



Centar za transfer tehnologije d.o.o.
Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb • www.ctt.hr • ctt@fsb.hr • tel: +385 16168567

Algoritam za pripremu meteoroloških podataka kod izračuna energijskog svojstva zgrada

Autor:
prof.dr.sc. Damir Dović, dipl.ing.stroj.

Zagreb, listopad 2020.



SADRŽAJ

UVOD

1. Proračun Sunčevog zračenja na nagnutu plohu prema HRN EN ISO 52010-1:2017 Energijska svojstva zgrada -- Vanjski klimatski uvjeti -- 1. dio: Pretvorba klimatskih podataka za energetski izračun
2. Korekcija proračunske temperature u ovisnosti o nadmorskoj visini prema HRN EN ISO 15927-5:2008 Značajke zgrada s obzirom na toplinu i vlagu -- Proračun i prikaz klimatskih podataka -- 5. dio: Podaci za proračun toplinskog opterećenja za grijanje prostora
3. Korištenje satnih meteoroloških podataka iz baze Joint Research Center (JRC)
 - 3.1 Općenito o JRC
 - 3.2 Postupak učitavanja podataka iz baze
 - 3.3 Učitavanje mjesečnih vrijednosti na nagnutu plohu
 - 3.4 Učitavanje dnevnih vrijednosti na nagnutu plohu
 - 3.5 Učitavanje satnih vrijednosti na nagnutu plohu
4. Primjeri proračuna
 - 4.1 Proračun za meteo postaju Zagreb-Maksimir
 - 4.1 Proračun za meteo postaju Split-Marjan

LITERATURA

UVOD

Algoritam za pripremu meteoroloških podataka kod izračuna energijskog svojstva zgrada satnom i mjesečnom metodom temeljem Algoritma za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 i Algoritama za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama prema HRN EN 15316 seriji, na koje upućuje važeći Pravilnik o energetske certificiranju zgrada te Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Algoritam obuhvaća proračun Sunčevog zračenja na nagnutu plohu i korekcije satne proračunske temperature u ovisnosti o nadmorskoj visini, za potrebe određivanja energijskog svojstva zgrada prema relevantnim HRN EN i HRN ISO normama navedenim u nazivima poglavlja. Pri tome je važno naglasiti da HRN EN ISO 52010-1:2017 predstavlja jednu od 5 krovnih normi na koje se referira Direktiva (EU) 2018/844 o izmjeni Direktive 2010/31/EU o energetskim svojstvima zgrada i Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti.

Također, opisano je korištenje meteoroloških podataka iz baze Joint Research Center (JRC) koja sadrži podatke za bilo koju lokaciju u EU i većem dijelu svijeta. Ti podaci uz Sunčevo zračenje, obuhvaćaju i ostale podatke potrebne za izračun energijskog svojstva zgrade poput temperature, relativne vlažnosti, brzine vjetra, dugovalnog zračenja. Priprema tih podataka za potrebe proračuna prema novoj skupini EN EPB normi iz 2017. godine se provodi prema normi HRN EN ISO 15927-4:2008 Značajke zgrada s obzirom na toplinu i vlagu -- Proračun i prikaz klimatskih podataka -- 4. dio: Vrijednosti po satu, za procjenu godišnje potrošnje energije za grijanje i hlađenje. Predmetni algoritam omogućuje pripremu podataka i za nevedene nove proračune prema normama iz 2017.g. koji još nisu usvojeni kao službena proračunska metoda u R. Hrvatskoj.

Na kraju Algoritma su za meteo postaje Zagreb-Maksimir i Split-Marjan dani primjeri proračuna Sunčevog zračenja na plohe različitih orijentacija i nagiba prema horizontali te usporedba s podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) koji su 2013.g. pripremljeni za potrebe izračuna energijskog svojstva zgrada [7].

Obzirom da ti podaci DHMZ-a sadrže satne vrijednosti samo za meteorološke postaje Zagreb-Maksimir i Split-Marjan, za provođenje satnih proračuna (za svih 8760 h/god) prema navedenim Algoritmima za veći broj lokacija u R. Hrvatskoj kod projektiranja zgrada nužno je bilo pronaći relevantan izvor meteo podataka te opisati proračunsku proceduru za njihovu pripremu. Za te je potrebe izrađen ovaj Algoritam.

1. Proračun Sunčevog zračenja na nagnutu plohu prema HRN EN ISO 52010-1:2017

Energijska svojstva zgrada -- Vanjski klimatski uvjeti -- 1. dio: Pretvorba klimatskih podataka za energetske izračune

Period proračuna: 1 sat

Solarna deklinacija (kut nagiba Zemljine osi prema ravnini orbite-ekliptike) određuje se prema

$$\delta = 0,33281 - 22,984 \times \cos(Rdc) - 0,3499 \times \cos(2 Rdc) - 0,1398 \times \cos(3 Rdc) + 3,7872 \times \sin(Rdc) + 0,03205 \times \sin(2 Rdc) + 0,07187 \times \sin(3 Rdc) \quad \text{HRN EN (1)} \quad (1.1)$$

gdje je devijacija Zemljine orbite

$$Rdc = \frac{360}{365} \times n_{\text{day}} \quad [^\circ] \quad \text{HRN EN (2)} \quad (1.2)$$

n_{day} - dan u godini, =1-365 ili 366 (prestupna godina), (-).

Jednadžba vremena t_{eq} , kao rezultat eliptičke putanje Zemlje oko Sunca, određuje se za pojedini dan u godini n_{day} prema

$$t_{\text{eq}} = 2,6 + 0,44 \times n_{\text{day}} \quad [\text{min}]; \quad n_{\text{day}} < 21 \quad \text{HRN EN (3)} \quad (1.3a)$$

$$t_{\text{eq}} = 5,2 + 9,0 \times \cos\left((n_{\text{day}} - 43) \times 0,0357 \times \frac{180}{\pi}\right) \quad [\text{min}]; \quad 21 \leq n_{\text{day}} < 136 \quad \text{HRN EN (4)} \quad (1.3b)$$

$$t_{\text{eq}} = 1,4 - 5,0 \times \cos\left((n_{\text{day}} - 135) \times 0,0449 \times \frac{180}{\pi}\right) \quad [\text{min}]; \quad 136 \leq n_{\text{day}} < 241 \quad \text{HRN EN (5)} \quad (1.3c)$$

$$t_{\text{eq}} = -6,3 - 10,0 \times \cos\left((n_{\text{day}} - 306) \times 0,036 \times \frac{180}{\pi}\right) \quad [\text{min}]; \quad 241 \leq n_{\text{day}} < 336 \quad \text{HRN EN (6)} \quad (1.3d)$$

$$t_{\text{eq}} = 0,45 \times (n_{\text{day}} - 359) \quad [\text{min}]; \quad n_{\text{day}} \geq 336 \quad \text{HRN EN (7)} \quad (1.3e)$$

Vremenski pomak (rezultat nepodudaranja zemljopisne širine i ravnine koja u podne uključuje Sunčevo zračenje)

$$t_{\text{shift}} = TZ - \frac{\lambda_w}{15} \quad [\text{h}] \quad \text{HRN EN (8)} \quad (1.4)$$

TZ - vremenska zona, stvarno vrijeme lokacije u odnosu na UTC (Universal Time, Co-ordinated) (h), Tablica 1;

λ_w - zemljopisna duljina vremenske postaje ($^\circ$), Tablica 1.

Tablica 1 (HRN EN 7) Ulazni podaci: Vremenska postaja i set klimatskih podataka, primjer za Zagreb-Maksimir

Name	Value					
Identifier for climatic data set	ZAGREB.TMY (CROATIA)					
Station and/or name of data set	ZAGREB-MAKSIMIR, ZAGREB, CROATIA File: ZAGREB.TMY					
	Symbol	Unit	Value	Validity interval ^a	Origin	Varying ^b
latitude	φ_{W}	°	45.82	-90 to +90	station	No
longitude ^c	λ_{W}		16.03	-180 to +180	station	No
time zone	TZ	h	1	-12 to +12	station	No
First day of time series (day of the year)	$n_{\text{day;start}}$	-	1	1 to 366	station	No
Last day of time series (day of the year)	$n_{\text{day;end}}$	-	365	1 to 366	station	No
Day of the week for January 1		-	Monday (day 1)	Monday to Sunday (day 1 to 7)	station	No
Daylight saving time? ^c						
Leap day included	No					
Specific other information	None					
Name	Value					
Reference to documentation on application range and type of data	ANSI/ASHRAE standard 140 [7]					

^a Practical range, informative

^b "Varying": value may vary over time: different values per time interval, for instance: hourly values or monthly values (not constant values over the year).

^c If Yes: additional information to be added

Solarno vrijeme

$$t_{\text{sol}} = n_{\text{hour}} - \frac{t_{\text{eq}}}{60} - t_{\text{shift}} \quad [\text{h}]$$

HRN EN (9) (1.5)

Solarni kut se određuje za sredinu pojedinog sata

$$\omega = \frac{180}{12} (12,5 - t_{\text{sol}}) [\text{h}] \quad \text{HRN EN (10)} \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} \omega > +180, & \quad \omega_{\text{corr}} = \omega - 360; \\ \omega < -180, & \quad \omega_{\text{corr}} = \omega + 360; \end{aligned}$$

Napomena: $\omega = 0$ u 12:30 h ($t_{\text{sol}}=12,5$ h)

Kut visine Sunca je kut između Sunčevih zraka i horizontale (Slika 1). Određuje se za sredinu pojedinog sata prema

$$\alpha_{\text{sol}} = \arcsin(\sin(\delta) \cdot \sin(\varphi_{\text{w}}) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi_{\text{w}}) \cdot \cos(\omega)) [^\circ] \quad \text{HRN EN (11)} \quad (1.7)$$

kod $\alpha_{\text{sol}} < 0,0001$ uzeti $\alpha_{\text{sol}} = 0$

φ_{w} - zemljopisna dužina vremenske postaje ($^\circ$), Tablica 1.

Komplementarni solarni zenitni kut je

$$\theta_z = 90 - \alpha_{\text{sol}} [\text{h}] \quad \text{HRN EN (12)} \quad (1.8)$$

Azimut Sunca φ_{sol} je odklon projekcije Sunčevih zraka na horizontalnu ravninu od smjera juga, i određuje se koristeći slijedeće pomoćne veličine

$$\sin(\varphi_{\text{sol};\text{aux1}}) = \frac{\cos(\delta) \cdot \sin(180 - \omega)}{\cos(\arcsin(\sin(\alpha_{\text{sol}})))} [-] \quad \text{HRN EN (13)} \quad (1.9a)$$

$$\cos(\varphi_{\text{sol};\text{aux1}}) = \frac{\cos(\varphi_{\text{w}}) \cdot \sin(\delta) + \sin(\varphi_{\text{w}}) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(180 - \omega)}{\cos(\arcsin(\sin(\alpha_{\text{sol}})))} [-] \quad \text{HRN EN (14)} \quad (1.9b)$$

$$\varphi_{\text{sol};\text{aux2}} = \frac{\arcsin(\cos(\delta) \cdot \sin(180 - \omega))}{\cos(\arcsin(\sin(\alpha_{\text{sol}})))} [-] \quad \text{HRN EN (15)} \quad (1.9c)$$

Azimut Sunca φ_{sol} se izračuna prema slijedećim uvjetima

$$\varphi_{\text{sol}} = +(180 - \varphi_{\text{sol};\text{aux2}}) [^\circ]; \quad \sin(\varphi_{\text{sol};\text{aux1}}) \geq 0 \text{ and } \cos(\varphi_{\text{sol};\text{aux1}}) > 0 \quad \text{HRN EN (16)} \quad (1.10a)$$

$$\varphi_{\text{sol}} = \varphi_{\text{sol};\text{aux2}} [^\circ]; \quad \cos(\varphi_{\text{sol};\text{aux1}}) < 0 \quad \text{HRN EN (16)} \quad (1.10b)$$

$$\varphi_{\text{sol}} = -(180 + \varphi_{\text{sol};\text{aux2}}) [^\circ]; \quad \text{u ostalim slučajevima} \quad \text{HRN EN (16)} \quad (1.10c)$$

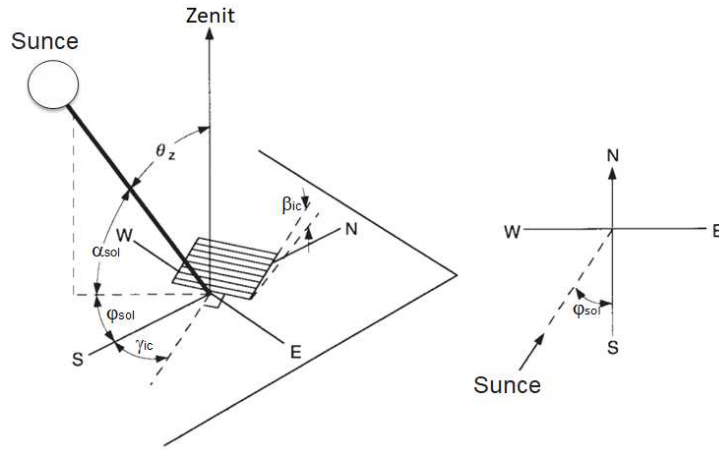
Upadni kut $\theta_{\text{sol;ic}}$ na nagnutu plohu je kut između Sunčevih zraka i normale nagnute plohe, i određuje se za proizvoljni otklon plohe od juga (tj. azimut plohe) prema

$$\theta_{\text{sol;ic}} = \arccos \left(\begin{array}{l} \sin(\delta) \cdot \sin(\varphi_w) \cdot \cos(\beta_{\text{ic}}) - \sin(\delta) \cdot \cos(\varphi_w) \cdot \sin(\beta_{\text{ic}}) \cdot \cos(\gamma_{\text{ic}}) \\ + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi_w) \cdot \cos(\beta_{\text{ic}}) \cdot \cos(\omega) + \cos(\delta) \cdot \sin(\varphi_w) \cdot \sin(\beta_{\text{ic}}) \cdot \cos(\gamma_{\text{ic}}) \cdot \cos(\omega) \\ + \cos(\delta) \cdot \sin(\beta_{\text{ic}}) \cdot \sin(\gamma_{\text{ic}}) \cdot \sin(\omega) \end{array} \right)$$

[°] HRN EN (17) (1.11)

β_{ic} - nagib plohe je kut između nagnute plohe i horizontalne ravnine (°), ulazni podatak;

γ_{ic} - azimut plohe je otklon plohe od smjera juga (orijentacija plohe) (°), ulazni podatak.



Slika 1 Prikaz kutova koji se koriste kod proračuna Sunčevog zračenja za nagnutu plohu proizvoljne orijentacije (vidi također Sliku 2).

Azimut plohe $\gamma_{\text{sol;ic}}$ je otklon plohe od projekcije Sunčevih zraka na horizontalnu ravninu, i određuje se kod proračuna zasjenjenja od vanjskih objekata prema

$$\gamma_{\text{sol;ic}} = (-360 + \omega - \gamma_{\text{ic}}) \text{ [°];} \quad (\omega - \gamma_{\text{ic}}) > +180 \quad \text{HRN EN (18) (1.12a)}$$

$$\gamma_{\text{sol;ic}} = (+360 + \omega - \gamma_{\text{ic}}) \text{ [°];} \quad (\omega - \gamma_{\text{ic}}) < -180 \quad \text{HRN EN (18) (1.12b)}$$

$$\gamma_{\text{sol;ic}} = (\omega - \gamma_{\text{ic}}) \text{ [°];} \quad \text{u ostalim slučajevima} \quad \text{HRN EN (18) (1.12c)}$$

Kut između Sunčevog zračenja i nagnute plohe $\beta_{\text{sol;ic}}$ se određuje prema

$$\beta_{\text{sol;ic}} = (-360 + \beta_{\text{ic}} - \theta_z) \text{ [°];} \quad (\beta_{\text{ic}} - \theta_z) > +180 \quad \text{HRN EN (19) (1.13a)}$$

$$\beta_{\text{sol;ic}} = (+360 + \beta_{\text{ic}} - \theta_z) \text{ [°];} \quad (\beta_{\text{ic}} - \theta_z) < -180 \quad \text{HRN EN (19) (1.13b)}$$

$$\beta_{\text{sol;ic}} = (\beta_{\text{ic}} - \theta_z) \text{ [°];} \quad \text{u ostalim slučajevima} \quad \text{HRN EN (19) (1.13c)}$$

Zračna masa je mjera puta koji Sunčevo zračenje prolazi kroz Zemljinu atmosferu i određuje se prema

$$m = \frac{1}{\sin(\alpha_{\text{sol}})} \quad [-]; \quad \alpha_{\text{sol}} \geq 10 \quad \text{HRN EN (20)} \quad (1.14a)$$

$$m = \frac{1}{\sin(\alpha_{\text{sol}}) + 0,15 \times (\alpha_{\text{sol}} + 3,885)^{-1,253}} \quad [-]; \quad (\beta_{\text{ic}} - \theta_z) < -180 \quad \text{HRN EN (21)} \quad (1.14b)$$

ako je $A_{\text{sol}} < 10$ $m = 0$

Ukoliko difuzna komponenta Sunčevog zračenja na horizontalnu plohu nije dostupna iz ulaznog seta meteo podataka ista se određuje prema

$$G_{\text{sol};d} = G_{\text{sol};g} - G_{\text{sol};b} \cdot \sin(\alpha_{\text{sol}}) \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (22)} \quad (1.15a)$$

gdje drugi član desne strane Jedn. (1.15a) predstavlja direktnu komponentu Sunčevog zračenja okomitu na horizontalnu plohu $G_{\text{sol};bn}$ (Slika 2), odnosno

$$G_{\text{sol};bn} = G_{\text{sol};b} \cdot \sin(\alpha_{\text{sol}}) \quad [\text{W/m}^2] \quad (1.15b)$$

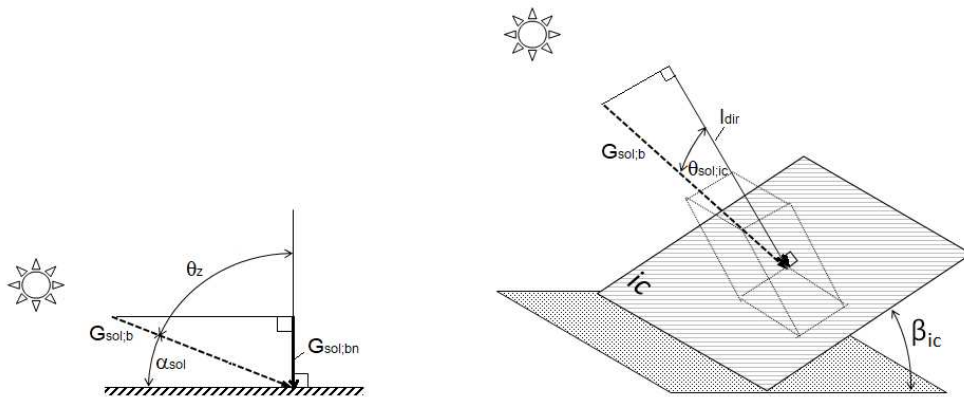
$G_{\text{sol};g}$ - globalno Sunčevo zračenje (W/m^2), dostupno iz ulaznog seta meteo podataka (npr. JRC baza);

$G_{\text{sol};b}$ - direktna komponenta Sunčevog zračenja na plohu okomitu na smjer tog zračenja (W/m^2), Slika 2, dostupno iz ulaznog seta meteo podataka (npr. JRC baza), ako nije, primijeniti Metodu 1 ili Metodu 2.

Metoda 1

$$G_{\text{sol};b} = G_{\text{sol};bn} / \sin(\alpha_{\text{sol}}) \quad [\text{W/m}^2] \quad (1.16)$$

$G_{\text{sol};bn}$ - direktna komponenta Sunčevog zračenja okomita na horizontalnu plohu (W/m^2), Slika 2, dostupno iz ulaznog seta meteo podataka ili, ako nije, primijeniti Metodu 2.



Slika 2 Prikaz direktnih komponenti Sunčevog zračenja na horizontalnu plohu ($G_{\text{sol};b}$ i $G_{\text{sol};bn}$) i nagnutu plohu ($G_{\text{sol};b}$ i I_{dir})

Metoda 2

Primjenjuje se ako nije primjenjiva Metoda 1, tj. poznato je samo globalno Sunčevo zračenje $G_{sol;g}$ iz ulaznog seta meteo podataka.

Ekstraterestričko Sunčevo zračenje na granici Zemljine atmosfere na plohu okomitu na smjer zračenja se računa prema

$$I_{ext} = G_{sol;c} \left(1 + 0,033 \times \cos \left(\frac{360}{365} \times n_{day} \right) \right) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{HRN EN (27)} \quad (1.16)$$

$G_{sol;c}$ - Solarna konstanta, $G_{sol;c} = 1370 \text{ W/m}^2$ (HRN EN 11)

Indeks prozračnosti atmosfere k_T

$$k_T = \frac{G_{sol;g}}{I_{ext}} \quad [-] \quad \text{HRN EN (23)} \quad (1.16)$$

Iznos difuzne komponente Sunčevog zračenja se dobije iz slijedećih izraza u ovisnosti o k_T

$$G_{sol;d}/G_{sol;g} = 1,0 - 0,09 \times k_T \quad [-]; \quad k_T \leq 0,22: \quad \text{HRN EN (23)} \quad (1.17a)$$

$$G_{sol;d}/G_{sol;g} = 0,9511 - 0,1604 \times k_T + 4,388 \times k_T^2 - 16,638 \times k_T^3 + 12,336 \times k_T^4 \quad [-]; \quad 0,22 < k_T \leq 0,80 \quad \text{HRN EN (23)} \quad (1.17b)$$

$$G_{sol;d}/G_{sol;g} = 0,165 \quad [-]; \quad G_{sol;d}/G_{sol;g} = 0,165 \quad \text{HRN EN (23)} \quad (1.17c)$$

Direktna komponenta Sunčevog zračenja na horizontalnu plohu se potom dobije iz

$$G_{sol;b} = \frac{G_{sol;g} - G_{sol;d}}{\sin(\alpha_{sol})} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{HRN EN (25)} \quad (1.18)$$

Direktna komponenta Sunčevog zračenja (okomita) na nagnutu plohu se računa prema

$$I_{dir} = \max \left[0; G_{sol;b} \cdot \cos(\theta_{sol;ic}) \right] \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{HRN EN (25)} \quad (1.19)$$

Difuzna komponenta Sunčevog zračenja na nagnutu plohu se dobije iz

$$I_{dif} = G_{sol;d} \left[(1 - F_1) \frac{(1 + \cos(\beta_{ic}))}{2} + F_1 \frac{a}{b} + F_2 \sin(\beta_{ic}) \right] \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{HRN EN (34)} \quad (1.20)$$

Bezdimenzijski parametri a , b

$$a = \max \left[0, \cos(\theta_{sol}) \right] \quad [-] \quad \text{HRN EN (28)} \quad (1.21a)$$

$$b = \max \left[\cos(85^\circ), \cos(\theta_z) \right] \quad [-] \quad \text{HRN EN (29)} \quad (1.21b)$$

Bezdimenzijski parametar prozračnosti

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{G_{\text{sol;d}} + G_{\text{sol;b}}}{G_{\text{sol;d}}} + K \cdot \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha_{\text{sol}} \right)^3 \right)}{1 + K \cdot \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha_{\text{sol}} \right)^3} \quad [-] \quad \text{HRN EN (30)} \quad (1.22)$$

ako je $G_{\text{sol;d}}=0$, $\varepsilon=999$

K - konstanta za proračun bezdimenz. parametra prozračnosti (-),
 $K = 1,014 \text{ rad}^{-3}$ (HRN EN 11)

Cirkumsolarni koeficijenti osvjetljenosti F_1 i horizontalni koeficijent osvjetljenosti F_2 se dobiju iz slijedećih izraza

$$\Delta = m \frac{G_{\text{sol;d}}}{I_{\text{ext}}} \quad [-] \quad \text{HRN EN (31)} \quad (1.23)$$

$$F_1 = \text{MAX} \left[0, f_{11}(\varepsilon) + f_{12}(\varepsilon) \Delta + f_{13}(\varepsilon) \left(\frac{\pi \theta_z}{180} \right) \right] \quad [-] \quad \text{HRN EN (32)} \quad (1.24)$$

$$F_2 = f_{21}(\varepsilon) + f_{22}(\varepsilon) \Delta + f_{23}(\varepsilon) \left(\frac{\pi \theta_z}{180} \right) \quad [-] \quad \text{HRN EN (33)} \quad (1.25)$$

Δ - bezdimenzijski parametar osvjetljenosti neba (-);

$f_{i,j}$ - bezdimenzijski koeficijenti osvjetljenosti (-), Tablica 2.

Uvjet, ako je $F_1 > 1$, uzeti $F_1 = 1$.

Tablica 2 (HRN EN 10) Vrijednosti indeksa prozračnosti k_T i koeficijenta osvjetljenosti f_{ij} u ovisnosti o parametru prozračnosti ε

ε	k_T	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{21}	f_{22}	f_{23}
$\varepsilon < 1,065$	1 Oblačno	-0,008	0,588	-0,062	-0,060	0,072	-0,022
$1,065 \leq \varepsilon < 1,230$	2	0,130	0,683	-0,151	-0,019	0,066	-0,029
$1,230 \leq \varepsilon < 1,500$	3	0,330	0,487	-0,221	0,055	-0,064	-0,026
$1,500 \leq \varepsilon < 1,950$	4	0,568	0,187	-0,295	0,109	-0,152	-0,014
$1,950 \leq \varepsilon < 2,800$	5	0,873	-0,392	-0,362	0,226	-0,462	0,001
$2,800 \leq \varepsilon < 4,500$	6	1,132	-1,237	-0,412	0,288	-0,823	0,056
$4,500 \leq \varepsilon < 6,200$	7	1,060	-1,600	-0,359	0,264	-1,127	0,131
$\varepsilon \geq 6,200$	8 Vedro	0,678	-0,327	-0,250	0,156	-1,377	0,251

Difuzna komponenta Sunčevog zračenja na nagnutu plohu uslijed refleksije od tla

$$I_{\text{dif;grnd}} = [G_{\text{sol;d}} + G_{\text{sol;b}} \sin(\alpha_{\text{sol}})] \rho_{\text{sol;grnd}} \frac{(1 - \cos(\beta_{\text{c}}))}{2} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (35)} \quad (1.26)$$

Cirkumsolarna komponenta Sunčevog zračenja na nagnutu plohu

$$I_{\text{circum}} = G_{\text{sol;d}} \cdot F_1 \frac{a}{b} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (36)} \quad (1.27)$$

Ukupna direktna komponenta Sunčevog zračenja na nagnutu plohu koja uključuje cirkumsolarno zračenje

$$I_{\text{dir;tot}} = I_{\text{dir}} + I_{\text{circum}} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (37)} \quad (1.28)$$

Ukupna difuzna komponenta Sunčevog zračenja na nagnutu plohu se računa prema

$$I_{\text{dif;tot}} = I_{\text{dif}} - I_{\text{circum}} + I_{\text{dif;grnd}} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (38)} \quad (1.29)$$

U konačnici, ukupno Sunčevo zračenje na nagnutu plohu (bez utjecaja zasjenjenja od vanjskih objekata) dobije se iz

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{dir;tot}} + I_{\text{dif;tot}} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (39)} \quad (1.30)$$

Vrijednost ukupnog Sunčevog ozračenja na nagnutu plohu (bez utjecaja zasjenjenja od vanjskih objekata) u jednom satu dobije se iz

$$H_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot t \quad [\text{Wh/m}^2] \quad (1.31)$$

gdje je $t=1$ h

Dnevne/mjesečne vrijednosti ukupnog Sunčevog ozračenja na nagnutu plohu se dobiju zbrajanjem svih satnih vrijednosti H_{tot} u pojedinom danu/mjesecu.

Proračun zasjenjenja od vanjskih objekata – pojednostavljena metoda

Ukupno Sunčevo zračenje na nagnutu plohu s korekcijom direktne komponente zračenja zbog zasjenjenja od vanjskih objekata se računa prema

$$I_{\text{tot;sh}} = F_{\text{dir}} \cdot I_{\text{dir;tot}} + I_{\text{dif;tot}} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{HRN EN (40)} \quad (1.32)$$

Napomena 1: zbog pojednostavljenja se pretpostavlja da zasjenjenje od objekata ne utječe na difuznu komponentu zračenja (uključujući i onu zbog refleksije od tla) obzirom da ti objekti mogu i reflektirati difuzno zračenje što onda kompenzira samo zasjenjenje.

Napomena 2: Detaljniji proračuni su opisani u HRN EN ISO 52016-1 (F.2, Hourly method).

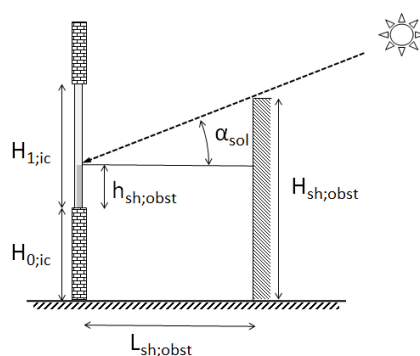
Koeficijent zasjenjenja direktne komponente zračenja F_{dir} se određuje prema

$$F_{\text{dir}} = \max \left[0; \frac{H_{1;\text{ic}} - h_{\text{sh;obst}}}{H_{1;\text{ic}}} \right] \quad [-] \quad \text{HRN EN (41)} \quad (1.33)$$

Pri čemu je visina zasjenjenog dijela na promatranoj plohi

$$h_{\text{sh;obst}} = \max \left[0, H_{\text{sh;obst}} - H_{0;\text{ic}} - L_{\text{sh;obst}} \cdot \tan(\alpha_{\text{sol}}) \right] \quad [-] \quad \text{HRN EN (42)} \quad (1.34)$$

- $H_{0;\text{ic}}$ - visina zasjenjene plohe od razine zemlje, ako je ploha nagnuta: vertikalna projekcija, (m), Slika 3;
- $H_{1;\text{ic}}$ - visina zasjenjene plohe od dna do vrha, ako je ploha nagnuta: vertikalna projekcija (m), Slika 3;
- $H_{\text{sh;obst}}$ - visina objekta koji zasjenjuje od razine zemlje, ako je ploha nagnuta: vertikalna projekcija, (m), Slika 3;
- $L_{\text{sh;obst}}$ - horizontalna udaljenost do zasjenjene plohe us mjeru Sunčevog zračenja (m), Slika 3.



Slika 3 (HRN EN 2) Zasjenjenje direktne komponente Sunčevog zračenja od udaljenih okolnih objekata

Ukupno osvijetljenje nagnute plohe se dobije iz

$$E_v = K_v \cdot I_{\text{tot}} \quad [-] \quad \text{HRN EN (43)} \quad (1.34)$$

K_v - Globalna učinkovitost osvijetljenja, $K = 115 \text{ lm/W}$ (HRN EN 11)

2. Korekcija proračunske temperature u ovisnosti o nadmorskoj visini prema HRN

EN ISO 15927-5:2008 Značajke zgrada s obzirom na toplinu i vlagu -- Proračun i prikaz klimatskih podataka -- 5. dio: Podaci za proračun toplinskog opterećenja za grijanje prostora

U predmetnoj normi iz naslova i njenom Annexu EN ISO 15927-5:2004/A1:2011 se navodi da se temperature vanjskog zraka zimi moraju odnositi na referentnu nadmorsku visinu koja, između ostalog, može biti nadmorska visina meteo postaje pojedinog mjesta.

Za procjenu temperature na drugim nadmorskim visinama od one referentne potrebno je iskazati korekcijski faktor tj. gradijent temperature po visini (npr. promjenu temperature na svakih 100 m) kod određivanja godišnje ili mjesečne vanjske projektne temperature grijanja.

Taj se faktor definira zasebno za svaku lokaciju iz lokalnih meteo podataka kako bi se uzeli u obzir lokalni utjecaji poput konfiguracije terena, zračnih struja i 'otoka', zračenja i dr. To je od posebnog utjecaja kod niskih temperatura.

Obzirom da za R. Hrvatsku nisu dostupni detaljni podaci o temperaturama na različitim visinama od tla za pojedine lokacije (Studija DHMZ [7]) koji bi omogućili izračun lokalnih korekcijskih faktora, utjecaj nadmorske visine se može uzeti u obzir kroz korištenje:

1. Korekcijskog faktora = $-0,7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ kod određivanja vanjske projektne temperature grijanja
2. Joint Research Center (JRC) baze podataka koja omogućuje dobivanje satnih podataka o temperaturi za bilo koju lokaciju/nadmorsku visinu u Europi kada se provode proračuni energijskih potreba zgrade

3. Korištenje satnih meteoroloških podataka iz baze Joint Research Center (JRC)

3.1 Općenito o JRC

Baza EU Joint Research Center (JRC) sadži satne podatke o temperaturi, relativnoj vlažnosti, brzini vjetra, Sunčevom zračenju, brzini vjetra i atmosferskom tlaku zraka za period od 2005. do 2016. g. za područje Europe te dio ostatka Svijeta (Afrika, dio Azije, dio S. i J. Amerike). U ovom su Algoritmu korišteni podaci za karakterističnu meteorološku godinu (Typical meteorological year - TMY) koja je izvedena za odabrani period od 10 godina na način da je odabran karakterističan mjesec iz svake godine prema proceduri iz norme HRN EN ISO 15927-4 [3].

Podaci o Sunčevom zračenju su izračunati temeljem satelitskih snimaka kroz CM SAF suradnju (<http://www.cmsaf.eu>), dok su ostale navedene meteo veličine dobivene iz ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) ERA-interim reanalysis (<http://www.ecmwf.int>). Temperatura zraka je korigirana prema nadmorskoj visini. Podaci dobiveni kroz 'Reanalysis' se temelje na numeričkim prognostičkim modelima uz korekcije prema stvarnim mjerenjima.

Vrijednosti Sunčevog zračenja su validirane mjerenim podacima na površini Zemlje. Navedeni proračuni Sunčevog zračenja temeljem satelitskih snimaka daju vrijednosti globalnog zračenja na horizontalnu plogu $G_{sol,g}$ i direktnog zračenja $G_{sol,b}$.

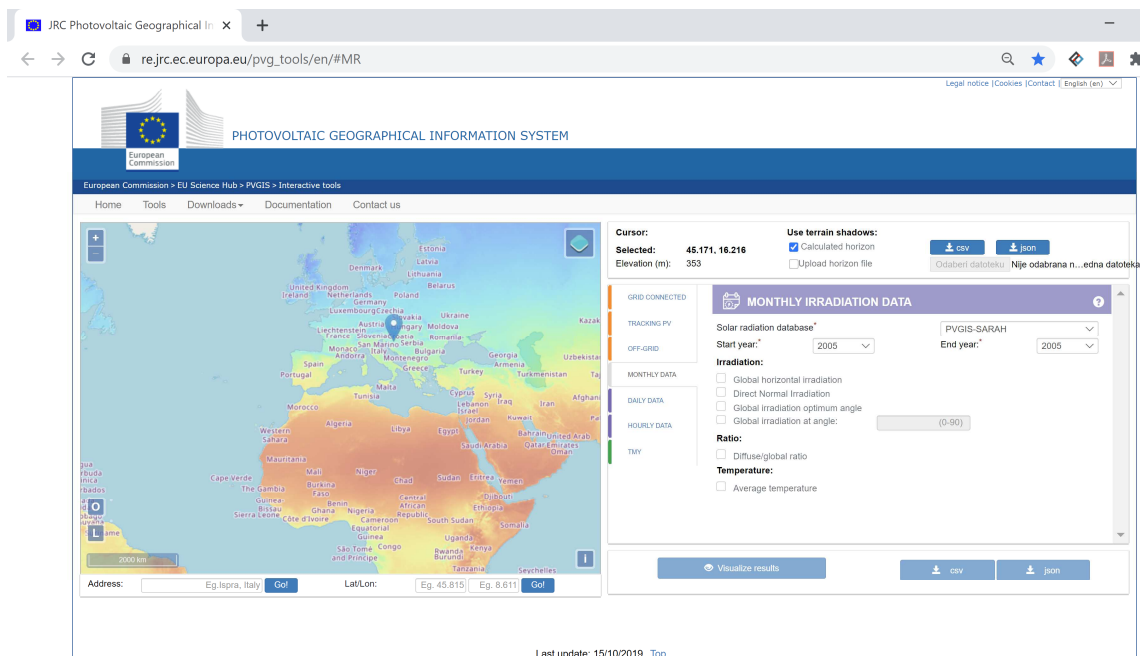
Za proračun ostalih komponenti potrebnih za proračun zračenja na nagnutu plohu koristi se anizotropna metoda difuznog zračenja s dvije komponente Muneer (1990) [8].

Stoga se podaci o proračunatim vrijednostima na nagnutu plohu razlikuju od onih dobivenih ovim Algoritmom (gdje je korišten postupak prema EN ISO 52010-1).

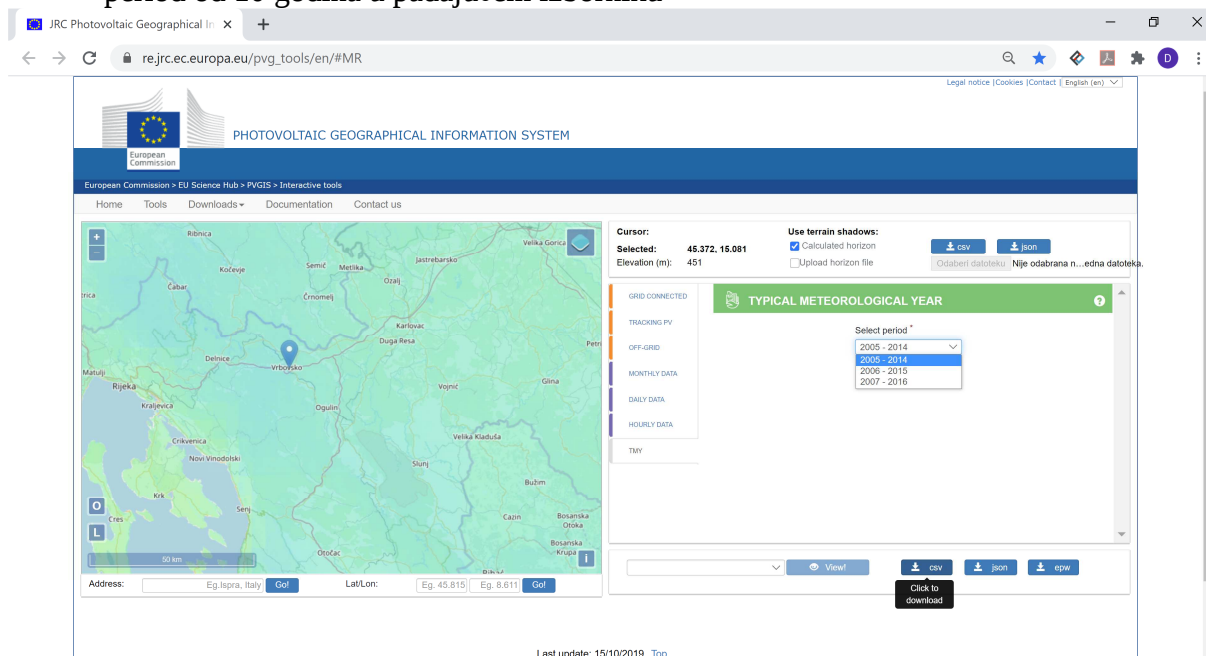
3.2 Postupak učitavanja podataka iz baze

Alat za odabir i učitavanje podataka je dostupan na web stranici https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR [9]. Podaci se mogu učitati kao satni, dnevni, mjesečni u raznim formatima ovisno o programu u kojem se koriste. Također, dostupan je i grafički prikaz rezultata za odabrani nagib i orijentaciju plohe te vremenski period. Za obradu podataka u excelu potrebno je učitati podatke u .csv formatu. U nastavku je opisano učitavanje podataka za karakterističnu godinu, obzirom da su oni relevantni za proračune energijskog svojstva zgrade.

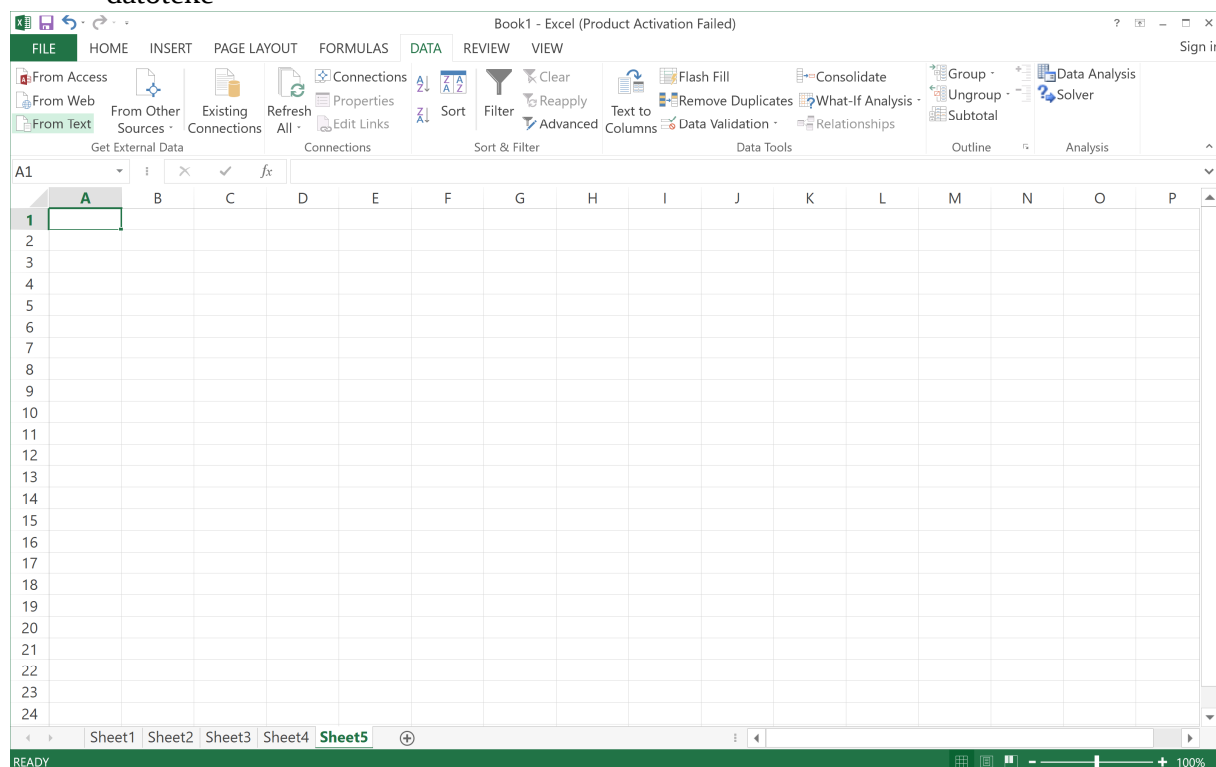
1. Korak: odabir lokacije- klikom na kartu ili upisom zemljopisne širine i visine lokacije. Preračunavanje iz standardnog zapisa geo koordinata (d, min, sec) u stupnjeve (DD) se provodi prema izrazu
$$DD = d + (\text{min}/60) + (\text{sec}/3600)$$



2. Učitavanje podataka iz baze odabirom opcije TMY i klikom na csv ikonu za odabrani period od 10 godina u padajućem izborniku



3. Korak: Otvaranje excel datoteke i odabir opcije DATA/From Text za učitavanje .csv datoteke



4. Korak: Odabir opcija u Text import wizard prema slikama u nastavku

Text Import Wizard - Step 1 of 3

The Text Wizard has determined that your data is Delimited.

If this is correct, choose Next, or choose the data type that best describes your data.

Original data type

Choose the file type that best describes your data:

☒ Delimited - Characters such as commas or tabs separate each field.

☐ Fixed width - Fields are aligned in columns with spaces between each field.

Start import at row: 1 File origin: 852 : Central European (DOS)

☐ My data has headers

Preview of file B:\suradnja\MZOPUG\Algoritmi\Meteo_alg\tmy_45.372_15.081_2005_2014.csv.

```

1 Latitude (decimal degrees): 45.372
2 Longitude (decimal degrees): 15.081
3 Elevation (m): 451.0
4 month, year
5 1, 2007
6 2, 2006
7 3, 2008
8 4. 2013
    
```

Cancel < Back Next > Finish

Text Import Wizard - Step 2 of 3

This screen lets you set the delimiters your data contains. You can see how your text is affected in the preview below.

Delimiters

☒ Tab
☐ Semicolon
☒ Comma
☐ Space
☐ Other

☐ Treat consecutive delimiters as one

Text qualifier: " ▼

Data preview

Latitude (decimal degrees): 45.372	
Longitude (decimal degrees): 15.081	
Elevation (m): 451.0	
month	year
1	2007
2	2006
3	2008
4	2013

< >

Cancel < Back Next > Finish

Text Import Wizard - Step 3 of 3
?
X

This screen lets you select each column and set the Data Format.

Column data format

☒ General
☐ Text
☐ Date
☐ Do not import column (skip)

DMY

▼

'General' converts numeric values to numbers, date values to dates, and all remaining values to text.

Advanced...

Data preview

General	General
Latitude (decimal degrees): 45.372	
Longitude (decimal degrees): 15.081	
Elevation (m): 451.0	
month	year
1	2007
2	2006
3	2008
4	2013

Cancel

< Back

Next >

Finish

Advanced Text Import Settings
?
X

Settings used to recognize numeric data

Decimal separator:
Thousands separator:

▼

▲

▼

▲

Note: Numbers will be recognized according to the numeric settings specified in the Region Settings Control panel.

Reset

☒

Trim trailing zeros or negative number

OK

Cancel

Import Data ? X

Select how you want to view this data in your workbook.

☒ Table

☐ PivotTable Report

☐ PivotChart

☐ Only Create Connection

Where do you want to put the data?

☒ Existing worksheet

☐ New worksheet

☐ Add this data to the Data Model

Properties... OK Cancel

Book1 - Excel (Product Activation Failed)

FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW

From Access Web From Text From Other Sources Get External Data Existing Connections Refresh All Connections Properties Edit Links Sort & Filter Filter Reapply Advanced Text to Columns Flash Fill Remove Duplicates Validation Data Consolidate What-If Analysis Relationships Group Ungroup Subtotal Outline Analysis

K27

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Latitude (decimal degrees): 45.372																	
2	Longitude (decimal degrees): 15.081																	
3	Elevation (m): 451.0																	
4	month	year																
5		1	2007															
6		2	2006															
7		3	2008															
8		4	2013															
9		5	2009															
10		6	2012															
11		7	2011															
12		8	2011															
13		9	2012															
14		10	2014															
15		11	2009															
16		12	2005															
17	time(UTC)	T2m	RH	G(h)	Gb(n)	Gd(h)	IR(h)	WS10m	WD10m	SP								
18	20070101:0000		4,02 98,29	0	0	0	340,69	3,69	220 98062									
19	20070101:0100		4,35 98,32	0	0	0	340,34	4,09	220 98002									
20	20070101:0200		4,68 98,34	0	0	0	339,99	4,5	220 97942									
21	20070101:0300		5 98,37	0	0	0	339,64	4,9	221 97857									
22	20070101:0400		5,33 98,39	0	0	0	339,28	5,31	221 97772									
23	20070101:0500		5,66 98,42	0	0	0	338,93	5,71	222 97686									
24	20070101:0600		5,98 98,44	0	0	0	338,58	6,12	222 97642									
25	20070101:0700		6,31 98,47	14	0	14	338,23	6,52	222 97598									
26	20070101:0800		7,26 97,81	16	0	16	345,15	6,47	222 97554									
27	20070101:0900		7,5 97,51	33	0	33	345,25	6,52	221 97459									
28	20070101:1000		7,14 97,2	82	0	82	345,35	6,57	221 97364									
29	20070101:1100		7,98 96,9	83	0	83	345,45	6,62	221 97269									
30	20070101:1200		7,19 96,31	101	0	101	342,08	6,54	221 97197									

Sheet1

READY

Učitane su slijedeće satne vrijednosti meteo veličina:

T2m – temperatura na 2 m visine od tla (°C)

RH – relativna vlažnost (%)

G(h) – Globalno Sunčevo zračenje na horizontalnu plohu $=G_{sol,g}$ (W/m²)

Gb(n) – Direktna komponenta Sunčevog zračenja na plohu okomitu na smjer tog zračenja $=G_{sol,b}$ (W/m²)

Gd(n) – Difuzna komponenta Sunčevog zračenja na horizontalnu plohu $=G_{dif}$ (W/m²)

IR(h) – Dugovalno (infracrveno) zračenje na horizontalnu plohu (W/m²)

WS – brzina vjetera na 10 m visine od tla (m/s)

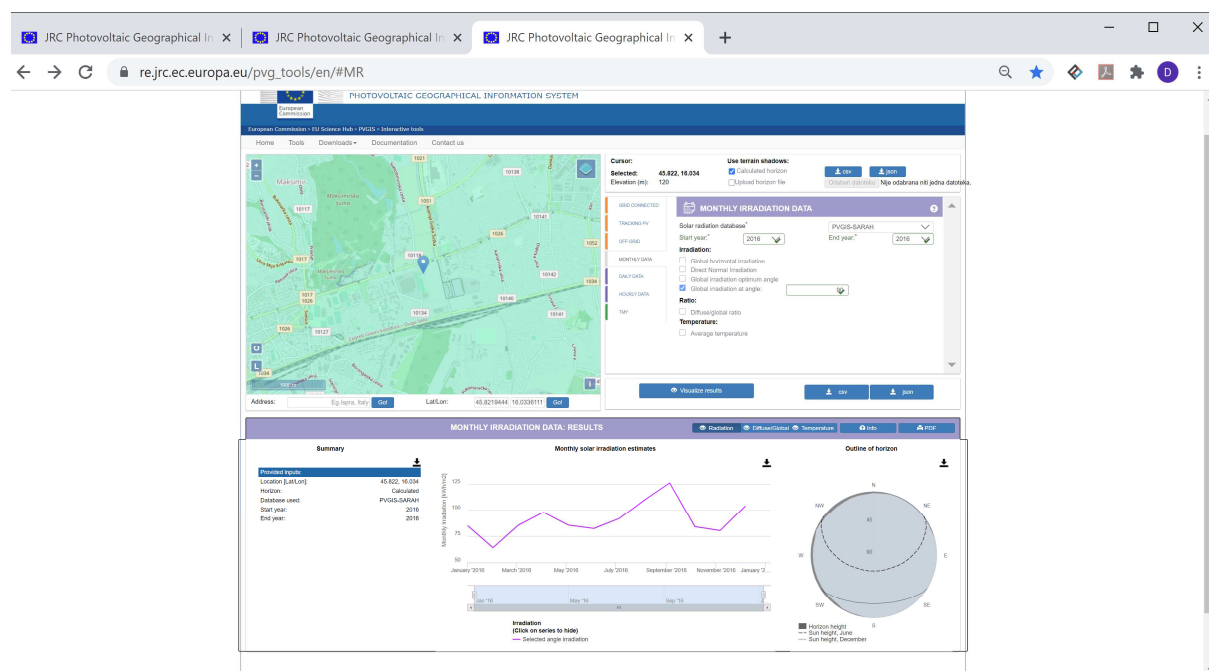
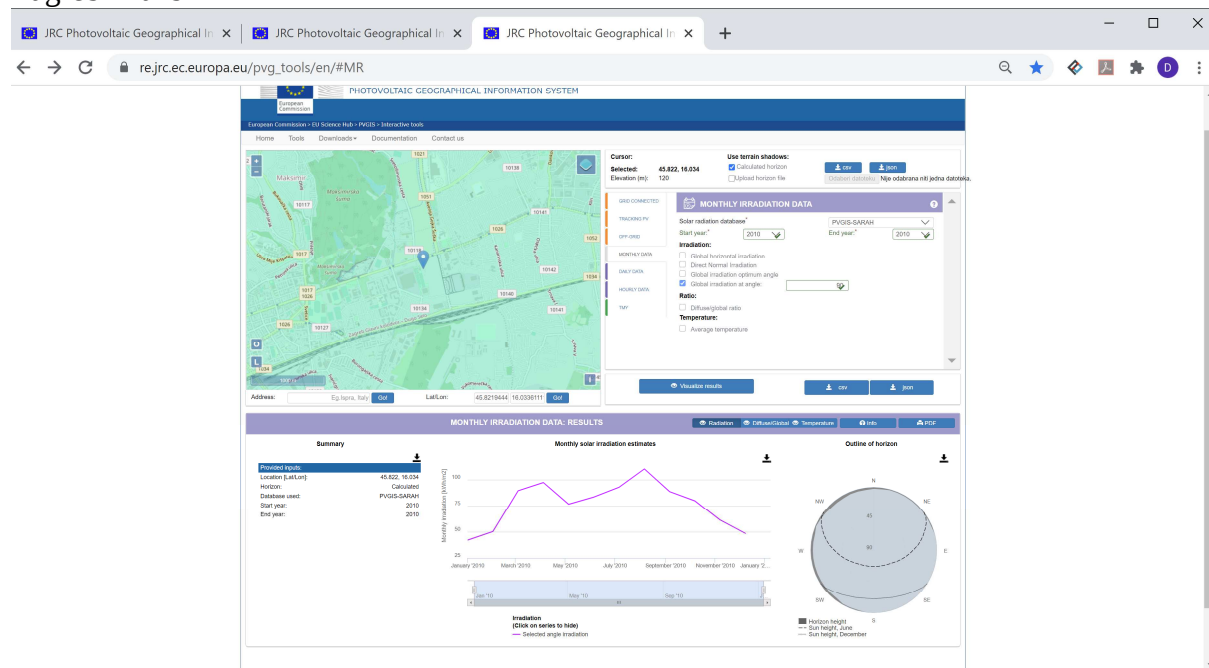
WD – smjer vjetera na 10 m visine od tla (m/s)

SP – atmosferski tlak zraka (Pa)

3.3 Učitavanje mjesečnih vrijednosti na nagnutu plohu

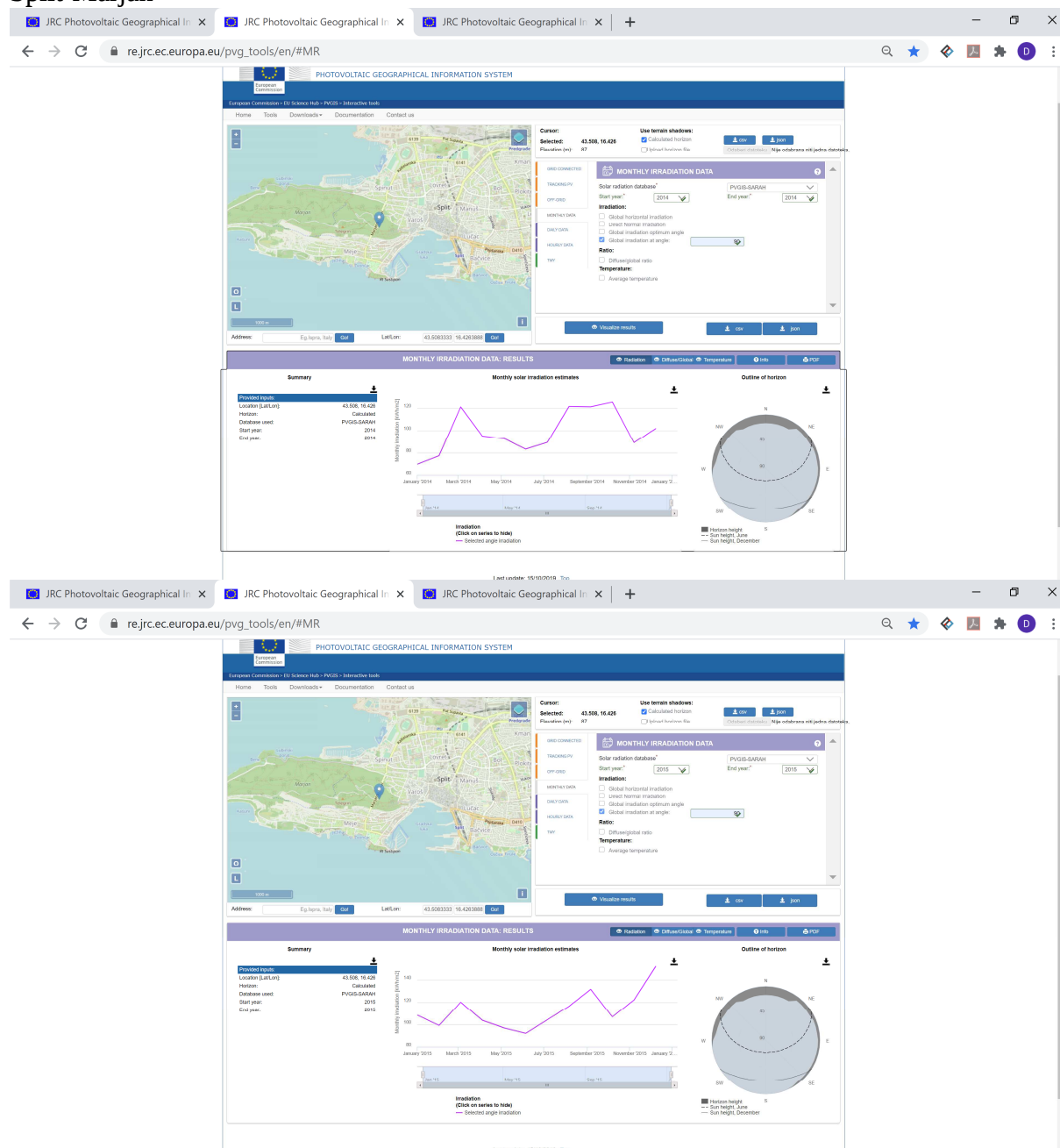
Odabirom opcije 'Monthly data' otvara se sučelje za učitavanje mjesečnih vrijednosti Sunčevog ozračenja na plohu orijentiranu prema jugu nagnutu za proizvoljni kut prema horizontali u odabranom rasponu godina, uz vizualizaciju podataka. Ovdje je također moguće učitati i prosječne mjesečne vrijednosti temperatura.

Zagreb-Maksimir



Komentar: Vizualizacija ozračenja na vertikalnu plohu orijentiranu prema jugu za Zagreb-Maksimir ukazuje na velika odstupanja podataka između pojedinih godina (2010. i 2016.) kao i različite trendove krivulja. To ukazuje na veliki utjecaj odabira perioda za određivanje karakteristične godine na mjesečne vrijednosti.

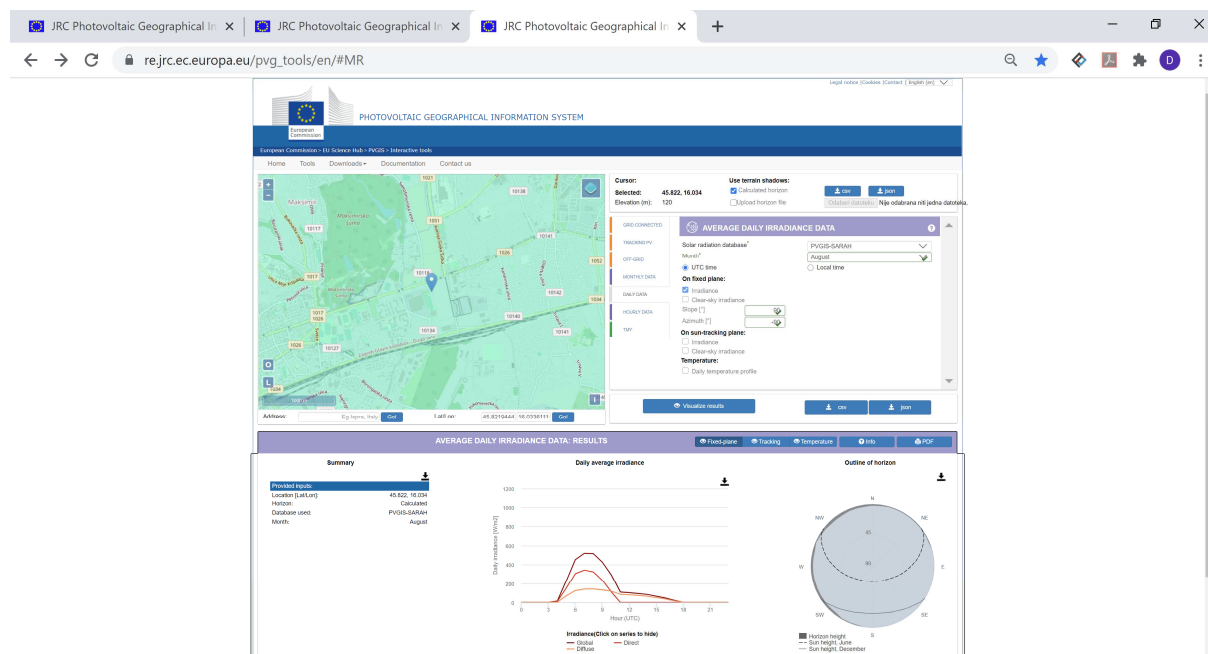
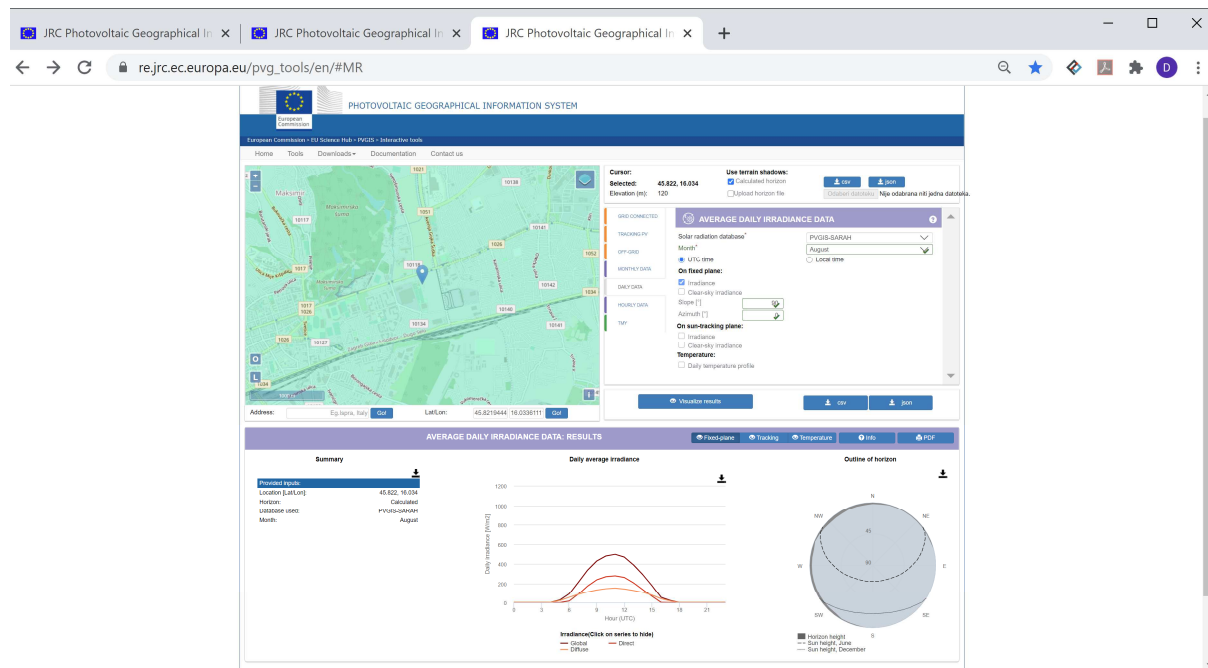
Split-Marjan



Komentar: Vizualizacija ozračenja na vertikalnu plohu orijentiranu prema jugu za Split-Marjan ukazuje na velika odstupanja podataka između pojedinih godina (2014. i 2015.) i različite trendove krivulja. To ukazuje na veliki utjecaj odabira perioda za određivanje karakteristične godine na mjesečne vrijednosti.

3.4 Učitavanje dnevnih vrijednosti na nagnutu plohu

Odabirom opcije 'Daily data' otvara se sučelje za učitavanje dnevnih vrijednosti Sunčevog ozračenja za proizvoljno orijentiranu plohu i pod proizvoljnim nagibom prema horizontali unutar odabranog mjeseca, uz vizualizaciju rezultata. Ovdje je također moguće učitati i dnevne vrijednosti temperatura.



3.5 Učitavanje satnih vrijednosti na nagnutu plohu

Odabirom opcije 'Hourly data' otvara se sučelje za učitavanje satnih vrijednosti Sunčevog zračenja za proizvoljno orijentiranu plohu i pod proizvoljnim nagibom prema horizontali za odabrani raspon godina. Dodatne komponente zračenja (direktno i difuzno) je moguće učitati odabirom opcije 'Radiation components'.

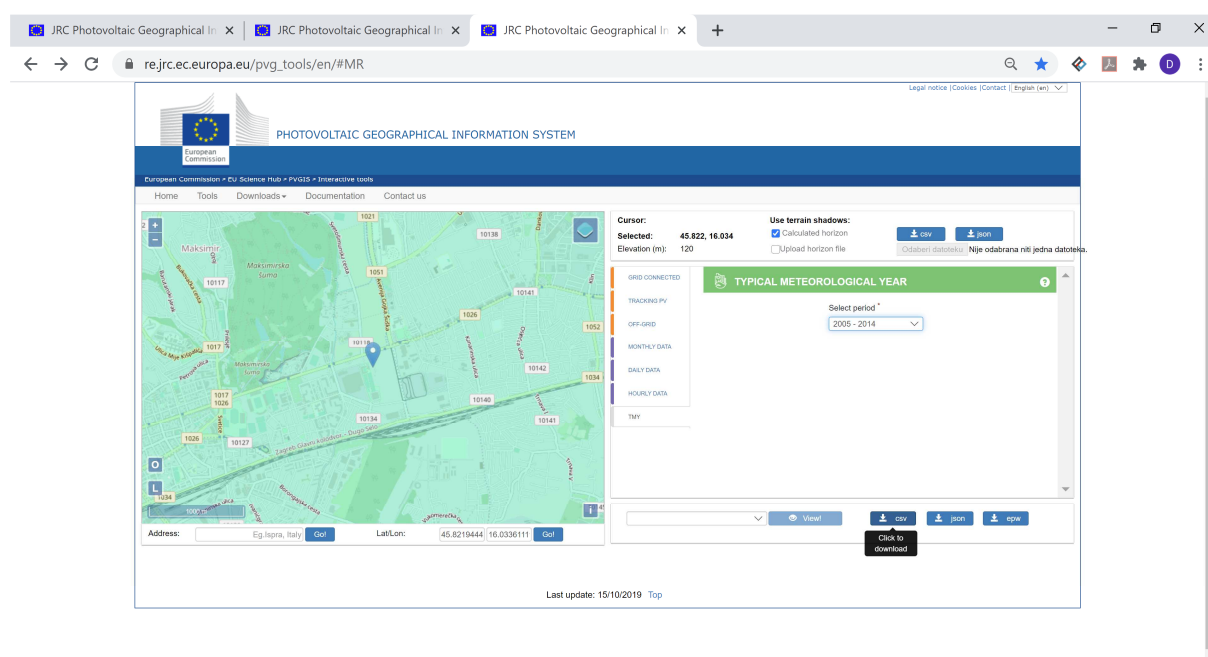
The screenshot displays the JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) web interface. The main map shows a location in Italy (Eg. Ispra, Italy) with a cursor at coordinates 45.822, 16.034. The 'HOURLY RADIATION DATA' panel is active, showing options for solar radiation database (PVGIS-SARAH), start year (2005), end year (2016), mounting type (Fixed), slope (90 degrees), and azimuth (0 degrees). The 'Radiation components' checkbox is checked. The interface also includes a sidebar with navigation options like Home, Tools, Downloads, Documentation, and Contact us. The bottom of the interface shows a download button for the data as a CSV file.

4. Primjeri proračuna

U nastavku su dani primjeri proračuna mjesečnih vrijednosti Sunčevog ozračenja prema proceduri iz Pog.1 (EN 52010-1) na vertikalnu plohu orijentiranu na 4 glavne strane svijeta, i to za meteo postaje Zagreb-Maksimir i Split-Marjan koristeći podatke JRC baze za karakterističnu godinu određenu za period 2005.-2014.g. Također dan je detaljan prikaz proračunatih komponenti Sunčevog ozračenja na plohu nagnutu pod $\beta_{ic}=45^\circ$ prema horizontali. Uz podatke o Sunčevom ozračenju dani su podaci o temperaturama i relativnoj vlažnosti zraka iz baze JRC.

Svi su navedeni podaci uspoređeni s onima pripremljenim u Studiji DHMZ-a [7] za potrebe proračuna energijskog svojstva zgrada gdje su korišteni podaci iz perioda 2004.-2013. g. za određivanje karakteristične godine. Nakon svake cjeline dan je komentar rezultata.

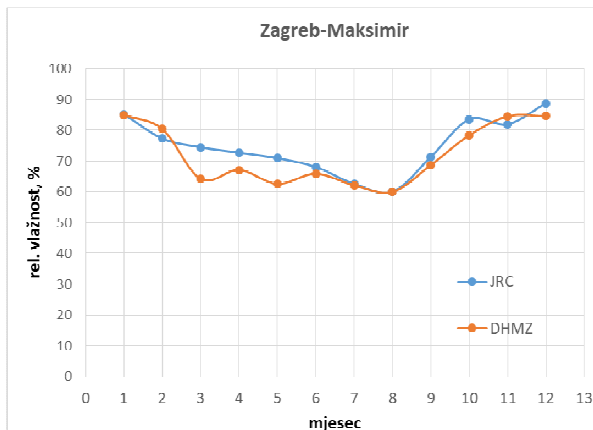
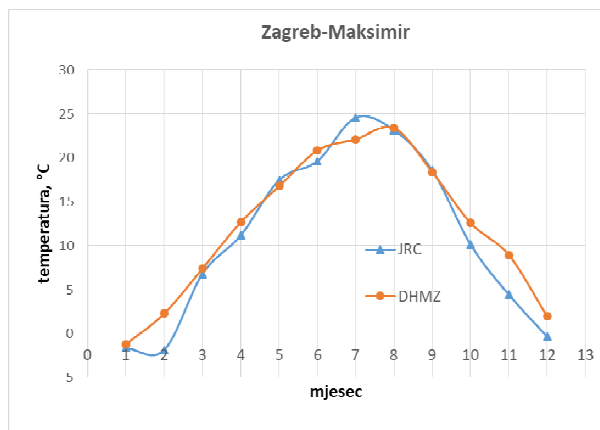
4.1 Proračun za Zagreb-Maksimir



Tablica 4.1.1 Srednje mjesečne vrijednosti temperatura i relativne vlažnosti-usporedba JRC (podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2004.-2013.g.)

mj.	T2m_av			RH_av		
	JRC °C	DHMZ °C	razlika °C	JRC %	DHMZ %	razlika %
1	-1,66	-1,20	-0,46	85,20	84,95	0,25
2	-1,85	2,29	-4,14	77,31	80,36	-3,05
3	6,81	7,42	-0,62	74,44	64,17	10,26
4	11,20	12,69	-1,49	72,72	67,12	5,60
5	17,47	16,78	0,70	70,92	62,59	8,33
6	19,64	20,84	-1,20	68,07	65,89	2,18
7	24,58	22,11	2,47	62,60	62,10	0,50
8	23,17	23,39	-0,22	60,06	60,00	0,06
9	18,60	18,39	0,21	71,35	68,70	2,65
10	10,15	12,60	-2,46	83,52	78,35	5,16

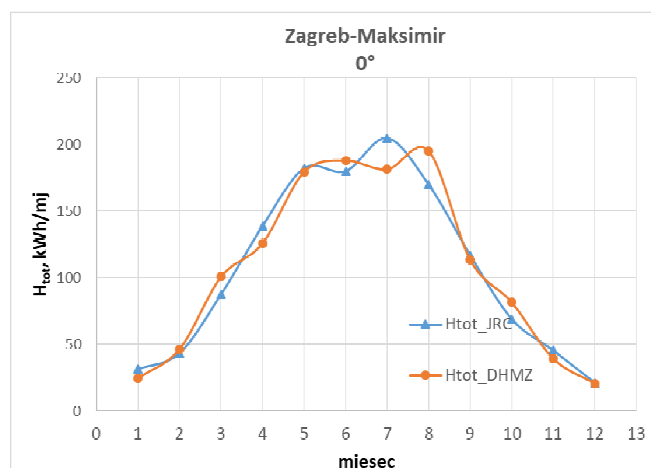
11	4,43	8,94	-4,51	81,96	84,49	-2,53
12	-0,33	1,96	-2,29	88,77	84,61	4,15
prosjeak	11,02	12,19	-1,17	74,74	71,95	2,80



Komentar: Odstupanje prosječnih temperatura JRC od DHMZ na godišnjoj razini je 1.17°C, pri čemu na mjesečnoj razini odstupanja prelaze i 4°C. Odstupanja rel. vlažnosti su do 10%. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesec iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine.

Tablica 4.2.2 Mjesečne vrijednosti globalnog Sunčevog ozračenja na horizontalnu plohu- usporedba JRC (podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2004.-2013.g.)

0° mj.	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	31,40	24,59	1,28
2	43,38	46,40	0,94
3	87,51	100,66	0,87
4	138,77	125,84	1,10
5	182,16	179,30	1,02
6	180,01	187,95	0,96
7	204,67	181,29	1,13
8	169,78	194,97	0,87
9	116,81	113,30	1,03
10	68,88	81,36	0,85
11	45,39	39,25	1,16
12	21,22	20,61	1,03
sum	1289,97	1295,52	1,00



Komentar: Odstupanje vrijednosti Sunčevog ozračenja JRC od DHMZ na godišnjoj razini je manje od 0,1% pri čemu u nekim (zimskim) mjesecima odstupanja dosežu do 28%. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesece iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine te različitih metoda određivanja difuzne komponente zračenja.

Tablica 4.2.3 Proračunate ukupne mjesečne vrijednosti globalnog Sunčevog ozračenja na vertikalnu plohu orijentiranu u smjeru juga (S), istoka (E), zapada (W) i sjevera (N) - usporedba JRC (proračun prema EN ISO 52010-1, podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2004.-2013.g.)

90°, S mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	45,52	30,03	1,52
2	51,16	50,84	1,01
3	84,44	93,71	0,90
4	96,49	84,74	1,14
5	96,96	91,24	1,06
6	81,46	84,21	0,97
7	98,58	84,67	1,16
8	105,97	118,25	0,90
9	105,00	97,27	1,08
10	80,31	96,56	0,83
11	77,13	53,69	1,44
12	30,29	33,36	0,91
sum	953,31	918,57	1,04

90°, E mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	25,10	14,39	1,74
2	32,72	25,92	1,26
3	65,70	58,78	1,12
4	94,73	74,76	1,27
5	113,82	111,18	1,02
6	115,54	109,05	1,06

7	129,56	103,00	1,26
8	107,11	111,58	0,96
9	83,63	69,10	1,21
10	53,89	52,67	1,02
11	37,49	26,00	1,44
12	16,82	13,89	1,21

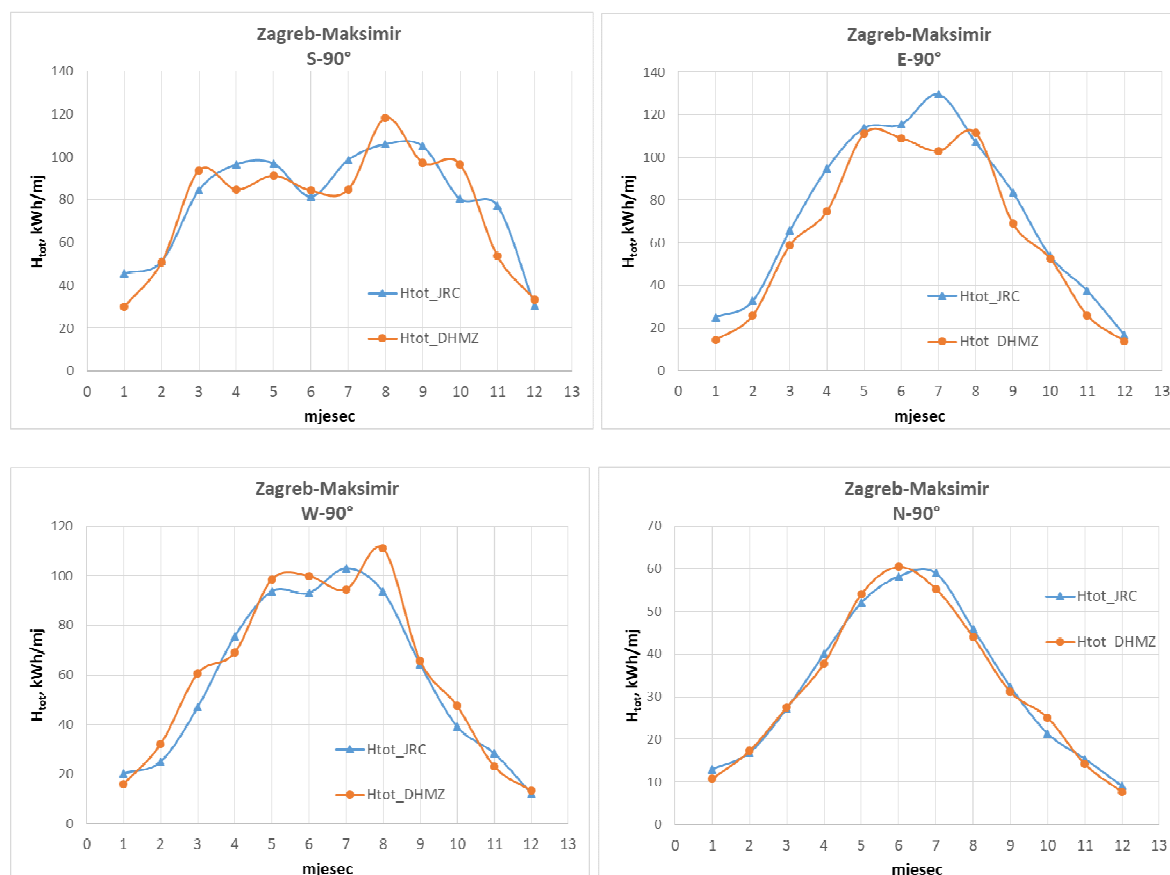
sum	876,13	770,32	1,14
-----	--------	--------	------

90°, W mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	20,33	16,07	1,27
2	25,11	32,19	0,78
3	47,08	60,60	0,78
4	75,62	69,09	1,09
5	93,76	98,50	0,95
6	93,14	99,93	0,93
7	103,06	94,48	1,09
8	93,58	111,01	0,84
9	64,34	65,80	0,98
10	39,20	47,49	0,83
11	28,40	23,17	1,23
12	12,22	13,38	0,91

sum	695,84	731,70	0,95
-----	--------	--------	------

90°, N mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	12,96	10,73	1,21
2	16,89	17,29	0,98
3	27,28	27,53	0,99
4	40,03	37,79	1,06
5	52,01	54,03	0,96
6	58,21	60,41	0,96
7	58,92	55,27	1,07
8	45,89	43,97	1,04
9	32,37	31,15	1,04
10	21,35	25,08	0,85
11	15,43	14,19	1,09
12	9,05	7,65	1,18

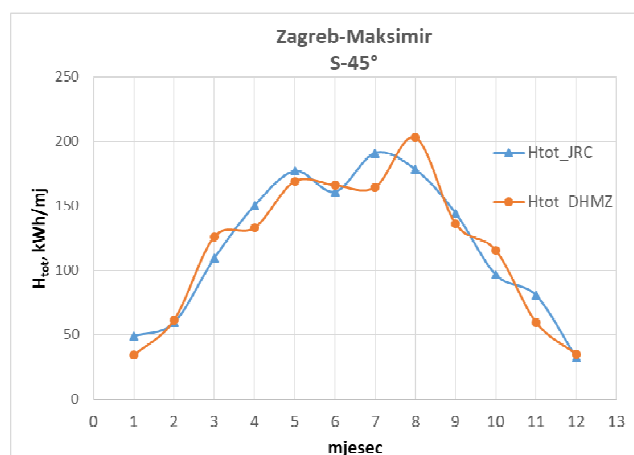
sum	390,38	385,09	1,01
-----	--------	--------	------



Komentar: Odstupanje vrijednosti Sunčevog ozračenja JRC od DHMZ na godišnjoj razini je u prosjeku 6%, pri čemu u nekim (zimskim) mjesecima odstupanja dosežu do 70%. Trendovi krivulja se podudaraju. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesec iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine (vidi Pog. 3.3.) te različitih metoda određivanja difuzne komponente zračenja.

Tablica 4.2.4 Proračunate ukupne mjesečne vrijednosti globalnog Sunčevog ozračenja na plohu nagnutu prema horizontali za $\beta_{ic}=45^\circ$ orijentiranu u smjeru juga (S) - usporedba JRC (proračun prema EN ISO 52010-1, podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2004.-2013.g.)

45°, S mj	H_{tot_JRC} kWh/mj	H_{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	48,84	34,15	1,43
2	59,62	61,54	0,97
3	109,42	126,01	0,87
4	150,19	133,02	1,13
5	176,85	168,88	1,05
6	160,85	165,86	0,97
7	190,91	164,35	1,16
8	178,19	202,99	0,88
9	144,31	136,02	1,06
10	96,53	115,35	0,84
11	80,52	59,71	1,35
12	32,44	34,91	0,93
sum	1428,67	1402,80	1,02

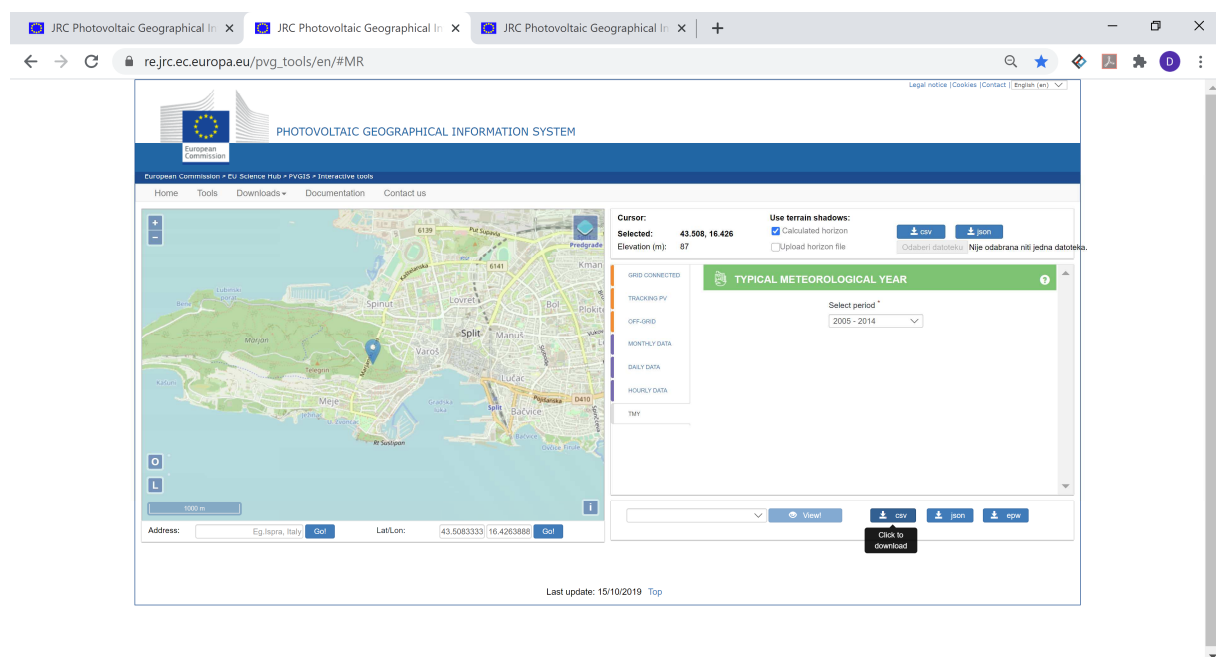


Komentar: Odstupanje vrijednosti Sunčevog ozračenja JRC od DHMZ na godišnjoj razini 2%, pri čemu u nekim (zimskim) mjesecima odstupanja dosežu do 43%. Trendovi krivulja se podudaraju. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesec iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine te različitih metoda određivanja difuzne komponente zračenja.

Tablica 4.2.5 Proračunate ukupne mjesečne vrijednosti komponenti Sunčevog ozračenja na plohu nagnutu prema horizontali za $\beta_{ic}=45^\circ$ orijentiranu u smjeru juga (S) – meteo podaci JRC (2004.-2015.g.) (proračun prema EN ISO 52010-1)

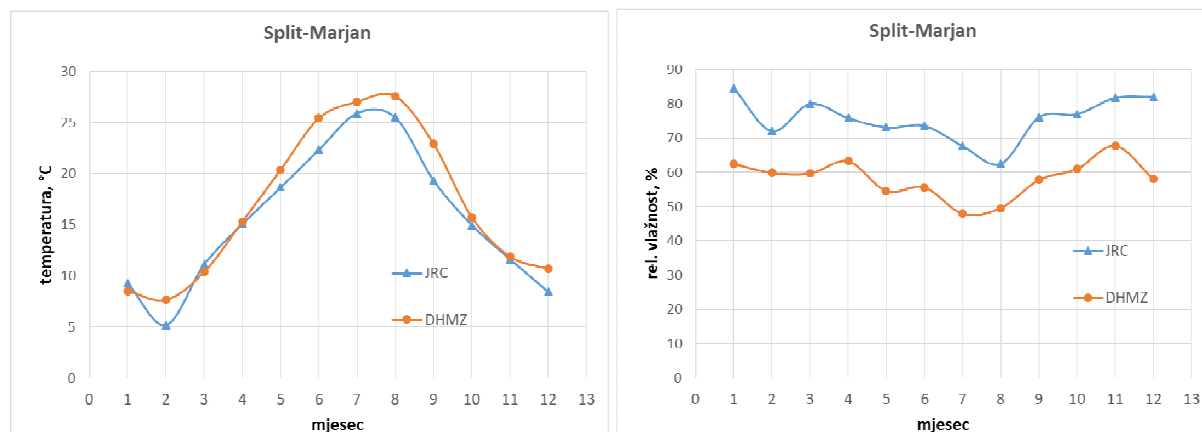
mj.	H _{dir} kWh/m ²	H _{dif} kWh/m ²	H _{dif;grnd} kWh/m ²	H _{circum} kWh/m ²	H _{dif;tot} kWh/m ²	H _{dir;tot} kWh/m ²	H _{tot} kWh/m ²
1	21,40	26,53	0,92	9,57	17,88	30,97	48,84
2	25,12	33,24	1,26	11,95	22,56	37,07	59,62
3	59,68	47,23	2,51	16,35	33,40	76,03	109,42
4	84,99	61,17	4,03	22,28	42,91	107,28	150,19
5	102,24	69,30	5,31	26,24	48,36	128,49	176,85
6	85,95	69,67	5,23	23,16	51,73	109,12	160,85
7	115,83	69,13	5,95	27,09	47,99	142,92	190,91
8	108,62	64,59	4,98	26,10	43,48	134,72	178,19
9	87,93	52,98	3,40	21,47	34,91	109,39	144,31
10	57,17	37,37	2,00	13,61	25,75	70,78	96,53
11	48,62	30,58	1,32	13,13	18,77	61,76	80,52
12	13,23	18,60	0,62	6,53	12,69	19,76	32,44
sum	810,78	580,38	37,52	217,48	400,41	1028,26	1428,67

4.2 Proračun za Split-Marjan



Tablica 4.2.1 Srednje mjesečne vrijednosti temperatura i relativne vlažnosti-usporedba JRC i DHMZ

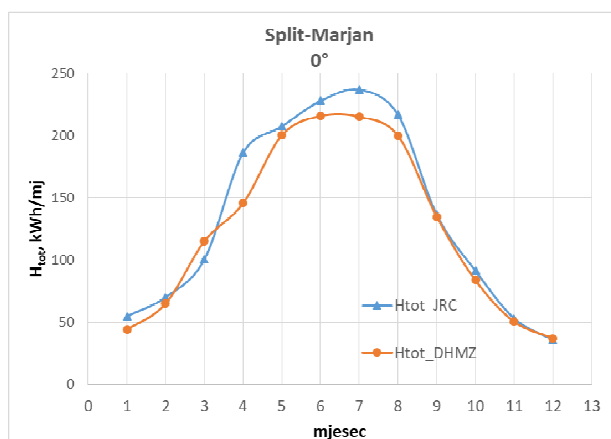
mj.	T2m_av			RH_av		
	JRC °C	DHMZ °C	razlika °C	JRC %	DHMZ %	razlika %
1	9,29	8,54	0,76	84,59	62,47	22,13
2	5,20	7,66	-2,45	72,03	59,86	12,17
3	11,12	10,39	0,73	79,96	59,65	20,31
4	15,07	15,32	-0,25	75,82	63,23	12,60
5	18,65	20,37	-1,73	73,08	54,52	18,56
6	22,32	25,42	-3,10	73,54	55,58	17,96
7	25,90	27,03	-1,12	67,68	47,92	19,76
8	25,49	27,56	-2,07	62,50	49,54	12,96
9	19,34	22,91	-3,57	76,04	57,80	18,23
10	14,97	15,75	-0,77	76,97	61,00	15,97
11	11,64	11,89	-0,25	81,70	67,74	13,95
12	8,44	10,70	-2,26	82,00	58,00	24,00
prosjeak	15,62	16,96	-1,34	75,49	58,11	17,38



Komentar: Odstupanje prosječnih temperatura JRC od DHMZ na godišnjoj razini je 1.34°C, pri čemu na mjesečnoj razini odstupanja prelaze i 3°C. Odstupanja rel. vlažnosti su do 24%. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesec iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine.

Tablica 4.2.2 Ukupne mjesečne vrijednosti globalnog Sunčevog ozračenja na horizontalnu plohu- usporedba JRC (podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2003.-2012.g.)

0° mj.	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	54,85	44,03	1,25
2	70,29	65,10	1,08
3	100,62	115,24	0,87
4	186,31	145,70	1,28
5	207,41	200,38	1,04
6	227,96	215,79	1,06
7	237,04	215,20	1,10
8	216,86	200,00	1,08
9	136,53	134,88	1,01
10	91,50	83,84	1,09
11	53,12	50,51	1,05
12	35,77	37,28	0,96
sum	1618,25	1507,93	1,07



Komentar: Odstupanje vrijednosti Sunčevog ozračenja JRC od DHMZ na godišnjoj razini je 7%, pri čemu u nekim mjesecima odstupanja dosežu do 25%. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesec iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine te različitih metoda određivanja difuzne komponente zračenja.

Tablica 4.2.3 Proračunate ukupne mjesečne vrijednosti globalnog Sunčevog ozračenja na vertikalnu plohu orijentiranu u smjeru juga (S), istoka (E), zapada (W) i sjevera (N) - usporedba JRC (proračun prema EN ISO 52010-1, podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2003.-2012.g.)

90°, S mj	H _{tot} _JRC kWh/mj	H _{tot} _DHMZ kWh/mj	omjer
1	103,86	73,01	1,42
2	103,82	89,15	1,16
3	98,17	105,22	0,93
4	128,81	88,43	1,46
5	103,51	81,51	1,27
6	95,44	74,76	1,28
7	104,43	76,45	1,37
8	131,01	101,83	1,29
9	116,87	106,37	1,10
10	110,48	95,56	1,16
11	90,74	80,32	1,13
12	64,80	81,13	0,80
sum	1251,935	1053,76	1,19

90°, E mj	H _{tot} _JRC kWh/mj	H _{tot} _DHMZ kWh/mj	omjer
1	49,05	26,73	1,83
2	53,63	37,55	1,43
3	75,99	63,04	1,21
4	127,25	78,85	1,61
5	130,20	106,17	1,23
6	136,41	102,02	1,34

7	149,22	108,83	1,37
8	140,08	106,51	1,32
9	96,81	80,50	1,20
10	70,48	54,77	1,29
11	39,54	35,38	1,12
12	31,25	28,87	1,08

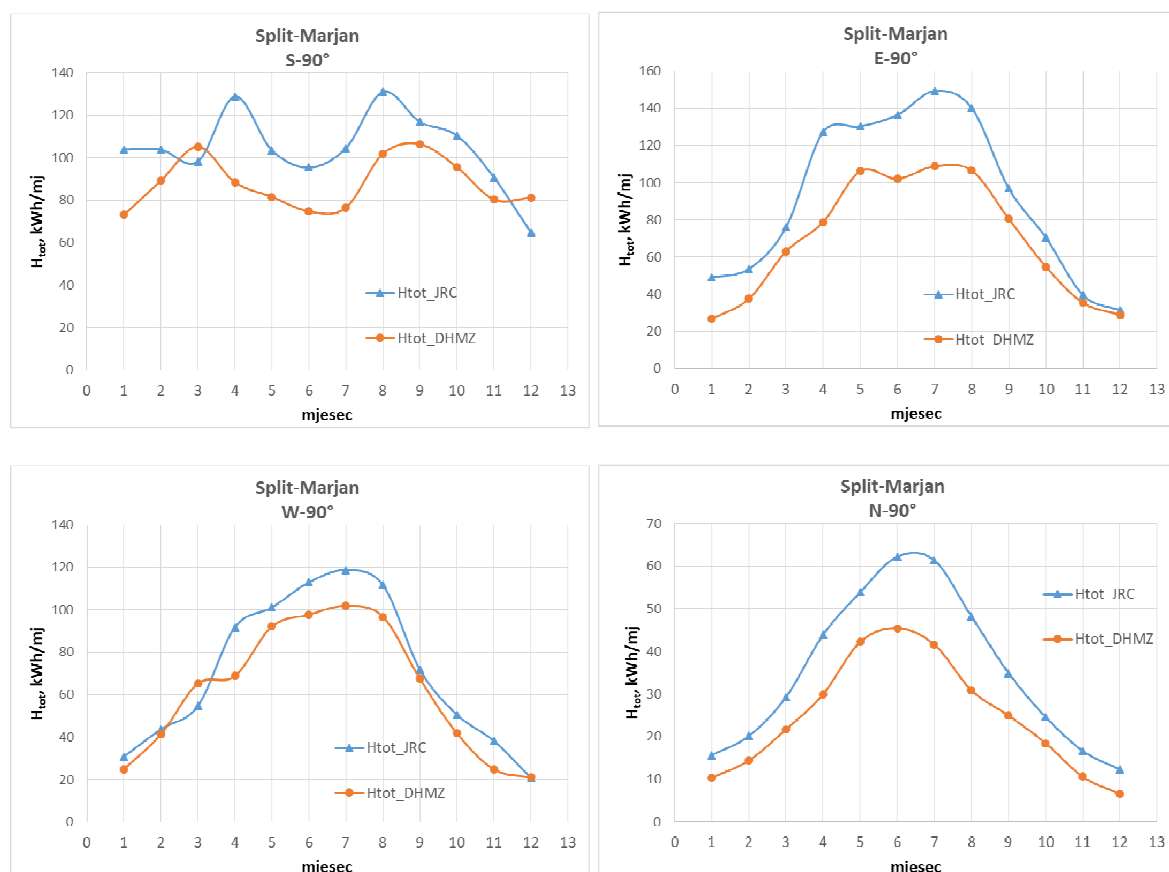
sum	1099,91	829,24	1,33
-----	---------	--------	------

90°, W mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	30,80	24,85	1,24
2	43,69	41,34	1,06
3	54,72	65,25	0,84
4	91,74	68,79	1,33
5	101,06	92,11	1,10
6	112,91	97,65	1,16
7	118,64	101,74	1,17
8	111,67	96,69	1,15
9	71,78	67,45	1,06
10	50,57	41,75	1,21
11	38,20	24,81	1,54
12	20,82	21,00	0,99

sum	846,60	743,44	1,14
-----	--------	--------	------

90°, N mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	15,66	10,34	1,52
2	20,12	14,39	1,40
3	29,26	21,68	1,35
4	43,87	29,93	1,47
5	53,87	42,21	1,28
6	62,22	45,43	1,37
7	61,37	41,61	1,47
8	48,20	30,86	1,56
9	34,92	24,95	1,40
10	24,59	18,44	1,33
11	16,63	10,57	1,57
12	12,30	6,53	1,89

sum	423,0037	296,9299	1,42
-----	----------	----------	------



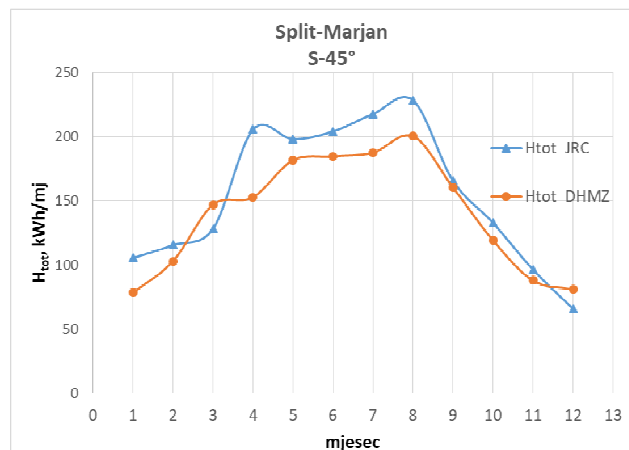
Komentar: Odstupanje vrijednosti Sunčevog ozračenja JRC od DHMZ na godišnjoj razini je u prosjeku 27%, pri čemu u nekim (zimskim) mjesecima odstupanja dosežu do 89%. Trendovi krivulja se podudaraju. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesec iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine (vidi Pog. 3.3.) te različitih metoda određivanja difuzne komponente zračenja.

Pri tome treba istaknuti da je u odnosu na podatke za Zagreb-Maksimir (2004.-2013.g.) ovdje veća razlika u periodu određivanja karakteristične godine (2003.-2012.g.) u odnosu na JRC (2004.-2015.g.).

Tablica 4.2.4 Proračunate ukupne mjesečne vrijednosti globalnog Sunčevog ozračenja na plohu nagnutu prema horizontali za $\beta_c = 45^\circ$ orijentiranu u smjeru juga (S) - usporedba JRC (proračun prema EN ISO 52010-1, podaci 2004.-2015.g.) i DHMZ (podaci 2003.-2012.g.)

45°, S mj	H _{tot_JRC} kWh/mj	H _{tot_DHMZ} kWh/mj	omjer
1	105,38	78,33	1,35
2	115,36	102,95	1,12
3	128,00	146,88	0,87
4	205,38	152,78	1,34
5	197,90	181,52	1,09
6	203,92	184,50	1,11
7	217,45	187,39	1,16
8	228,08	200,23	1,14
9	165,44	160,29	1,03

10	132,77	119,09	1,11
11	96,30	87,73	1,10
12	65,81	80,97	0,81
sum	1861,785	1682,675	1,11



Komentar: Odstupanje vrijednosti Sunčevog ozračenja JRC od DHMZ na godišnjoj razini 11%, pri čemu u nekim (zimskim) mjesecima odstupanja dosežu do 35%. Trendovi krivulja se podudaraju. Povećana odstupanja u nekim mjesecima su većim dijelom posljedica korištenja podataka za mjesece iz različitih godina kod definiranja karakteristične godine te različitih metoda određivanja difuzne komponente zračenja.

Tablica 4.2.5 Proračunate ukupne mjesečne vrijednosti komponenti Sunčevog ozračenja na plohu nagnutu prema horizontali za $\beta_{ic}=45^\circ$ orijentiranu u smjeru juga (S) – meteo podaci JRC (2004.-2015.g.) (proračun prema EN ISO 52010-1)

	H_{dir}	H_{dif}	$H_{dif,grnd}$	H_{circum}	$H_{dif,tot}$	$H_{dir,tot}$	H_{tot}
mj.	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1	75,11	28,69	1,57	12,67	17,60	87,78	105,38
2	78,99	34,33	2,04	14,16	22,21	93,15	115,36
3	75,98	49,11	2,90	17,74	34,27	93,73	128,00
4	137,83	62,18	5,37	28,57	38,97	166,40	205,38
5	127,85	64,05	6,00	26,83	43,22	154,68	197,90
6	134,33	62,95	6,64	26,62	42,98	160,94	203,92
7	149,10	61,46	6,89	27,40	40,95	176,50	217,45
8	163,64	58,14	6,31	28,20	36,24	191,84	228,08
9	106,89	54,59	3,96	22,81	35,73	129,70	165,44
10	89,58	40,55	2,64	16,41	26,79	105,99	132,77
11	65,16	29,56	1,58	12,31	18,83	77,47	96,30
12	40,79	23,98	1,03	9,54	15,47	50,33	65,81
	1245,24	569,60	46,94	243,27	373,27	1488,52	1861,79

LITERATURA

1. HRN EN ISO 52010-1:2017 Energijska svojstva zgrada -- Vanjski klimatski uvjeti -- 1. dio: Pretvorba klimatskih podataka za energetske izračun
2. HRN EN ISO 15927-5:2008 Značajke zgrada s obzirom na toplinu i vlagu -- Proračun i prikaz klimatskih podataka -- 5. dio: Podaci za proračun toplinskog opterećenja za grijanje prostora+Annex EN ISO 15927-5:2004/A1:2011
3. HRN EN ISO 15927-4:2008 Značajke zgrada s obzirom na toplinu i vlagu -- Proračun i prikaz klimatskih podataka -- 4. dio: Vrijednosti po satu, za procjenu godišnje potrošnje energije za grijanje i hlađenje
5. Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, MGIPU, 2017
6. Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama prema HRN EN 15316 seriji, MGIPU, 2017
7. Državni hidrometeorološki zavod, Studija: Priprema baze klimatskih podataka potrebnih za proračun energetskih svojstava zgrade, Zagreb 2013.
8. Muneer, T., Solar radiation model for Europe. Building Services Engineering Research and Technology 1990, 11(4), 153-163.
9. JRC baza, sučelje za učitavanje podataka, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR, 2020
10. JRC baza, korisnička dokumentacija, <https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/docs/usermanual>, 2020
11. JRC baza, metode proračuna, <https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/docs/methods>, 2020