lokacij, na katerih se meritve globalne in difuzne energije ter trajanja prekrivajo, smo uporabili za ovrednotenje z *Meteonormom* izračunanih vrednosti direktnih in difuznih obsevov. Pri tem se je pokazalo, da model *Meteonorm* za naše kraje sistematično precej precenjuje difuzni del sončnega obseva in s tem podcenjuje direktni obsev. Izjema je Kredarica, kjer je difuzni del sončnega obseva spomladi tudi podcenjen. Zato smo s tem programom dobljene vrednosti globalnega sončnega obseva ustrezno statistično prilagodili glede na ugotovljene razmere (Slika 3).



Slika 3: Z *Meteonormom* (© Meteotest, 2003) dobljeni (levo) in na osnovi primerjave s podatki popravljeni globalni sončni obsevi za postaje, kjer difuzni del obseva ni merjen.

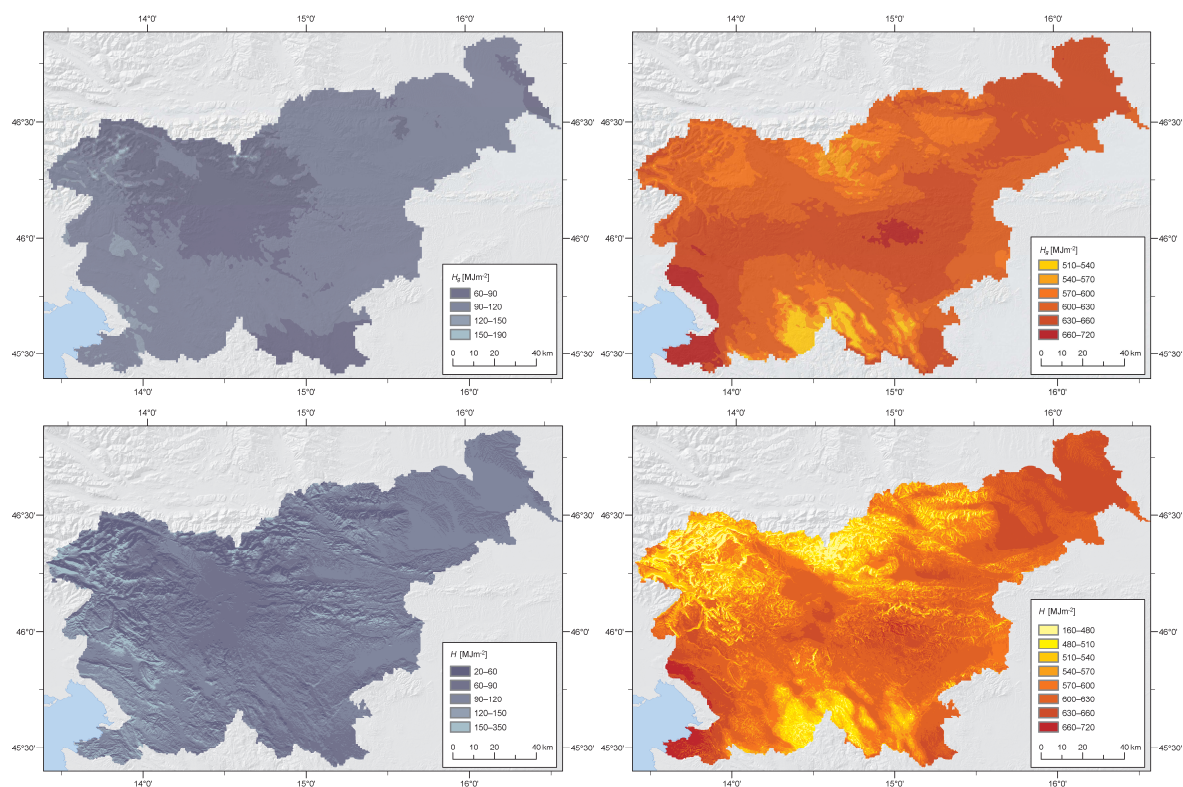
Za določanje količine sončne energije za vso Slovenijo smo uporabili prostorsko interpolacijo. Dekadna povprečja direktnega in difuznega globalnega obseva na 26 lokacijah smo interpolirali v pravilno mrežo s prostorsko ločljivostjo 1 km x 1 km za vso Slovenijo, torej v približno dvajset tisoč točk.

Slovenija je precej gorata in hribovita in v vsej pokrajini so bodisi bolj bodisi manj prisojne ali osojne lege. Zato je poleg globalnega obseva (torej obseva horizontalnih tal) pri nas precej pomemben tudi kvaziglobalni obsev različno nagnjenih tal. Za določitev kvaziglobalnih obsevov je treba upoštevati vpadni kot sončnih žarkov direktne osončenosti na različno nagnjene in orientirane površine tal. Poleg tega relief omejuje obzorje in marsikje sonce vzide pozno ali pa prej zaide, pa tudi čez dan je lahko marsikatera lega dolgo v senci. Glede difuznega obseva pa je pomembno, da se iz različnih lokacij vidi le manjši delež neba, druge dele pa zakrivajo okolišnja pobočja, ki so seveda temnejša kot nebo in iz njih prihaja le malo difuzne svetlobe. Vse te vplive smo zajeli z lastnim modelom in z njim v pravilni mreži 100 m x 100 m (iz digitalnega modela reliefa Slovenije, © Geodetska uprava Republike Slovenije) izračunali kvaziglobalne obseve za vso Slovenijo.

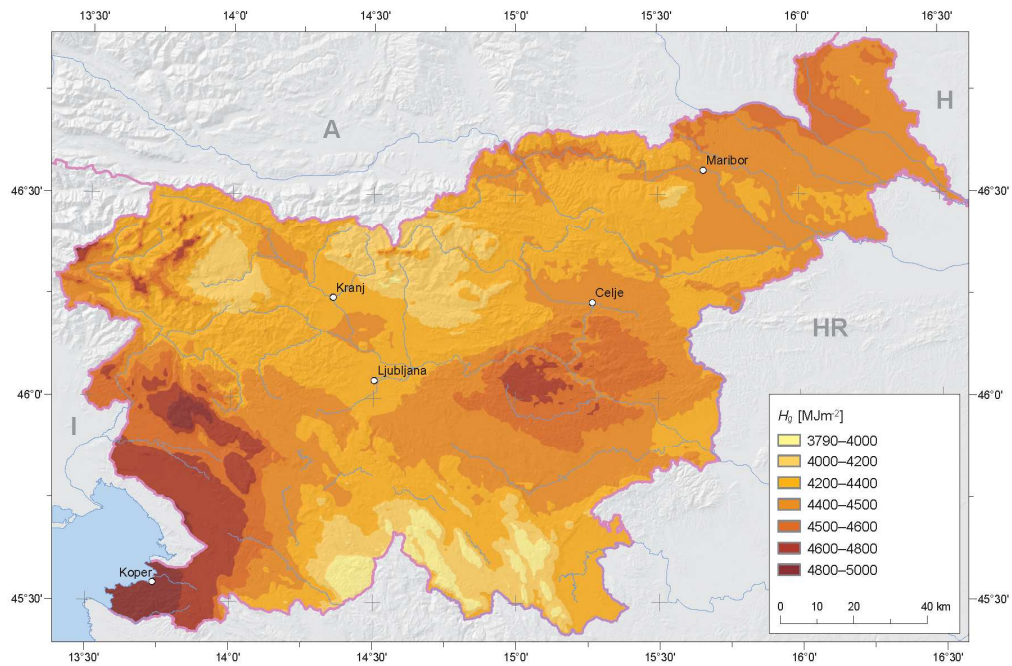
Mesečna povprečja dnevni obsevi so v objavljeni knjigi (Kastelec et al., 2007) prikazana na geografsko referenciranih kartah; tu na Sliki 4 prikazujemo globalni in kvaziglobalni obsev za december in januar. Na Slikah 5 in 6 pa so prikazane letne vsote.

Dnevne vrednosti globalnega obseva so seveda precej večje poleti (na splošno okrog 20 MJ/m² dnevno oz. okrog 700 MJ/m² mesečno) kot pozimi (tudi manj kot 5 MJ/m² dnevno in manj kot 100 MJ/m² mesečno). Geografsko so razlike lahko precejšnje: izstopajo posamezni predeli z več energije, kot npr. v topli polovici leta Primorska, od koder se v ozkem pasu območje z več sončne energije razteza tudi na širše območje Dolenjske in Posavja, ter ravninski del Podravja in Pomurja (zanimivo: to se pokriva s prevladujočimi vinogradniškimi območji Slovenije). Poleti pa je sistematično manj sončne energije v hribovitih predelih, saj se tedaj tam pogosto pojavlja konvektivna oblačnost. Kot smo pričakovali, imajo nižine relativno manj sonca pozimi (predvsem zaradi pogostnejše megle in nizke oblačnosti).

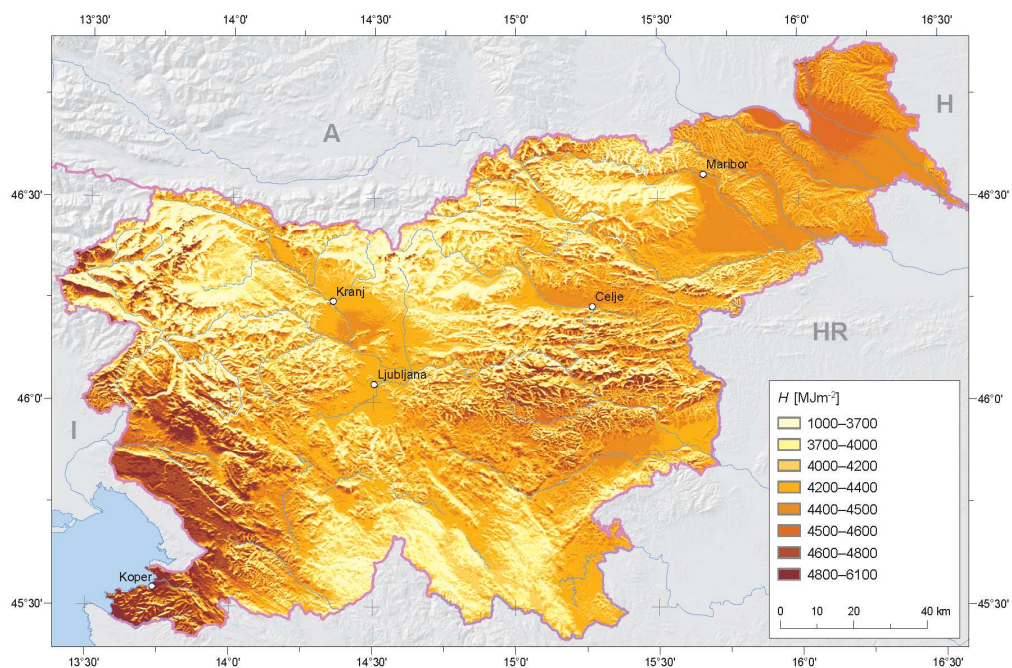
Tudi obseve različno nagnjenih tal v Sloveniji prikazujemo na geografsko referenciranih kartah – kot kvaziglobalni obsev. Na teh kartah se osojne lege izrazito ločijo od prisojnih. Vrednosti kvaziglobalnega obseva nagnjenih tal so v tej prostorski ločljivosti v celoletnem obdobju na izrazitih prisojah lahko tudi za 20 % višje glede na vodoravna tla, na izrazitih osojah pa skoraj za 70 % nižje - seveda pa se najde tu in tam tudi kako manjše območje, kamor sonce morda sploh nikoli ne posije, a tega v ločljivosti 100 m ne moremo določiti. V povprečju za vso Slovenijo na sever gledajoča pobočja prejmejo za dobrih 9 % manj, na južno stran padajoča pobočja pa v povprečju za skoraj 4 % več obseva kot odprte vodoravne lege.



Slika 4: Globalni obsev horizontalne površine (zgoraj) in kvaziglobalni obsev nagnjenih tal v Sloveniji (spodaj) za dva meseca z najmanjšimi in največjimi obsevi: december (levo) in junij (desno)

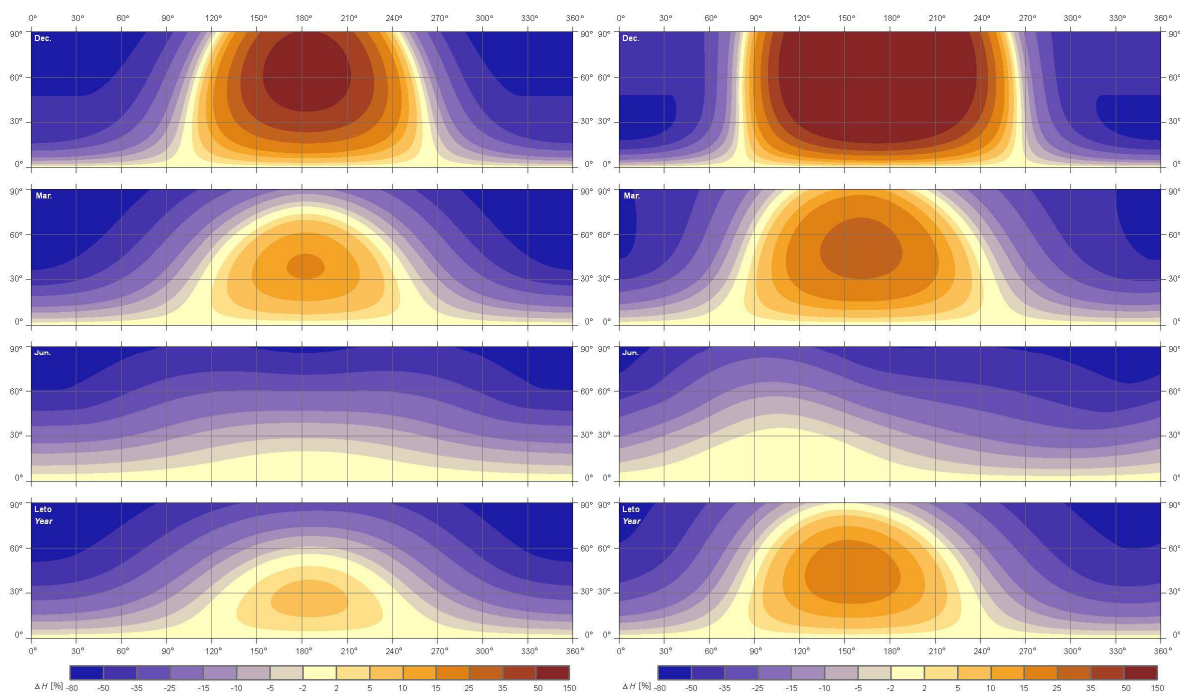


Slika 5: Letni globalni obsev horizontalnih površin po Sloveniji



Slika 6: Letni kvaziglobalni obsev ralično nagnjenih in orientiranih tal po Sloveniji

Pri izrabi sončne energije je pomembno, kam je obrnjen sprejemnik sončne energije, da nanj vpade čim več energije. Seveda morajo morebitni uporabniki postaviti svoje naprave na mesto, ki je dovolj visoko in odprto, tako da ga vsaj na južni strani ne omejujejo ovire. Zdi se, da je najboljša orientacija na jug, kar res velja za december (Slika 7).



Slika 7: Nagibi in orientacije ploskev, na katere vpade največ sončne energije za Ljubljano (levo) in Kredarico (desno). Razmere se iz meseca v mesec močno spreminjajo, lahko pa so tudi nenavadne, če je na lokaciji kaka posebnost, kot npr. na Kredarici, kjer masiv Triglava popoldne pogosto meče precej sence.

Vendar se tudi glede tega pokažejo posamezni zanimivi in tudi nepričakovani rezultati (Kastelec et al., 2007, Rakovec & Zakšek, 2008a, 2008b). Npr. po nižinah je predvsem v hladnejšem delu leta zjutraj pogosto megla, ki izgine šele dopoldne. V takih primerih je bolje, da sprejemnik ni obrnjen točno na jug, temveč nekoliko na zahod, zato da popoldansko sonce, ki ga je več kot dopoldanskega, nanj vpada čim bolj pravokotno. Tako so npr. marca ugodnejši azimuti okoli 183°. Pozimi, ko je sonce nizko, so boljši večji nakloni (60°), poleti pa manjši. Da bi določili najugodnejšo postavitev sprejemnikov sončne energije, smo simulirali mesečni sončni obsev pri različni kombinaciji azimutov in naklonov za več krajev v Sloveniji (Rakovec & Zakšek 2008a, 2008b).

Zanimiva je ugotovitev, da poleti nagnjene sprejemne ploskve zelo hitro »pridelajo izgubo«. Dan je namreč dolg in sonce vzhaja bolj na severovzhodu in zahaja bolj proti severozahodu. Z naklonom proti jugu sredi dneva sicer pridobimo za nekaj odstotkov večji obsev, a je ta po drugi strani močno zmanjšan v zgodnjih dopoldanskih in poznih popoldanskih urah, ko je sonce nizko. Zato so poleti najboljši le zelo majhni nakloni do 15° ali 20° (junija v Ljubljani samo 4°). Sončni

kolektor, ki je obrnjen na jug in nagnjen, je z direktnimi sončnimi žarki le malo obsevan, dokler sonce dopoldne ne pride na južni del neba in potem zopet popoldne, ko se pomakne proti severozahodu. Zato se pokaže nekoliko presenetljiv rezultat, da je za poletno obdobje nagnjene sprejemnike celo bolje usmeriti precej proč od juga — a za prakso so razlike glede orientacij zaradi majhnih nagibov praktično nepomembne in je v tem obdobju v praksi bolje položiti sprejemne ploskve kar skoraj horizontalno. Glede na zelo različne optimalne naklone in azimute pozimi in poleti seveda sledi, da lahko prejme največ energije sprejemnik s spremenljivim naklonom, azimutom ali obojim.

Zahvala

Raziskavo o sončni energiji v Sloveniji je financirala Agencija Republike Slovenije za okolje po pogodbi 2523-04-300351.

Viri

Kastelec D., Rakovec J., Zakšek K. *Sončna energija v Sloveniji*. Ljubljana: Založba ZRC, ZRC SAZU, 2007. 136 str.

Rakovec J., Zakšek K. Sončni obsevi različno nagnjenih in različno orientiranih sprejemnih površin. 1. del. *EGES, Energ. gospod. ekol. Slov.*, 2008, letn. 12, št. 2, str. 93-101.

Rakovec J., Zakšek K. Sončni obsevi različno nagnjenih in različno orientiranih sprejemnih površin. 2. del. *EGES, Energ. gospod. ekol. Slov.*, 2008, letn. 12, št. 3, str. 65-69.