



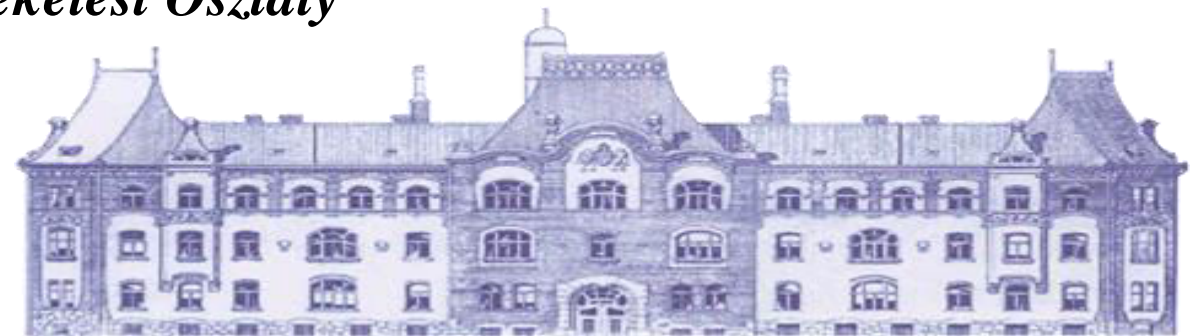
Napsugárzás mérések az Országos Meteorológiai Szolgálatnál

Fekete Dénes

Országos Meteorológiai Szolgálat

Megfigyelési Főosztály

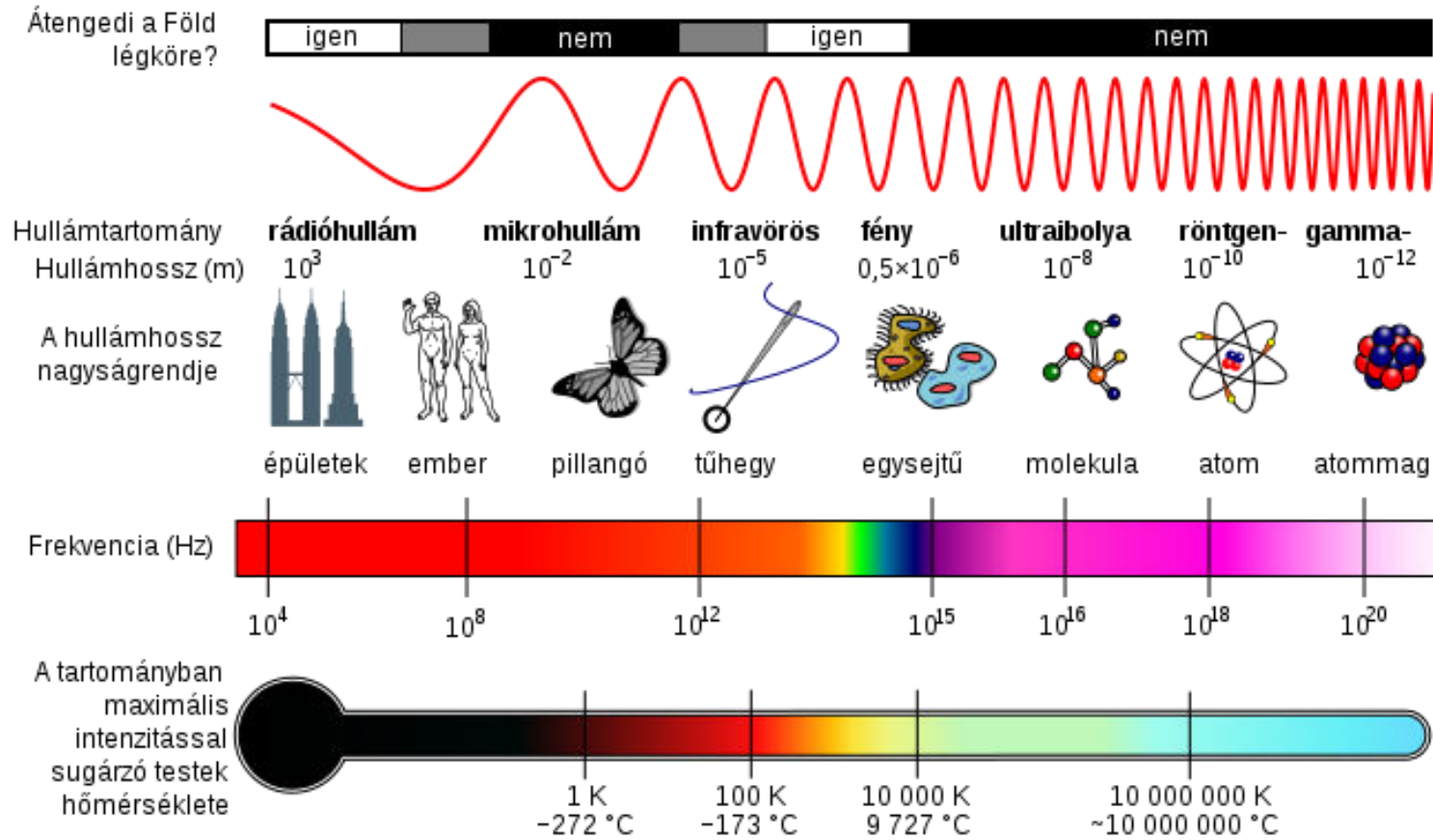
Távérzékelési Osztály



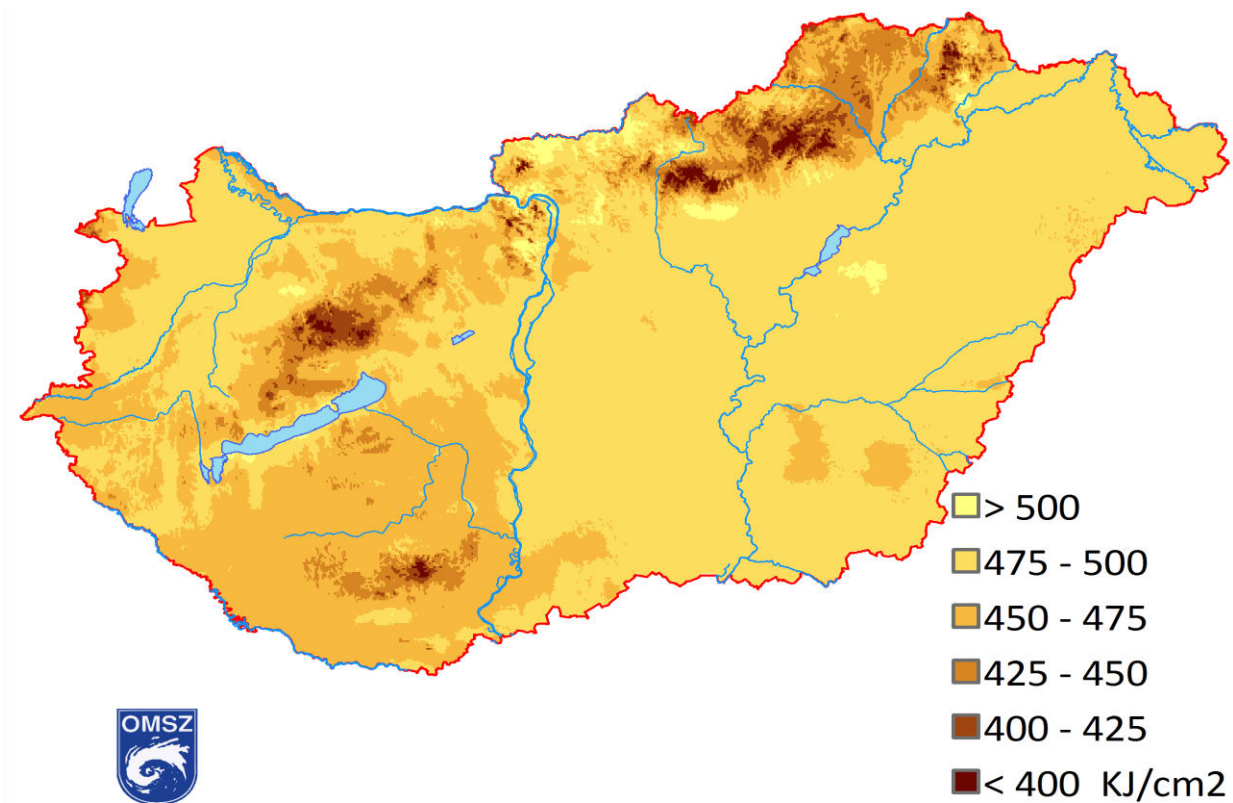
Alapítva: 1870



- Az elektromágneses sugárzások:

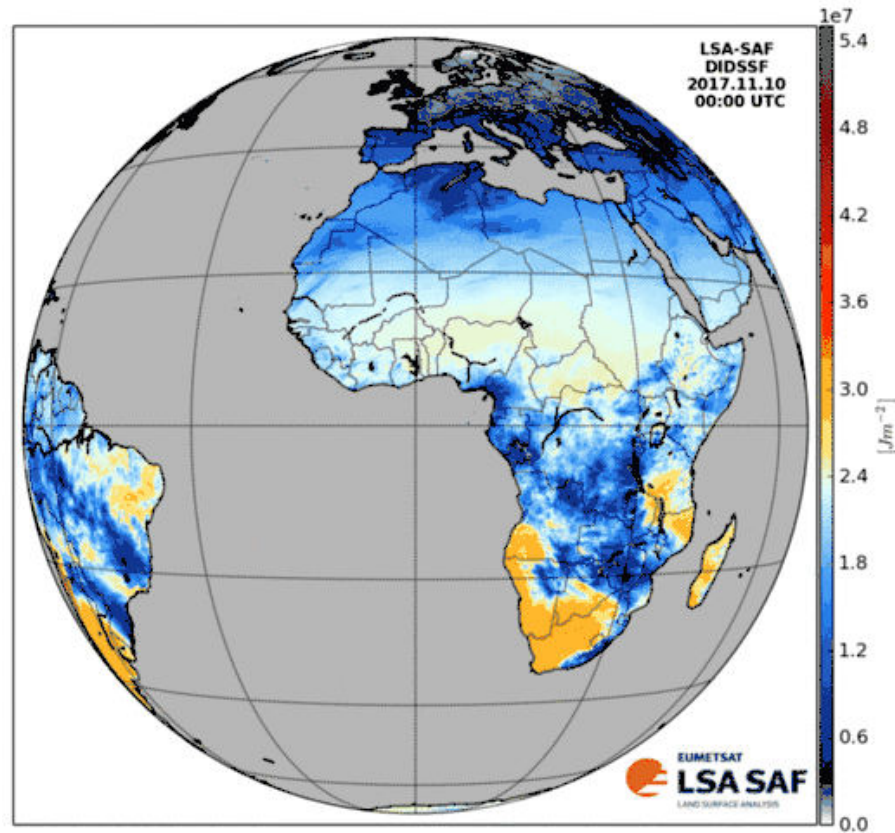


- A Föld-légkör rendszer energia átalakulásának térben és időben történő változásának tanulmányozása.



A 2018-as év globálsugárzás összege KJ/cm²

- A műholdas sugárzás mérések és algoritmusok ellenőrzése.



- A légköri összetevők (pl.: aeroszol, ózon, vízgőz) tulajdonságainak és eloszlásának elemzése.
- A beérkező, a kibocsátott és a nettó sugárzás eloszlásának és változásainak tanulmányozása.
- A biológiai, orvosi, mezőgazdasági, építészeti és ipari sugárzási igények kielégítése.





A hazai napsugárzásmérés rövid története

- A rendszeres napsugárzás (globál sugárzás) mérések kezdete: 1936, Budapest (a II. világháború pár hónapjának kivételével a mérések napjainkig Budapesten folyamatosak)
- 1937-1944 közötti időszakban Budapesten kívül néhány további mérőhelyen is folytak mérések, alapvetően a napsugárzás egészségügyi hatásainak feltárása céljából.
- 1945-1957 között mérések csupán Budapesten folytak.
- 1957-ben a Nemzetközi Geofizikai Évhez kapcsolódóan további 8 mérőállomáson kezdődtek meg a mérések.

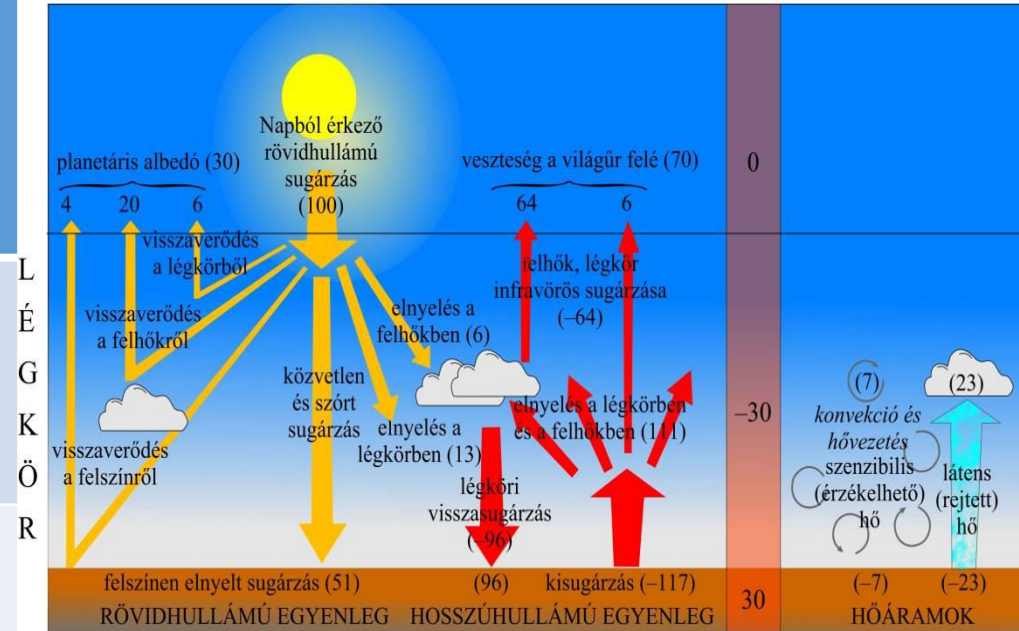


A hazai napsugárzásmérés rövid története

- A légoszlopban található teljes ózontartalom mérések 1969-ben kezdődtek egy ún. Dobson-spektrofotométer segítségével.
- A Budapest-Lőrinc állomás 1978 óta a WMO VI. Régiójának egyik sugárzási központjaként működik.
- 1993-ban az OMSZ megkezdte a felszíni mérőhálózatának automatizálását, melynek eredményeképpen a mérőhálózat folyamatosan bővült, jelenleg 41 helyen mérjük a globálsugárzást.
- Az UV-B sugárzások mérésének kezdete: 1994

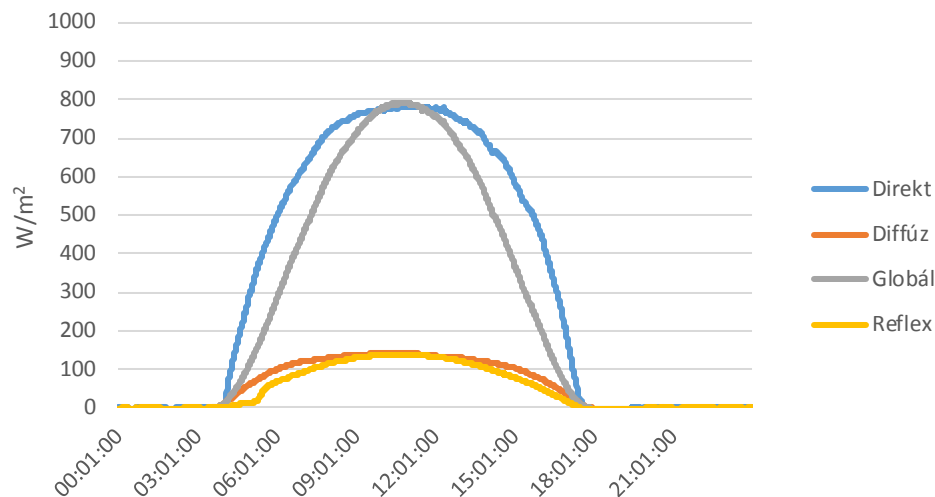
A légköri sugárzásmérés klasszikus komponensei

Spektrum szerint → Írány szerint ↓	Rövidhullám (forrása a Nap)	Hosszúhullám (forrása a légkör és a felszín hőmérsékleti sugárzása)	Teljes sugárzás
Lefelé haladó	Globál sugárzás Diffúz sugárzás Vízszintes direkt sugárzás	Légköri visszasugárzás	(Teljes) lefelé haladó sugárzási áramsűrűség
Felfelé haladó	Reflex sugárzás	(Felszíni) kisugárzás	(Teljes) felfelé haladó sugárzási áramsűrűség
Egyenleg	Rövid hullámú sugárzási egyenleg	Hosszúhullámú sugárzási egyenleg	(Teljes) sugárzási egyenleg
Egyéb	Direkt sugárzás, ferde vagy függőleges (felületre érkező) globál sugárzás		

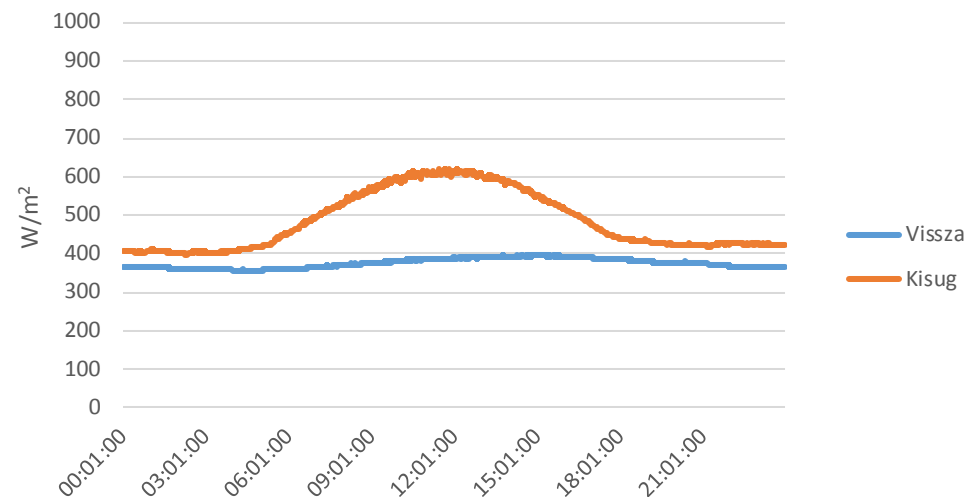


A légköri sugárzásmérés klasszikus komponensei

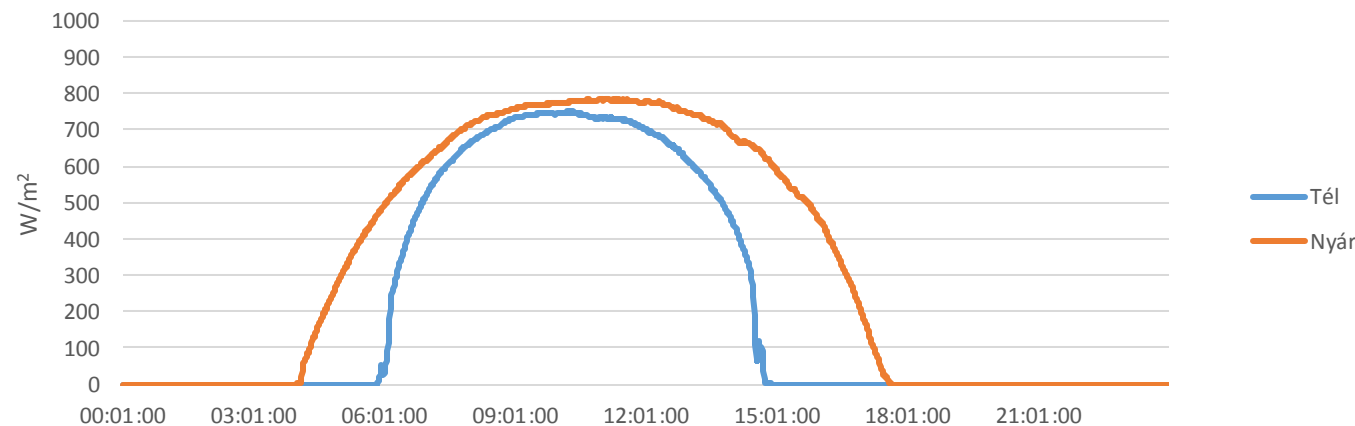
A rövidhullámú sugárzási paraméterek napi menete egy tiszta nyári napon (2018.08.22)



A hosszúhullámú sugárzási paraméterek napi menete egy tiszta nyári napon (2018.08.22)

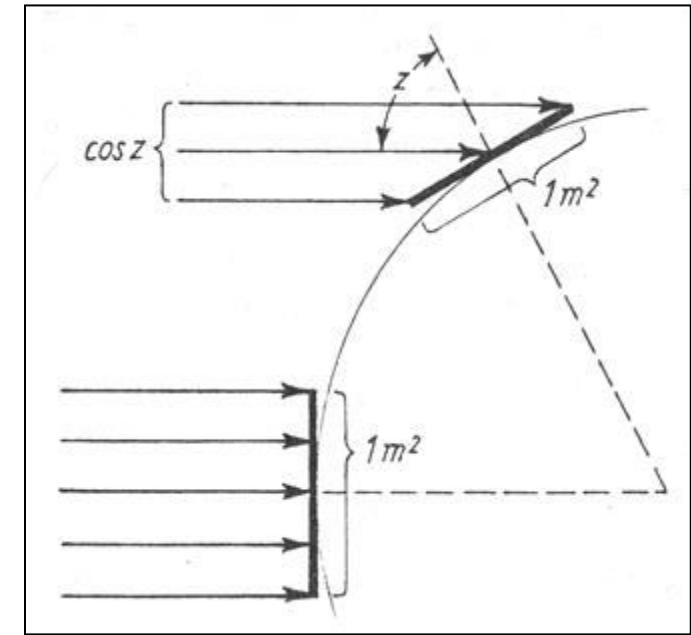
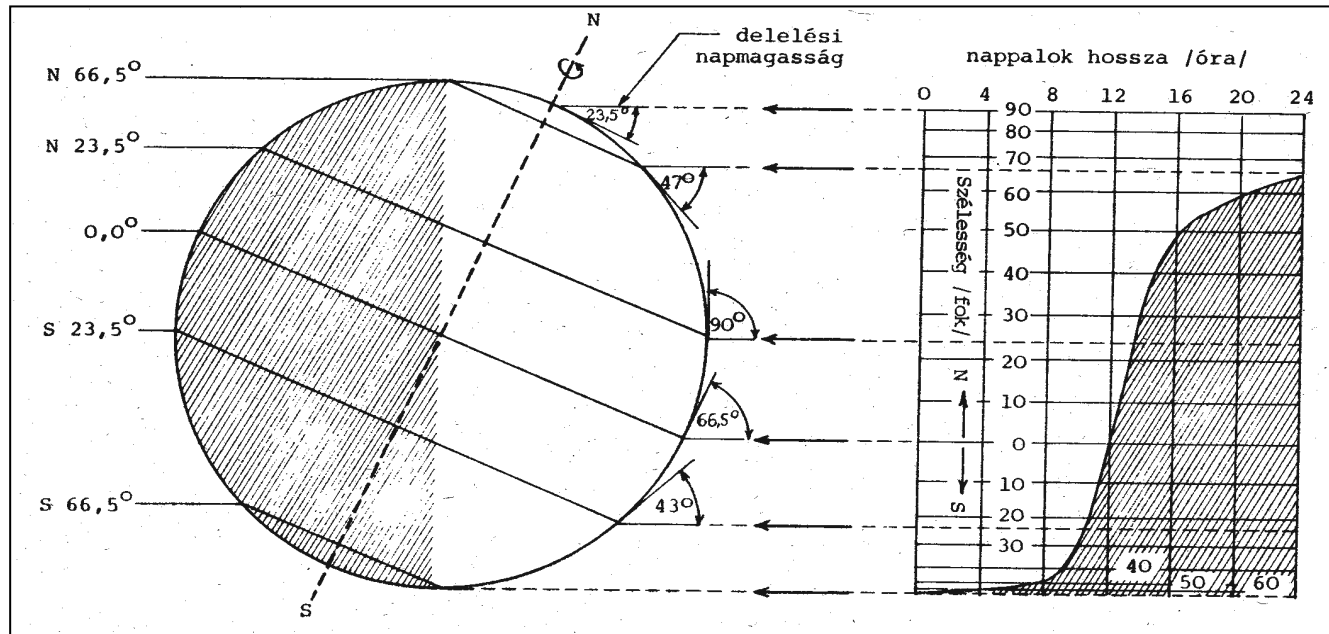


A direkt sugárzás napi menete egy derült téli és nyári napon



A földfelszín elérő napsugárzási energia nagyságát meghatározó tényezők

- A Nap-Föld kölcsönös helyzete ($\pm 3,5 \%$)
- A légkör sugárzás átbocsátó képessége (a levegő szennyezettsége, páratartalom, borultság)
- Földrajzi szélesség
- A Föld forgástengelye $66,5$ fokot, az Egyenlítő $23,5$ fokot zár be a keringés síkjával
- Egy év folyamán egy adott földrajzi szélességen változik a Nap deleléséhez tartozó beesési szög és a nappalok hossza.





A meteorológiai sugárzástan mérőeszközei

- Működési elv: termoelektromos jelenség
- Két különböző fémet összeforrasztva, a forrasztási pontokat eltérő hőmérsékleten tartva a pontok között elektromos potenciálkülönbség (feszültség) jön létre, ami töltésáramot, vagyis elektromos áramot indít el, melynek nagysága függ:
 - A két fém anyagi minőségétől
 - A forrasztási pontok hőmérséklet különbségétől – a hideg, vagy referencia és a meleg pont között
 - Általában függ a referencia pont hőmérsékletétől
- A napsugárzás mérőkben használt termoelemek szinte kizárólag réz-konstantán (55% Cu, 45% Ni) párok

Pirheliométerek

- A direkt, vagyis a napkorong irányából érkező sugárzási áramsűrűség mérésére szolgál.
- Az első működő pirheliométert a svéd Knut Angström készítette 1896-ban.
- A folyamatos méréshez ajánlott automatikus napkövető berendezésre szerelni.



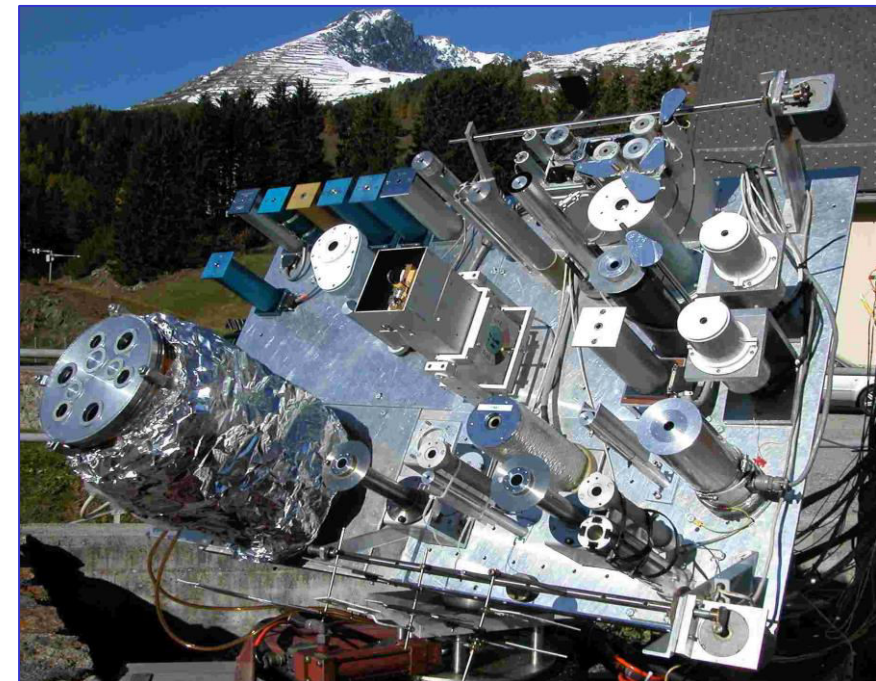


A meteorológiai sugárzástan mérőeszközei

- Abszolút pirheliometria: a legnagyobb pontossággal mérő eszközök tervezése, készítése (biztosítják a többi fizikai energiaméréssel történő összhangot – nem támaszkodik standard sugárforrásra). Legnagyobb mérési pontosság.
- Összehasonlító pirheliometria: pirheliométerek kalibrálása, a kalibrálás során fellépő zavarok kiküszöbölése.
- Operatív pirheliometria: operatív mérések végrehajtása.

Az abszolút pirheliométerek kitüntetett szerepe a napsugárzás mérések területén:

- Nemzetközi Sugárzási Etalon (WSG)
- Nemzetközi Sugárzási Skála (WRR)



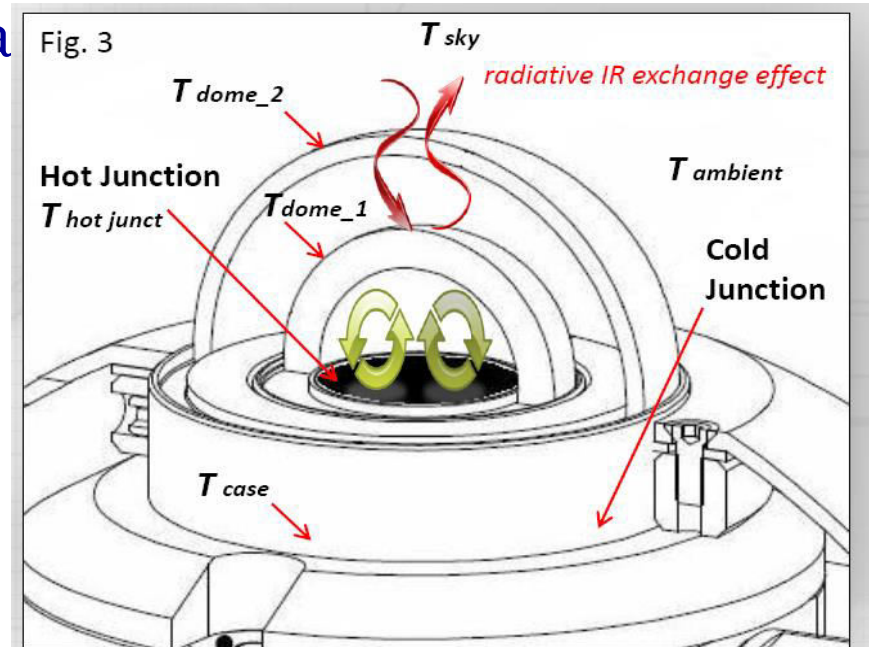


Piranométerek

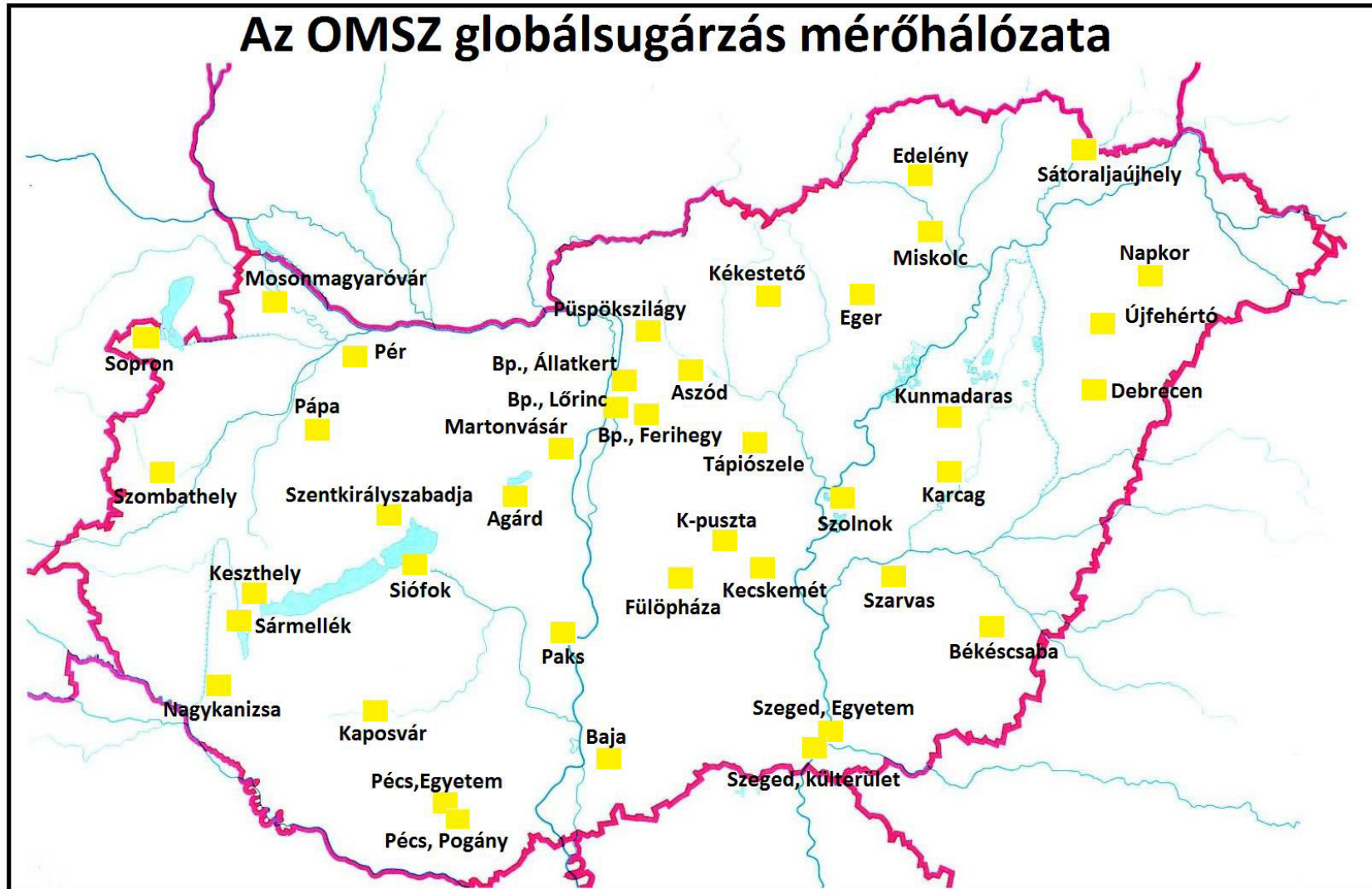
- A rövidhullámú sugárzás mérésére szolgáló műszer
- Az első piranométert Charles Greeley Abbot készítette 1916-ban.



- Üvegbúra szerepe:
 - befókuszálja a sugarakat az érzékelőre
 - védelem a szennyeződésektől és a nedvességtől
- Működési elv:
 - sugárzás hatására hőmérséklet-különbség alakul ki a műszertest, az érzékelő lemez és az üvegbúra között. Ennek hatására elektromos áram indul, melynek intenzitása szoros kapcsolatban van a sugárzás intenzitásával.



- Globálsugárzás mérés: jelenleg 41 állomáson



- Kalibrálás:
 - 3 évente
 - Párhuzamos mérésekkel



Pirgeométerek

- A valamely féltérből érkező hosszúhullámú, hőmérsékleti sugárzás mérésére szolgáló műszer.



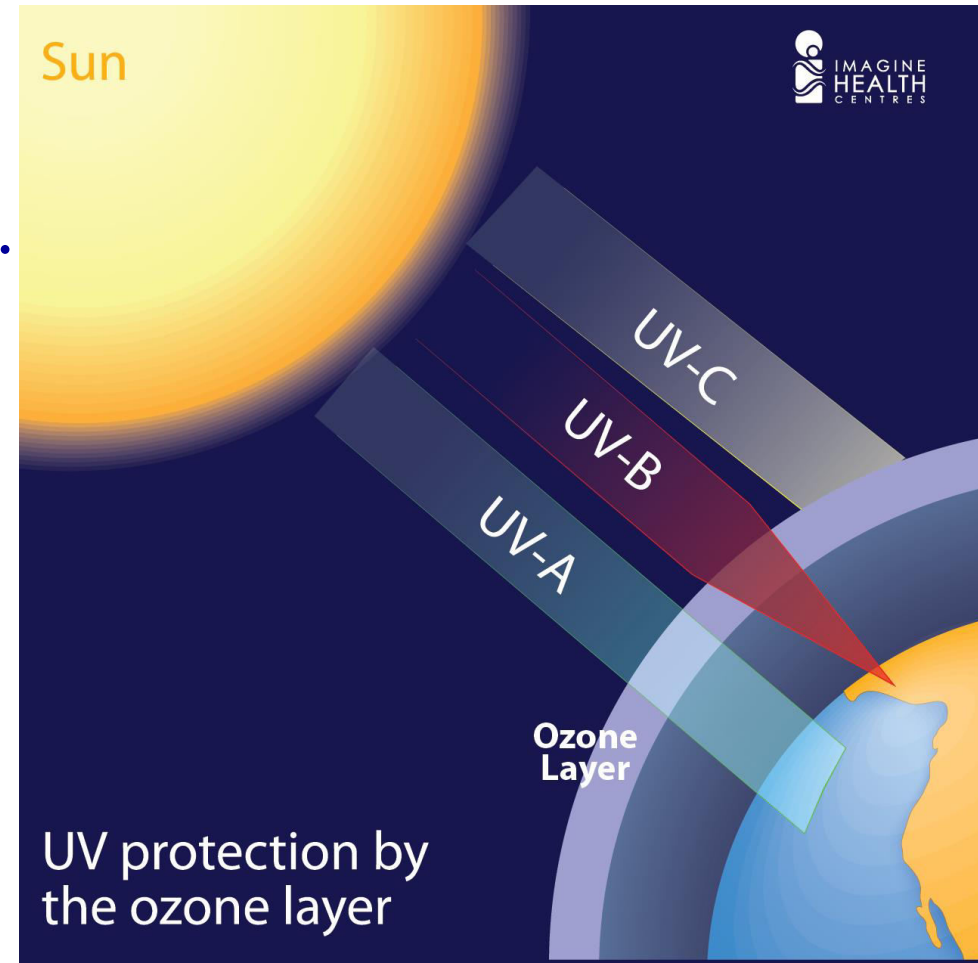
- Diffúz sugárzás:
 - A Nap térszögéből érkező direkt sugárzást egy a Nap égi járását követő szerkezet takarja ki az érzékelő elől, így arra csak szórt sugárzás jut.



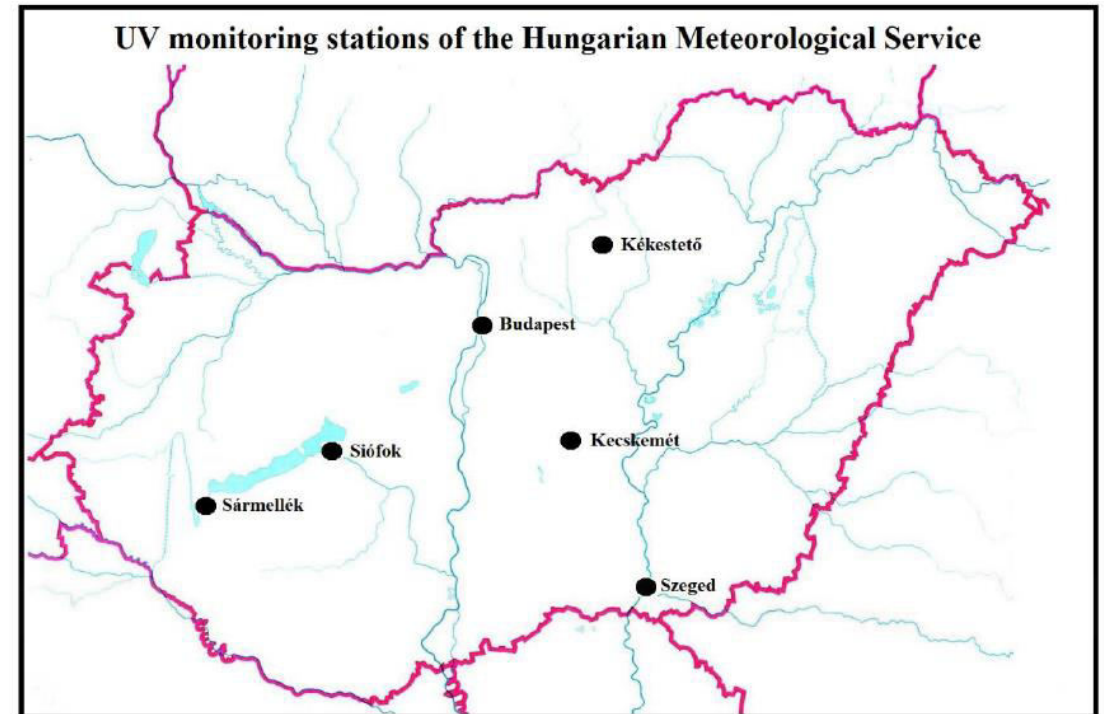
- Reflex sugárzás:
 - Lefelé fordított piranométerrel mérhető a felszín által visszavert rövidhullámú sugárzás.



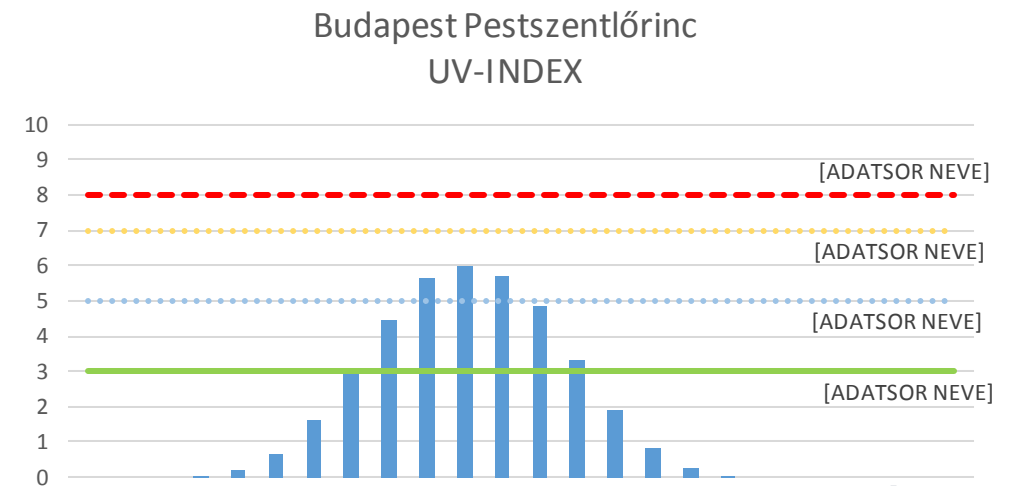
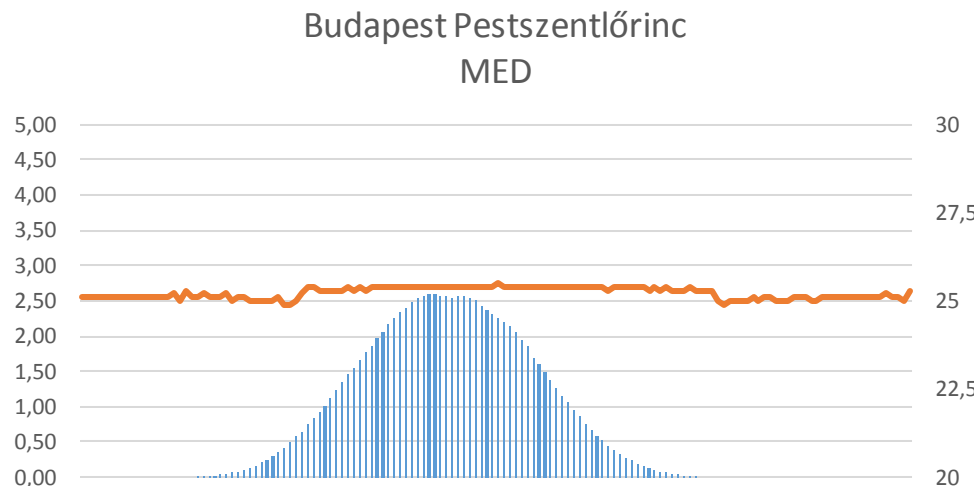
- UV-A (320-380 nm), UV-B (280-320 nm), UV-C (50-280 nm)
- A Nap összes sugárzásának közelítőleg 2%-át bocsájtja ki az UV-tartományban.
- Az emberi bőr 300 nm körül a legérzékenyebb az UV sugárzásra. Ez az érzékenység azonban olyan erősen csökken, hogy 330 nm-en már csak 1 ezrede a 300 nm-nek. Ezért van kitüntetett szerepe az UV-B sugárzásnak.



- Broad-band UV-Biométer
- Mérési sáv: 280-400 nm
- 6 mérési helyszín
- Mérési elv: a foszforréteg a beérkező fotonok hatására látható fényt bocsát ki.



- A biológiailag effektív UV dózist méri.
- MED: Minimális Erythema Dózis, a bőrre hatékony UV sugárzás praktikus mértékegysége, az UV sugárzás bőrkárosító hatását lehet vele mérni. 1 MED/óra: ha az éppen mért UV irradiancia 1 óra alatt okoz bőrpírt.
- UV index: a MED értékéből származtatható, a lakosság tájékoztatására szolgál. Magyarországon 0-tól 10-ig terjedhet, de a 10-es már nagyon extrém esetnek minősül.



- UV sugárzás előrejelzése:
 - UV-szezon: május 1 és szeptember 30 között;
 - a másnapra várható maximális erősséget számoljuk;
 - figyelembe vett tényezők:
 - felhőzet,
 - ózontartalom,
 - sugárzásátbocsátás;
 - 7,5-ös várható érték felett figyelmeztetés kiadása.

Országos UV Index előrejelzés »

2018. május 18. péntek

Nincs érvényben UV sugárzás figyelmeztetés.

Maximum:

6.3 - erős



Bőrleégési idő:
20 - 30 perc

Minimum:

0.9 - gyenge



Bőrleégési idő:
>120 perc

Átlag:

4.7 - mérsékelt



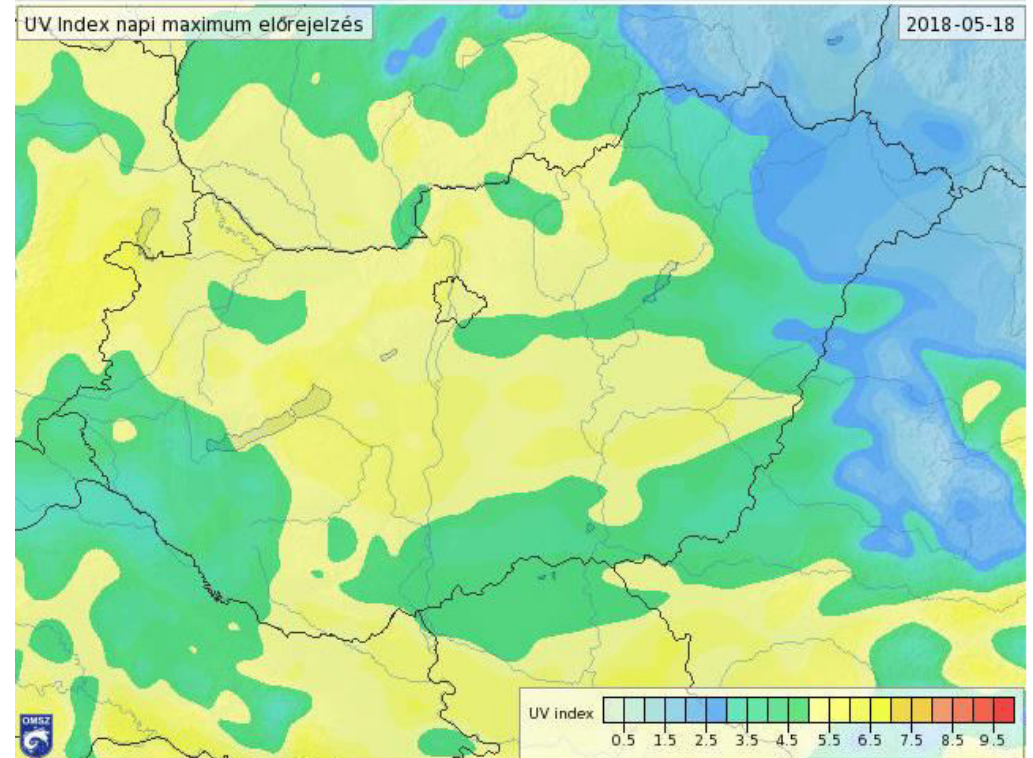
Bőrleégési idő:
30 - 45 perc

Térképes előrejelzés »

csütörtök **péntek**

UV Index napi maximum előrejelzés

2018-05-18



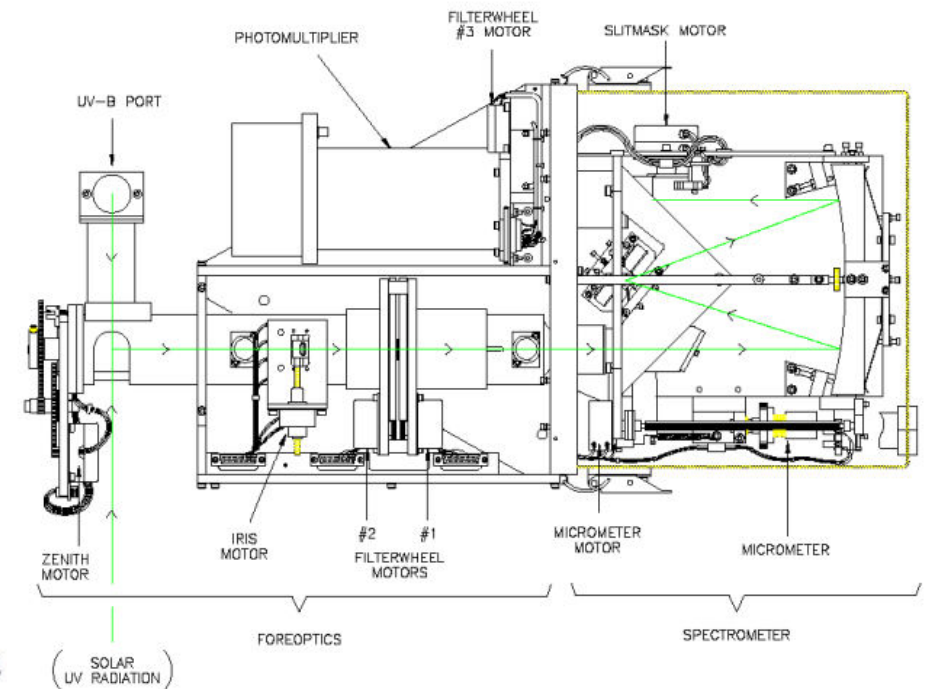
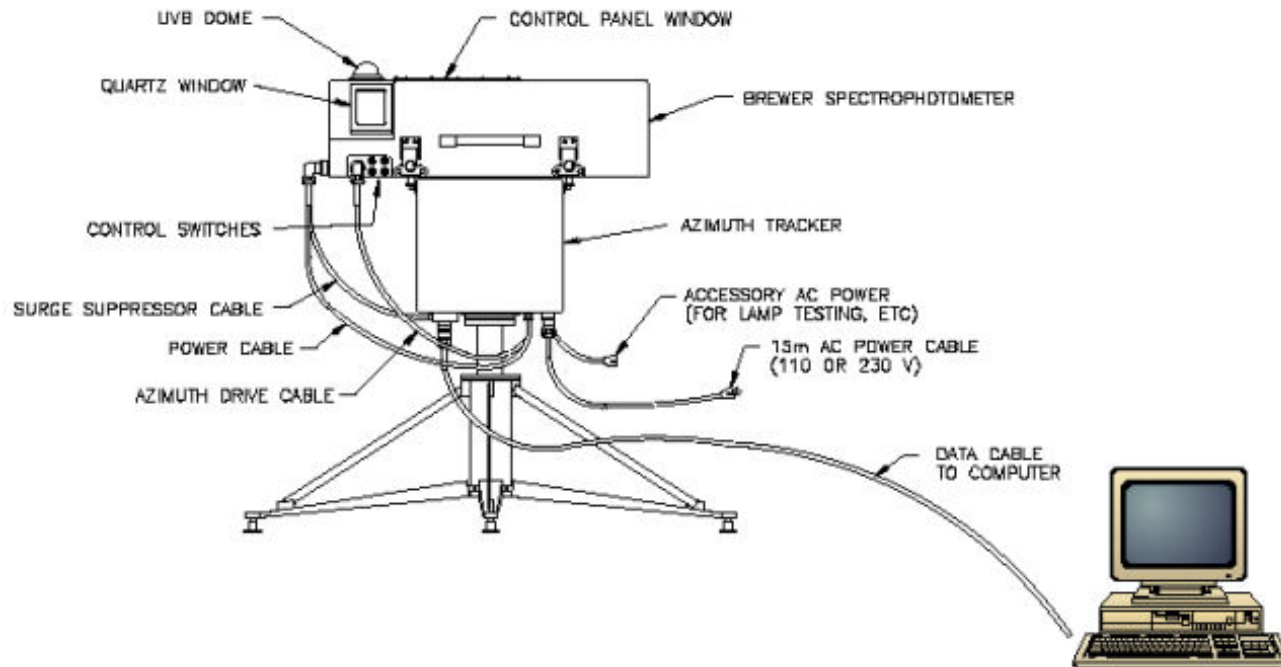
- Napspektrofotometria: nagyfelbontású spektrális napsugárzás mérés, melynek eredményeként megkapjuk az egyes hullámhosszokon mérhető sugárzás intenzitását.
- Miért hasznos?
 - Spektrális mérésekkel meghatározható a légkörben található egyes komponensek (ózon, kén-dioxid, vízgőz stb.) mennyisége. Ehhez csak azt kell tudni, hogy az adott komponens melyik hullámhosszon nyeli el a sugárzást.
- Eszközök:
 - Brewer spektrofotométer (múlt és jelen)
 - SolarSIM spektrofotométer (a jövő...)

- Brewer spektrofotométer:
 - 1998 óta üzemel, világszerte kb. 250 darab



- Működés:

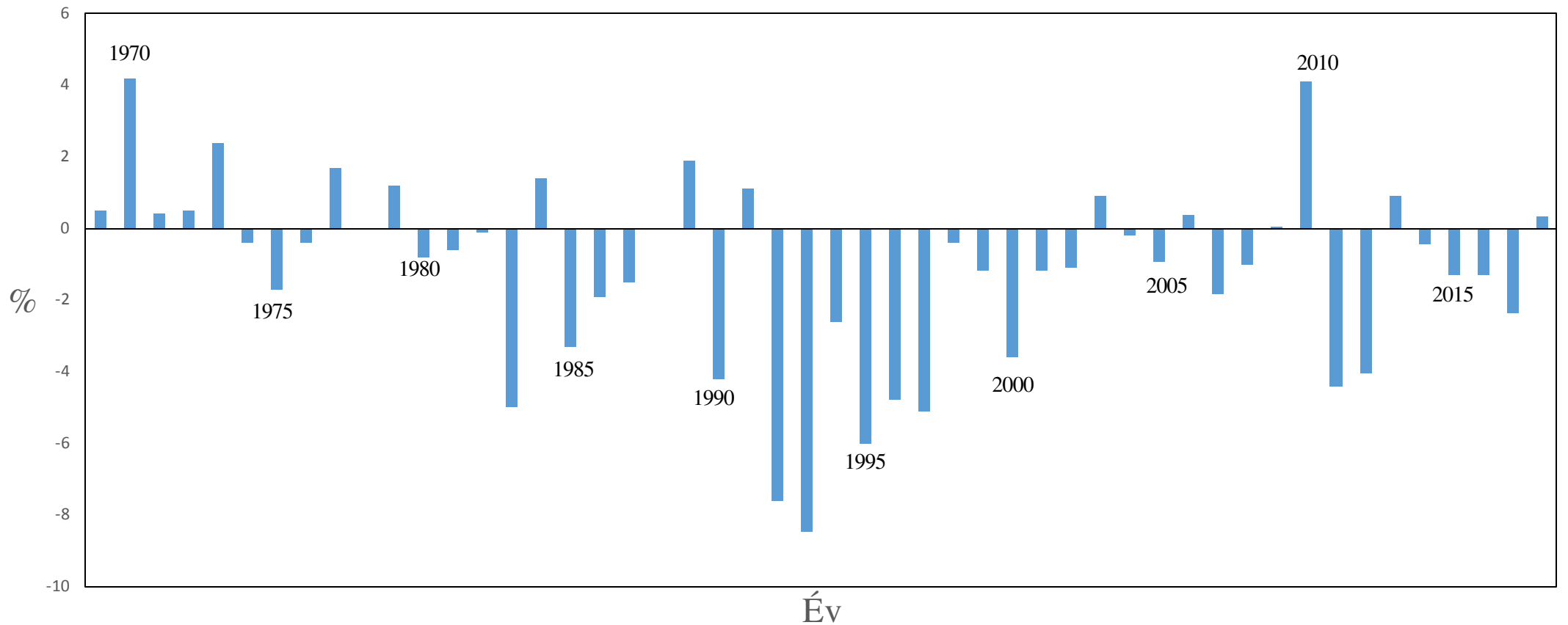
- Monokromátor: megfelelő hullámhosszra történő szűrés.
- Fotoelektron sokszorozó: megfelelően magas jel-zaj arány előállítása.
- A napfény az ózon- és a kén-dioxid tartalom mérésekor a ferde kvarc ablakon jut be a műszerbe, UV spektrum szkennelés esetén pedig az UV-B dómon keresztül.
- Azimuth-tracker: napkövetés biztosítása.



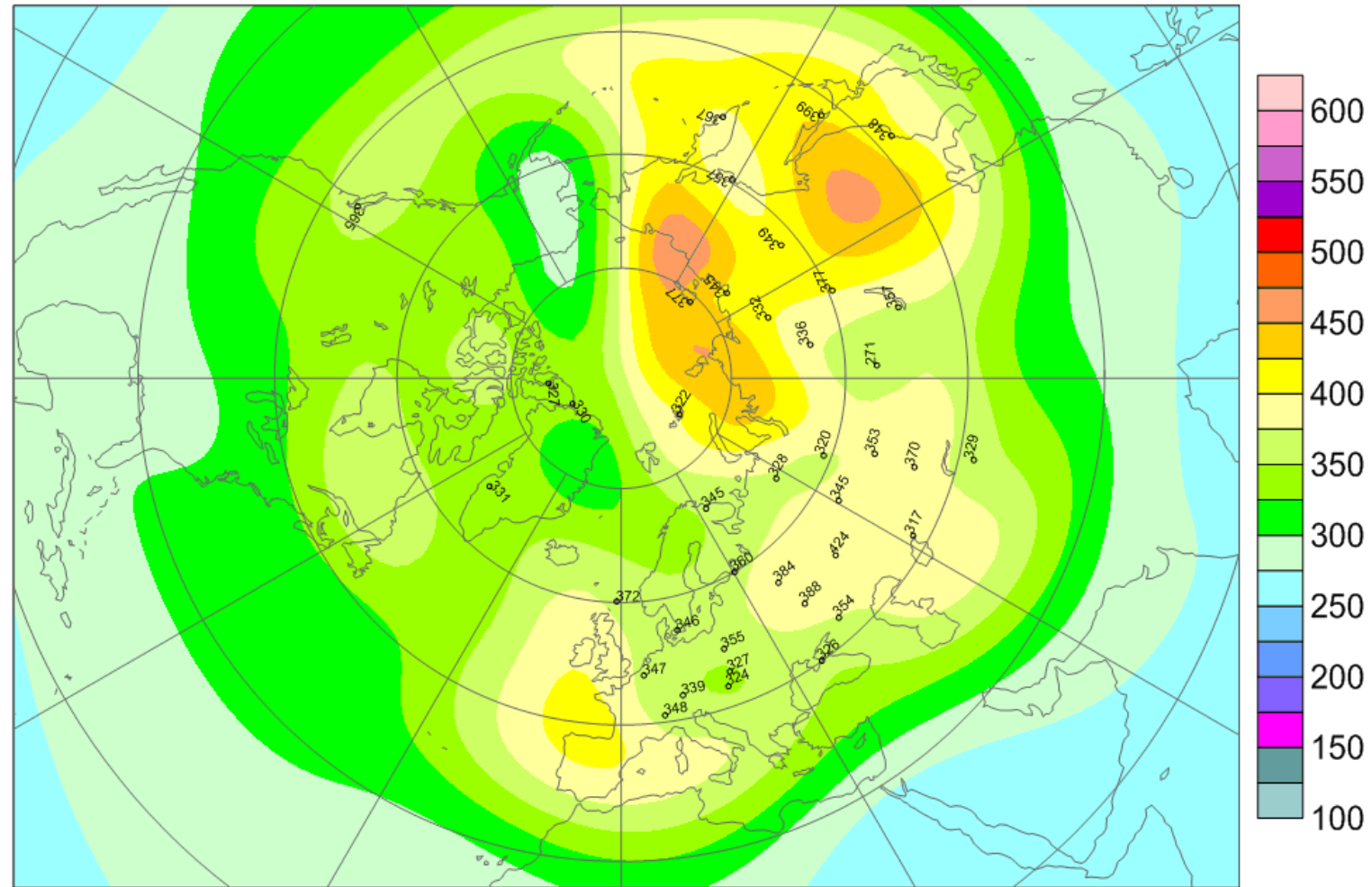
- Mérési program:
 - Nagyfelbontású (0,5 nm) UV spektrumok → UV sugárzás mérésben a legpontosabb eszköz.
 - Légoszlopnyi teljes ózon- és kén-dioxid tartalom.
 - Aeroszol optikai mélység: egy légoszlop osszaeroszol-tartalmára jellemző fizikai mennyiség.
- Kalibrálás:
 - 2 évente, nemzetközi kalibráció
- Felhasználás:
 - UV sugárzás mérők kalibrálása
 - UV sugárzás előrejelzéshez ózon adat



A teljes ózontartalom spektrofotométeres mérésekből számított éves átlagainak százalékos eltérése a sokéves átlagtól Budapest fölött az 1969-2018 időszakra



Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2019/07/07



- SolarSIM:
 - CCD diódatömbös spektrofotométer, 2017 augusztusa óta tesztüzemben működik.

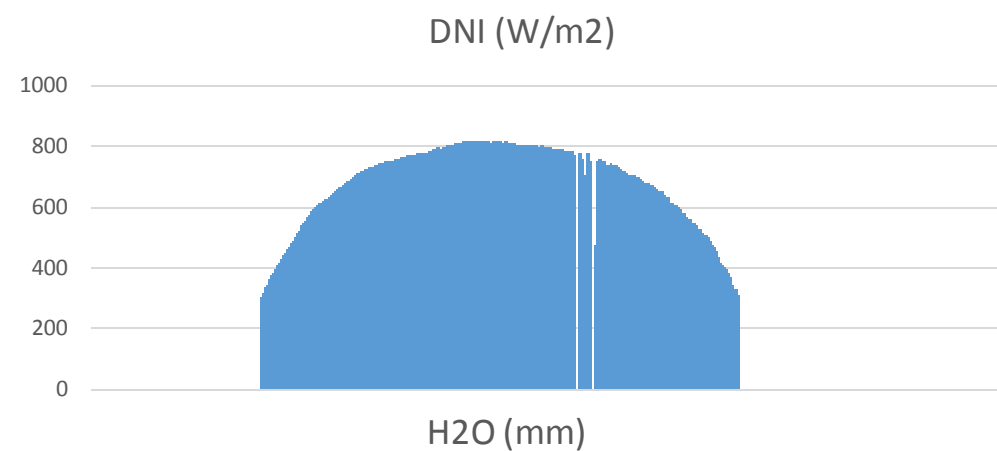
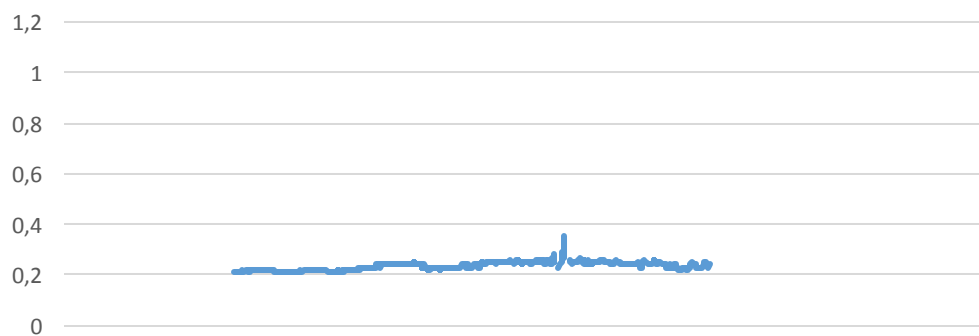
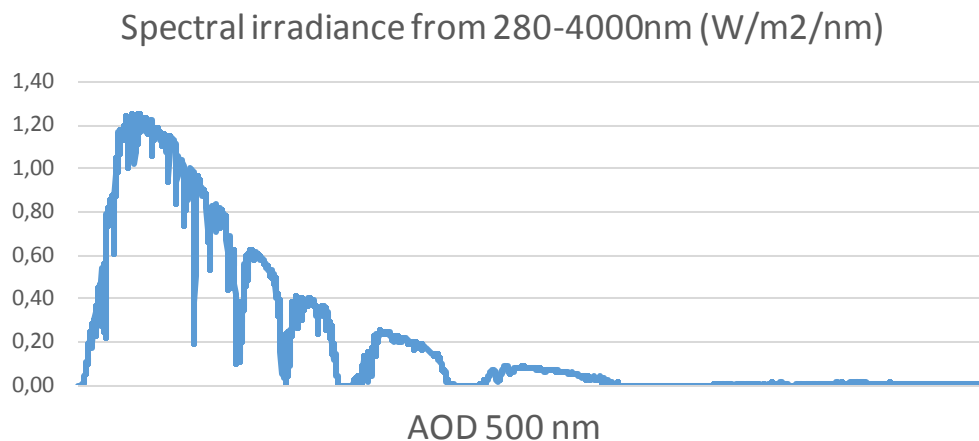


- Működés:
 - Napkövető berendezés segítségével folyamatosan követi a Nap látszólagos mozgását az égbolton, és 6 hullámhosszon percenkénti mintavételezéssel rögzíti a napsugárzásban bekövetkezett legkisebb változásokat.

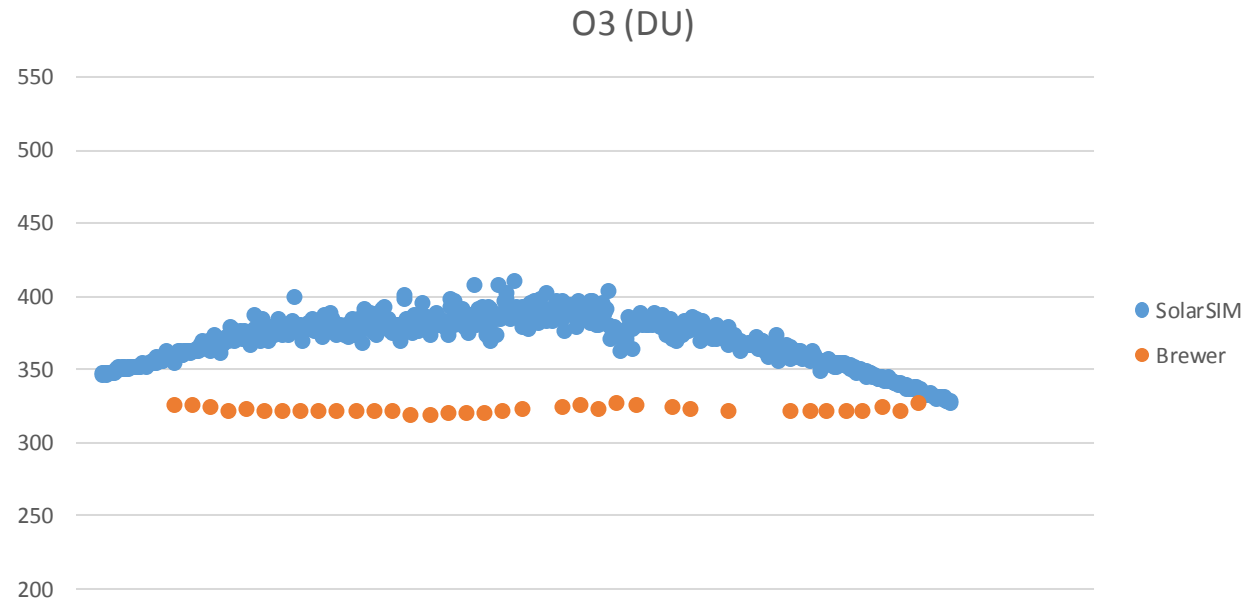


- Mérési Program:

- A 6 hullámhosszon mért adatokból kiszámítja a teljes sugárzási spektrumot (280 és 4000 nm között) 1 nm-es felbontással
- Direkt sugárzás, aeroszol optikai mélység, vízgőz- és ózontartalom



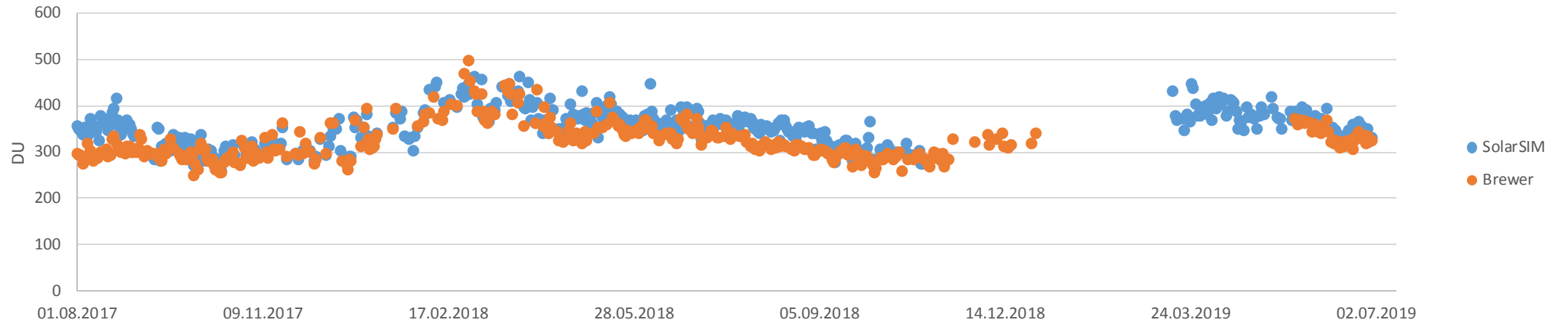
- Miért „övé” a jövő?
 - Gyorsan mér, nagy spektrális felbontással rendelkeznek, nincsenek mozgó alkatrészei, amik hibaforrásként növelnék a mérés bizonytalanságát.
 - DE: sok fejlesztést igényel még, mert pontossága jelenleg alatta van a hagyományos monokromátoros spektrofotométereknek.





Spektrális mérések

Napi ózonátlagok



Relatív hiba

