

LÉGKÖR

51. évfolyam

2006. 3. szám

A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁS METEOROLÓGIAI ADOTTSÁGAI DEBRECEN TÉRSÉGÉBEN

Bartók Blanka - Csákberényi-Magy Gergely

p. 27-32.

Országos Meteorológiai Társaság

Budapest, 2006

A napenergia-hasznosítás meteorológiai alapjai Debrecen térségében

Bevezetés

A rendelkezésre álló napenergia hatékony felhasználásának egyik alapvető feltétele, hogy pontosan ismerjük azt az energiamennyiséget, mely a földfelszín egységnyi területére érkezik egy adott időegység alatt. A három másik alappillér: a technikai feltételek, pénzügyi-gazdasági konstrukciós lehetőségek és az energiaforrás elfogadottsága.

Meteorológiai háttér

Az energetikai felhasználás szempontjából fontos, Napból kiinduló és a felfogó felszínre érkező rövidhullámú sugárzás (a meteorológiában 0,2 és 4 μm hullámhossz között értelmezett tartomány) a globálsugárzás, mely közvetlen (direkt), illetve szórt sugárzás (égboltsugárzás) komponensekre bontható. Míg a közvetlen sugárzás csak a napsütésnek kitett felületeken érzékelhető, a levegő, vízgőz és szennyező anyagok molekuláin valamint a felhőken szétszórt sugárzás mindenhová eljut.

A vízszintes síkra eső közvetlen sugárzás intenzitását az

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_0 q^{Tz} \sin h \quad (1)$$

összefüggés adja, ahol I_0 – a napállandó, q – a tiszta légkör átbocsátási együtthatója, T – a Linké - féle homályossági tényező, z – a sugárzás légkörben megtett útjának a hossza, h – a napmagasság.

A potenciális napenergia meghatározásánál azonban a gyakorlatban előforduló vízszintestől eltérő, különböző lejtésszögű és égtájolású felfogó felszínek energia-bevételének elemzése válik szükségsszerűvé, mivel a felszínre érkező globálsugárzás eloszlását a felfogó felület kitettsége illetve lejtésszöge nagymértékben befolyásolják. A vízszintes felületre érkező globálsugárzás értékekből ismert lejtőtulajdonságok alapján geometriai összefüggésekkel kiszámítható a különböző lejtőkre jutó közvetlen napenergia (Kaempfert, W. – Morgen, A., 1952, Kondratyev, K., 1954).

Ha a besugárzásra merőleges felszínre a légkörön keresztül I energiamennyiség jut, akkor a lejtő felszínére

$$\mathbf{I}_L = \mathbf{I} \cos i \quad (2)$$

energia jut, ahol, i – a napsugarak beesési szöge a lejtő síkjára; vagy

$$I_L = I [\cos\beta \sinh + \sin\beta \cosh \cos(\alpha_N - \alpha_L)] \quad (3)$$

ahol, I – ugyancsak a napsugarakra merőleges síkra vonatkoztatott sugárzás intenzitása, β - a lejtő hajlásszöge, h - a napmagasság, α_N - a lejtő normálisának azimutja, α_L – a nap azimutja. (Kondratyev, K., 1954).

Tehát a lejtős felszínre érkező közvetlen sugárzás mennyisége függ a napmagasságtól, a napsugarak beesési szögétől, a lejtő hajlásszögétől, a lejtő irányától.

A lejtőtulajdonságok sugárzásbevétel-módosító hatása elsősorban a direkt sugárzás mennyiségi eloszlásában nyilvánul meg. Ez az eloszlás bármilyen lejtőszögű és kitettségű felszínre ismert geometriai összefüggésekkel kiszámítható. (Kaempfert, W. – Morgan, A., 1952; Kondratyev, K., 1954; Justyák J. - Tar K., 1973).

Vizsgálatunkban a vízszintes és ettől eltérő tulajdonságú felületek energia bevételének összefüggését a vízszintes felületre jutó közvetlen sugárzás értékekből egy szorzószám (q_β) segítségével határoztuk meg, mely alapján kiszámítható a különböző tulajdonságú lejtők energia bevétele.

$$I_L = q_\beta I_V \quad (4)$$

ahol, I_L - a lejtő felszínére jutó sugárzásmennyiség, I_V – a vízszintesen mért közvetlen sugárzás mennyisége, q_β – szorzószám

A módszert Justyák J. - Tar K. (1973) dolgozta ki, használata azért célszerű, mert ha a lejtőszög nem nagy ($\beta \leq 40$), akkor ez a szorzószám közelítőleg a globálsugárzás mennyiségére is érvényes (Muhenberg, V., 1965), vagyis a szórt sugárzás általában a lejtő adott hajlásának mértékéig függetlennek tekinthető.

A napenergia hasznosításának érdekében felállított napelemek elhelyezésénél a déli kitettségű felszínek esetében a módszer alapján meghatározható az optimális lejtőszög, vagyis, amelyre adott sugárzási viszonyok mellett a legnagyobb mennyiségű energia jut az

$$\beta_{\max} = \varphi - \delta \quad (5)$$

egyenlet ad, ahol φ – földrajzi szélesség, δ – Nap deklinációja

β_{\max} 47, 40 északi földrajzi szélességi körön, déli kitettségű felszíneknél, a nyári hónapokban átlagosan 29,3 fokos lejtésszögű felületnek felelnek meg. A vizsgált település épületeinek 30 fokos ferdeség tetőszerkezetein kedvező feltételeket biztosít a potenciális napenergia

maximális értékesítése például a tetőszerkezetekre felszerelt napelemek működtetésével a nyári hónapokban, mikoris évi viszonylatban legnagyobb a besugárzás értéke. A továbbiakban számításainkat tehát déli kitétségű, 30^0 -os hajlásszögű felületekre végeztük.

Elsőként meghatároztuk az adott pont (Bocskai kert, $\varphi = 47^040'$) esetében a vízszintes felszín napkelte (ω_1) és napnyugta (ω_2) időpontjait, az év minden hónapjának 21. napján (1. táblázat), az alábbi összefüggés alapján:

$$\cos \omega_{1,2} = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta \quad (6)$$

ahol, $\omega_{1,2}$ – a nap óraszöge ($-180^0 < \omega < 180^0$)

φ – a hely földrajzi szélessége

δ – a Nap deklinációja

Annak érdekében, hogy meghatározhassuk a vízszintes és ettől eltérő felület sugárzásbevételének eltérését, meg kell határoznunk adott pontban, esetünkben Debrecen, a különböző hajlásszögű lejtőre vonatkozó besugárzás kezdetének (lejtőnapkelte) és végének (lejtőnapnyugta) időpontját vagy óraszögét vagyis azt az időpontot, amikor a napsugarak párhuzamosak a lejtő síkjával, az adott pont vízszintes síkjára számított napkelte és napnyugta függvényében. A déli lejtők esetében ez a következőképpen határoztuk meg:

$$\cos \omega'_{1,2} = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \beta)}{\operatorname{tg} \varphi} \cos \omega_{1,2} \quad (7)$$

ahol, $\omega'_{1,2}$ – lejtőnapkelte/lejtőnapnyugta óraszöge radiánokban

φ – földrajzi szélesség, β – lejtő hajlásszöge

Déli lejtőn a közvetlen sugárzás vízszinteshez viszonyított napi összegének aránya a fenti paramétereket ismerve a következőképpen számítható ki (Justyák J. - Tar K., 1973):

$$q_{\beta} = \frac{\omega'_1 \sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_1}{\omega_1 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_1} \quad (8)$$

ahol, q_{β} – vízszintes és déli lejtő közvetlen besugárzás közti arányszám, δ – lejtő hajlásszöge, φ – a hely földrajzi hosszúsági köre.

Megjegyzés: a déli lejtők és a vízszintes sík esetében $\omega'_1 = \omega'_2$, illetve $\omega_1 = \omega_2$, vagyis a napkelte és napnyugta a deleléstől való eltérése egyenlő

A módszer által meghatározható szorzószám a direkt sugárzás mennyiségére érvényes, vagyis felhőtlen napok esetében használható.

A módszer alapján Debrecen estében az év minden hónapjának 21. napjára vonatkozóan a módszerrel meghatároztam azt a szorzószámot, mely megadja a déli kitettség, 30°-os lejtőszögű felszín és a vízszintes felületre érkező direkt sugárzás arányát.

1. táblázat: az év hónapjainak 21. napján a Nap deklinációja (δ), és az adott napra vonatkozó vízszintes és déli, 30°-os hajlásszögű felület közötti sugárzás szorzószám ($\varphi = 47,4$)

Időpont	Jan 21	Beb 21	Márc 21	Ápr 21	Máj 21	Jún 21	Júl 21	Aug 21	Szep 21	Okt 21	Nov 21	Dec 21
δ	-19,20	-9,8	0,98	12,7	20,7	23,4	20,9	10,8	-1,1	-13,1	-20,7	-23,26
$q\beta$	2,32	1,71	1,35	1,11	0,98	0,93	0,99	1,1	1,4	1,90	2,65	2,81

A legnagyobb eltérések a felszíni és déli lejtők energia-bevétele között a téli hónapokban léteznek, amikor a Nap deklinációja negatív előjelű, ekkor ugyanis a vízszintes felszínre érkező közvetlen sugárzáshoz viszonyítva szinte kétszeres mennyiség jut a déli kitettségű 30°-os lejtőkre. Ez alapján a lejtő expozíciójának befolyásoló szerepe az alacsony deklinációjú napállás idején kihangsúlyozottabb.

A felhasznált módszer esetében a vízszintes és ferde felszín közötti közvetlen sugárzás kapcsolatát az év minden napjára meghatározható. Vizsgálatunkban azonban csak minden hónap klimatológiailag jellegzetes 21-dik napjára határoztuk meg a $q\beta$ -értéket, ezt beszorozva az adott hónap átlagos sugárzási értékkel, egy átlagos értéket kaptunk a 30°-os déli lejtő sugárzásbevételére vonatkozóan. Mivel a módszer felhőtlen égbolt esetére vonatkozik, vagyis csak közvetlen sugárzási adatokkal használható, elsőként meghatároztuk azt a lehetséges maximum energia-bevételt, mely egy hónapban az adott lejtőre érkezik, ha a vízszintes felületre a csillagászatilag lehetséges maximális besugárzási értékeket vettük. A maximum globálsugárzás adatok (MJ/m^2) Debrecenre vonatkoznak (forrás: Justyák J. - Tar K., 1994)

2. táblázat: az elméletileg lehetséges globálsugárzás vízszintes síkon (G_{max}), illetve a 30° lejtésű, déli lejtőn ($G_{\text{max}} 30^\circ$) Debrecen, MJ/m^2 -ben

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
G_{max}	197	285	481	678	883	959	971	837	607	431	247	176
$q\beta$	2,32	1,71	1,35	1,11	0,98	0,93	0,99	1,1	1,4	1,90	2,65	2,81
$G_{\text{max}} 30^\circ$	457	487	649	753	865	892	961	921	850	819	655	495

A táblázatban természetesen csak egy elméleti megközelítést kaptunk a rendelkezésre álló napenergia mennyiségéről, a valóságban a tényleges besugárzási értékekkel kell számolnunk. A területre vonatkozó globálsugárzás értékeket a rendelkezésre álló napfénytartam adatsorból az Angström - Dobosi formula alapján számoltunk, mely Magyarországra vonatkozik (Szász G., 1997):

$$G = G_0 (0,28 + 0,72 N/N_0) \quad (9)$$

ahol, G - négyzetcentiméterre időegység alatt besugárzott energiamennyiség

G_0 – globálsugárzás energiája felhőmentes feltételek esetén

N_0 – csillagászatilag lehetséges napfénytartam

N – tényleges napfénytartam

A számításokhoz Debrecenben mért hónapos napfénytartam adatsort használtuk fel, mely az 1916-2001 időszakra vonatkozik. A fenti formula alapján a vízszintes felületre számított globálsugárzás értékeket a kapott szorzószámokkal (minden hónap 21. napján) beszorozva kiszámítható, hogy hónapos átlagban mekkora az az energiamennyiség (MJ), mely egy déli irányú, 30 fokos 1 m^2 - es felületre jut. Az eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

A bemutatott számítás azonban tartalmaz pontatlanságot, mivel a globálsugárzás adatok használtuk fel, melyek tartalmazzák a szórt sugárzási mennyiségeket is, azonban arra nem vonatkozik az egyenlet alapján számított együttható, így becsültük a reális sugárzást.

3. Táblázat: az Angström – Dobosi formulával meghatározott tényleges globálsugárzás értéke vízszintes (G), illetve déli 30° -os lejtőre, MJ/m^2 -ben

Időpont	δ	$q\beta$	G	$G 30^\circ$
Jan 21	-19,20	2,32	83,30	193,25
Feb 21	-9,8	1,71	141,78	242,44
Márc 21	0,98	1,35	271,08	365,96
Ápr 21	12,7	1,11	410,30	455,43
Máj 21	20,7	0,98	564,69	553,39
Jún 21	23,4	0,93	631,21	587,02
Júl 21	20,9	0,99	677,67	670,90
Aug 21	10,8	1,1	590,79	649,87
Szept 21	-1,1	1,4	404,02	565,63
Okt 21	-13,1	1,90	267,68	508,59
Nov 21	-20,7	2,65	114,92	304,55
Dec 21	-23,26	2,81	70,52	198,16

A felszínen mért globálsugárzás direkt és szórt komponensei arányának meghatározására változóan felhős időszakra, mérési adatok hiányában elméleti számítást végeztünk. Ismerve adott hónap sokéves napsütéses óráinak átlagos számát, valamint a tényleges globálsugárzás adatok hónapos értékeit, meghatároztuk a napsütéses órák függvényében a hónapos borultság arányszámát. Ezt viszonyítottuk a globálsugárzás értékekhez, melyek a szórt sugárzás arányát adják a globálsugárzás mennyiségéhez képest. Így meghatározható a direkt és szórt sugárzás részaránya. A direkt sugárzás értékét beszorozva a lejtőszög szorzószámával, majd a kapott összeghez hozzáadva a szórt sugárzást, kiszámítható a vizsgált lejtőre jutó energia hónapos átlaga, abban az esetben is, ha figyelembe vesszük, hogy a különböző lejtésű felszín a direkt sugárzás mennyiségét befolyásolja főként (csak ezt a komponenst szorozzuk a q_{β} -számmal). A szórt sugárzás mennyiségét, mely felhős napok esetében jelentős, azonban ez jóval kisebb mértékben változik a lejtőszög függvényében (30 fokos hajlásszög esetében gyakorlatilag elhanyagolható) változatlanul a lejtőre vonatkozó közvetlen sugárzáshoz változatlanul hozzáadjuk.

4. táblázat: N_0 – csillagászatilag lehetséges napfénytartam (Debrecen), N – tényleges napfénytartam (Debrecen 1927-1991), G – globálsugárzás (Debrecen, 1961-1990), N_0-N – borultság, $N_0-N\%$ -a borultság százaléka a tiszta égbolthoz viszonyítva, $G_{szórt}$ – a szórt sugárzás a borultság függvényében, G_{direkt} – direkt sugárzás

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
N_0 (óra)	275	285	367	407	466	475	480	440	377	336	279	262
N (óra)	57	85	149	192	249	268	296	273	206	156	67	47
G (MJ/m ²)	108	174	324	460	595	622	662	557	410	273	120	80
N_0-N (óra)	218	200	218	215	217	207	184	167	171	180	212	215
$N-N\%$	79	70	59	53	47	44	38	38	45	54	76	82
$G_{szórt}$ (MJ/m ²)	86	122	192	243	277	271	254	211	186	146	91	66
G_{direkt} (MJ/m ²)	22	52	132	217	318	351	408	346	224	127	29	14

5. táblázat: G_{direkt} – direkt sugárzás, $G_{szórt}$ – a szórt sugárzás a borultság függvényében, q_{β} – vízszintes/30 fokos déli lejtő sugárzási arányának együtthatója

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
G_{direkt} (MJ/m ²)	22,4	51,9	131,5	217,0	317,9	350,9	408,2	345,6	224,0	126,8	28,8	14,4
$G_{szórt}$ (MJ/m ²)	85,6	122,1	192,5	243,0	277,1	271,1	253,8	211,4	186,0	146,3	91,2	65,6
q_{β}	2,32	1,71	1,35	1,11	0,98	0,93	0,99	1,10	1,40	1,90	2,65	2,81
$G_{direkt} * q_{\beta}$	51,9	88,7	177,6	240,9	311,6	326,4	404,2	380,2	313,6	240,8	76,4	40,3
$(G_{direkt} * q_{\beta}) + G_{szórt}$ (MJ/m ²)	137,5	210,8	370,0	483,9	588,6	597,4	657,9	591,6	499,6	387,1	167,5	106,0

Összegzés

A meteorológiai háttér jó, főként a nyári tevékenységek segítésére (medencefűtés, kempingek melegvizének biztosítása) pedig kiváló lehetőséget biztosít. A napenergia-hasznosítás nagyfokú elterjedésének gátját a másik három alappillér között kell keresnünk. A technikai háttér jelenleg mindössze 10-18 %-os hatásfokot biztosít. A támogatási-hitelezési rendszer is fejlesztésre szorul hazánkban, de jó alapot biztosíthat a külföldi, már jól működő minták átvétele. A harmadik pillér a lakosság hozzáállása, amely az oktatással és a média segítségével már középtávon jelentős eredmények érhetőek el.

Igazán komoly változások azonban csak összehangolt Európai Unió, állami és regionális politikával érhető el, amelyben az oktatás, a K + F és a média játssza a főszerepet, minthogy ezeknek van a legnagyobb tudatformáló és fejlesztéseket segítő potenciálja.

Szakirodalom

Dobosi Z. – Felméry L. 1971. *Klimatológia*. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 35.p

Justyák J. 1998. *Magyarország éghajlata* – Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen 52-53.p.

Justyák J. Tar K. 1974. *Ratio on Horizontal Surface and on a Southern Slope* – KLTE Meteorológiai Tanszék Közleményei, pp.127-147

Justyák J. – Tar K. 1994. *Debrecen éghajlata* – KLTE Kiadó, Debrecen, 44-76.p.

Justyák J., Tar, K., (1973): *a déli lejtőre és a vízszintes felszínre jutó közvetlen sugárzás kapcsolata*, *Időjárás*, 77. 3. P. 164-174

Kaempfert, W., Morgen, A (1952): *Die Bessonnung, Diegramme der solaren Bestrahlung verschiedener Lagen*, *Zs. F. Met.* 6. 138-146

Kondratyev, K (1954): *Lucsisztaja energija szolnca*. Leningrad

Major Gy. 1976. *A napsugárzás Magyarországon 1958-1972* – Az Országos Meteorológiai Szolgálat kiadványa, Budapest 9-19.p.

Mezősi M. – Simon A. 1981. *A meteorológiai szélmérés elmélete és gyakorlata* - *Meteorológiai tanulmányok*, pp.36

Muhenberg, V (1965): *nyekotorüe oszobennosztyi prihoda szolnyecsnoj radiacii na nakloonüje poverhnosztyi*. *G. G. O. Trudü Vp.* 179. 108-117

Szász G. 1997. *Meteorológia* – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 267-280.p.