

NAPFÉNYTARTAM GLOBÁLSUGÁRZÁSI ADATOKBÓL TÖRTÉNŐ SZÁMÍTÁSÁNAK MÓDSZERTANA

METHODOLOGY OF SUNSHINE DURATION CALCULATION FROM GLOBAL RADIATION DATA

Nagy Zoltán

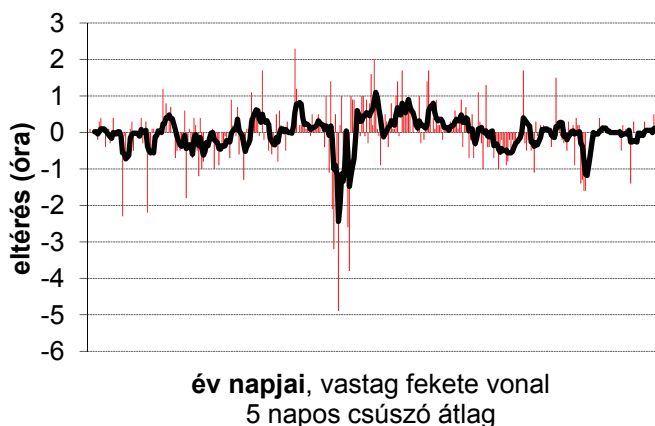
Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium, 1675 Budapest Pf. 39., nagy.z@met.hu

Összefoglalás. A hagyományos, emberi észleléssel végzett mérések egyre inkább visszaszorulnak, helyükbe szinte minden területen az automata mérések lépnek. A magyar szolgálat a hagyományos napfénytartam méréseket 2013. április 1-i dátummal megszüntette. Ezzel kapcsolatban felmerült az a kérdés, hogy az automatikus sugárzási mérésekből előállítható, s milyen pontossággal a napsütés órák száma, azaz a napfénytartam. Az írás erre a kérdésre ad választ, bemutatva a leginkább használható számítási eljárást is.

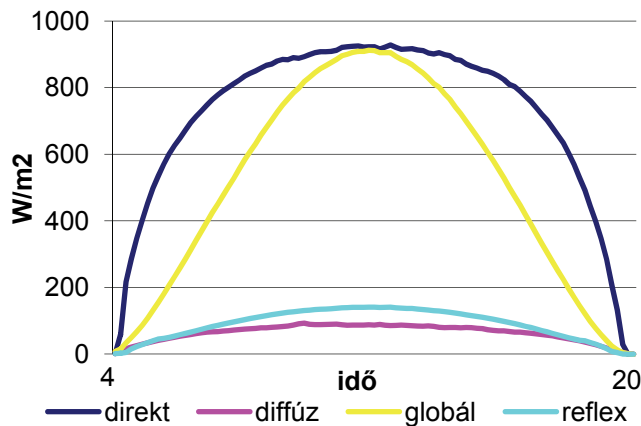
Abstract. The traditional measurements made by observers are continually forced back. They are replaced by the automatic measurements on almost all areas. Hungarian Meteorological Service brought the traditional sunlight duration measurements to an end with the date 1 April 2013. The question is if the number of sunny hours, the sunshine duration can be calculated from automatic measurements of solar radiation, and with what kind of accuracy. This paper gives an answer to this question, granting the computational procedure which mostly can be applied.

Bevezetés. Napjainkban a változó körülmények folyamatos kihívásokkal szembesítik az Országos Meteorológiai Szolgálatot, ezen belül a felszíni és távérzékelési mérő és megfigyelő rendszereket üzemeltető Megfigyelési Főosztályt. A változó körülményeket alapvetően a technikai fejlődés, a szakmai és a felhasználói igények követése,

fénytartam a napsugárzás mennyiségi jellemzésére nem igazán alkalmas. A napsugárzási viszonyok mennyiségi jellemzésére egyértelműen az Országos Meteorológiai Szolgálat felszíni automata mérőhálózatának 40 mérőállomásán működő globálsugárzás mérők jelentik a megoldást.



1. ábra: A hagyományosan mért és a direkt sugárzásból számított napfénytartam különbsége, Budapest 2011



2. ábra. A rövidhullámú sugárzási paraméterek napi menete egy derült nyári napon (2012.06.16.)

másrészt a személyi állományban történt változások jelentik, melyek időről-időre szükségessé teszik a rendelkezésre álló humán erőforrásoknak a kor kihívásaihoz igazodó átszervezését.

A Megfigyelési Főosztályon ezen alapvető indok alapján került napirendre a rendelkezésre álló erőforrások átszervezése, melyhez kapcsolódóan egyre inkább csökken a korábbi, hagyományos megfigyelések, mérések szerepe és növekszik az intenzív felszíni és távérzékelési mérőrendszerek működtetésének a súlya. Az említett átszervezés érintette a hagyományos napfénytartam mérések szerepének és fontosságának felülvizsgálatát, melynek eredményeképpen az Országos Meteorológiai Szolgálatnál végzett hagyományos napfénytartam mérések 2013. április 1-i dátummal megszüntetésre kerültek.

A napfénytartam mérések esetében, az erőforrások átszervezésének szükségességén túl, mindenképpen hangsúlyozni szeretnénk, hogy szakmai szempontból a napfénytartam adatok információ tartalma a jelen kor elvárásainak csupán korlátozott módon felel meg, mivel a nap-

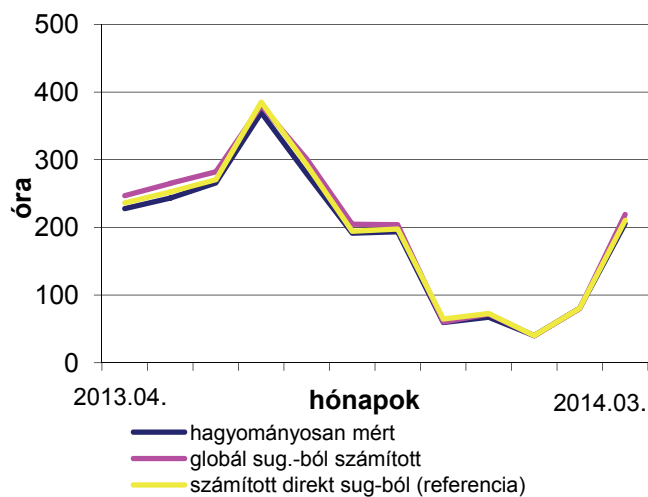
Ugyanakkor szembesültünk azzal a felhasználói oldalról jelentkező erőteljes igénnyel, amely továbbra is igényli a korábbi napfénytartam adatokat, így a felhasználói illetve a Szolgálat szempontjainak összeegyeztetése érdekében a napfénytartam adatok a jövőben továbbra is elérhetők, de azokat már nem a hagyományos Campbell-Stokes napfénytartam mérők méréseiből, hanem az OMSZ globálsugárzási mérőhálózatából kerülnek meghatározásra.

A napfénytartam új alapokon történő meghatározását egy módszertani megalapozó vizsgálat előzte meg, amelyben az összes olyan szinoptikus főállomás 2009-2011 közötti 3 évi mérési adatsorát felhasználtuk, ahol hagyományos illetve globálsugárzás mérések egyaránt rendelkezésre álltak. A kidolgozott összefüggések biztosítják, hogy a globálsugárzás mérésekből számított napfénytartam adatok továbbra is kielégítsék a megrendelők által támasztott elvárásokat.

Az említett 2013. április 1-i határidővel első lépésként a napfénytartam adatok elérhetősége azon állomásokon lesz folyamatos, ahol korábban hagyományos módon

folytak a mérések, ám a jövőben tekintettel az esetlegesen jelentkező felhasználói igényekre, lehetőség nyílhat az összes globálsugárzási mérőállomásra a napfénytartam adatok számítás alapján történő meghatározására.

A napfénytartam közismert definíciója szerint, napfényről beszélünk, ha a direkt sugárzás áramsűrűsége nagyobb, mint 120 W/m^2 . A hagyományos Campbell-



3. ábra: A napfénytartam havi összegei Budapest 2013.04-2014.03.

Stokes napfénytartam mérő üveggömbjének koncentráció képessége illetve az alkalmazott regisztráló papír minősége e küszöbérték regisztrálásának próbál megfelelni. Mivel operatív módon folyó direktsugárzás mérések az OMSZ-nál csak az utóbbi időben indultak el, így a hagyományos napfénytartam mérések megbízhatóságának vizsgálatára csak napjainkban kerülhetett sor. A budapesti 2011. év hagyományos és pirheliometrikus úton (direkt napsugárzás mérésekből) meghatározott napi napfénytartam adatok összehasonlítását az 1. ábrán láthatjuk. Az ábráról leolvasható, hogy a vizsgált egyévi időtartam alatt a téli és az átmeneti időszakban a hagyományos napfénytartam mérések alul, míg a nyári időszakban inkább felülbecslik a valóságos értékeket.

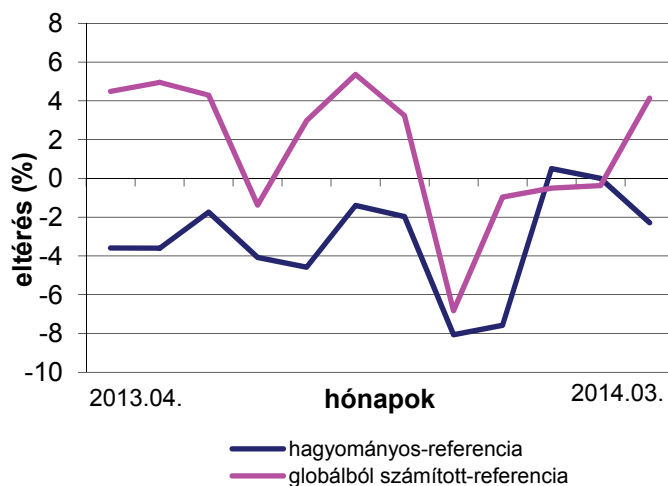
A módszer kiindulási összefüggése: A napfénytartam globálsugárzásból történő számításának az alapkérdése egy megfelelő, logikailag is magyarázható összefüggés felállítása, amely első lépésben alapvetően a direkt sugárzás nagyságára próbál becslést adni.

Ismert, hogy az OMSZ operatív mérőhálózatában a globálsugárzás mérések a vízszintes felszínre érvényesek, vagyis a mérőeszközök a direkt sugárzás vízszintes felszínre normált illetve a féltér minden irányából érkező szórt sugárzás összegét mérik. A két komponens egymáshoz való viszonya alapvetően a felhőzet és a légkör „tisztaságának” a függvénye. Derült, tiszta időben a globálsugárzás döntő, esetenként több mint 90%-a, a direkt sugárzásból származik (2. ábra).

Ugyanakkor a szennyezőanyagok és vízgőz mennyiségének növekedésekor illetve a felhőzet megjelenésével a szórt komponens egyre meghatározóbbá válik. Felhővel borított égbolt esetén a direkt komponens értéke nulla lesz és a globálsugárzás forrása kizárólag a szórt sugárzás. A diffúz sugárzási komponens nagyságára vonatko-

zóna sajnos csak igen korlátozott mérési adattal rendelkezünk, mérése csupán Budapesten folyik, ezért a szórt sugárzás becslésére egy segéd paramétert, az ún. relatív globálsugárzást használjuk.

A relatív globálsugárzás (a továbbiakban relatív globál), nem más, mint egy adott aktuális időpontban mért és az adott időponthoz tartozó maximálisan lehetséges



4. ábra. A napfénytartam havi összegeinek eltérései a direkt sugárzásból származtatott referencia értéktől, Budapest 2013.04-2014.03.

globálsugárzás hányadosa. A szakirodalomban legtöbbször maximálisan lehetséges értékek a csillagászatilag lehetséges globálsugárzást adják meg, ami a napállandó 1367 W/m^2 és napmagasság szinuszának a szorzata. Ebben az esetben természetesen a Föld légkörében történő gyengüléssel nem számolnak, ez csupán a valós állapot közelítése.

Esetünkben a maximálisan lehetséges értékeket valódi mérésekből, tehát reális körülményekre számítottuk ki, mégpedig úgy, hogy Budapest közel 30 évi mérési adatsorából, az év minden egyes triádjára (három napos periódusok), minden egyes órájára illetve 10 percére kiválasztottuk a 30 év során mért legmagasabb értéket, majd ezen értékeket polinommal simítottuk. Tehát a január 1-3 időszakban minden egyes órára a $3 \cdot 30 = 90$ mérési adatból kiválasztottuk a maximális értéket, majd az eljárást folytattuk az év további triádjaira.

A mostani eljárásunk során az egyszerűség kedvéért egy adott triád összes 3 napjára ugyanazt a normált értéksort használjuk. A tízperces értékeket a napi órás értékek interpolálásával képeztük. Az eljárás eredménye egy $122 \cdot 96$ elemű mátrix, melynek 1 sora tartalmazza a január 1-3 közötti időszak 96 tízpercéhez tartozó maximálisan lehetséges globálsugárzás értéket. Mivel Magyarországon valódi szoláris időben nyári napforduló idején a mérhető sugárzás reggel 4-től este 8 óráig terjedő időszakra korlátozódik, ezért a mátrix első 10 perce a 4:00-4:10-ig tartó intervallum, az utolsó 96 pedig a 19:50-20:00 tartó 10 perces intervallum, ami 96 darab 10 perces intervallumot jelent. A mátrix elemeinek időpontjai szoláris időben értendőek, tehát a relatív globál képzések a mért adatsort az időegyenlítés függvényében korrigálni szükséges.

E tényekből kiindulva alapösszefüggésünk:

$$\text{DIR} \sim \text{GB} / \sin(h) - (1 - \text{RGB}) * \text{GB} / \sin(h) = \text{RGB} * \text{GB} / \sin(h)$$

ahol DIR: direktsugárzás; GB: globálsugárzás; h: napmagasság; RGB: relatív globálsugárzás.

A összefüggésből kiolvasható, hogy derült időben a relatív globál közel 1, a globálsugárzást gyakorlatilag a direkt komponens adja, melyet a $\text{GB} / \sin(h)$ normál direktt transzformál (ez a valódi, pirheliométerrel mérhető direkt sugárzás). Ahogy a relatív globál csökken, úgy válik felhősebbé, „piszkosabbá” a légkör és ezzel párhuzamosan a direkt is csökken. Természetesen a formula csupán közelítés, mivel a direkt sugárzás és a relatív globál kapcsolata az előző lineáris megközelítésnél jóval bonyolultabb, de számos próbálkozás után sem találtunk a céljainknak jobban megfelelő összefüggést, mint a fenti.

Az összefüggést a módszer kidolgozásnak első fázisában alapvetően a fenti paraméter és a napfénytartam között, pontosabban ezek napi összegei között kerestük. Napfénytartam esetében a napi összeg egyértelmű, a $\text{RGB} * \text{GB} / \sin(h)$ esetében pedig egy adott nap minden 10 perces globál adatára képeztük az említett paramétert és azt egy napra összegeztük. A függő (napfény) és a független ($\text{RGB} * \text{GB} / \sin(h)$) változó értékének több nagyságrenddel eltérő értéke miatt a napi összeg esetében a $0.0001 * \Sigma (\text{RGB} * \text{GB} / \sin(h))$ értéket használtuk.

A módszer gyakorlatban történő bevezetését követően azzal a ténnyel szembesültünk, hogy a számított napfény esetenként számottevően felülbecsüli a valós értéket, így szükséges volt a módszer módosítására.

A napfénytartam napi összegére vonatkozó becslési eljárás módosítása. A meteorológia korábbi, hagyományos mérésekre épülő időszakában a kihívás a jelenlegi feladatunkkal fordított irányú volt, vagyis a napfénytartam adatokból számítottunk globálsugárzást. Erre a legáltalánosabban használatos eljárás az ún. Angström-formula alkalmazása volt, amely a relatív globálsugárzás és a relatív napfénytartam közötti lineáris összefüggés alkalmazását jelentette. Ahogy láttuk, esetünkben a számítás iránya fordított, ám a módszerünk módosításánál követtük a Angström-formula relatív értékek alkalmazásának gyakorlatát, vagyis a napfénytartam napi összegének és a korábbi szumma relatív értékei között kerestük a kapcsolatot.

A módosított összefüggés kidolgozásához során az eljárás lépései a következők voltak:

1. A maximálisan mérhető napi napfénytartam összegére megfelelő pontossággal illeszkedő polinom meghatározása, ahol a független változó az év napjainak sorszáma;

2. Maximális napi szumma $= \Sigma(0.0001 * 1 * \text{gb}(\max) / \sin(h))$ meghatározásához szükséges polinom meghatározása, ugyancsak az év napjainak sorszáma függvényében. A relatív globál értéke itt értelemszerűen mindig 1, míg a $\text{gb}(\max)$ az adott napon az egyes 10 perces globálsugárzás maximálisan lehetséges értéke;

3. A napfénytartam napi összegére vonatkozó relatív érték meghatározása = mért napfény napi ösz-

szeg/maximális napi napfény összeg (maximális napfény minden napra az **1. lépés** segítségével)

4. A napi szumma relatív értékének meghatározása = $\Sigma (0.0001 * \text{relgb} * \text{gb} / \sin(h)) / \text{maximális szumma}$ (maximális szumma minden napra a **2. lépés** segítségével)

5. A relatív napi napfénytartam és a napi szumma relatív értékei közötti összefüggés megállapítása.

Az összefüggést $y = c1 * x^3 + c2 * x^2 + c3 * x + c4$ alakú polinommal közelítettük, ahol a függő változó a relatív napfény, míg a független változó a relatív szumma, amely viszont a globálsugárzás egyértelmű függvénye. A polinom együtthatói a számításokba bevont 12 állomásra vonatkozóan az *1. táblázatban* találhatók.

6. napfény napi összeg = relatív napfény (relatív szummából számított) * maximális napi napfénytartam összeg

Az összefüggés használhatósága. A számítási módszerünk használhatóságának vizsgálatát a budapesti 2013. április 1. és 2014. március 31. közötti 1 évi időszak hagyományosan mért és globálsugárzásból számított adatainak összehasonlítása alapján végeztük el. A használhatóságra vonatkozó vizsgálatokhoz a budapesti mérőállomáson egyrészt rendelkezésre állt a direkt sugárzásból származtatott, referenciaként használható napfénytartam, valamint ugyancsak rendelkezésre álltak a hagyományos napfénytartam mérések, mivel a használhatósági vizsgálatok céljából a hagyományos mérések 2013. április 1-i időpont után is folytatódtak.

Vizsgálataink eredménye a *3. és 4. ábrán* található. A *3. ábrán* a napfénytartam havi összegei láthatók a direkt mérésekből származtatott a globálsugárzásból számított és hagyományosan mért értékekre vonatkozóan. Látható, hogy a számított napfény havi összegeiben sem a referenciától, sem a hagyományosan mért értékektől lényeges eltérés nem tapasztalható. A *4. ábrán* finomabb felbontásban, a számított és hagyományosan mért napfény havi összegeinek a referencia értéktől számított százalékos eltérései szerint láthatjuk az eredményeket. Az ábráról leolvasható, hogy a számított napfény esetében a téli időszak kivételével, még mindig jellemző egy enyhe felülbecslés, ám a 2013-2014-es téli időszakban a számított eljárás egyértelműen jobban közelítette a direkt sugárzásból származtatott referencia értéket.

1. táblázat: A számítási polinom együtthatói

állomás	c1	c2	c3	c4
Budapest	-2.8308	3.0119	0.7253	-0.08
Debrecen	-3.3192	3.2417	0.7970	-0.08
Eger	-1.7433	1.2281	1.4641	-0.13
Győr	-1.4552	1.0779	1.4279	-0.15
Pécs	-1.9146	1.8489	1.0476	-0.10
Sármellék	-1.8664	1.8495	1.0544	-0.11
Szeged	-2.5402	2.9008	0.5853	-0.05
Szombathely	-1.6644	1.7562	0.9592	-0.09
Kékestető	-0.5689	-0.1687	1.8480	-0.17
Miskolc	-3.2993	3.1199	0.8337	-0.07
Mosonmagyaróvár	-4.5199	4.8101	0.1475	0.00
Sopron	-1.4027	1.1186	1.3573	-0.11