

SZÉLADATOK HOMOGENIZÁLÁSA ÉS KORREKCIÓJA HOMOGENIZATION AND CORRECTION OF HUNGARIAN DAILY WIND SPEED DATA

Péliné Németh Csilla¹, Bartholy Judit², Pongrácz Rita², Radics Kornélia³

¹MH Geoinformációs Szolgálat, 1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9., pelinenemeth.csilla@mhtehi.gov.hu,

²ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., bartholy@caesar.elte.hu, pongrazc.rita@gmail.com,

³Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1., radics.k@met.hu

Összefoglalás. A hosszú távú megfigyelések különböző inhomogenitásokat foglalnak magukba, amelyek okai lehetnek a használt műszerek, a mérési módszerek, a környezet vagy az állomás helyének a változása. Emiatt 19 magyar állomás napi szélsősebesség és szélleőkés adatai minőség ellenőrzését és homogenizálását végeztük el abból a célból, hogy a megvizsgáljuk a hazai adatbázisban (1972–2012) kimutatható szélklíma trendek, változékonyságok, gyakoriságok és szélsőségek megbízhatóságát. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál kifejlesztett MASH (*Multiple Analysis of Series for Homogenization*) módszert alkalmaztuk a 19 magyar állomás napi szélsősebesség és szélleőkés adatainak vizsgálatára. A vizsgálatok eredményei alapján a lehetséges környezetbarát szélenergia erőforrás mértéke Magyarországon megbecsülhető. További vizsgálatok tudnak majd választ adni arra, hogy ezek a megújuló energiaforrások nőttek vagy csökkentek a közelmúltban.

Abstract. Long term observations involve inhomogeneities due to changes in instrumentation, measuring methods and surroundings of stations or moving into a new location. Therefore quality control and homogenizing of available daily wind speed and wind gust data sets (1975–2012) were completed in order to assess Hungarian wind climate trends, variability, frequency and intensity of extreme wind events reliably. The MASH (*Multiple Analysis of Series for Homogenization*) procedure developed at Hungarian Meteorological Service was applied to homogenize 19 Hungarian stations' daily wind speed and wind gust data sets. Based on the results it is possible to estimate the environmentally friendly, available wind energy resources in Hungary. Further analysis of the series can answer whether this renewable energy resource has increased or decreased in the recent past.

Bevezetés. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén évek óta folynak szélklimatológiai kutatások. A jövőre vonatkozó helyes következtetések megalkotásához kiemelt fontossággal bír a hazai szélklíma jelenlegi állapotának ismerete, valamint annak megismerése, hogy a globális éghajlatváltozás milyen hatással van a szélmezőben jelentkező regionális változásokra (átlagok és szélsőértékek elmozdulása). A szélklíma paramétereinek és változásainak ismerete elősegíti a regionális környezeti hatások felmérését, a változó klímához történő alkalmazkodást, továbbá hozzájárul a rendelkezésre álló szélenergia-készletek pontosabb felméréséhez, becsléséhez.

Egy éghajlati hosszúságú mérési idősor homogénnek tekinthető, amennyiben változékonysága kizárólag az időjárás és az éghajlat változékonyságából adódik. Azonban a hosszú mérési adatsorok mindig tartalmaznak inhomogenitásokat, a mérési környezet, módszerek, mérőeszközök és mérési magasságok változása, az állomások költözése, automatizálása következtében. Az idősorok homogenitását negatívan befolyásoló tényezők miatt az adatsorok vizsgálati eredményei hibákat tartalmazhatnak, illetve az idősorokban rejlő inhomogenitások akár ellentétes irányú, hamis trendeket is eredményezhetnek.

A fenti problémák kiküszöbölése érdekében elvégeztük az Országos Meteorológiai Szolgálat által fejlesztett, MASH v3.03 (*Szentimrey*, 1999) programcsomag segítségével a hazai szinoptikus mérőhálózat szélsősebesség (1975–2012) és szélleőkés (1975–2013) adatainak homogenizálását, a hibás adatok kiszűrését, illetve az adathiányok pótlását. A homogenizáció validálását követően a homogenizált adatsorokból kiszámítottuk az átlagok és a

szélsőértékek tendenciáit, illetve az általunk definiált szélindexeket az extrém szélviszonyok várható értékeinek elemzése céljából.

Ismeretes, hogy a reanalízis adatsorokat nemzetközileg és a hazai regionális klímamodellezés esetében is széleskörűen alkalmazzák a klímamodellek kontrol futtatásaihoz, valamint validációjához. Elvégeztük a homogenizált mérési adatsorok és más (homogén) szélmezőkből meghatározott paraméterek, szélsőértékek térbeli és időbeli tendenciáinak az összehasonlítását, mellyel becsülhetővé vált a különböző adatsorok (ERA Interim, CarpatClim) megbízhatósága.

Adatsorok homogenizálása. Egy éghajlati vizsgálatokra is alkalmas, megbízható adatbázis létrehozása érdekében elvégeztük a hazai szinoptikus mérőhálózat napi szélsősebesség és szélleőkés adatainak homogenizálását, a hibás adatok kiszűrését, illetve az adathiányok pótlását. Az adatsorok tartalmi ellenőrzése során a legnagyobb átlagos és maximális szélsősebességi értékek meteorológiai megalapozottságát minden esetben megvizsgáltuk, szükség esetén javítottuk. Nagy figyelmet fordítottunk az állomások metaadataira. Az időszak folyamán több állomást más helyszínre költöztettek, illetve esetenként új állomásokat is telepítettek. A közvetlen és távoli környezet és a mérési magasság időközbeni megváltozása nehezítette a homogén adatbázis létrehozását (*Péliné*, 2012).

Az adatsorok homogenizálása a MASH alkalmazással történt, mely egy relatív homogenizációs teszt eljárás (*Szentimrey*, 2011). A módszer matematikai alapokon nyugszik, lehetőséget ad az állomások metaadatainak felhasználására, pl.: az állomások költözésének időpontjának megadására, az idősorok elemzése, valamint a tö-

réspontok keresése során. A MASH automatizált alkalmazás alapelve, hogy nem feltételezi a referencia idősor homogenitását. A vizsgált és a referencia idősorok szerepe a futás során változik, felcserélődik. A vizsgált meteorológiai elem tulajdonságaitól függően alkalmaztunk additív (például: hőmérséklet), valamint multiplikatív (például: csapadék vagy szélesség) modellt.

1. táblázat: Homogenizáláshoz felhasznált hazai szinoptikus állomások rögzített metaadatai (2012-es állapot)

N°	WMO	Állomás	Szélesség	Hosszúság	Magasság, [m]	Mérőműszer magassága [m]	Adathiány [%]
1	12772	Miskolc	20,77	48,10	232,8	16,25	0
2	12805	Sopron	16,60	47,68	233,8	18,40	< 0,1
3	12812	Szombathely	16,65	47,20	201,1	10,56	< 0,1
4	12822	Győr	17,67	47,71	116,7	11,16	0
5	12843	Budapest	19,18	47,43	139,1	14,68	< 0,1
6	12851	Kékestető	20,02	47,87	1011,3	25,07	< 0,1
7	12860	Szolnok	20,13	47,16	90,0	10,40	< 0,1
8	12882	Debrecen	21,61	47,49	107,6	10,23	0,1
9	12892	Nyíregyháza	21,89	47,96	142,1	15,98	0,2
10	12910	Szentgotthárd	16,31	46,91	311,7	16,61	0,1
11	12915	Zalaegerszeg	16,81	46,93	240,1	10,40	3,3
12	12925	Nagykanizsa	16,97	46,46	139,8	13,69	0,1
13	12935	Siófok	18,04	46,91	108,2	15,10	0
14	12942	Pécs	18,23	46,01	202,8	10,55	0
15	12950	Paks	18,85	46,57	97,2	9,80	11,4
16	12960	Baja	19,02	46,18	113,0	10,30	0,1
17	12970	Kecskemét	19,75	46,91	114,0	10,40	0,4
18	12982	Szeged	20,09	46,26	81,8	12,25	< 0,1
19	12992	Békéscsaba	21,11	46,68	86,2	6,50	< 0,1

A napi szélességeket minden esetben legalább nyolc darab órás adatból számítottuk ki. Az állomások ismert metaadatait az 1. táblázat foglalja össze.

A homogenizálásra kiválasztott állomások többségéről 1975. január 1-jétől 2013. december 31-ig áll rendelkezésre szélesség mérési adat. Kivételt képez ez alól Paks, ahol a mérés 1979. május 1-jén indult meg. Továbbá Zalaegerszeg, ahol több mint egy évnnyi adatmennyiség hiányzik az 1993–1994. években, valamint a katonai repülőtéri meteorológiai mérőrendszer (MAWOS) tartós meghibásodása miatt 50 nap adathiány mutatkozik Kecskeméten 2009-ben.

Az észlelt és a homogenizált évi átlagos szélességet együttesen ábrázoltuk a vizsgált állomásokra az 1. ábrán. A diagramok jobb felső sarkába írt szám a MASH szoftver által detektált töréspontok száma. A töréspontok többsége megfeleltethető a feljegyzett metaadatok (függőleges vonalak az ábrán) valamelyikének, ugyanakkor a szükséges idősor-módosítások nem határozhatók meg pusztán ezen metaadatokból (Menne et al., 2005).

Több esetben (pl.: Miskolc, Szolnok, Siófok) az idősorok a vizsgált időszak elején módosultak. A miskolci mérőállomás új helyszínre költöztetésével 1990-ben a mért szélesség értéke hirtelen megnövekedett. A legjelentősebb dokumentált változásnak az automatizálás folyamata tekinthető, mellyel mind a szélmérő típusa (Fuess, Vaisala), mind a mérés módszere megváltozott. Ezen túlmenően a modernizáció gyakran a mérési magasságok megváltozásával is együtt járt. Például: Miskolc és Szolnok állomások 1997-ben, Siófok 1995-ben lett automatizálva. Miskolcon a mérőműszer magassága a standard 10 méterről 16,25 méterre változott, Siófokon 1995 óta 15,10 méteren mérnek. Szolnokon már az automatizálást követően két alkalommal is változott a szélmérő típusa, 2004-ben és 2011-ben.

Néhány állomáson, pl.: Szombathely és Sopron, a homogenizálás folyamata relatíve kisebb módosításokkal járt. Az automatizálást mindkét állomáson 1995-ben végezték, de egyéb befolyásoló tényezők is hatással voltak az idősorok homogenizására. Ilyen hatás volt például a szombathelyi állomás, nevezetesen annak költözése 2002-ben a szenzor magasságának változtatása nélkül, illetve Sopron kétszeri áttelepítése 2003 és 2005 években, amikor a szélmérő telepítési magassága 15,64 méterről 18,40 méterre változott.

A homogenizálás validációjára bevezetett mérőszámok, például a relatív becsült inhomogenitás (REI) és a relatív idősor-módosítás (RMS), definíció szerint arányosak a standard fluktuációval (Szentimrey, 2011).

Egy idősor fluktuációja

$$x(t)(> 0) \quad y(t)(> 0) \quad (t = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$F(x) = \left(\prod_{t=1}^n \max \left(\frac{x(t)}{y(t)}, \frac{y(t)}{x(t)} \right) \right)^{\frac{1}{n}}$$

Egy idősor standard fluktuációja

$$SF(x) = \left(\prod_{t=1}^n \max \left(\frac{x(t)}{\bar{x}_G}, \frac{\bar{x}_G}{x(t)} \right) \right)^{\frac{1}{n}},$$

ahol G geometriai közép

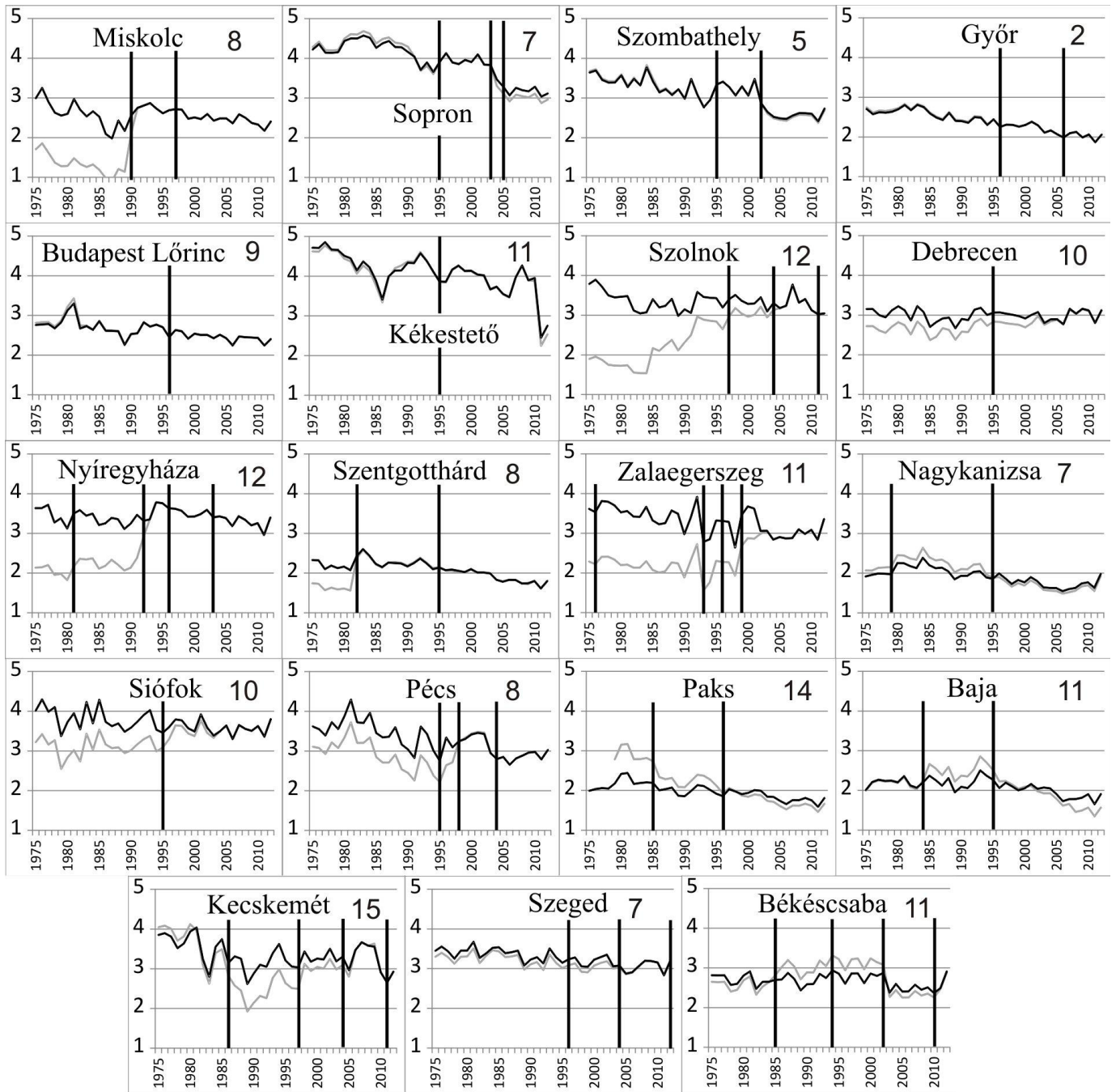
Relatívbecsült inhomogenitás (REI):

$$SF(\widehat{IH}^*) \approx SF(X_0^*)^{REI}$$

Relatív idősor-módosítás (RMS):

$$SF(X_0^*, X_H^*) \approx SF(X_0^*)^{RMS}$$

A homogenizálási eljárás alkalmazását követően a napi szélesség eloszlás megváltozott az eredetihez képest. A 2. ábra három kiválasztott állomás szélességének relatív gyakoriságát hasonlítja össze. A relatív becsült inhomogenitás (REI) és a relatív idősor-módosítás (RMS) Zalaegerszegen (11. állomás) volt a legnagyobb, Szombathelyen (3. állomás) a legkisebb, melyet az eloszlásfüggvények megváltozásának mértéke is jól jellemez. Zalaegerszegen a nagyobb szélességek irányába tolódott el az eloszlás az adatok módosítását követően.



1. ábra: Évi átlagos szélesség [ms-1] homogenizálás előtt (szürke) és után (fekete). A függőleges vonalak azokat az éveket jelzik, melyekben a homogenitást befolyásoló, a Nemzeti Éghajlati Adatbázisban dokumentált metaadat szerepel 1975 és 2012 között. Az évi töréspontok detektált száma a diagramok jobb felső sarkában van feltüntetve

Ismeretes, hogy a szélesség évi természetes változékonysága kisebb, mint más meteorológiai elemé, pl.: maximum hőmérséklet, napfénytartam. A napi szélesség havi REI értékeinek évi menete kis amplitúdóval változik az év során. A relatív becsült inhomogenitás időfüggését vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy állomási átlagai tavasszal (0,46) és nyáron (0,55) kicsit magasabbak, mint télen (0,39), illetve ősszel (0,44). A relatív idősor-módosítás havi átlagos értékei a zivataros hónapokban voltak nagyobbak, amikor a szélesség természetes változékonysága nagyobb.

A 3. ábrán a napi átlagos szélesség 90%-os percentilis értékei lineáris trend együtthatóinak értékeit ábrázoltuk néhány kiválasztott állomásra. Látható, hogy az idősorok-

ban rejlő inhomogenitások akár ellentétes irányú, hamis trendeket is eredményezhetnek (Péliné, 2014). Az egyes évek havi percentilis értékeire illesztett lineáris egyenes meredekségét statisztikai próbával (t-próba, $p = 0,05$ elfogadási szinttel) vizsgáltuk, a szignifikáns változásokat “*” karakter jelöli.

Az ábra jobb felső részén csökkenő tendencia figyelhető meg a teljes időszak (1975–2012) homogenizált adatsorainak trendjeiben, a szolnoki (zöld) és debreceni (lila) növekvő változások a homogenizálással jórészt eltűntek. Az automatizálás után (1997–2012) a detektált havi trendek előjele Győrött (kék) és Budapesten (piros) változatlan maradt, ellenben a Szolnok (zöld), Debrecen (lila) és Kecskemét (világoskék)

2. táblázat: Az Európai Középtávú Meteorológiai Előrejelző Központ (ECMWF) részére átadott hazai szinoptikus állomások adatainak évenkénti megoszlása, mely az ERA Interim reanalízis adatbázis egyik adatforrása. Az alsó sorban az adott évben átadásra került állomások száma található

WMO	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
12772																																			
12805																																			
12812																																			
12815																																			
12822																																			
12825																																			
12830																																			
12843																																			
12851																																			
12860																																			
12882																																			
12892																																			
12910																																			
12915																																			
12920																																			
12922																																			
12925																																			
12930																																			
12932																																			
12935																																			
12942																																			
12950																																			
12960																																			
12970																																			
12982																																			
12992																																			
Összes állomás	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	23	23	22	22	21	18	21	18	7	7	7	7	7	7	7	16	16	7	5	5	5	14	13		

állomáson megfigyelhető növekedések többsége az adatsorok inhomogenitásai miatti hamis trendek voltak.

ERA Interim reanalízis adatsorok. Szélklimatológiai vizsgálatainkhoz a globális reanalízis adatbázist (ERA Interim) is alkalmaztuk, melyet az Európai Középtávú Meteorológiai Előrejelző Központ (ECMWF) állított elő kutatók, klímamodellizők részére. Az adatsorok a meteorológiában elterjedt szabványos bináris formátumokban (GRIB és netCDF) állnak rendelkezésre 128 földfelszíni és magaslégköri paraméterre a teljes Földet, illetve a definiált területet lefedő rácshálózati pontokra (*Berrisford*, 2009; *Dee*, 2011). A Kárpát-medence területére (45–49,5°É és 15–24°K) a finom (fél fokos) felbontású ERA Interim reanalízis adatbázis netCDF formátumú (u, v) szélkomponens mezőinek (1979–2012) feldolgozását végezzük el. Magyarország területére 43 rácspont esik.

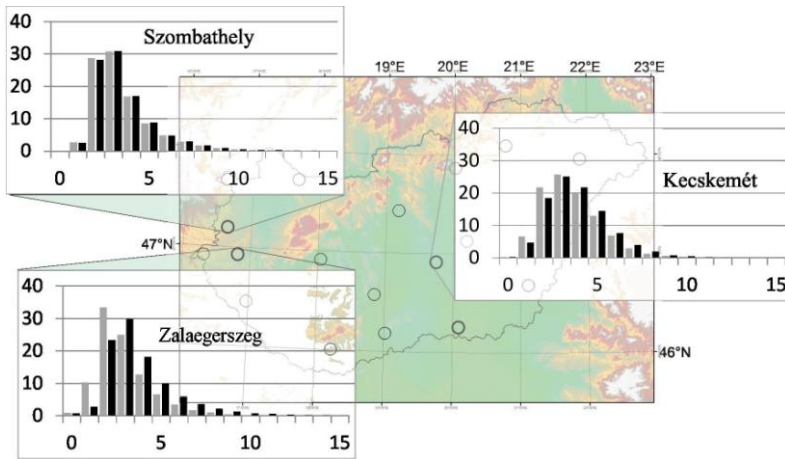
A MASH 3.03 szoftver segítségével ellenőriztük Kárpát-medence területére az ERA Interim reanalízis adatbázis 190 rácspontjában 1979–2012 közti időszakra rendelkezésre álló 10 méterre számított átlagos napi szélsőérték idősorok homogenitását.

A vizsgálat eredménye egyértelműen bizonyította, hogy a rácstra interpolált adatsorok homogének. Az idősorok

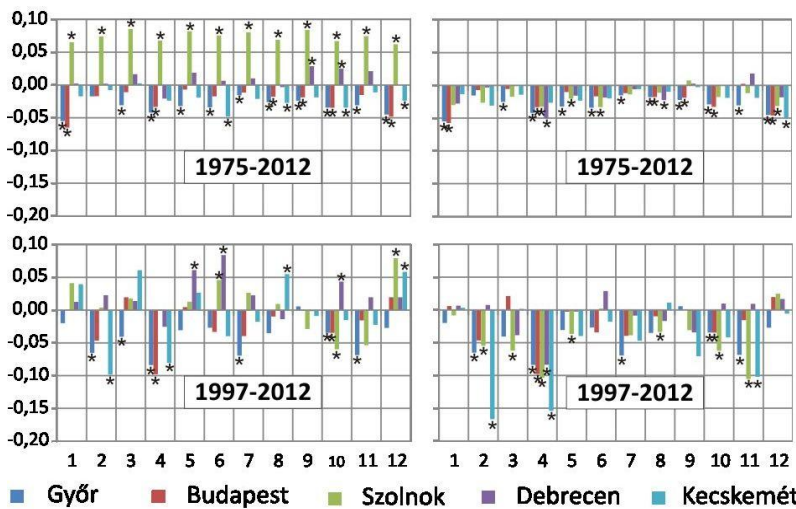
inhomogenitásának jellemzésére alkalmazott teszt statisztikák, homogenizálás előtti (TSB) és homogenizálás utáni (TSA) értékei gyakorlatilag nem változtak, a rácspontok 72%-ában a kritikus (20,57; szignifikancia szint: 0,05) érték alatt maradtak. Az évi relatív becslés inhomogenitása (REI) és az évi relatív idősor-módosítás (RMS) értékei mindössze a rácspontok 15%-ában vesznek fel nullától eltérő értéket (rácsponti átlagok: REI=0,02, RMS=0,04).

A rácstra interpolált homogén reanalízis adatsorok elemzése során szembesültünk alkalmazásuk korlátaival. A vizsgált rácsponti adatsorok alkalmazhatóságát csökkenti, hogy kevésbé adják vissza a hazánk tájegységeire jellemző szélsőértékeket, valamint minimálisak az egyes rácspontok közti eltérések. Mindezen problémáknak több valószínűsíthető oka van.

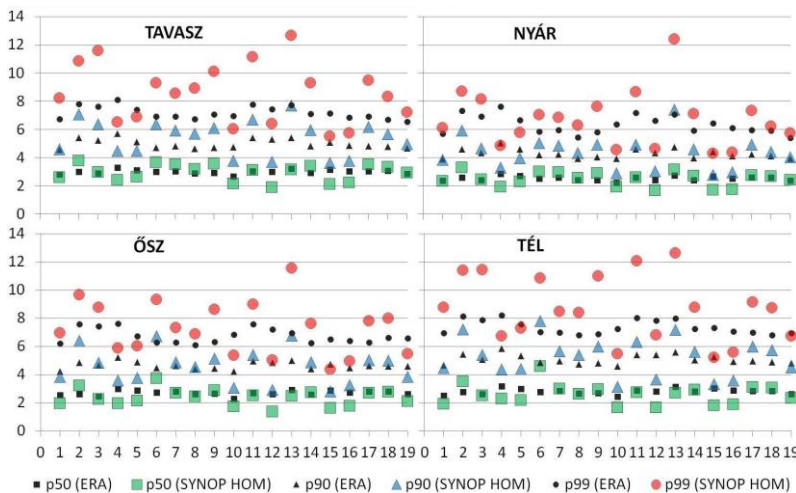
(1) A reanalízis adatbázis alapvetően kevés számú földfelszíni állomás mérési adatai figyelembevételével készült. A 2. táblázat foglalja össze, hogy adott évben mely hazai szinoptikus állomás kódolt formátumban rendelkezésre álló adatait adta át Magyarország az Európai Középtávú Meteorológiai Előrejelző Központ (ECMWF) részére. Jól megfigyelhető, hogy az átadott állomások



2. ábra: A napi szélesség [ms⁻¹] relatív gyakorisága [%] három kiválasztott állomáson homogenizálás előtt (szürke) és azt követően (fekete).



3. ábra: A napi átlagos szélesség 90%-os percentilis értékeinek lineáris trend együtthatói 1975–2012 (fent) és 1997–2012 (lent) időszakokra, Győr, Budapest, Szolnok, Debrecen, Kecskemét állomások idősorából számítva homogenizálás előtt (bal oldal) és után (jobb oldal). A szignifikáns változásokat „*” jelöli.



4. ábra: A vizsgált 19 állomás homogenizált adatsorából (színes) és az ERA Interim rácsponti adatokból (fekete) számított évszakos percentilisek (zöld – 50%, kék – 90%, piros – 99%) [ms⁻¹] 1979–2012 között

adatainak évenkénti megoszlása erősen változik az aktuális adatpolitika függvényében. Csupán öt állomás – Miskolc (12772), Budapest (12843), Debrecen (12882), Pécs (12942), Szeged (12982) – került megosztásra a kezdetektől fogva, 1979-től napjainkig. A szél – mely térben erősen változó meteorológiai elem – esetében e kevés számú állomás kis térbeli reprezentatívitással bír, mely relatíve nagy interpolációs hibát eredményezhet. Ellenpéldaként megemlíthető a légnyomás, melynek becslése (interpolációja) 5–7 állomás figyelembevételével is eredményes lehet hazánk területére, hiszen az állomások térbeli reprezentatívitása légnyomás tekintetében jóval nagyobb a szélhez viszonyítva.

(2) A mérési adatok interpolációját nem előzi meg az idősorok homogenizálása, így a prediktor adatok inhomogenitásai tovább csökkenthetik a reanalízis adatok megbízhatóságát.

(3) A meteorológiai elemek rácsra történő interpolációjánál nemcsak térben (térinformatikai probléma), hanem térben és időben is szükséges interpolálni, mellyel az éghajlati ismereteinket is hasznosítva határozzuk meg a rácsponti idősorokat. A reanalízis során adatasszimilációs problémát oldanak meg variációs analízis segítségével, feltételezve, hogy ahol rendelkezésre áll háttérmező, ami megegyezik az analízis mezővel. Ez a feltételezés azonban matematikailag téves, további hibaforrást jelent.

Elvégeztük a homogenizált mérési és reanalízis idősorok átlagos és szélsőértékeinek vizsgálatát, összehasonlítását az állomásokhoz legközelebbi rácspontokban. Az évi percentilis értékeket tekintve a medián esetében a 19 rácspont átlagos hibája +11% volt, mely tág határok közt mozgott (-24% és +64%). A magasabb percentilisek esetében (90% és 99%) általában a reanalízis értékek alulbecslik a mérési adatokból számított értékeket, kivéve Győr (4), Budapest (5), Szentgotthárd (10), Nagykanizsa (12), Paks (15) és Baja (16) közelében, ahol a mért szélességek jelentősen alacsonyabbak a rácsponti értékeknél. Az ERA Interim rácspontok átlagos hibája a 90%-os percentilisekre 2,5% (az egyes rácspontokban -31% és +53% között), a 99%-os percentilisekre -7,5% (-39% és +40%) volt. A 4. ábrán a különböző évszakos percentilis értékek láthatók. Jól megfigyelhető, hogy a teljes vizsgált időszakban az ERA Interim adatbázis kialakításában számításba vett öt mérőállomás – Miskolc (1), Budapest (5), Debrecen (8), Pécs (14), Szeged (18) – percentilis értékeinek eltérése a rácspontban számított értékektől általában kisebb, mint a többi állomáson.

Összefoglalás. A fentiek alapján megállapítható, hogy megbízható, klimatológiai hosszúságú rácspontri adatsorok kialakításához elengedhetetlen a meteorológiai paraméterek mérési adatsorainak minőségellenőrzése, homogenizálása, illetve az éghajlati változók matematikailag helyes módszerekkel végzett térbeli és időbeli interpolációja.

Jó példa erre a CARPATCLIM (Szalai et al., 2014) projekt eredményeként előálló adatbázis, melynek kialakítása során 18 meteorológiai változó homogenizálását, továbbá 10 km-es rácsra történő interpolálását végezték el 9 ország részvételével, a határ menti állomások adatainak harmonizálásával. A CARPATCLIM széladatok előállításánál a fent említett problémákat ugyan elkerülték (minőségellenőrzés, homogenizálás, matematikailag korrekt módszerek alkalmazása), azonban több állomás esetében a napi szélességadatok kiszámításánál csupán három adat állt rendelkezésre, mely esetenként szintén negatív hatással van a rácspontri sorokra.

Kutatásaink során elemeztük a RegCM regionális klíma-modell referencia időszakokra (1961–1990), közeljövőre (2021–2050) és a század végére (2071–2100) vonatkozó modellfuttatások talajszél-előrejelzéseit. Megállapítottuk, hogy a referencia időszakra a modell erősen felülbecsli a szélességet Magyarország területére, melynek hibakorrekciója szükséges a változó klimatikus viszonyokkal együtt módosuló szélklimatológiai paraméterek megbízható becslése érdekében. A referencia időszakra rendelkezésre álló ERA40 reanalízis adatbázis ismert hiányosságai miatt a korrekciót a CARPATCLIM adatbázis alapján tervezzük elvégezni, mellyel az idősorok eloszlásfüggvénye valóságghűbben leírható.

Összességében megállapítható, hogy szélklimatológiai vizsgálatokhoz, illetve a megújuló energiaforrások potenciáljainak megbízható becslése érdekében törekedni kell az ellenőrzött, homogenizált adatsorok alkalmazására.

Irodalom

- Berrisford, P., Dee, D. P., Fielding, K., Fuentes, M., Kallberg, P., Kobayashi, S. and Uppala, S. M., 2009: The ERA-Interim Archive. ERA Report Series No. 1. ECMWF. Reading, UK.
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., H'olm, E. V., Isaksen, I., Kallberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., De Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. and Vitart, F., 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 137, 566.
- Menne, M.J. and Williams Jr., C.N., 2005: Detection of undocumented change points using multiple test statistics and composite reference series. *J. Climate* 18, 4271–4286.
- Péliné, N. Cs., Radics K. és Bartholy J., 2012: Reanalízis idősorok szélklimatológiai vizsgálata, Repüléstudományi Közlemények Különszám. www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/25_Peline_N_Csilla-Radics_Kornelia-Bartholy_Judit.pdf (2014.03.02.)
- Péliné, N. Cs., Bartholy, J. and Pongrácz, R., 2014: Homogenization of Hungarian daily wind speed data series. *Időjárás* 118, 119–132.
- Szalai S., Bihari Z., Lakatos M., Szentimrey T., 2014: The CARPATCLIM (Climate of Carpathian Region) project, 8th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases. Budapest, Hungary, Abstract book, pp. 41
- Szentimrey T., 1999: Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). *Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, Budapest, Hungary. WMO, WCDMP-No. 41, 27–46.
- Szentimrey T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03. *Hungarian Meteorological Service*, Budapest. pp. 64

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

folytatás a 166. oldalról.

piranométer <gör.>, *pyranometer*, *solarimeter*, a sík egyik oldaláról, a teljes féltérből beérkező napsugárzás, rövidhullámú sugárzás mérésére szolgáló műszer. A műszer érzékelőjének mechanikus védelmét, s egyúttal a spektrális elválasztást szolgálja az érzékelő fölé helyezett üvegbúra. A műszerben érzékelőként valamikor bimetállt, manapság termooszlopot, fotódiódát vagy fotóvoltaikus elemet, napelemet használnak. (Menyhárt László, Anda Angéla és Nagy Zoltán: *Piranométer színtezési hibájának hatása a mért globálsugárzás értékekre*)

pirgeométer < gör.>, *pyrgeometer*, a talajközeli hosszuhullámú sugárzást egyenleg, a légköri visszasugárzás és a felszín közeli légréteg hőmérsékletén lévő felületből kilépő sugárzás közötti különbség mérésére szolgáló műszer. ~rel csak éjszaka, amikor nincs rövidhullámú sugárzás és szélcsendben, amikor a konvektív energiaátadás kicsi, lehet mérni. (Menyhárt László, Anda Angéla és Nagy Zoltán: *Piranométer színtezési hibájának hatása a mért globálsugárzás értékekre*)

pirheliométer < gör.>, *pyrheliometer*, a direkt, a közvetlenül a Napból érkező sugárzás mérésére szolgáló műszer. A direkt sugárzást a szórt (*diffúz*, *égbolti*) sugárzástól egy megfelelően szűk, a Napra irányított cső (*tubus*) segítségével lehet elkülöníteni. (Menyhárt László, Anda Angéla és Nagy Zoltán: *Piranométer színtezési hibájának hatása a mért globálsugárzás értékekre*)

pirradiométer < gör.> a sík egyik oldaláról, a teljes féltérből beérkező teljes (= *direkt* + *diffúz*) sugárzás mérésére szolgáló műszer. Felépítése hasonló a → *piranométer*hez. A műszer érzékelőjének mechanikus védelmére csak olyan anyag alkalmas, amely mind a rövidhullámú, mind a hosszuhullámú sugárzást maradéktalanul átengedi. (Menyhárt László, Anda Angéla és Nagy Zoltán: *Piranométer színtezési hibájának hatása a mért globálsugárzás értékekre*)