

1. Sluneční záření

Stanovte teoretickou hodnotu slunečního ozáření G_T pro zadanou plochu 17.2. ve 14h (oblast Praha, město), nadmořská výška 200 m

úhel sklonu β	45°
azimut plochy γ	15° západ
zeměpisná šířka ϕ	ČR: cca 50° severní šířky

1.1. Geometrie slunečního záření

Stanovíme geometrické charakteristiky (úhly):

deklinace δ

- vztahy pro výpočet

$$\delta = 23.45^\circ \sin(0.98D + 29.7M - 109^\circ) \qquad \delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right)$$

kde D ... pořadí dne v měsíci

kde n ... pořadí dne v roce

M ... pořadí měsíce v roce

$$\delta = 23.45^\circ \sin(0.98 \cdot 17 + 29.7 \cdot 2 - 109^\circ) \qquad \delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{284 + 48}{365}\right)$$

$$\delta = -12.8^\circ$$

$$\delta = -12.6^\circ$$

Uvažujme dále průměrnou hodnotu -12.7°

sluneční časový úhel τ

- sluneční časový úhel se tedy stanoví ze slunečního času ST jako

$$\tau = 15^\circ \cdot (ST - 12) = 15^\circ \cdot (14 - 12) = 30^\circ$$

teoretická doba slunečního svitu

Časový úhel západu (nebo východu) slunce $\tau_{1,2}$ lze stanovit z podmínky nulové výšky Slunce h z rovnice (2.10) jako

$$\tau_{1,2} = \arccos(-\operatorname{tg} \phi \cdot \operatorname{tg} \delta) = \arccos(-\operatorname{tg} 50^\circ \cdot \operatorname{tg}(-12.7^\circ)) = 74.4^\circ$$

a z něj potom určit dobu mezi východem a západem Slunce, tzv. teoretickou dobu slunečního svitu jako

$$\tau_{\text{teor}} = \frac{2 \cdot \tau_{1,2}}{15^\circ} = \frac{2 \cdot 74.4}{15^\circ} = 9.9 \text{ hodin}$$

výška Slunce h

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \tau = \sin(-12.7^\circ) \cdot \sin 50^\circ + \cos(-12.7^\circ) \cdot \cos 50^\circ \cdot \cos 30^\circ = 22^\circ$$

a zenitový úhel θ_z je potom

$$\theta_z = 90^\circ - h = 90 - 19 = 68^\circ$$

azimut Slunce γ_s

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta}{\cos h} \sin \tau = \frac{\cos(-12.7^\circ)}{\cos(22^\circ)} \sin(30^\circ) = 32^\circ$$

úhel dopadu slunečního záření θ

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \beta + \cos h \cdot \sin \beta \cdot \cos(\gamma_s - \gamma)$$

$$\theta = \arccos(\sin 22^\circ \cdot \cos 45^\circ + \cos 22^\circ \cdot \sin 45^\circ \cdot \cos(32^\circ - 15^\circ)) = 27^\circ$$

1.2. Sluneční ozáření

Hustota slunečního zářivého toku dopadající dne 7.2. na vnější obal atmosféry Země ve směru normály

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) = G_{sc} \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot 48}{365} \right) = 1398 \text{ W/m}^2$$

po průchodu atmosférou jako přímé normálové (ve směru normály) sluneční ozáření

$$G_{bn} = G_{on} \cdot \exp\left(-\frac{Z}{\varepsilon}\right)$$

Zjednodušeně lze aplikovat charakteristické hodnoty součinitele znečištění následovně:

- horské oblasti $Z = 2$
- venkov $Z = 3$
- města $Z = 4$
- průmyslové oblasti $Z = 5$ a více

$$\varepsilon = \frac{9,38076 \cdot [\sin h + (0,003 + \sin^2 h)^{0,5}]}{2,0015 \cdot (1 - L_v \cdot 10^{-4})} + 0,91018$$

kde

L_v ... nadmořská výška daného místa [m]

h výška Slunce

$$\varepsilon = \frac{9,38076 \cdot [\sin 22^\circ + (0,003 + \sin^2 22^\circ)^{0,5}]}{2,0015 \cdot (1 - 200 \cdot 10^{-4})} + 0,91018 = 4.52$$

$$G_{bn} = 1398 \cdot \exp\left(-\frac{4}{4.52}\right) = 577 \text{ W/m}^2$$

Sluneční ozáření obecné plochy G_T – hustota zářivého toku dopadající na 1 m² obecně skloněné a orientované plochy

b (přímé), d (difúzní), T (na obecně skloněnou plochu), n (na plochu kolmou ke směru paprsku), bez indexu (na horizontální – vodorovnou plochu)

$$G_T = G_{bT} + G_{dT} + G_{rT}$$

nejprve je nutné stanovit přímé a difúzní ozáření horizontální plochy (neindexované) G_b a G_d

přímé sluneční ozáření na vodorovnou rovinu

$$G_b = G_{bn} \sin h = 577 \cdot \sin(22^\circ) = 216 \text{ W/m}^2$$

difúzní sluneční ozáření na vodorovnou rovinu

$$G_d = 0,33 \cdot (G_{on} - G_{bn}) \sin h = 0,33 \cdot (1398 - 577) \cdot \sin(22^\circ) = 101 \text{ W/m}^2$$

přímé $G_{bT} = G_{bn} \cos \theta = 577 \cdot \cos(27^\circ) = 515 \text{ W/m}^2$

difúzní $G_{dT} = \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) G_d = \left(\frac{1 + \cos 45^\circ}{2}\right) 101 = 87 \text{ W/m}^2$

odražené $G_{rT} = \rho_g \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right) (G_b + G_d) = 0,2 \left(\frac{1 - \cos 45^\circ}{2}\right) (216 + 101) = 9 \text{ W/m}^2$

celkové teoretické sluneční ozáření na zadanou plochu dne 7.2. ve 14 h

$$G_T = G_{bT} + G_{dT} + G_{rT} = 515 + 87 + 9 = 611 \text{ W/m}^2$$

Tímto způsobem je možné stanovit teoretické sluneční ozáření (celkové, difúzní) v každém minutě roku a vytvořit tabulky typických denních úhrnů (integrace), které jsou dále používány v úlohách.