

STATISZTIKAI MÓDSZER A NAPI ÁTLAGOS SZÉLSEBESSÉG NAPKÖZBENI BECSLÉSÉRE

Tar Károly

Nyíregyházi Egyetem Turizmus és Földrajztudományi
Intézet

Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék

Lázár István

Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék

A menetrend:

- A szélerőműveket működtetők egyik nehezen megoldható problémája az ún. „menetrend” elkészítése, ami a következő napon megtermelt áram rövid időszakokra eső (15 percenkénti) mennyiségének becslését jelenti. Ez egy igen komoly feladat a szélsébség pl. óránkénti előrejelzésének nagy bizonytalansága miatt.
- Ennek műszaki és gazdasági vetületeit ld. pl. *Hartmann B. (2012): Szélerőművek integrálása a villamosenergia-rendszerbe. Doktori disszertáció. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszék.*
- *Segítséget jelenthet, ha meg tudjuk mondani a másnapi átlagos szélsébség és vele együtt a napi átlagos szélteljesítmény csökkenésének vagy növekedésének valószínűségét, vagy azt, hogy e két valószínűség közül melyik a nagyobb.*

Tar, K. – Lázár, I. (2018): Statistical structure of day by day alteration of daily average wind speeds. Időjárás, Vol. 122, No. 3, pp. 285–304.

- Egy olyan matematikai statisztikai módszer felépítésének folyamatát ismertettük, amely végső formájába alkalmas a következő napi átlagos szélesebesség-változás előjelének és a holnapi átlagos szélesebesség nagyságának a mai nap átlagos szélesebességéből történő becslésére.*
- A napi átlagos szélesebesség napról napra történő változását a*

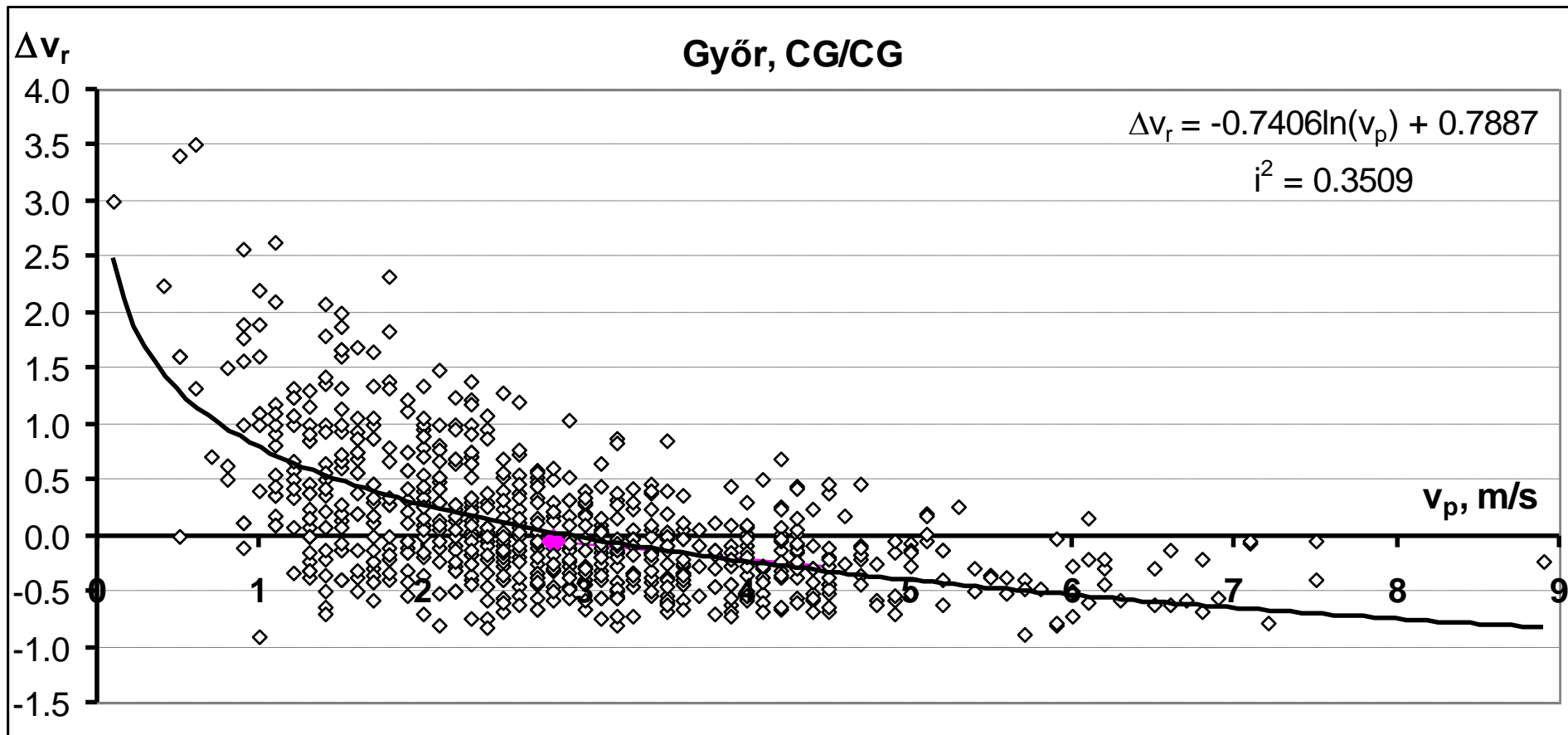
$$\Delta v_r = \frac{v_n - v_p}{v_p}$$

relatív mennyiséggel jellemeztük. Itt a v_p a mai nap, v_n pedig a következő nap átlagos szélesebessége.

- A Δv_r mennyiség megközelítőleg független a szélmérés, az anemométer magasságától, meghatározásánál csak a mérési magasság megváltozását megelőző napon ejtünk hibát. Százalékban kifejezve megmutatja, hogy a következő napi átlagos szélesebesség az előző napinak hány %-ával változik meg.*

- *A módszer alapja a megfigyelt napi átlagos szélességek 10 méteres magasságra transzformált időszora kilenc hazai megfigyelő állomáson az 1991-2000 időszakban.*
- Vizsgálatainkat elvégeztük a teljes időszorra és ennek a ciklonális és az anticiklonális makriszinoptikus helyzetcsoportokhoz (CG és AG) és ezek átmeneteihez (CG/CG, AG/CG, AG/AG, CG/AG) tartozó napokból álló részalmazaira.
- Mivel a Δv_r mennyiség egy speciális struktúrájú valószínűségi változó megfigyelt értéke, így a legfontosabb statisztikai függvényeit részletesebben elemeztük, elsősorban a helyzetcsoportokkal és azok átmeneteivel való összefüggésben.
- *A Δv_r igen bonyolult függvénykapcsolatban áll a mai nap átlagos szélességével (v_p), tekintve, hogy ettől a holnapi nap átlagos szélessége (v_n) is függ.*
- *Célszerű tehát a ($v_p, \Delta v_r$) kapcsolatot sztochasztikusnak tekinteni. Legszorosabb összefüggésnek a logaritmikus regresszió bizonyult.*

A mai napi átlagos szélesebbesség (v_p) és a következő napi relatív változás (Δv_r) közötti legszorosabb logaritmus regresszió.



A regressziós görbe (x,y) koordinátájú pontjaira $y > 0$ a zérushely előtt, $y < 0$ a zérushely után. Emiatt feltételezhetjük, hogy a Δv_r megfigyelt értékeinek előjele is kapcsolatba hozható a zérushelyekkel. A zérushelyek tehát küszöbértékeknek tekinthetők a Δv_r előjelének vizsgálata szempontjából.

- A részletes elemzés ezt bizonyította, viszont a zérushelyek meghatározása nem egyszerű. Célszerű tehát helyette egy könnyebben számolható, esetleg már ismert statisztikát választani küszöbértékként.
- *Korábbi vizsgálatainkra hivatkozva feltételeztük, hogy a kategóriák átlagos szélességeit felhasználhatjuk küszöbértékként a zérushelyek helyett.*
- *Az erre vonatkozó részletes elemzés eredményei alapján megfogalmazható, hogy*
 - *ha a mai nap átlagos szélessége **kisebb**, mint a kategória átlagsebessége, akkor a következő napi átlagos szélesség **növekedésének** 1.4-2.3-szor, átlagosan 1.9-szer nagyobb a valószínűsége, mint a csökkenésének.*
 - *ha a napi átlagos szélesség **nagyobb**, mint a kategória átlagsebessége, akkor a következő napi átlagos szélesség **csökkenésének** 1.6-5.2-szor, átlagosan 2.4-szer nagyobb a valószínűsége, mint a növekedésének.*

Ahhoz tehát, hogy módszerünk operatívan használható legyen a következő napi átlagos szélesség megváltozásának előjelét megbecsülni a következő feltételeknek kell teljesülni:

- Ismernünk kell a helyszín hosszú idejű 10 m-es magasságban mért szélességének átlagát.
- *Tudnunk kell az aktuális nap pontos átlagos szélességét. Ez ténylegesen csak a nap végén állapítható meg pl. az óránkénti adatokból. Ahhoz azonban, hogy a becslés felhasználható legyen a menetrend elkészítésében, ez előbb kellene ismernünk, így egy **előbb számolható közelítő értéket** kell használnunk, amit 10 m-re kell transzformálnunk az anemométer magasságának ismeretében.*

A csúszó-átlag módszer

A problémát tehát általánosan a következőképpen lehet megfogalmazni:

Egy éghajlati elem mért értékei szabályos időpontokban (pl. óránként, naponként) rögzítődnek az $i=1, 2, \dots, (n-1), n$ időszakban. Ennek az idősornak a pontos átlagát csak az n . mérés után tudjuk meghatározni.

Bizonyos esetekben azonban szükség lehet arra, hogy ezt az átlagot már az n . időpont előtt meg tudjuk becsülni elfogadható hibával.

Erre a problémára dolgoztunk ki a következő matematikai statisztikai modellt, melynek alapjait a következő munkáinkban raktuk le:

- Tar, K. (1990): Statistical Investigation on the 130-year Time Series of precipitation in Debrecen. *Climatic Change in the Historical and Instrumental Periods*. Masaryk University-Brno, pp. 275-279.
- Tar, K. (1993): Investigation of the Time Series of the Monthly Relative Sums of Precipitation. *Early Meteorological Instrumental Records in Europe*. Uniwersytet Jagiellonski, Kraków, pp. 183-191.
- Tar K. (1995a): A havi relatív csapadékösszegek idősorának tulajdonságai Magyarországon. *Berényi Dénes professzor születésének 95. évfordulója tiszteletére tudományos emlékülés előadásai*. KLTE Debrecen, pp. 158-165.
- Tar, K. (1995b): Investigation of the time series of the monthly relative sums of precipitation in Hungary. *Proceeding of Conference in "Atmospheric Physics and Dynamics in the Analysis and Prognosis of Precipitation Fields"*, Rome, pp. 405-410.
- Tar K. – Kircsi A. (2001): Kísérlet a szélenergia statisztikai becslésére. *Szélenergia konferencia*, Gödöllő, pp.28-34.
- Tar, K. – Kircsi, A. – Szegedi, S. (2001): A possible statistical estimation of wind energy. *Proceedings of the European Wind Energy Conference*, Copenhagen, Denmark, pp. 886-889.
- Tar, K. – Szegedi, S. (2011): A statistical model for estimating electricity produced by wind energy. *Renewable Energy*, 36., pp. 823-828. DOI: 10.1016/j.renene.2010.06.032.

A módszer adatbázisa az adott éghajlati elem statisztikailag elegendő méretű (N) mérési adatmátrixa, amelynek elemei legyenek

$$x_{i,j}, \quad i=1, 2, \dots, (n-1), n; \quad j=1, 2, \dots, (N-1), N.$$

Minden mérési időpontban soronként képezzük az ún. **csúszó átlagokat**, azaz

$$[X_{i,j}] = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^i x_{k,j}$$

Az $[x_{n,j}]$ tehát a j . sor teljes átlagát adja. Ennek ismeretében képezzük az ún. **relatív csúszó átlagokat**:

$$R_{i,j} = \frac{[X_{i,j}]}{[X_{n,j}]}$$

ami megmutatja, hogy az i . időpontig képzett átlag hányad része a j . sor teljes átlagának. Számítsuk ki ezek átlagát minden mérési időpontban:

$$[R_i] = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_{i,j}$$

- **átlagos relatív csúszó átlag.**

- Az $R_{i,j}$, és így az $[R_i]$ sem függ a mérőműszer magasságától, mivel relatív mennyiségek.
- Értéküket nem zavarja a műszer magasságának megváltozása sem, ha ez egy soron (pl. egy napon) belül állandónak vehető. *Viszont az függ a választott éghajlati elemtől, és feltehetően megfigyelési hely- és időjárási helyzet-, valamint évszakfüggő.*
- *Ezért célszerű az átlagos relatív csúszó átlagot az adott helyen a teljes adatbázison kívül ennek bizonyos részalmazaira is előállítani*, pl. makroszinoptikus helyzetcsoportonként vagy helyzetenként, a vegetációs időszakra, évszakosan, stb.
- *Az $[R_i]$ paramétert fogjuk használni a módszer teszteléséhez, és természetesen az operatív futtatáshoz, azaz az adott éghajlati elemnek a módszer kidolgozásában felhasznált adatbázisán kívüli mérések egzakt soronkénti átlagának becsléséhez.*

A becslés:

A j . sor i . időpontjában meghatározott $[x_{i,j}]$ csúszó átlag a sor $[x_{n,j}]$ teljes átlagának átlagosan $[R_i]$ része, azaz

$$[x_{i,j}] : [R_i] \approx [x_{n,j}] : 1$$

vagyis a teljes átlag i . időpontból becsült értéke

$$[x_{n,j}]_{\text{becs},i} = \frac{[x_{i,j}]}{[R_i]}$$

(A teljes átlag becsült értéke attól is függ, hogy a becslést melyik időpontból végezzük.)

A becsléshez $[R_i]$ helyett természetesen használhatjuk az R_i eloszlásának egy célszerűen választott más paraméterét is (pl. a móduszát).

Ha az adatmátrix soronkénti összegének becslése a cél (pl. havi csapadék- vagy globálsugárzás összeg), akkor az összefüggésekben – az $[R_i]$ kivételével - az átlagolástól eltekintünk.

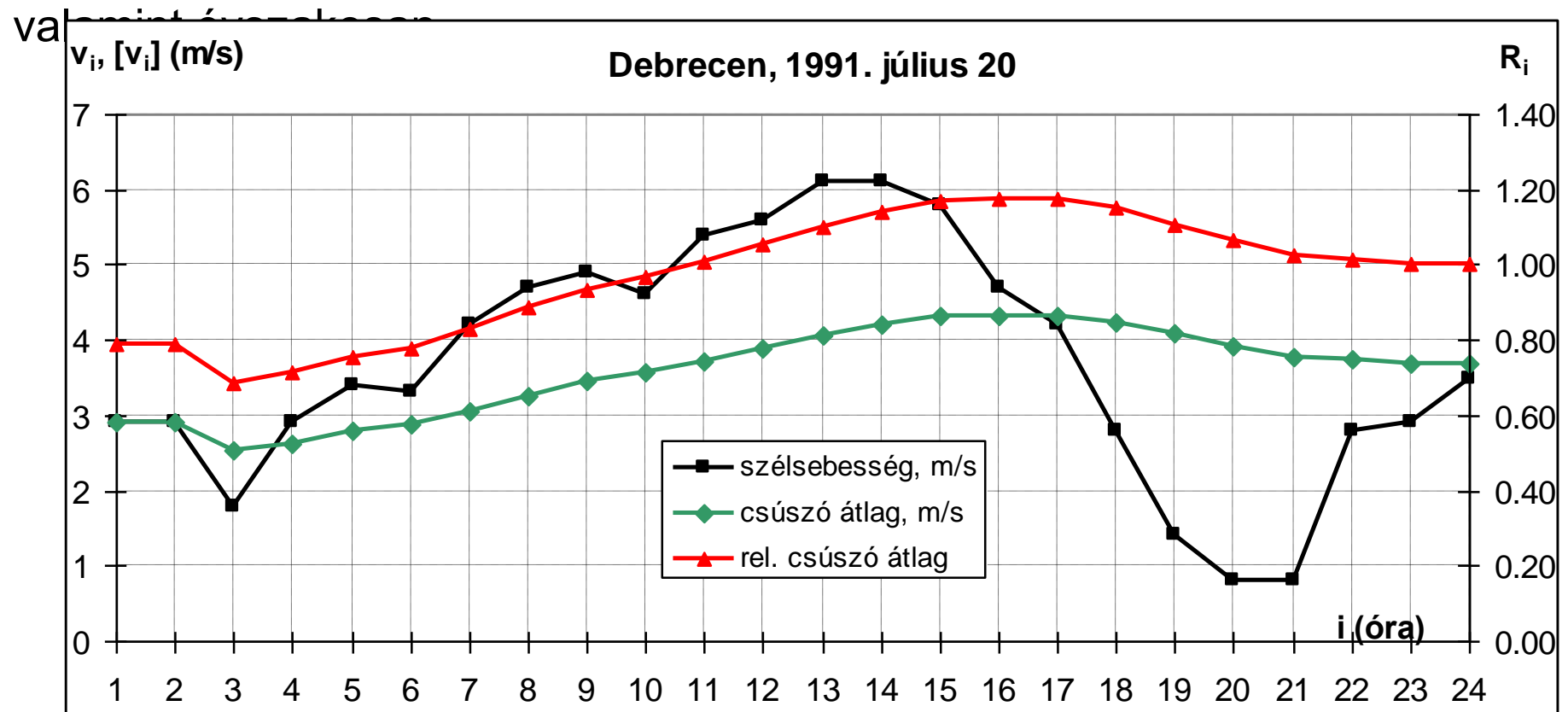
A módszer **verifikációjánál** minden sor minden időpontjában elvégezzük a becslést, majd – mivel most az $[x_{n,j}]$ ismert – kiszámítjuk a becslések

$$E_{i,j} = 100 \frac{|[x_{n,j}]_{\text{becs},i} - [x_{n,j}]|}{[x_{n,j}]}$$

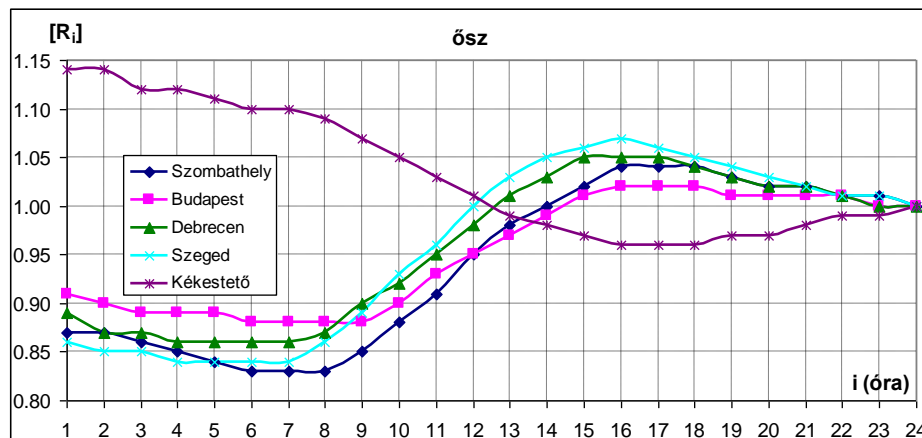
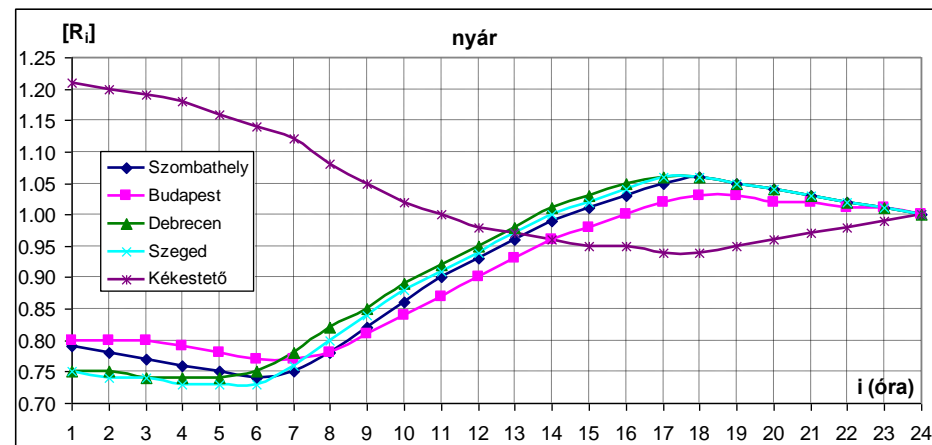
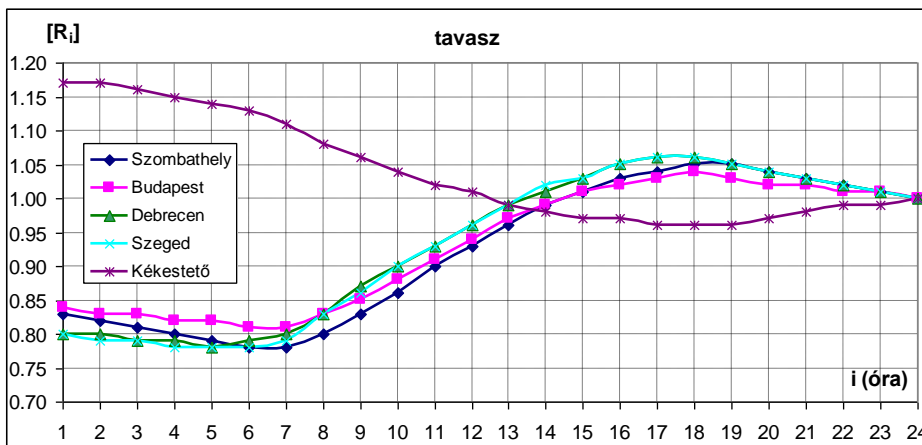
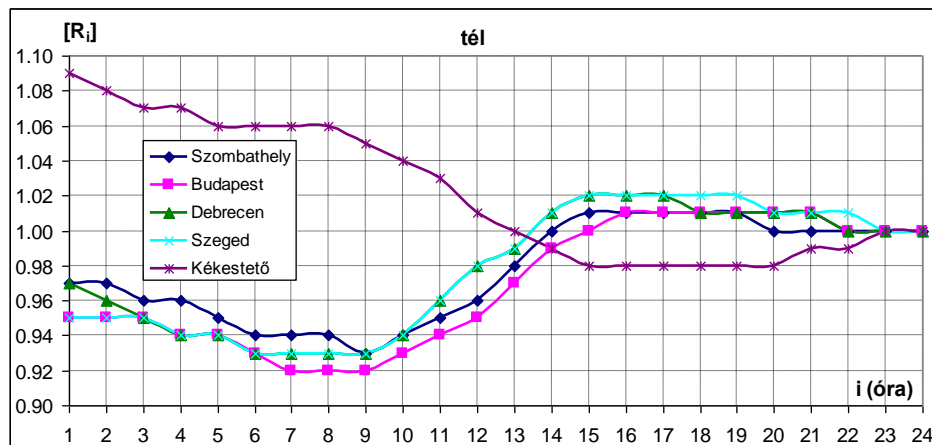
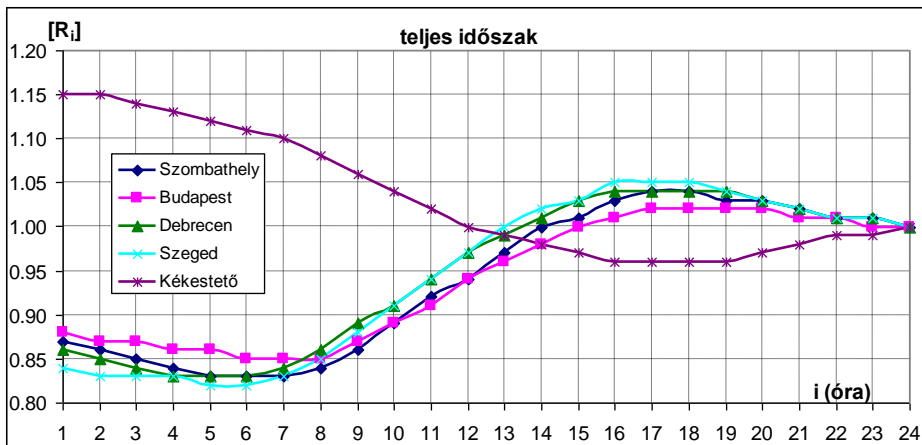
relatív hibájának (%) $[E_i]$ átlagát időpontonként.

A módszer kidolgozása :

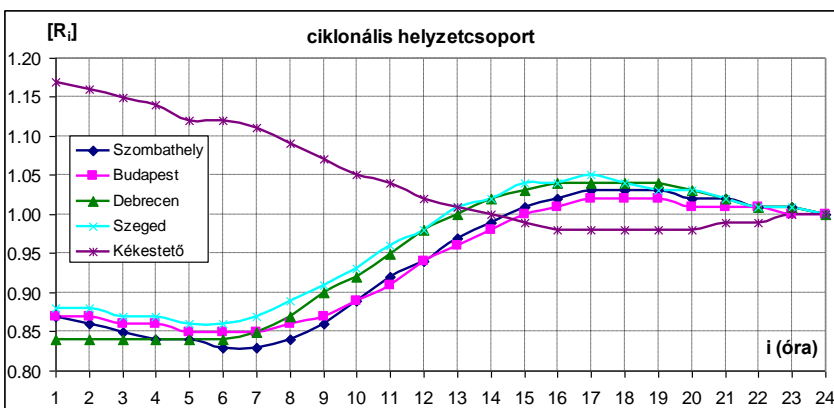
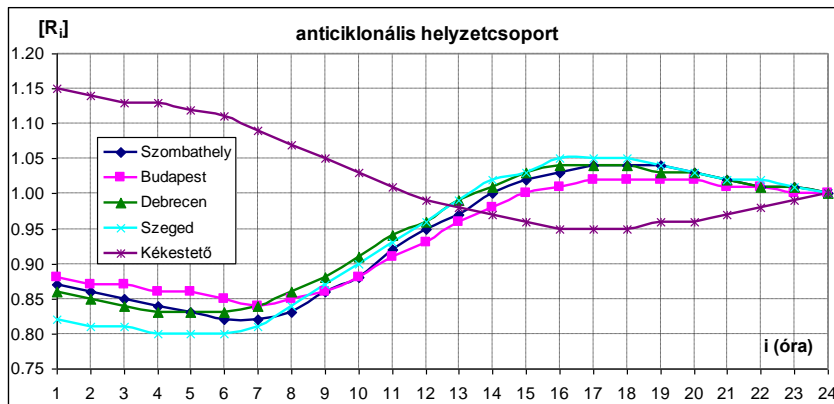
A módszer kidolgozásának adatbázisát öt hazai meteorológiai állomás: Szombathely, Budapest-Pestszentlőrinc, Debrecen, Szeged, és Kékestető óránkénti szélességei alkotják az 1991-2000 időszakban. A módszer statisztikai paramétereinek meghatározását és verifikálását a fenti teljes időszakra és ennek következő részhalmazaira végeztük el: a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek anticiklonális és ciklonális helyzetcsoportjára,



Az átlagos relatív csúszó átlag ($[R_i]$) napi menete



Az átlagos relatív csúszó átlag ($[R_i]$) napi menete



- Feltehetően a napi menet reális (próba!).
 - A négy nem hegységi állomáson az $[R_i]$ hullámai 4 és 7 óra között veszik fel a legkisebb értéküket, amelyek 0,82 és 0,86 közé esnek.
 - A maximumok pedig 17 és 18 órára esnek, 1,02 és 1,05 közötti értékekkel.
 - Amplitúdók: 0,17 és 0,25 között
- Signifiánsak-e a különbségek?
 - Egy állomáson a különböző részhalmazok között.
 - Egy részhalmazban a különböző állomások között.

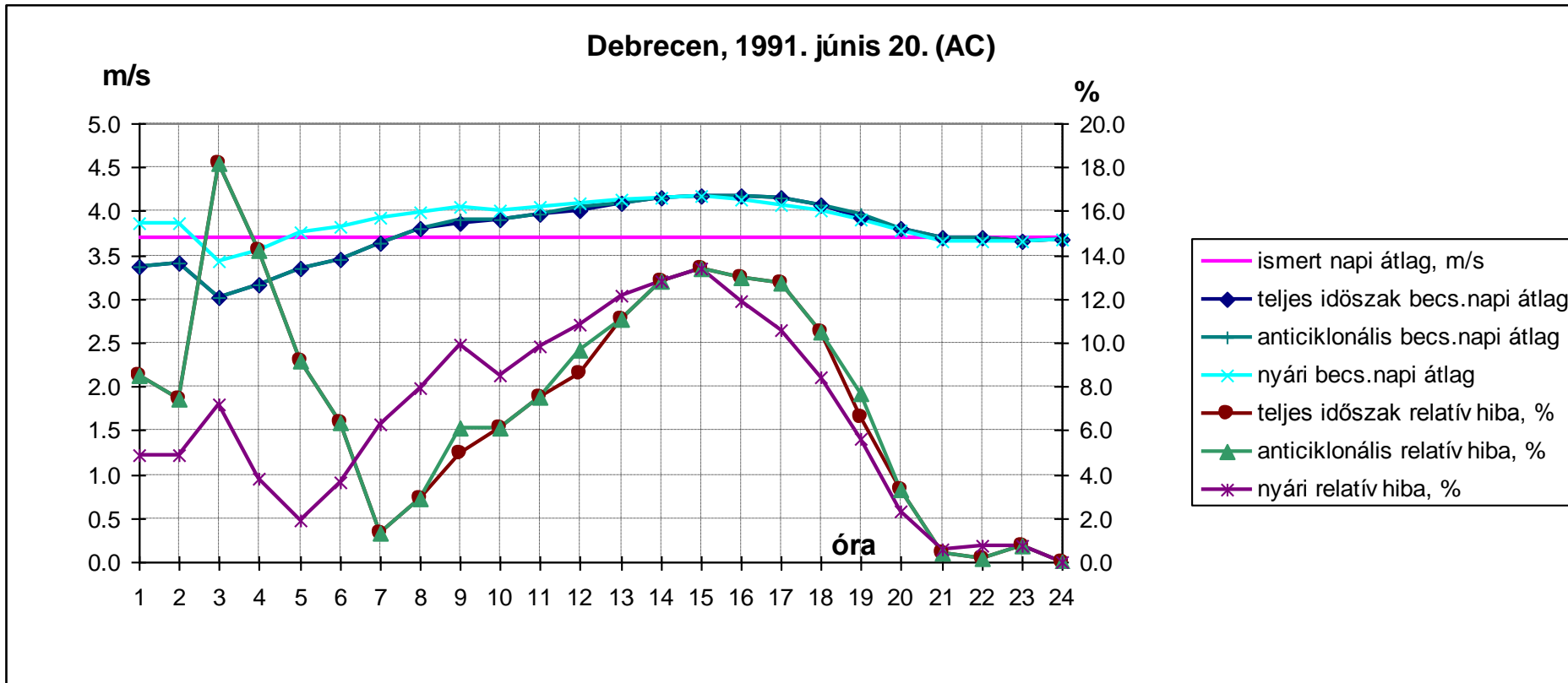
Verifikáció:

- Óránkénti becslés:

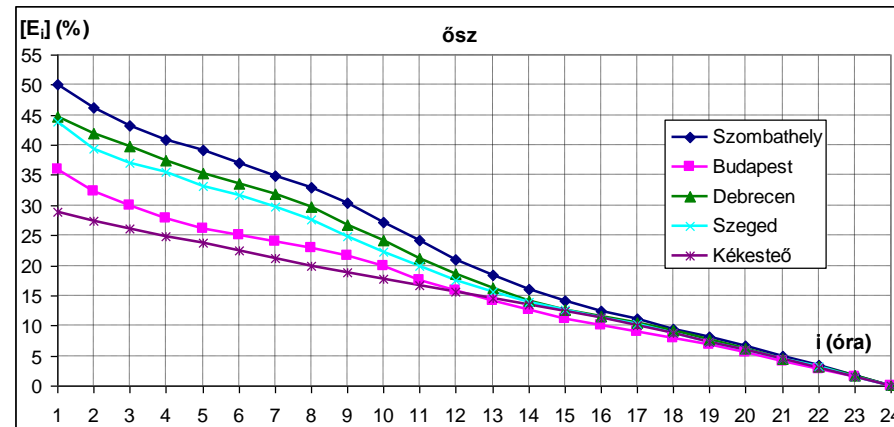
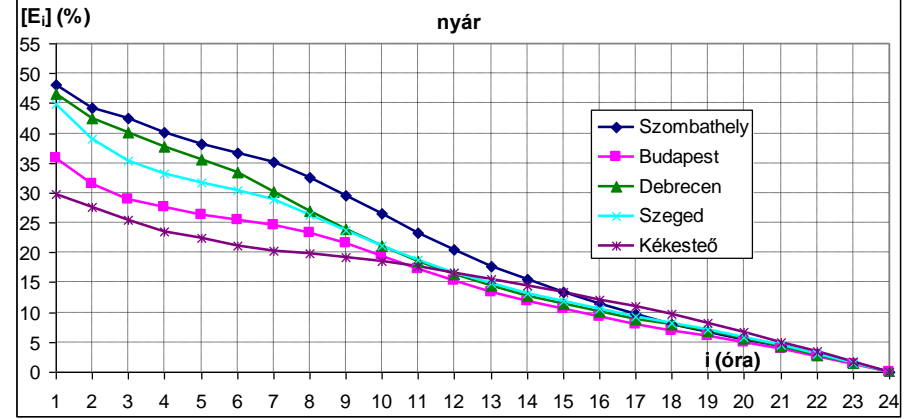
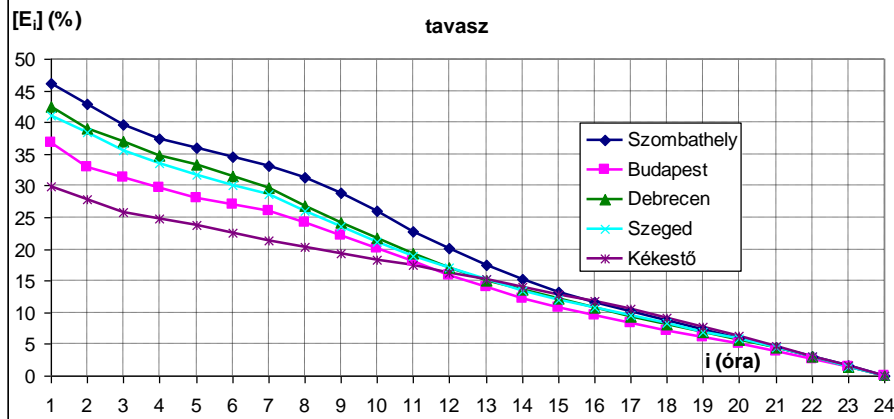
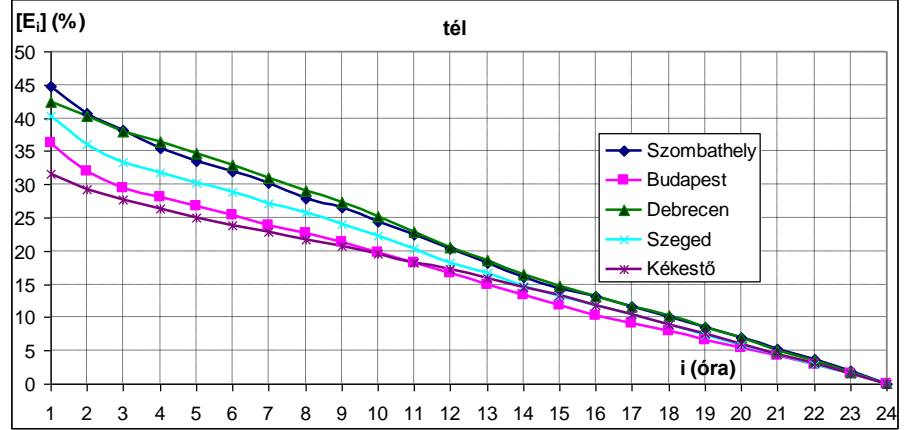
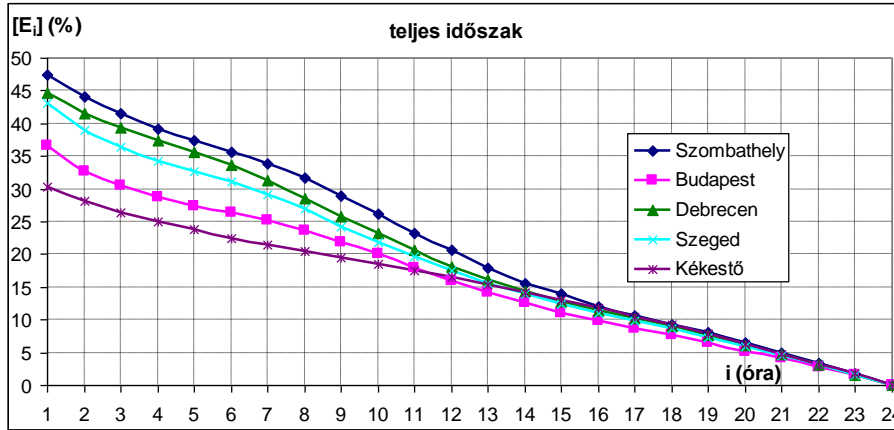
$$[X_{n,j}]_{\text{becs},i} = \frac{[X_{i,j}]}{[R_i]}$$

- A becslés hibája:

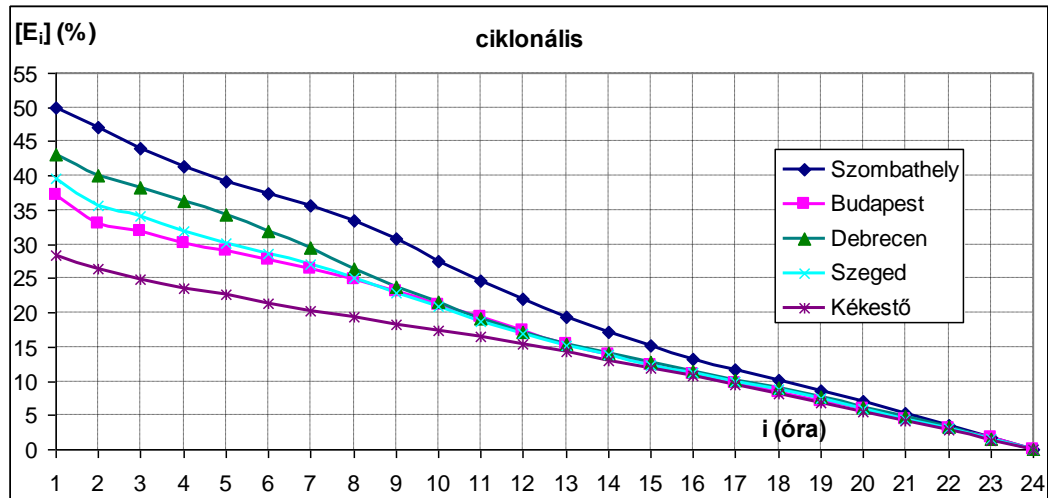
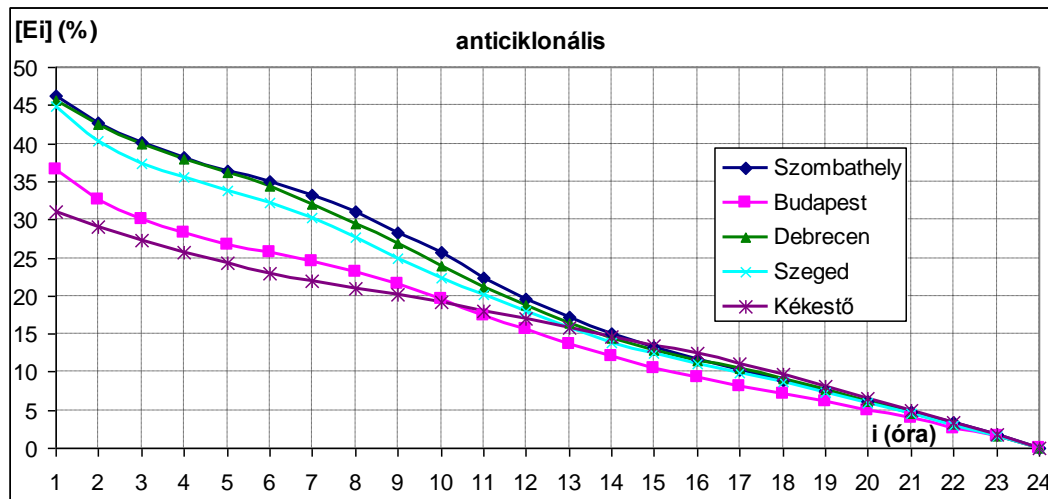
$$E_{i,j} = 100 \frac{|[X_{n,j}]_{\text{becs},i} - [X_{n,j}]|}{[X_{n,j}]}$$



Az óránkénti becslések átlagos hibája, $[E_i]$ (%)



Az óránkénti becslések átlagos hibája, $[E_i]$ (%)



- 13 óra után az átlagos relatív hiba minden esetben 20 % alatt van, gyorsan csökkenő különbségekkel.
- A délelőtti órákban Szombathelyen a legnagyobbak és Kékestetőn a legkisebbek.
- A délutáni órákban az különböző időszakok (részhalmazok) között is csökken a különbség.
- Akkor felesleges a vizsgált időszak részhalmazokra bontása?

A szerzőknek pedig:

- *A csúszó-átlag módszer át kell alakítani a 10 perces szélmérésekre.*
- *Egy szoftverbe egyesíteni kell a két módszert és alkalmassá tenni a közvetlen operatív használatra.*

Valahol, 2007.03.21

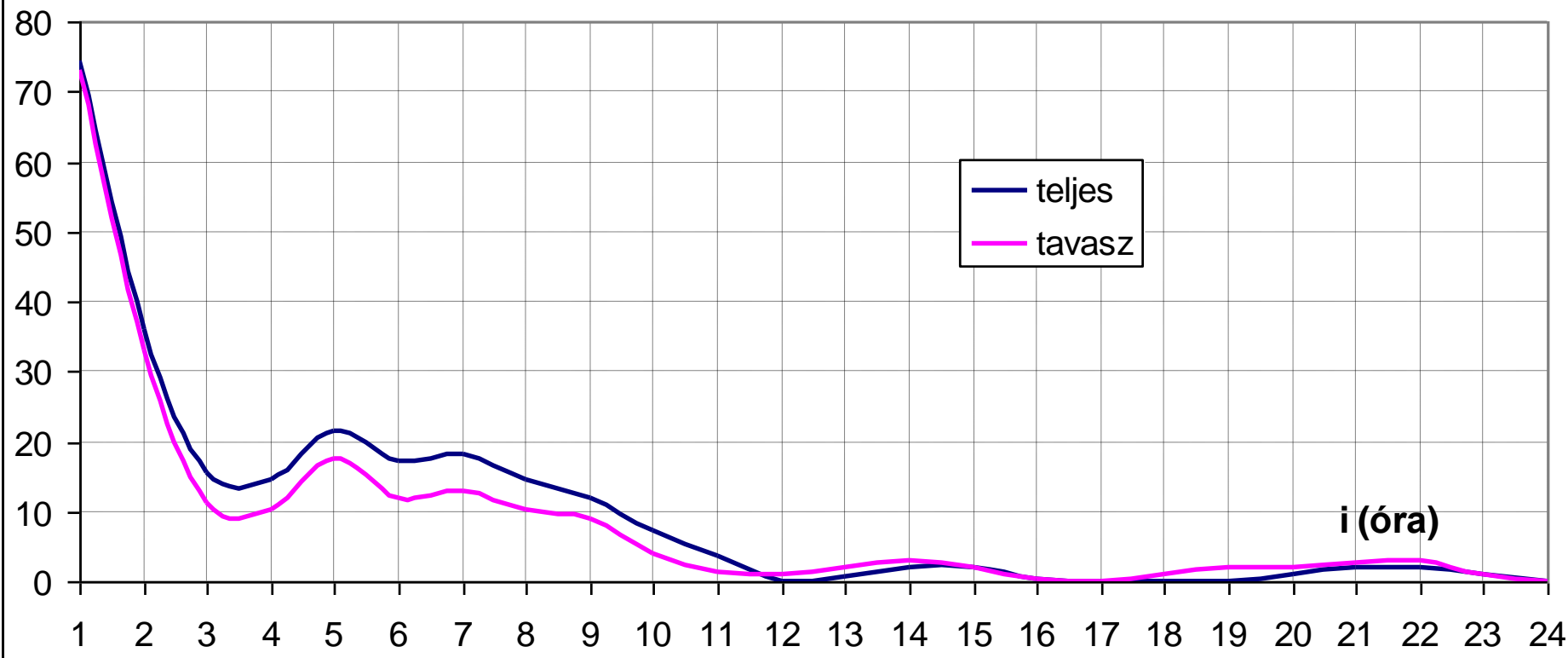
becsült napi átlagos szélesebesség, m/s				
időpont	szélesebesség, m/s	teljes időszak		tavaszi
1	1.1		1.3	1.3
2	4.3		3.1	3.3
3	5.2		4.2	4.4
4	3.5		4.2	4.4
5	1.9		3.9	4.1
6	4.3		4.1	4.3
7	3.1		4.0	4.3
8	4.8		4.2	4.4
9	5.3		4.3	4.5
10	7.1		4.6	4.7
11	7.4	4.7		4.8
12	7.4		4.9	5.0
13	7.1		5.0	5.0
14	7.7		5.0	5.1
15	5.7		5.0	5.0

Szoftver szimuláció:

- az óránkénti értékek a szélerőmű tetején elhelyezett anemométer méréseiből származnak,
- az ismétlődő becsléseket már elfogadhatjuk
- vagyis a mai átlagos szélesebességre legjobb becslés 5 m/s

Valahol, 2007.03.21

E_i (%)



A tényleges napi átlagos szélesség 4.9 m/s.

A becslések óránkénti hibái ezen a napon már 10 órakor 10 % alá csökkentek.

De.....

...van-e jövője a szélenergiának Magyarországon?

„Ahogy ma megvan a helye (*az energiamátrixban*) a 330 MW-nak, úgy - amint a tanulmányok mutatják - meglehet a helye a jövőben akár 1000 MW-nak is. Ma azonban sajnos még az is sorvad, ami van; nem látható, hogy mi lesz ezzel a 330 MW-tal.”

NRGreport, 2019-11-04.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!