MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG

MTA MTB Légköri Erőforrás Albizottság

MMT Nap- és Szélenergia Szakosztály

A GLOBÁLSUGÁRZÁS VÁLTOZÁSAI EURÓPÁBAN

Bartók Blanka

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar

Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2013. október 16

A vizsgálat célja

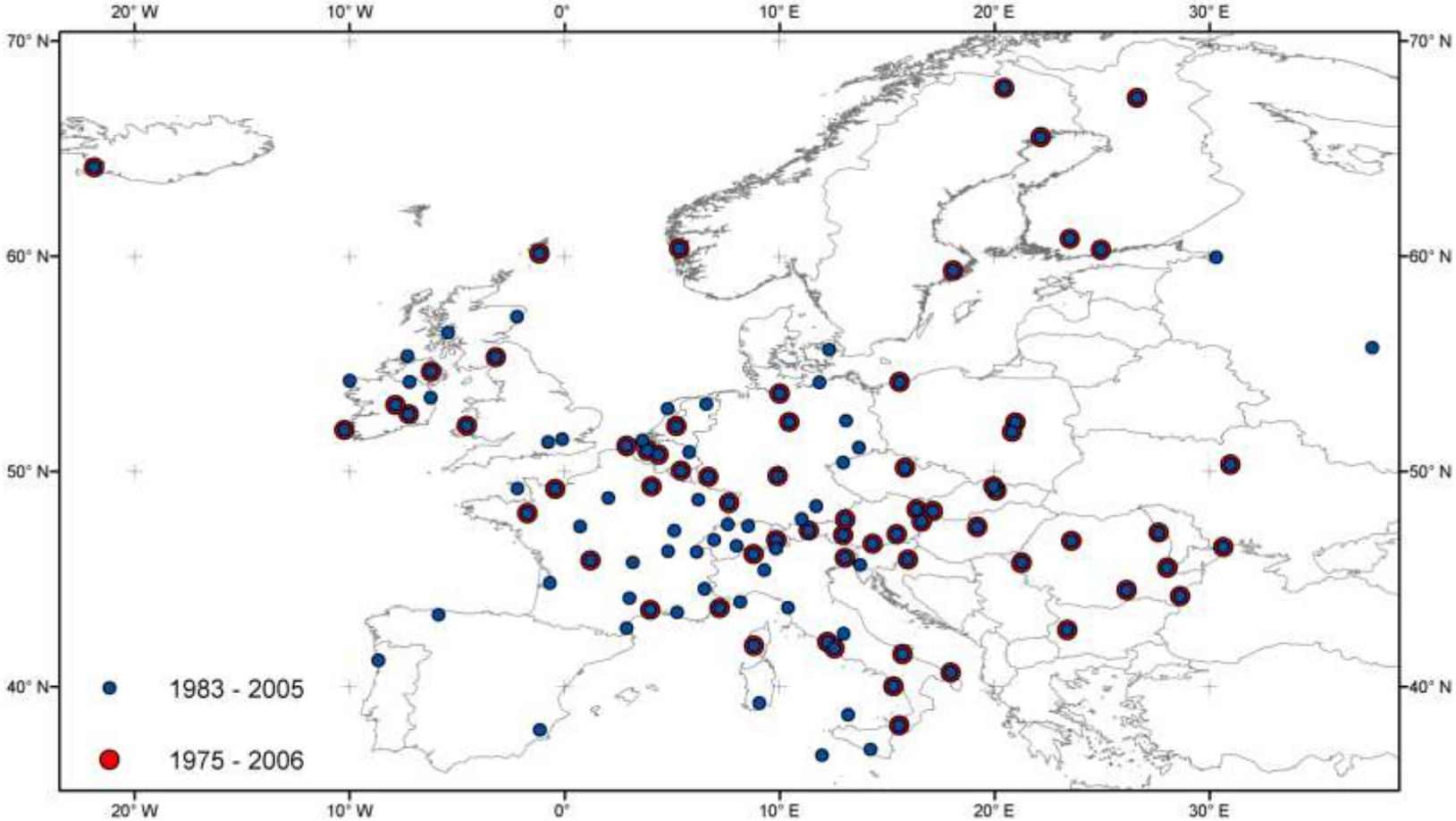
1. az elmúlt évtizedekben bekövetkezett globálsugárzás tendenciák megállapítása Európa területén,
2. statisztikai vizsgálatokkal és sugárzás-átviteli modellezés segítségével vizsgálni a globálsugárzást meghatározó légköri elemek trendszerű változásait,
3. becslést adni a globálsugárzás jövőbeni változásaira, felhasználva az empirikus kapcsolatok és globális klímamodellekben előrevetített tendenciákat.

Adatok

Globálsugárzás

Felszíni adatok: World Radiation Data Center (WRDC)

Műholdas megfigyelések: The Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CMSAF) sugárzási produktumai

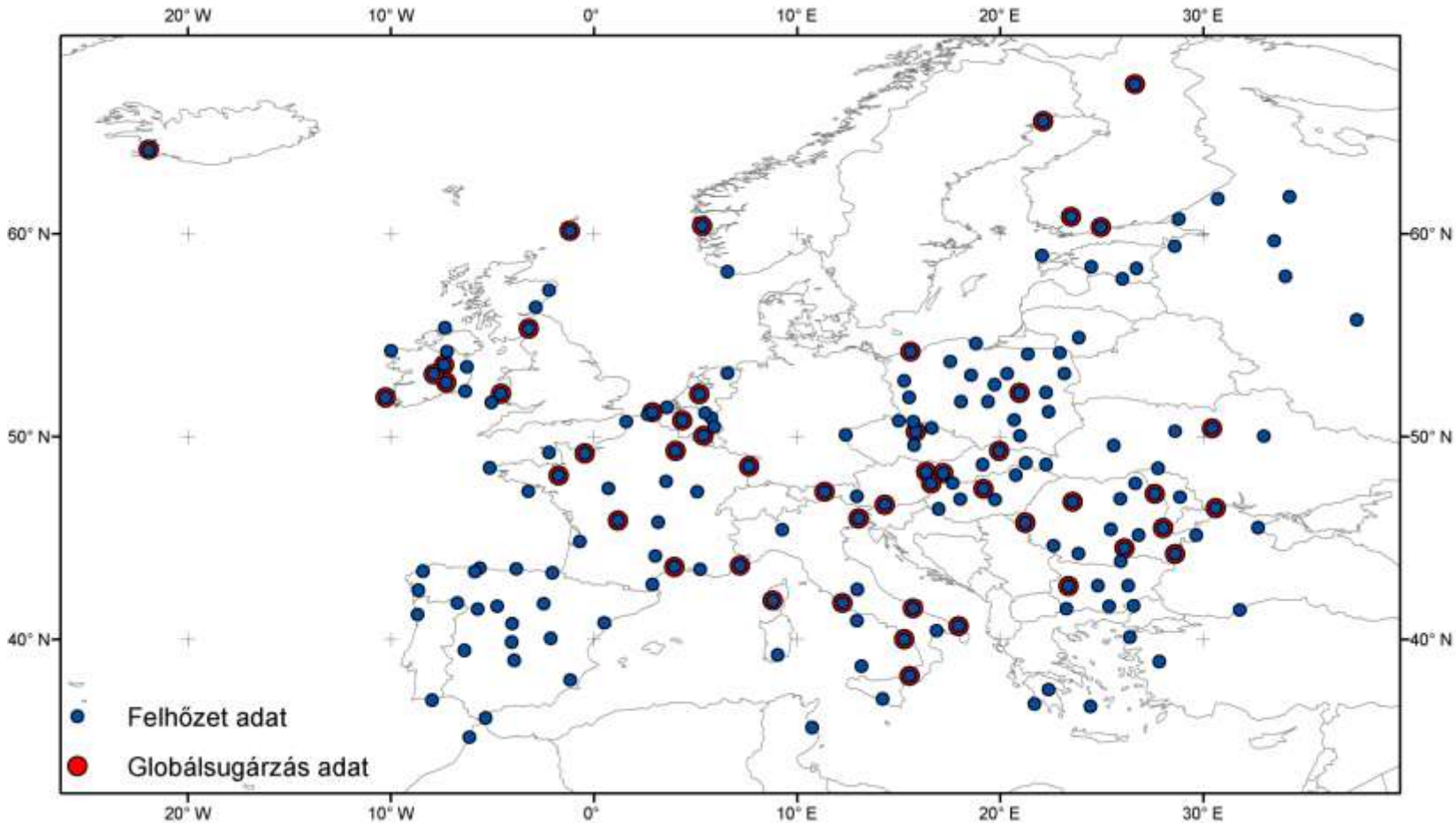


Adatok

Felhőzet

Felszíni adatok: Cloud Climatology for Land Stations Worldwide

Műholdas megfigyelések: The Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CMSAF) felhőzeti produktuma



Adatok

Aeroszol adatok

- NASA OMI (Ozone Monitoring Instrument) program TOMS adatbázis aeroszol optikai mélység (AOT_{500}) adatai, 1x1 fokos felbontásban, az 1980-2001 időszakra

ERA-INTERIM reanalízis

- Kihullható vízgőztartalom, 1983 – 2005
- Rövidhullámú ClearSky sugárzási adatok, 1983 - 2005

Globális klímamodellek

- ECHAM, GIS-ER és MRI klímamodellek (IPCC-AR4/CMIP3) felhőzeti, kihullható vízgőztartalom és globálsugárzási mezők, melyek a XX. századi éghajlati kísérlet (20C3M) 1975-2006, illetve az A1B scenárió 2050-2075 időszakára voatkoznak.

Módszerek

Lineáris trendbecslés

- lineáris és polinomiális regresszió;
- t-teszt a meredekség szignifikanciájának vizsgálatára;
- konfidencia intervallum meghatározása.

Sztohasztikus kapcsolat

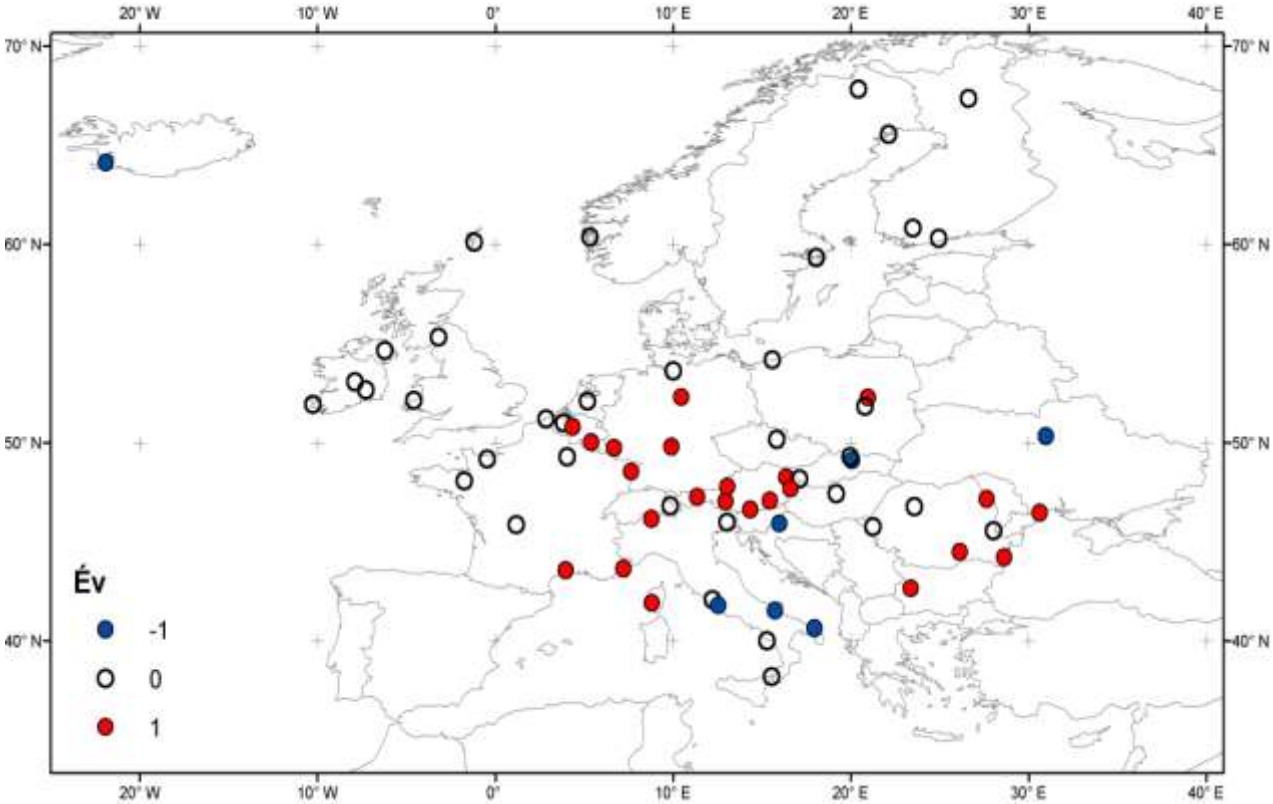
- korreláció és lineáris regresszió.

K-közép módszer – 4 klaszter (sugárzási zónák) létrehozására.

Determinisztikus sugárzásátviteli modell

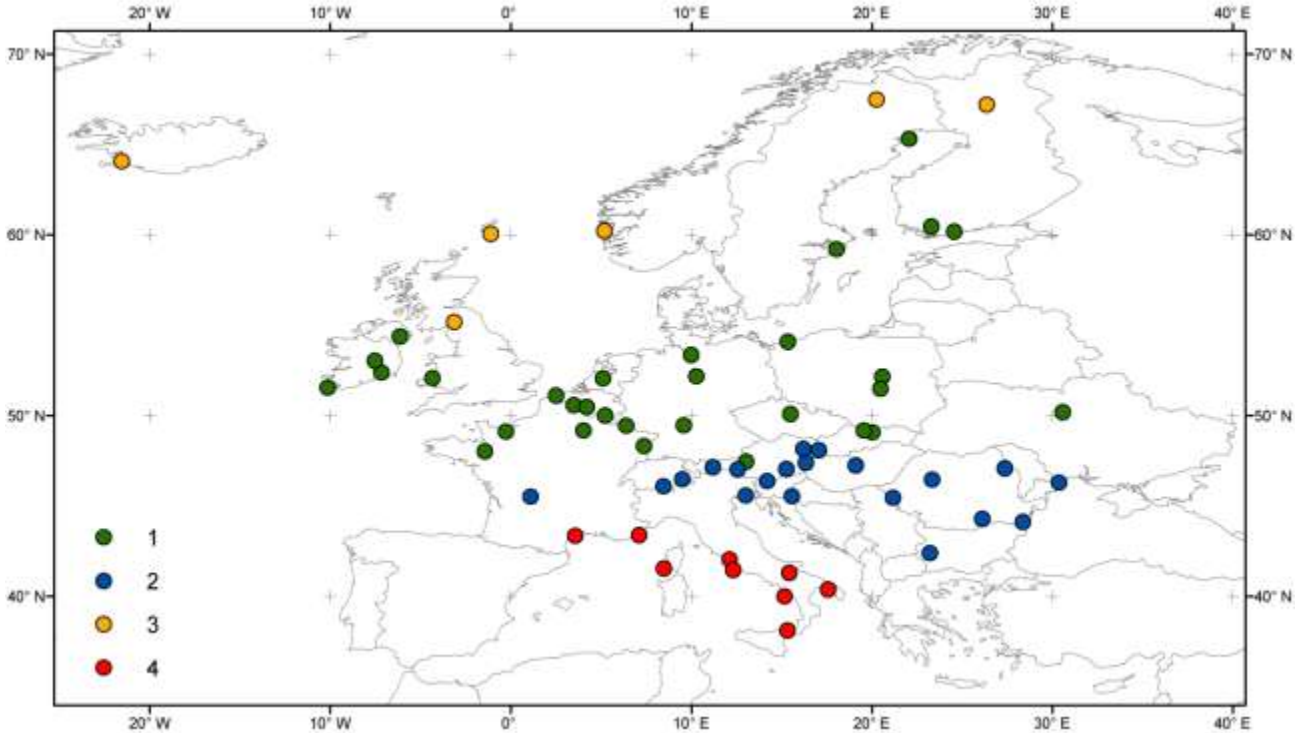
- Mesoscale Atmospheric Global Irradiance Code (MAGIC).

A globálsugárzás trendjei Európában (1975-2006)



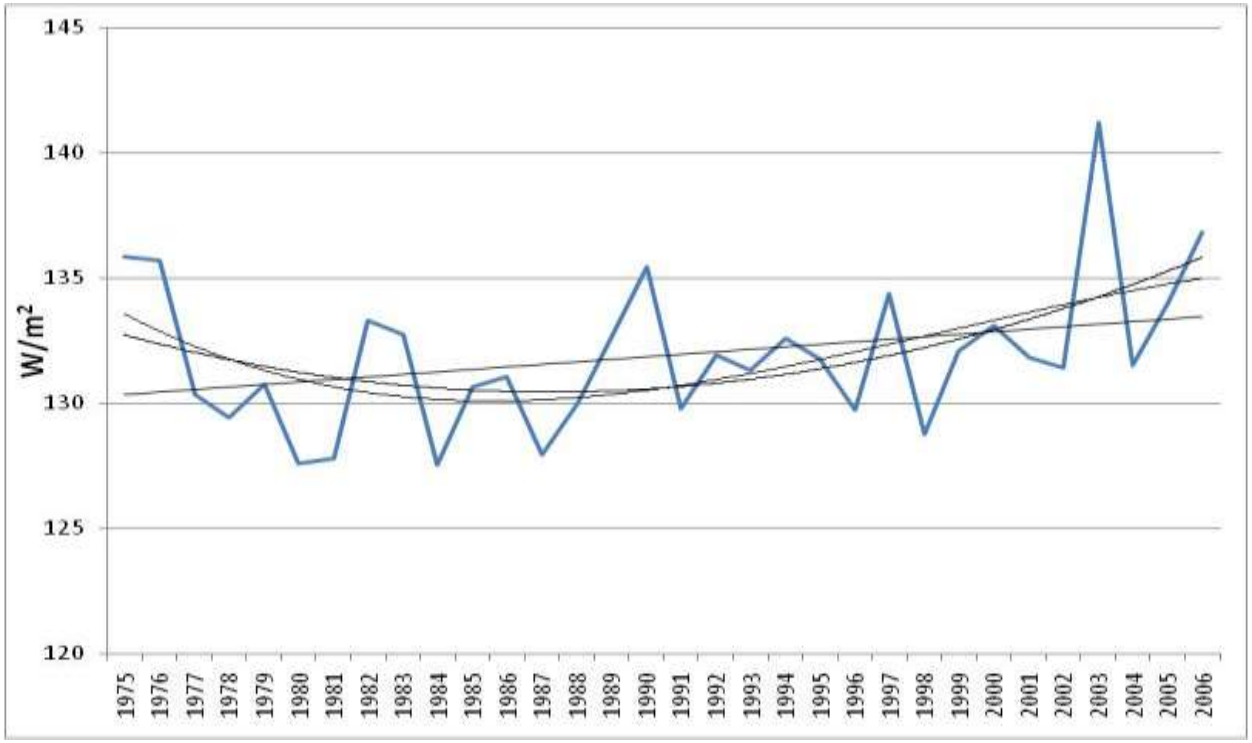
- **45,4%**-a (30 állomás) mutat szignifikáns trendszerű változást 95% valószínűségi szinten, az összesetek 34,8 %-a pozitív, 10,6%-a negatív irányba;
- csak szignifikáns esetek trendje: **1,7 (±0,30) W/m²/évtized** (1,2%/évtized);
- összes eset trendje: **1,0 (±0,29) W/m²/évtized** (0,7%/évtized).

Lineáris trendek – területi különbségek



Zóna	Állomás (darab)	Szignifikáns trend	Trend W/m^2 évtized^{-1}	Trend %
1	30	10 (**33.3%**)	1,98 (±0,27)	1,64
2	21	13 (**61.9%**)	4,35 (±0,31)	3,00
3	6	1 (**16.7%**)	-2,37 (±0,22)	-2,73
4	9	6 (**66.7%**)	-3,61 (±0,37)	-2,05

A globálsugárzás trendjei - nem lineáris közelítés

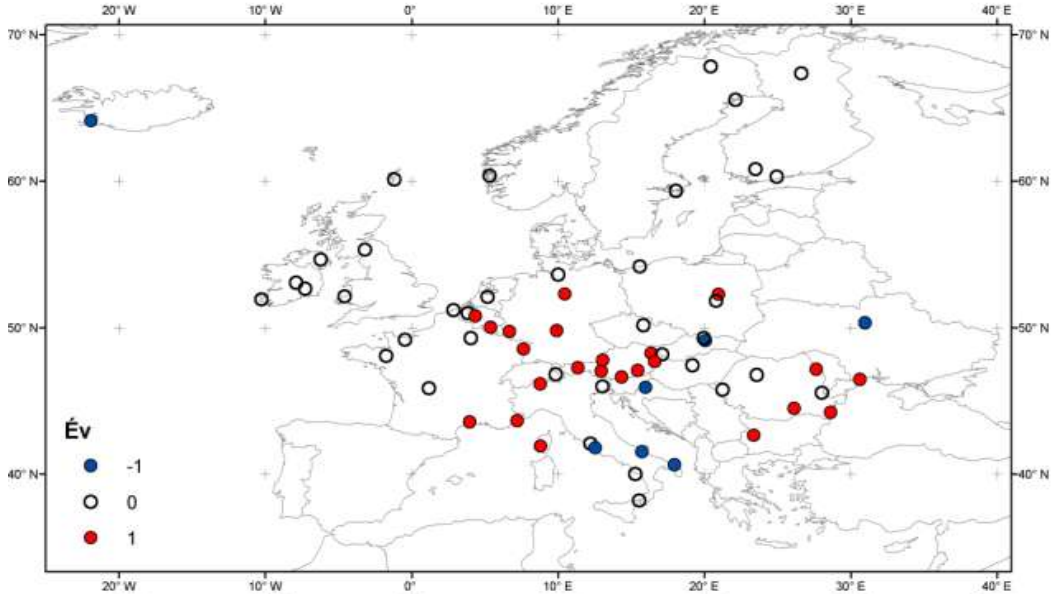


	F (II-I)	F(III-I)
Korrigált reziduális szórás - Európa	1.06	1.09
Korrigált reziduális szórás - 1 zóna	1.08	1.11
Korrigált reziduális szórás - 2 zóna	1.03	1.06
Korrigált reziduális szórás - 3 zóna	1.08	1.09
Korrigált reziduális szórás - 4 zóna	1.04	1.09

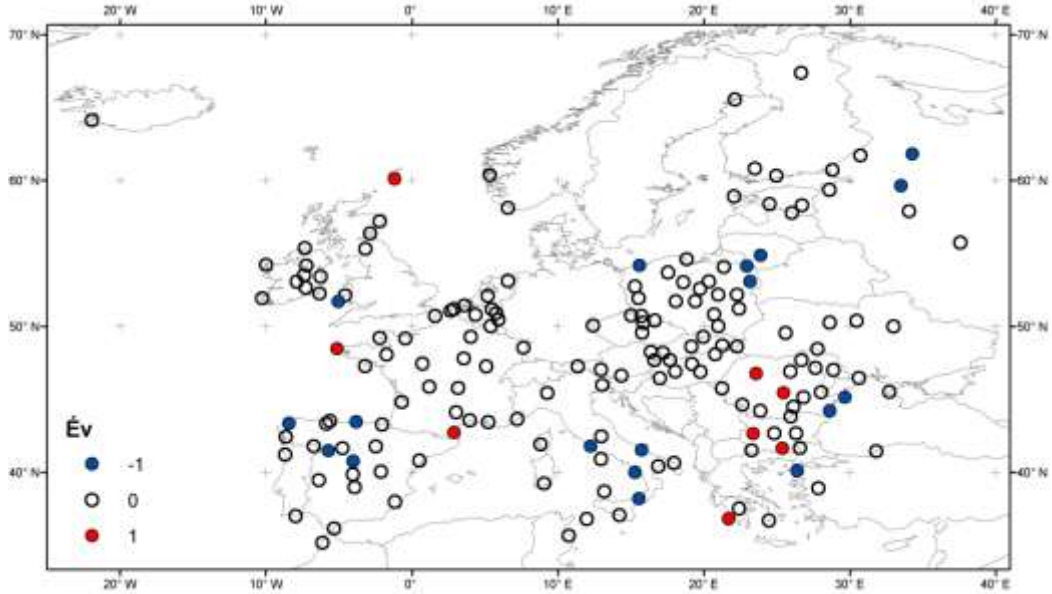
F-próba szerinti küszöbérték 1,60 (p=0,05)

A felhőzet és globálsugárzás együttes változása

Globálsugárzás – lineáris trend, 1975-2006

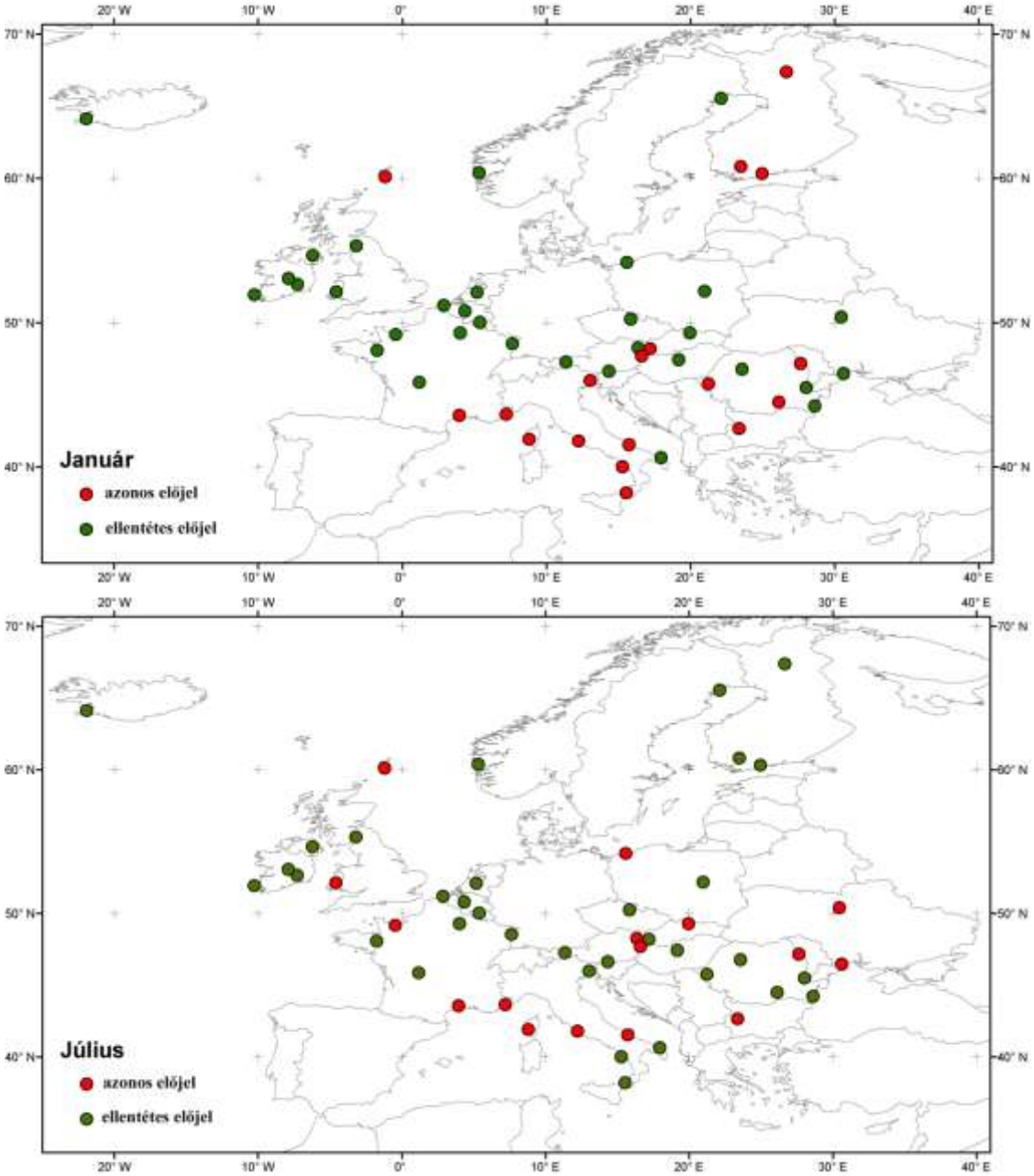


Felhőzet – lineáris trend, 1975-2006



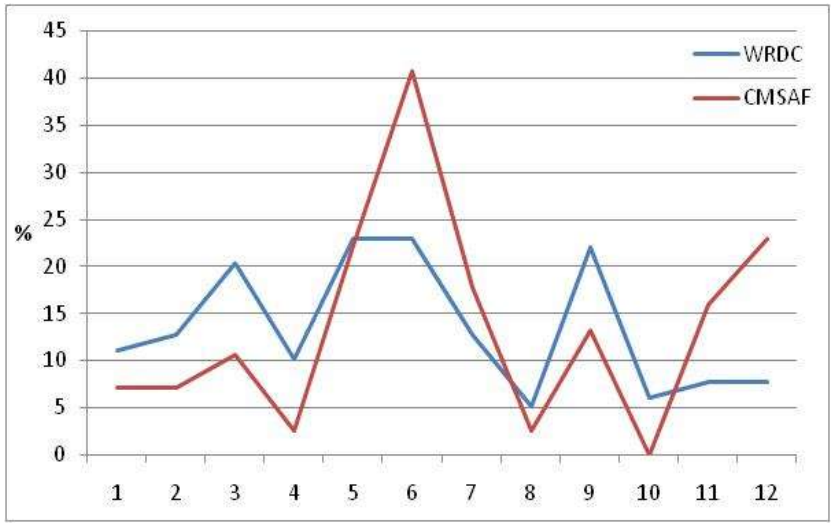
A felhőzet szerepe a globálsugárzás változásának térbeli mozaikosságában

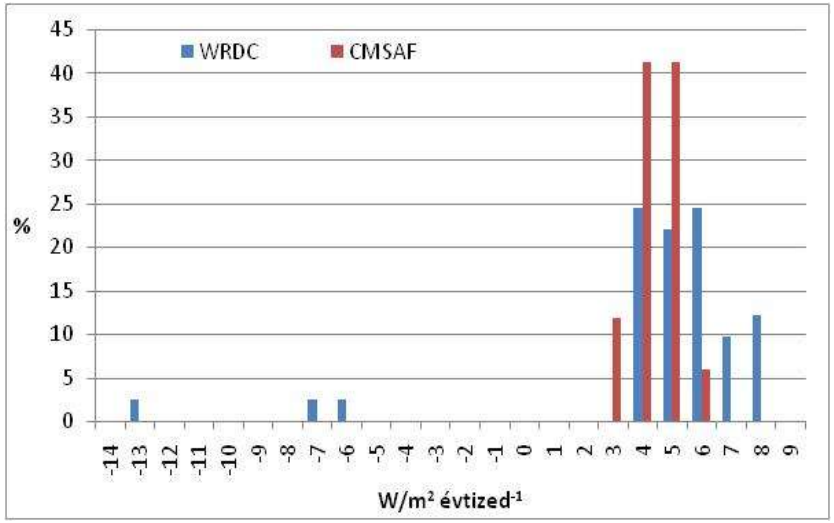
- összes eset 60 %-ban tapasztalunk ellentétes előjelt
- azonos előjelt vagy adathiba magyarázza, vagy a felhőzet sugárzásmódosító hatását valamilyen más tényező ellensúlyozza



Adathibák keresése a globálsugárzás adatokban

1. Felszíni és műholdas globálsugárzás megfigyelések összehasonlítása 1983-2005-ös időszakban

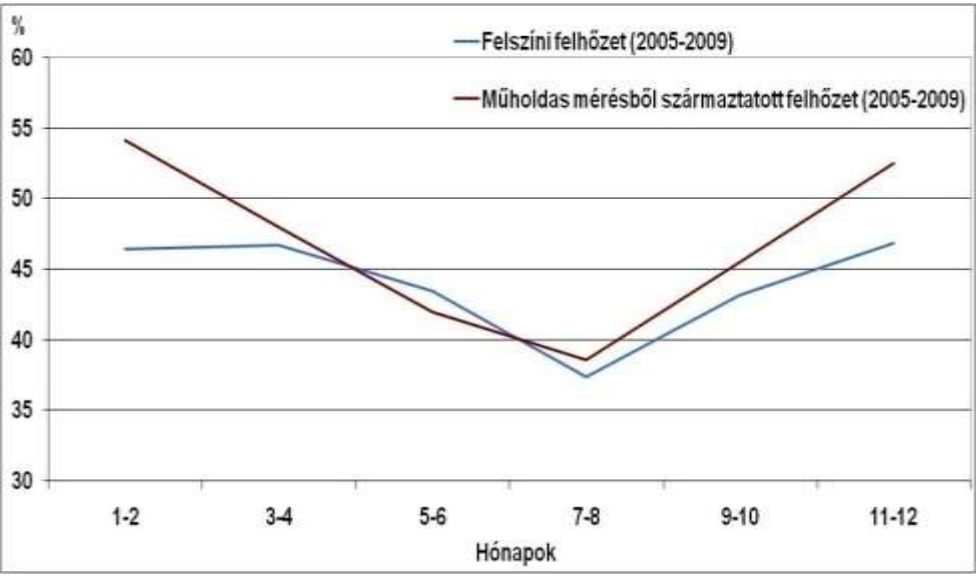




- éves átlagban a két adatbázis által adott változás szinte azonos (4,04 W/m²/évtized a WRDC, 3,95 W/m²/évtized a CMSAF esetében), bár a műholdas adatok mérsékeltebb változásokat adnak

Adathibák keresése a globálsugárzás adatokban

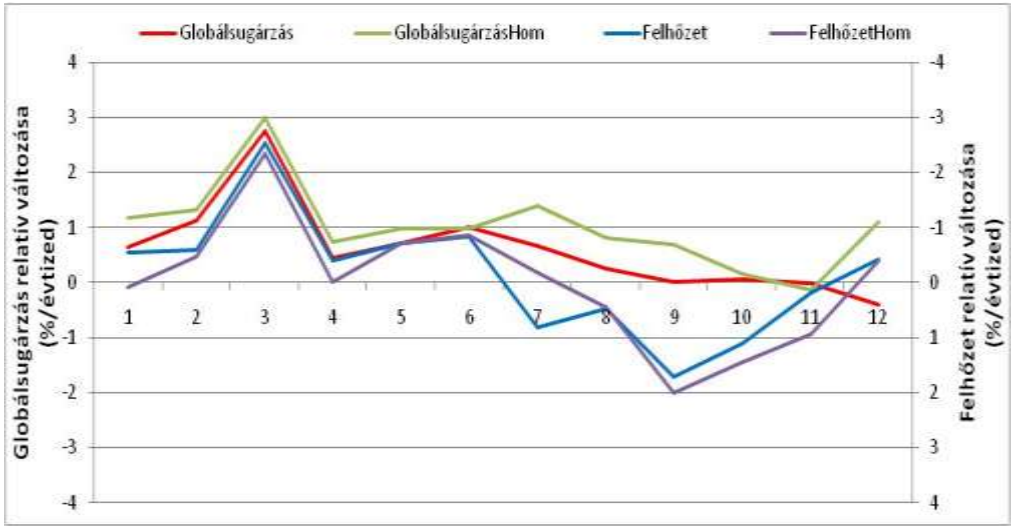
2. Felszíni és műholdas felhőzeti megfigyelések összehasonlítása a 2005 – 2009 időszakban



- éves átlagban a műholdas adatok 3%-al nagyobb felhőborítottságot adnak a felszíni adatokhoz képest

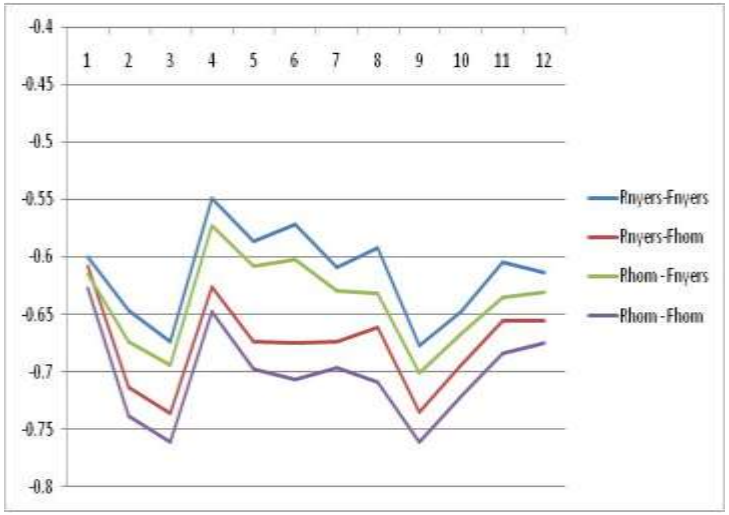
Adathibák keresése a globálsugárzás adatokban

3. Homogenizált felszíni globálsugárzás és vizuálisan megfigyelt felhőzet összehasonlítása 1975-2006 időszakban – **MASH eljárás**



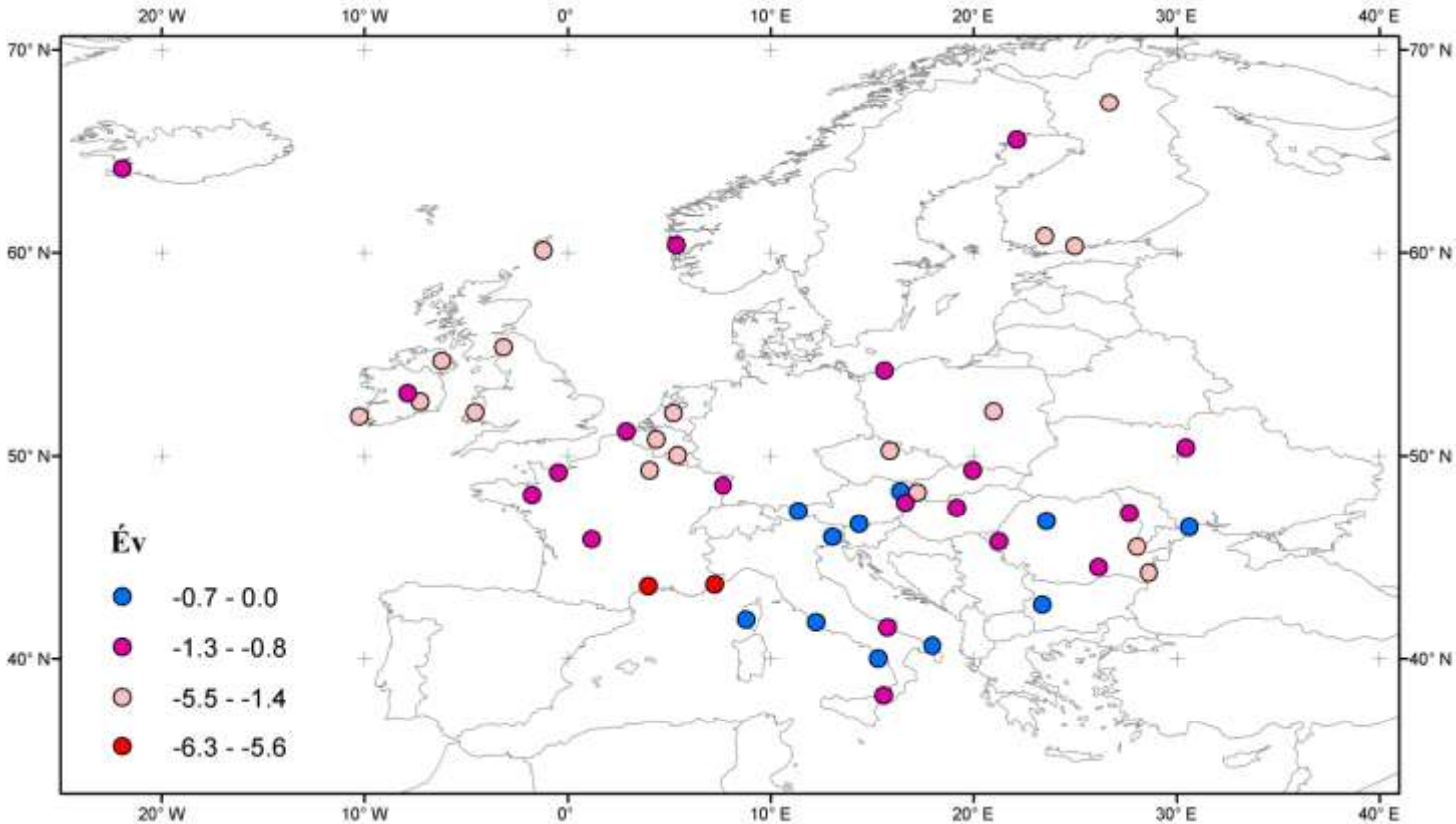
- az éves értékek mindegy 1.1% mutatnak nagyobb relatív változást (minden adat esetében 0,5%-al)

- a kontinens középső részén a nyers adatokhoz hasonló nagyságrendű növekedő tendenciát jeleznek, északi és déli sávban változások mérséklődésének



- a nyers adatok közötti 0,61 értékű korrelációt átlagosan 0,70-re javította de nem befolyásolta számottevően a felhőzet és globálsugárzás közötti kapcsolat regressziós együtthatóit

A felhőzet sugárzásmódosító hatása

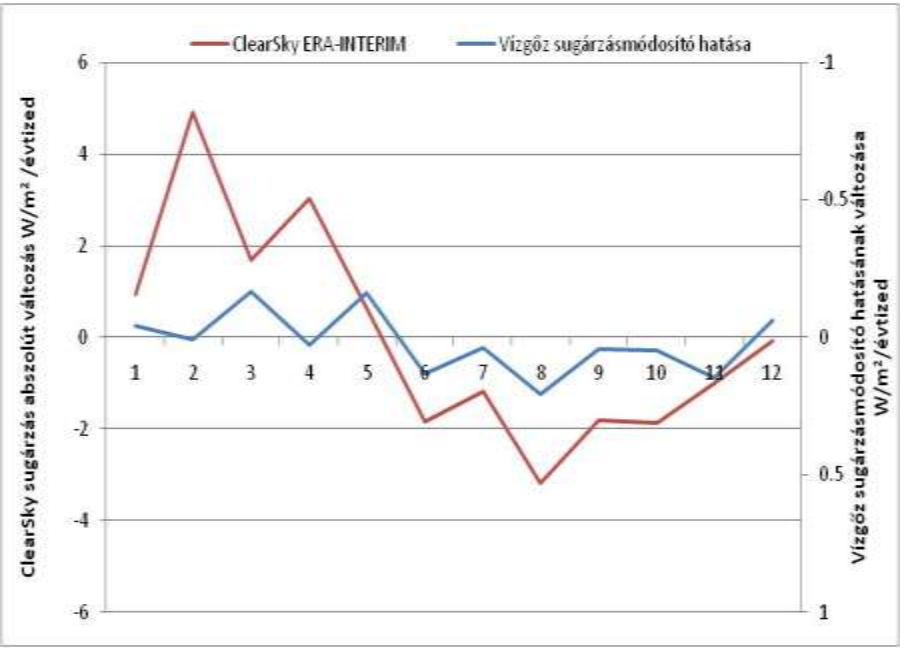


$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$$

- lineáris regresszió a felhőzet sugárzásmódosító hatásának nagyságát adja (W/m^2) 1%-os felhőzet-változáshoz

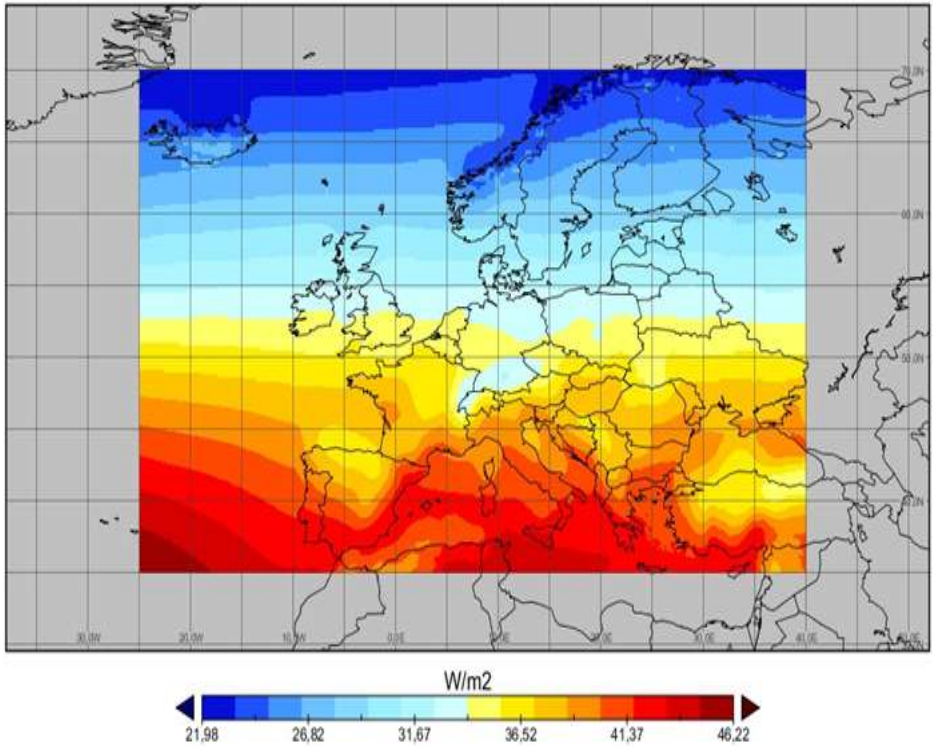
Vízgőz sugárzásmódosító hatása

1. ERA-INTERIM ClearSky produktum



ClearSky trendszerű változása 0,017 W/m²/évtized,

2. MAGIC sugárzási kód, felhőmentes sugárzás



ERA-INTERIM reanalízis adatok (1983 – 2005)
- lineáris függvényillesztés

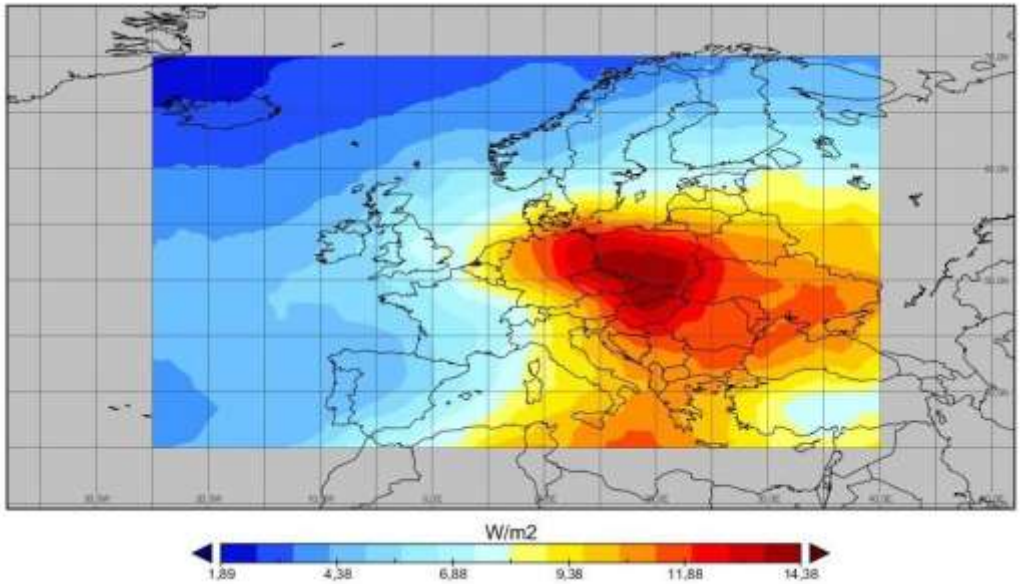
- a vízgőz sugárzásmódosító hatásának trendszerű változása 0,018 W/m²/évtized

Aeroszol sugárzásmódosító hatása

1. Közvetett számszerűsítés

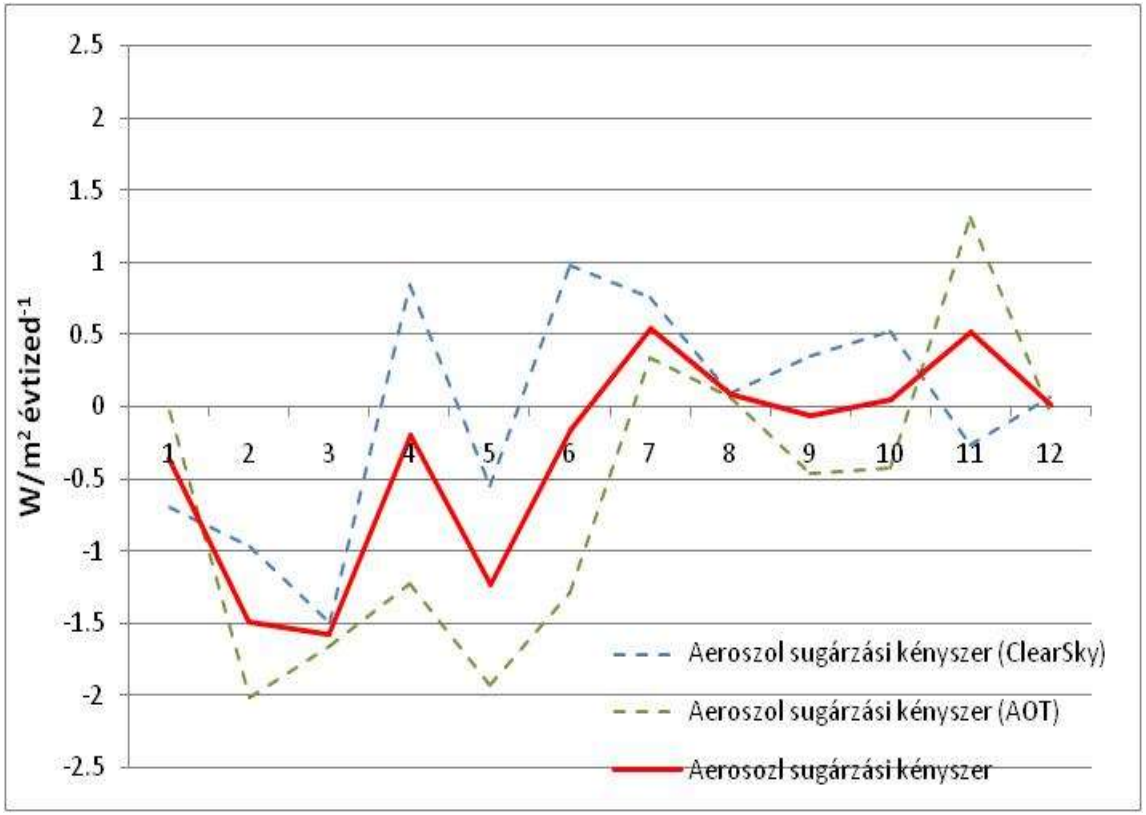
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Év
ClearSky WRDC W/m^2/évtized	0.73	0.97	1.67	-0.88	0.71	-1.11	-0.79	-0.30	-0.39	-0.57	0.12	-0.01	0.01
Vízgőz sugárzásmódosító hatás W/m^2/évtized	-0.04	0.01	-0.17	0.03	-0.16	0.13	0.04	0.21	0.04	0.05	0.14	-0.06	0.02
Aeroszol sugárzásimódosító hatása W/m^2/évtized	**-0.69**	**-0.97**	**-1.50**	**0.85**	**-0.55**	**0.98**	**0.75**	**0.09**	**0.35**	**0.53**	**-0.27**	**0.07**	**-0.03**
Aerosozl +vízgőz	-0.73	-0.97	-1.67	0.88	-0.71	1.11	0.79	0.30	0.39	0.57	-0.12	0.01	-0.01

2. Közvetlen számszerűsítés - MAGIC sugárzási kód aeroszol sugárzásmódosító hatása



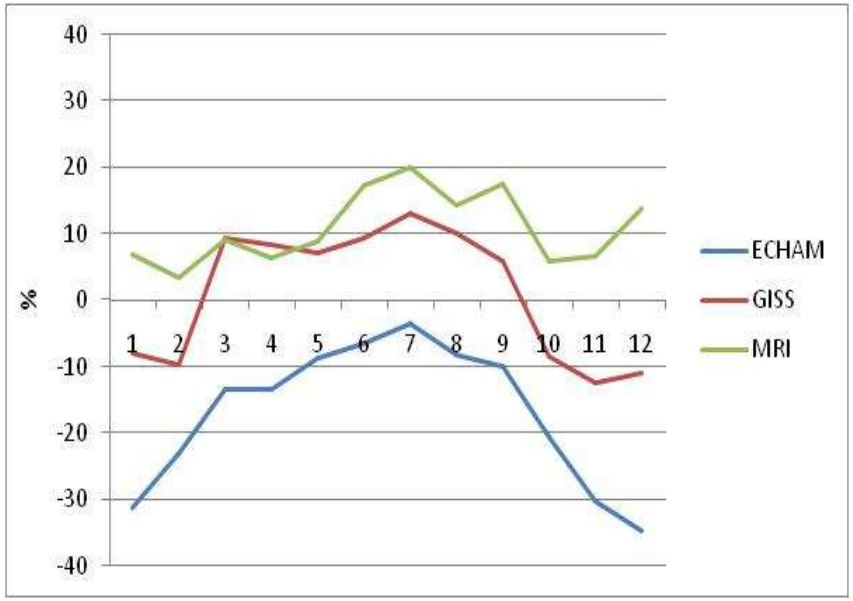
OMI TOMS AOT_{500} műholdas adatok (1980 – 2001)
- lineáris függvényillesztés

Aeroszol sugárzásmódosító hatása

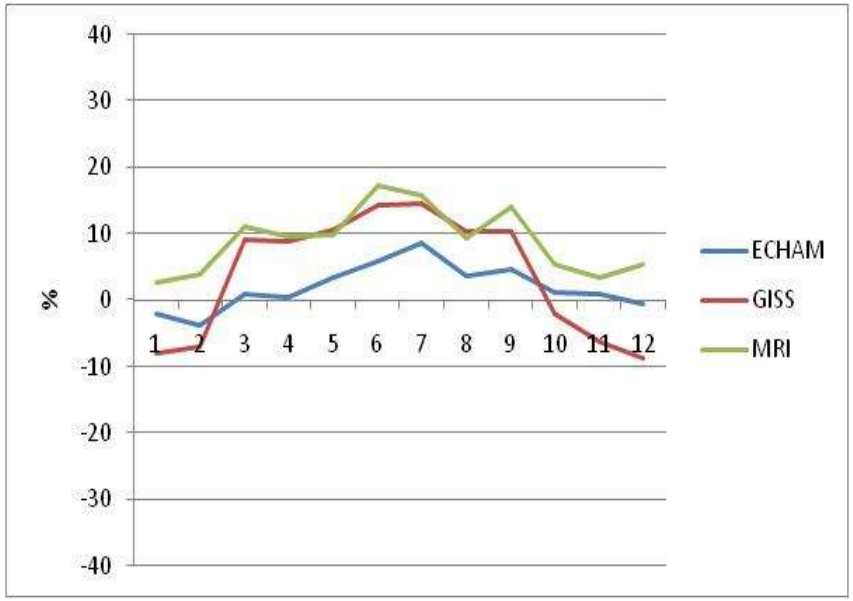


Régió	Aeroszol sugárzásmódosító hatás trendje W/m²/évtized
Közép- és Északkelet-Európa	**-0,58**
Délkelet-Európa	**-0,41**
Európa északi része	**0,53**
Európa déli része	**1,15**

A globálsugárzás előrejelzett változásai



- referencia időszak 1975-2006
- prognózis A1B szcenárió, 2050-2075

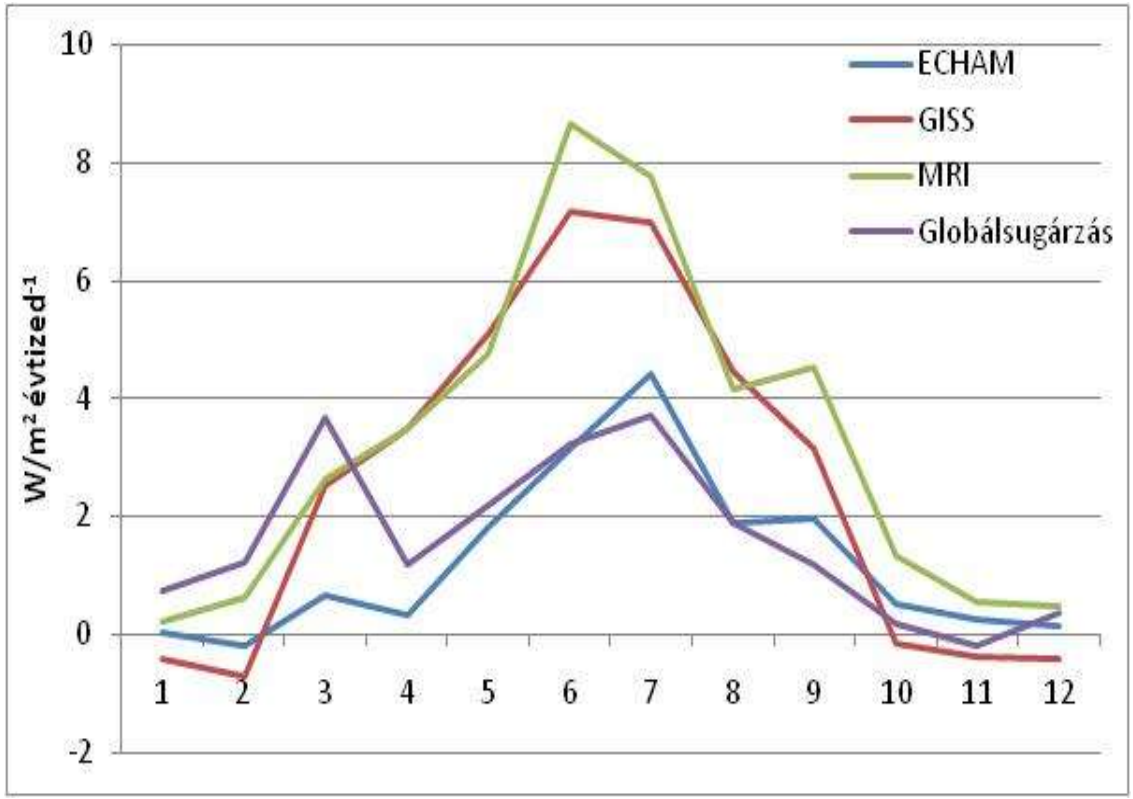


$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$$

ahol a x_i – a klímamodell által adott felhőzet-változás

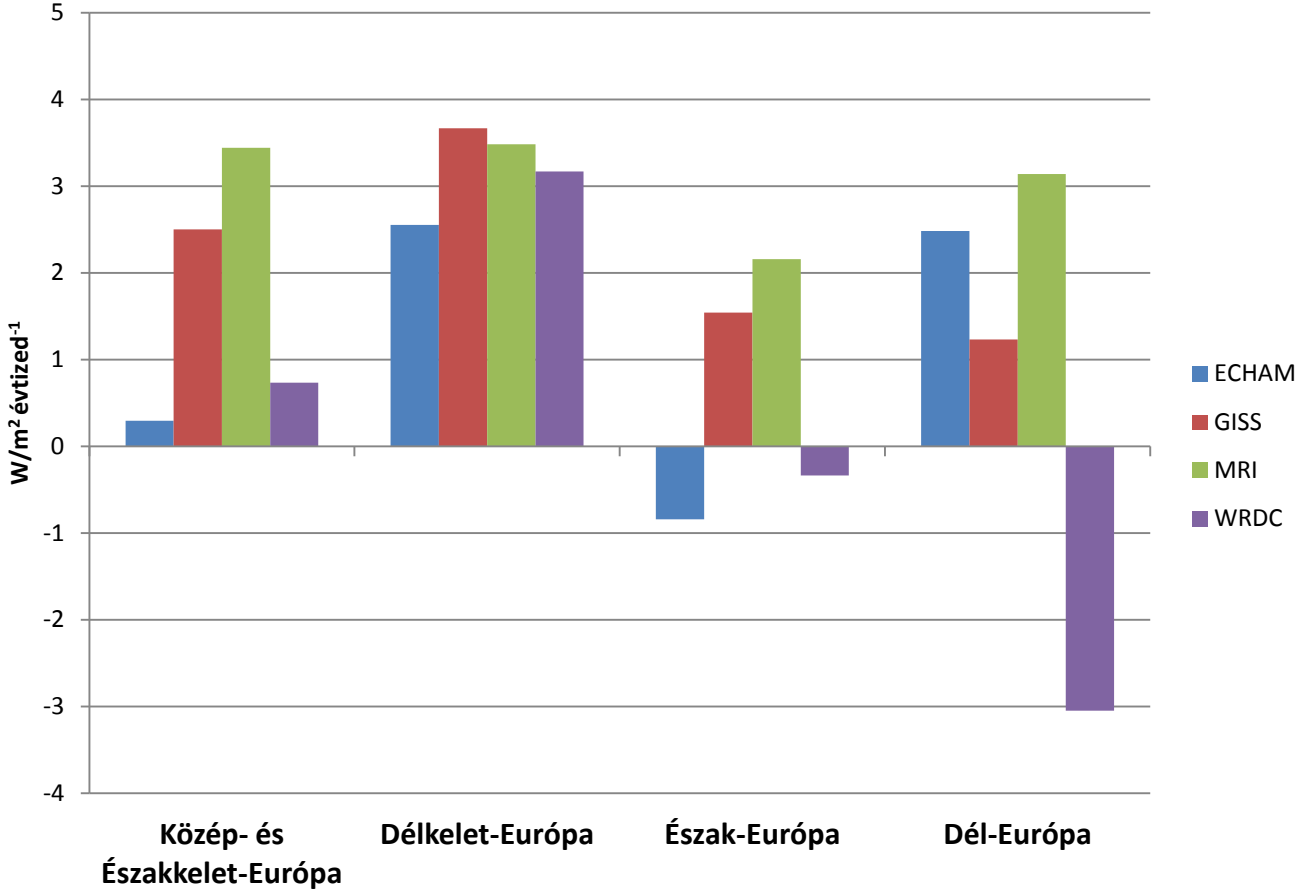
- referencia időszak 1975-2006
- prognózis A1B szcenárió, 2050-2075

A múlt és a jövő globálsugárzás változásainak összehasonlítása



- a globálsugárzás változás intenzítása homogenizált felszíni, illetve modellezett becslések alapján,
- jelentős nyári globálsugárzás növekedést

A globálsugárzás előrejelzett változásainak területi különbségei



Következtetések

- Rendelkezünk a globálsugárzás megfigyelt értékeiből számított megváltozás irányával és mértékével 66 európai állomásra az 1975 és 2006 közötti időszakban. Szignifikáns trendek esetében ez 1,7 W/m^2/évtized abszolút változás, ha a nem szignifikáns változásokat is bevonjuk, akkor 1,0 W/m^2/évtized.

- A globálsugárzás klimatikus átlagok alapján létrehozott zónákban meghatározott változásaik alapján Európa középső részét pozitív, míg a déli és északi térségét negatív trendek jellemzik.

- A globálsugárzás trendbeni változásában a másod- és harmadfokú polinomok illesztése egyetlen zónában sem adott szignifikánsan jobb illeszkedést a lineárisnál az 1975-2006-os időszakban.

- A globálsugárzás változás együtthatóinak mozaikossága leginkább a felhőzet hasonlóan nem egységes alakulásával magyarázható. Havi bontásban az állomások 60 %-ánál jelenik meg ellentétes előjelű változás.

Következtetések

- Globálsugárzás és felhőzet felszíni és műholdas adatok összehasonlítása alapján igazolódott, hogy a direkt és indirekt mérések között jó a megegyezés.

- A globálsugárzás és felhőzet egymástól független homogenizálása a nyers adatok közötti 0,61 értékű korrelációt átlagosan 0,70-re javította, ugyanakkor nem befolyásolta számottevően a felhőzet és globálsugárzás közötti kapcsolat regressziós együtthatóit, így azok területi eltéréseit sem.

- A vízgőz sugárzásmódosító hatásának évtizedes tendenciája a felhőmentes globálsugárzásra az állomások átlagában ±0,18 W/m^2 között ingadozik az év egyes hónapjaiban, ami legalább egy nagyságrenddel kisebb a globálsugárzás trendjeinél. Az aeroszol sugárzásmódosító hatásának változása az állomások átlagában +1,0 és -1,5 Wm^{-2} között alakul az egyes hónapokban.

- Az aeroszolok sugárzásmódosító hatásának trendszerű változása felhőmentes sugárzás esetében kisebb, de nagyságrendben megegyezik a felhőzet sugárzásmódosító hatásának nagyságával.

Következtetések

- A globális klímamodellek globálsugárzás-becsléseit szembesítve az empíria+modell eljárással, vagyis a modellek szerint várható felhőzet-változás és a globálsugárzás és a felhőzet közötti empirikus kapcsolat kombinálásával, azt tapasztaltuk, hogy az utóbbi koherens, kisebb bizonytalanságú globálsugárzás prognózist ad.

- A klímamodellek felhőzeti prognózisa szerinti változás alapján előrevetítettük a globálsugárzásban várható változásokat Európa területén a 2050-2075 időszakra. Az eredmény Európa középső részein valószínű sugárzásnövekedést, míg az északi és déli területeken ennek mérséklődését, illetve sugárzás-csökkenést ad.

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!