



# Szél- szélenergia előrejelzés az Országos Meteorológiai Szolgálatnál

**Tóth Helga**

Országos Meteorológiai Szolgálat

Email: [toth.h@met.hu](mailto:toth.h@met.hu)



*Alapítva: 1870*



# Tartalom

- **Szél- és szélenergia előrejelzés szélerőműveknek és a MAVIR-nak**
  - Motiváció, kezdetek
  - Szélerőművek hazánkban
  - Szélenergia teljesítmény szolgáltatás az AROME modell alapján
  - Eredmények kiértékelése
  - Szélenergia teljesítmény javítása (BIAS korrekciók, EPS)
- **Berentei SODAR adatok**
  - AROME modell szél előrejelzésének verifikációja



## Miért kell a MAVIR-nak szélenergia előrejelzés?

- A MAVIR-nak **kötelező** átvenni a szélerőművek által termelt elektromos áramot
- Minden egyes időpillanatban annyi energiát kell előállítani, amennyi szükséges
- Napi terv készítése negyed órás felbontásban, az egyes energia fajták rendelkezésre állásáról (atom-, hő-, biomassza erőművek, szél- és nap erőművek)
- Ezek alapján döntenek az import-export arányáról

Előzmény: 2011. MAVIR pályázat szélenergia becslésre (nem az OMSZ nyer)  
2011. év vége: kell előrejelzés az OMSZ-tól is  
2012. augusztus 1-től operatív szolgáltatás

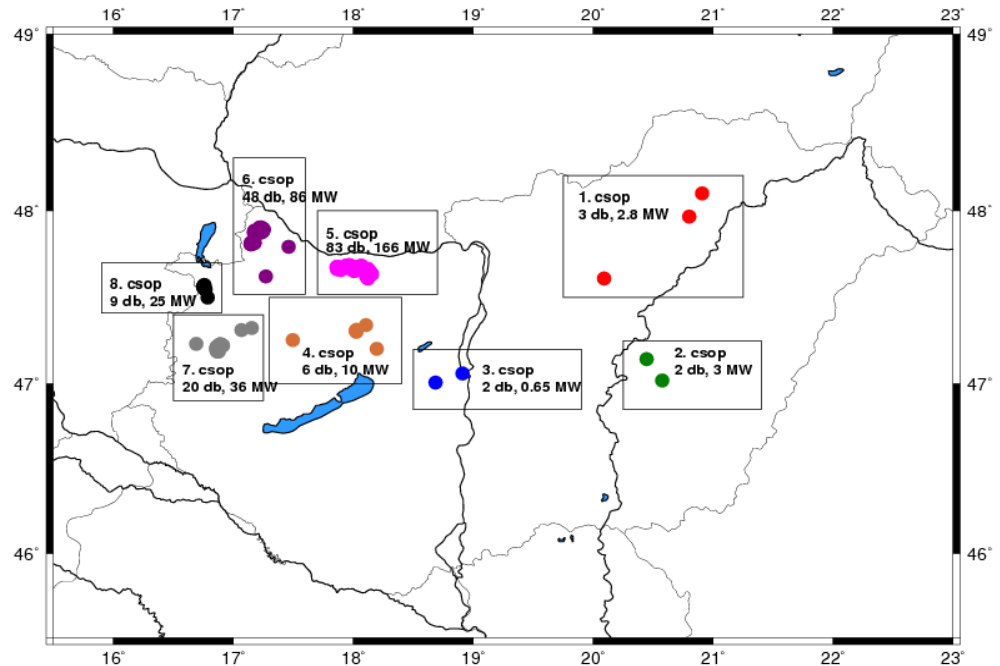


# Szélerőművek Magyarországon

- 173 db erőmű (8 csoport)
- Beépített teljesítmény: 330 MW



Szépár: Vestas V90,  
2MW, 85 m magas,  
90 m átmérő



- Toronymagasság: 30-113 m (jellemzően 100 m körül)
- Rotorátmérő: 27-90 m (főként 90 m)
- Teljesítmény: 0.2-3 MW (főleg 2 MW, 139 db)
- Gyártók: Gamesa, Vestas



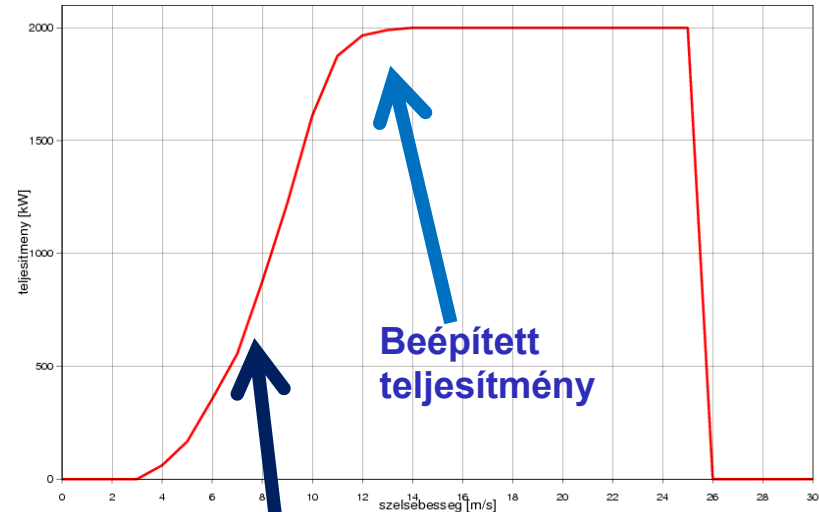
# Előrejelzés készítés menete

- Napi 4x (00, 06, 12 és 18 UTC) + 39 órára előre, 15 perces felbontással
- 2012. 08 - 2013. 08 ALADIN DADA-ból, majd ezt követően AROME modellből planetáris határrétegbeli szélsébség felhasználásával
- Teljesítmény számítás minden egyes szélerőműre szélsébségből p-v görbe alapján
- Ezek összegét kapja a MAVIR xml file formátumban

## AROME modell:

- Nem-hidrosztatikus mezoskálájú numerikus előrejelző modell
- Saját adatasszimilációs ciklus
- 60 réteg a felszín és a 2,7 hPa nyomási szint között
- horizontális térbeli felbontás: 2,5 km

Szélsébség-teljesítmény függvény  
Vestas V90

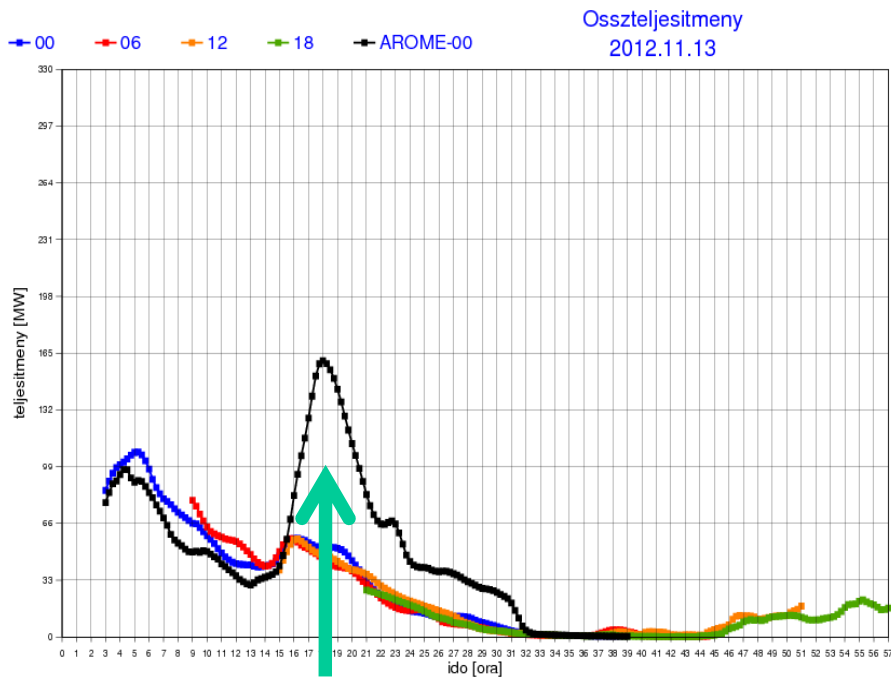


$$E = \frac{1}{2}mv^2$$
$$m = \rho Avt$$
$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

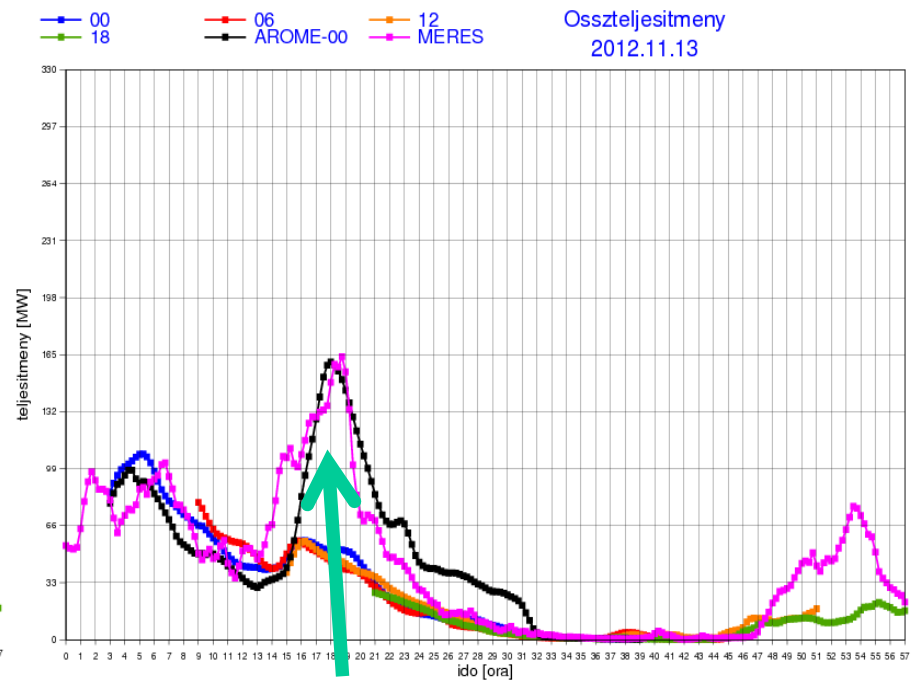


Naponta előállítjuk a teljesítmény előrejelzési görbéket

Amint van mérés (kb 1-2 hónap), frissítjük a görbéket



DADA-k együtt futnak,  
AROME kilóg



AROME előrejelzése  
volt jó



# Eredmények kiértékelése (teljesítmény verifikáció)

RMSE, BIAS, MAPE, MAPE5, ElteresBT évszakonkénti értékei

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n \left| \frac{\text{Tény} - \text{Terv}}{\text{Tény}} \right| \cdot 100\%$$

$$\text{ElteresBT} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n \left| \frac{\text{Tény} - \text{Terv}}{\text{BT}} \right| \cdot 100\%$$

$$\text{MAPE5} = \text{darab}(\text{MAPE} \leq 5\%) / n \cdot 100\%$$

**ELVÁRÁS: 5%-on  
belüli MAPE  
(IRREÁLIS)**

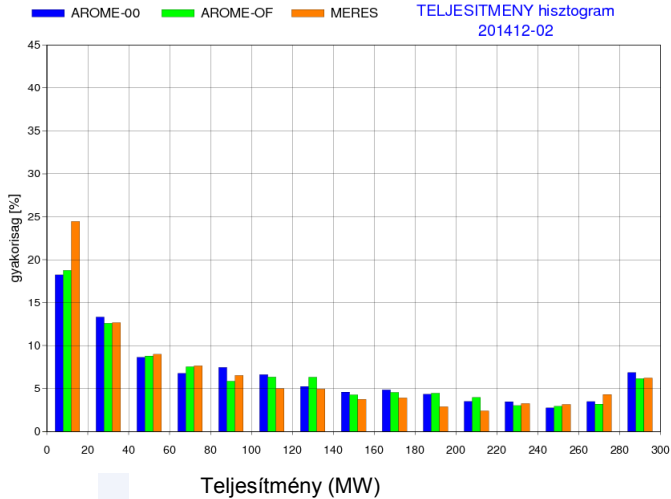
Példa: 2016. nyár

	AROME-00	AROME-ÖF
BIAS (MW)	7.60	5.84
RMSE (MW)	30.73	27.29
MAPE	54%	53%
ElteresBT	5.9%	5.4%
MAPE5	6.4%	6.7%

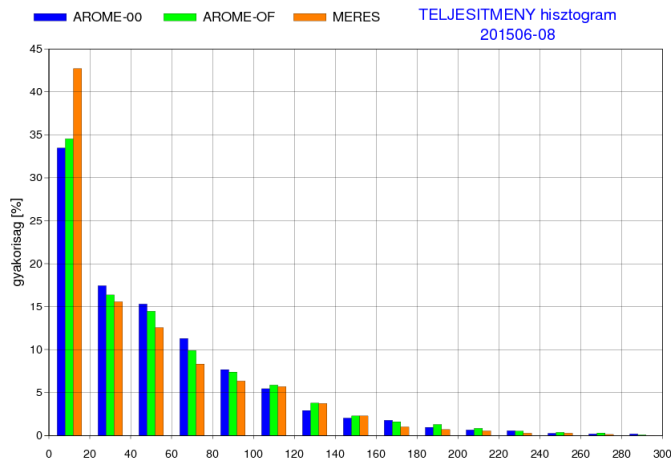


# Teljesítmény hisztogram

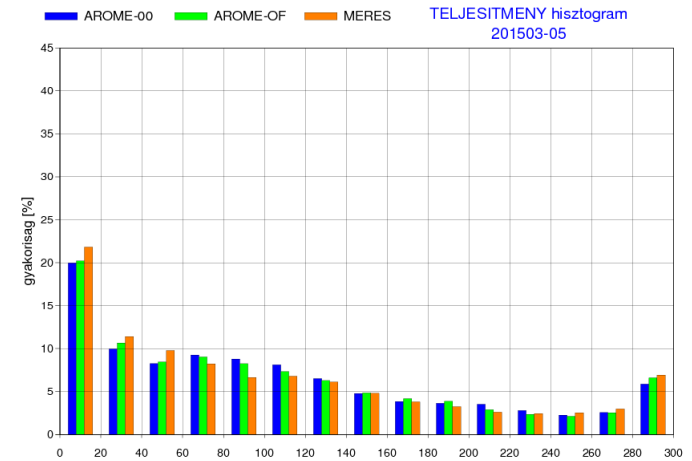
## 2014-2015 tél



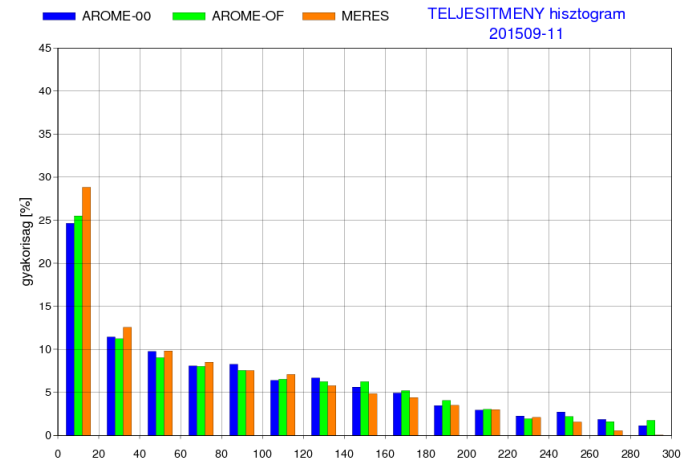
## 2015 nyár



## 2015 tavasz



## 2015 ősz



Alapvetően az alacsony teljesítmények dominánsak, a kihasználtság max. kb. 20%-os (13% nyár, 31% tavasz) a beépített teljesítményhez viszonyítva.

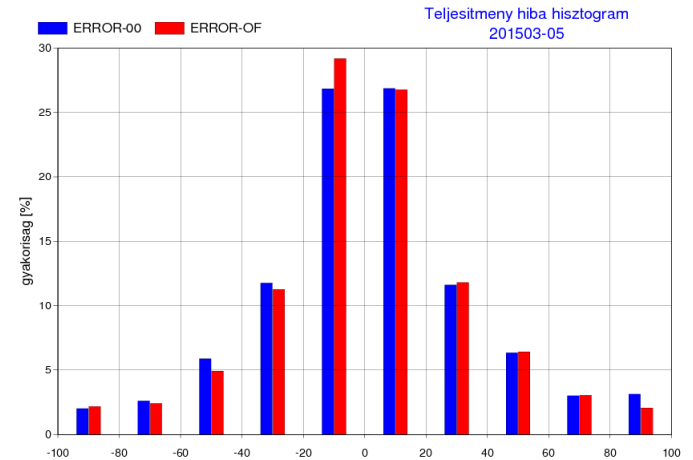
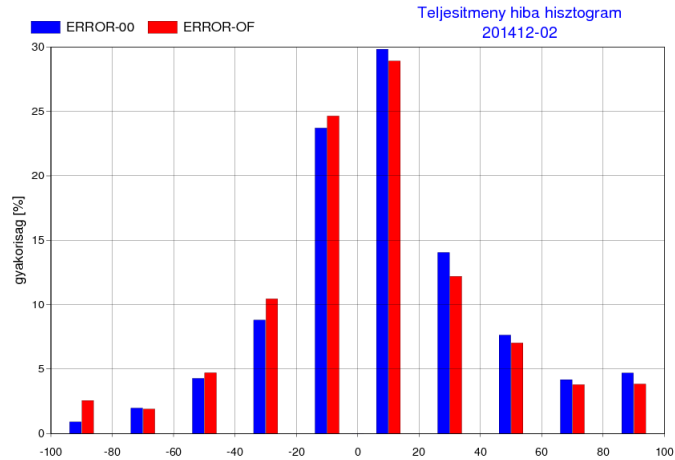




# Teljesítmény hiba hisztogram

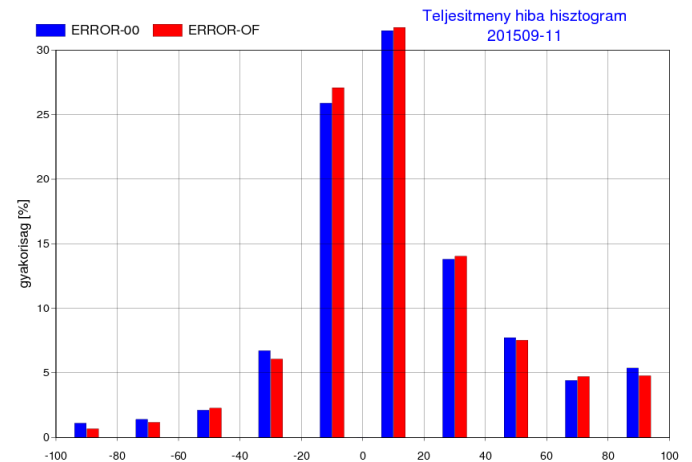
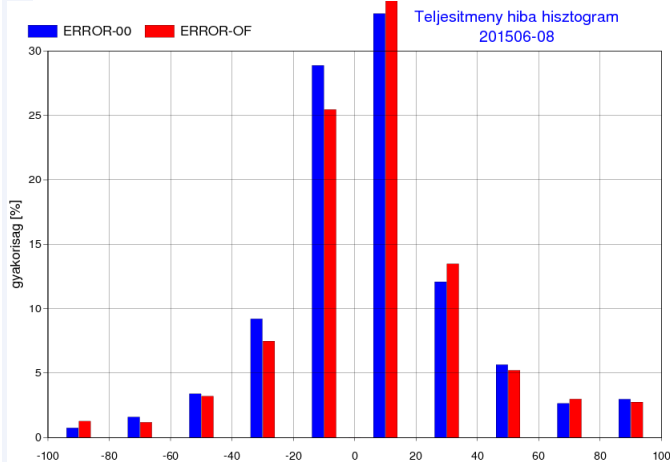
2014-2015 tél

2015 tavasz



2015 nyár

2015 ősz





# Teljesítmény előrejelzések javítása

- Összteljesítmény javítása BIAS korrekcióval -> *Brajnovits Brigitta munkái (STT, STB, Kalman filter alkalmazása)*
- Egyedi teljesítmény javítás katalógus görbe javításával (pl. sűrűség) -> *Renczes Balázs szakdolgozata, kb 5%-os javulás érhető el*
- Szélsébség javítása BIAS korrekcióval (pontenként => javul a teljesítmény is?)
- ALADIN EPS -> *fázishibák kiküszöbölése*

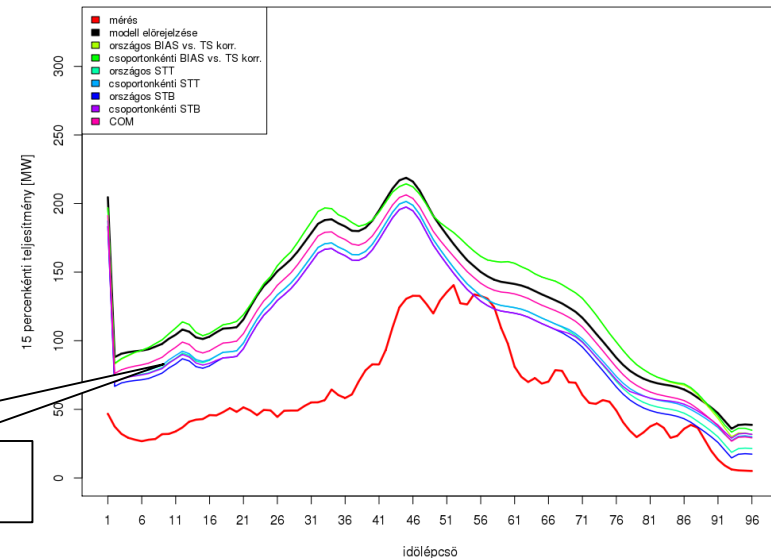
**Bias korrekciók** (2012. aug. – dec.), 100 nap tanulóidőszak:

- STT: előző 28 nap időlépcsőnkénti BIAS-ai
- STB: megelőző 3 teljes nap BIAS-a
- COM: Az előző időszakban az előző módszerek teljesítmény alapú súlyozása
- Cross Validation: független napok vizsgálata, időlépcsőnkénti korrekció

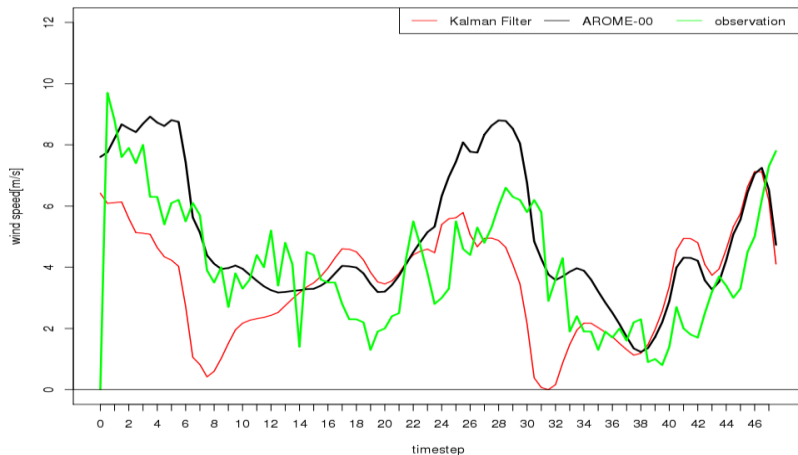
**Nincs érdemi javulás**

## Egy adott napon

Az előrejelzések vs mérés



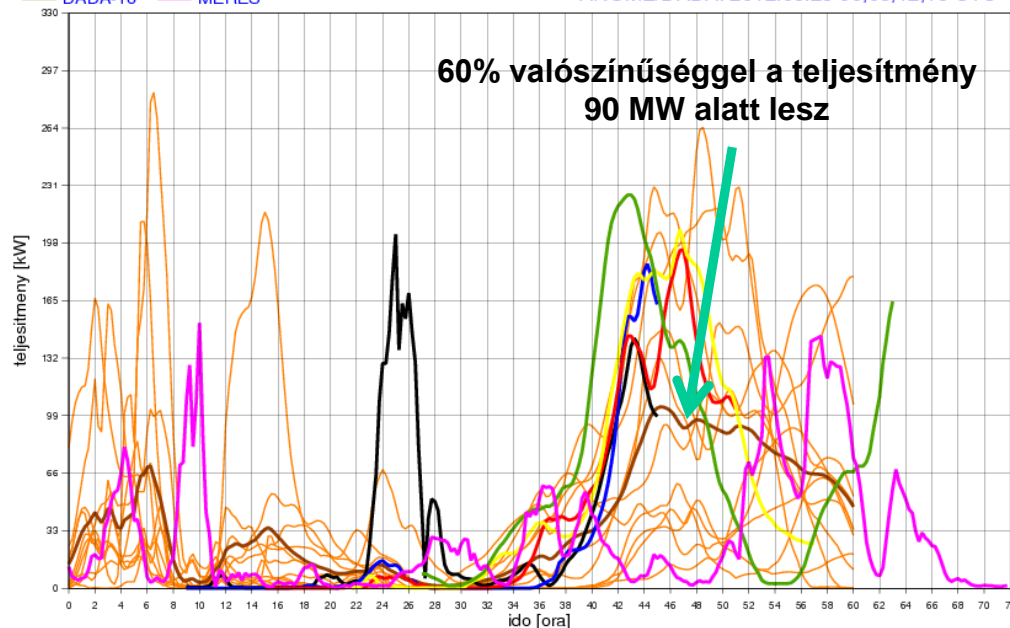
Observation, Kalman Filter and the raw model data



Szélsőbesség korrekciója  
Kalman Filterrel: adott időpontban hibák kiegyenlítik egymást, de nincs javulás az abszolút és négyzetes hibák esetében

EPS bevezetése  
 egyenlőre nincs rá igény

EPS EPS EPS EPS EPS EPS EPS EPS  
 AROME-00 DADA-00 DADA-06 DADA-12  
 EPS-MEAN  
 Oszteljesítmény MODELLEK vs. MERES  
 EPS: 2012.08.22 18 UTC  
 AROME/DADA: 2012.08.23 00,06,12,18 UTC





# Berentei SODAR adatok és az AROME modell előrejelzésének összehasonlító vizsgálata



# ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT



File Edit View History Bookmarks Tools Help

Beérkező levelek - tot... x http://blade...p=timetable x omsz\_ugyek - x met.hu - Országos M... x Google Térkép x

https://www.google.hu/maps/@48.1720603,20.7362992,12z Search

Most Visited CentOS Support Országos Meteoroló... Leaf Area Index (LAI... Beérkező levelek (4... Probono FŐOLDAL Zimbra: Beérkező l...

Keresés a Google Térképen

Borsodszirák Ziliz Alsóvadász Szikszó Szikszói Egyházközség Boldva Sajócség Sajósenye Sajóvámos Sajópálfala Szirmabesenyő Arnót Onga Miskolc Felsőzsolca

Kazincbarcika Sajószentpéter Alacska Sajókápolna Kondó Sajóaszlófalva Radostyán Sajóabony Szajócség Sajóvámos Sajópálfala Szirmabesenyő Arnót Onga

Varbó Parasznya Tardona Miskolc Felsőzsolca

Műhold

Google

toth@pc2429:~ - Shell - Konsole <2>  
Session Edit View Bookmarks Settings Help





- Berentére nincs archivált modell eredmény, legközelebbi pont: Felsőzsolca (kb. 24 km)
- AROME modellből 15 perces szélesség és szélenergia teljesítmény előrejelzések a rotor szintjének magasságára, Felsőzsolcára, ahol 1,8MW-os, Vestas V90, 105 m-es rotor magasságú szélörmú található



*Alapítva: 1870*



# ORSZÁGOS METEOROLÓGIA



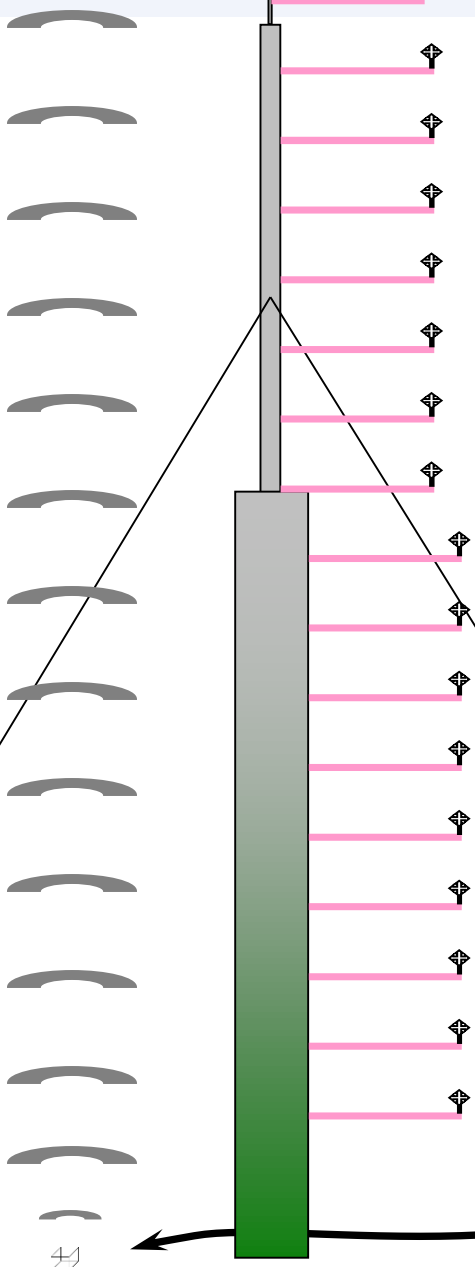
250 m

200 m

150 m

100 m

50 m

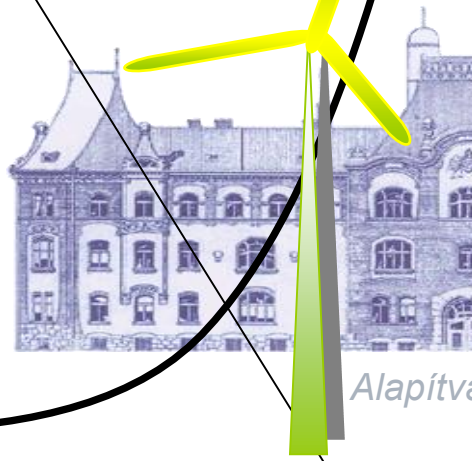


Mérési tartomány:

30 - 315 m

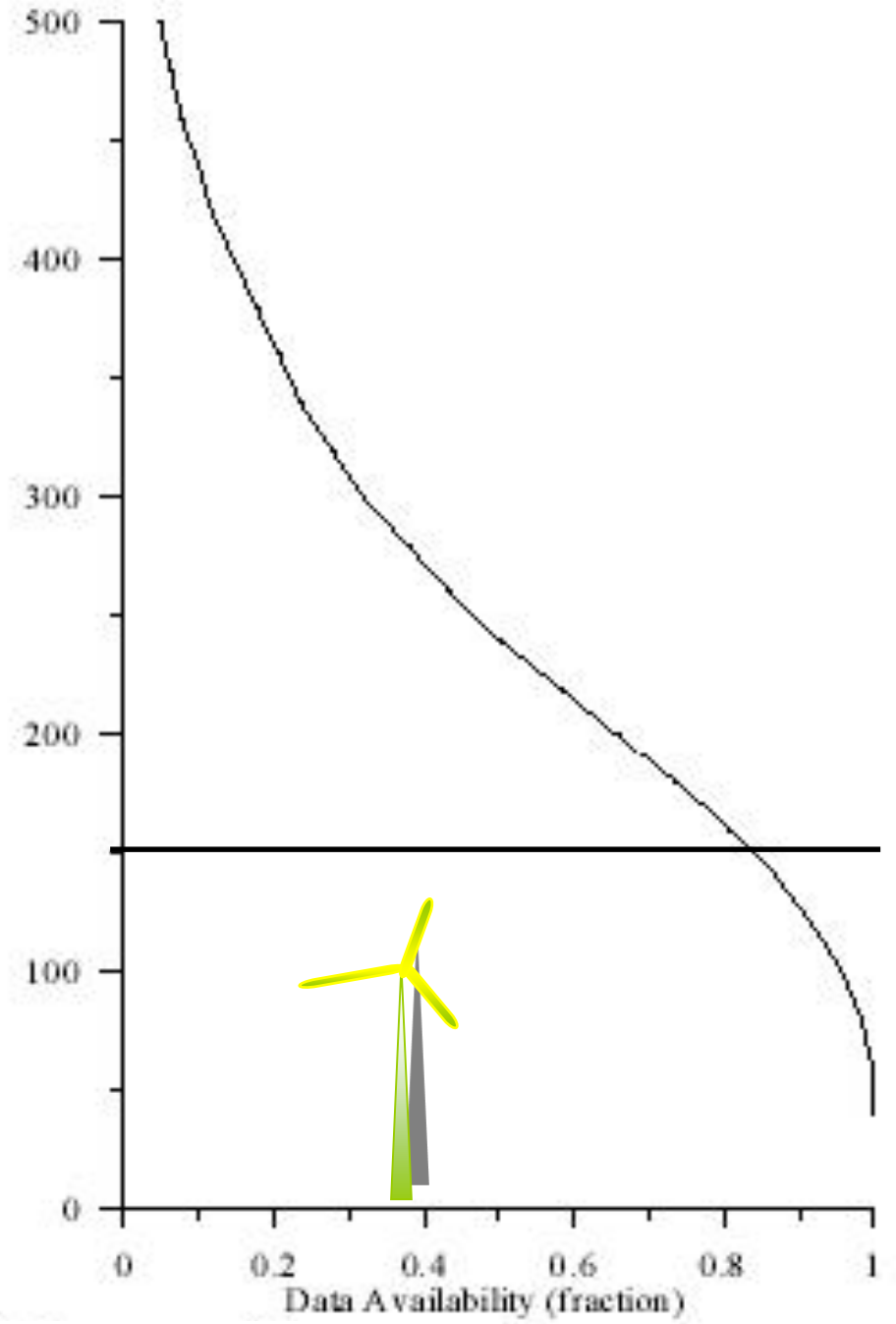
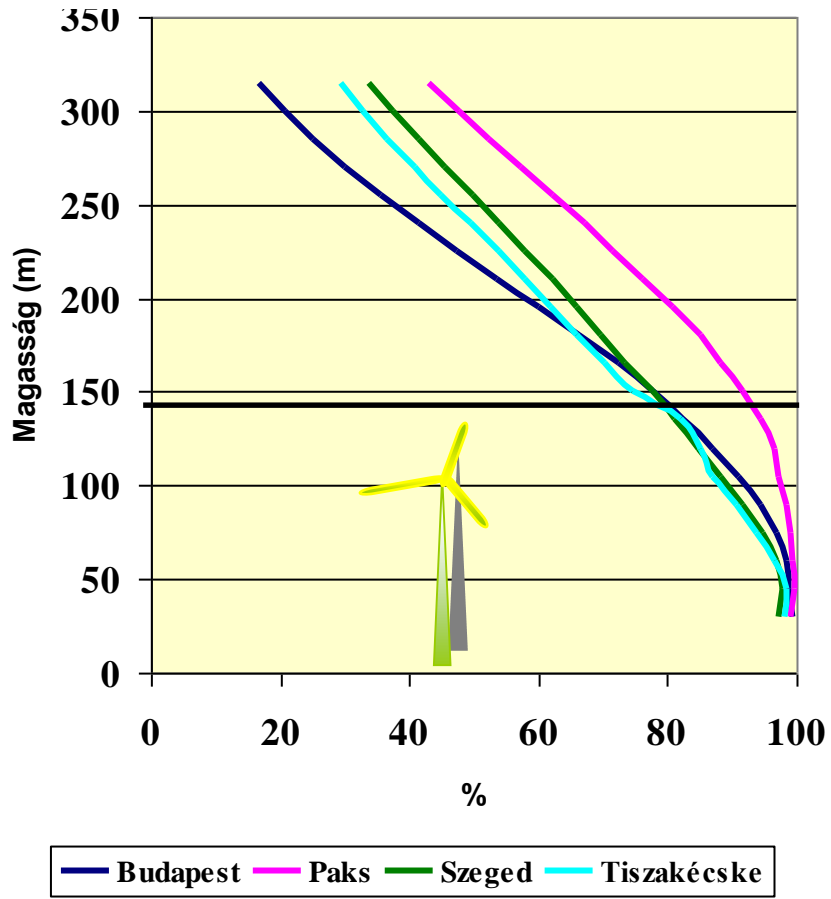
Felbontás: 15 m

Átlagolás: 10 perc



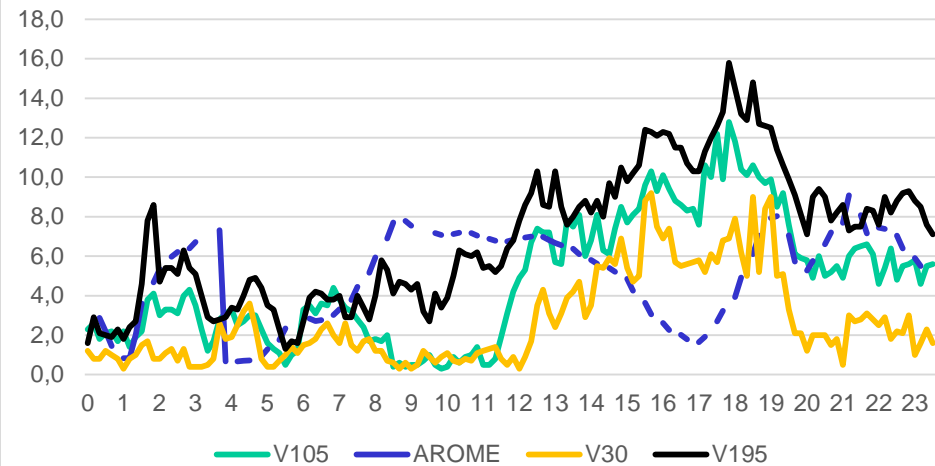
Alapítva: 1870



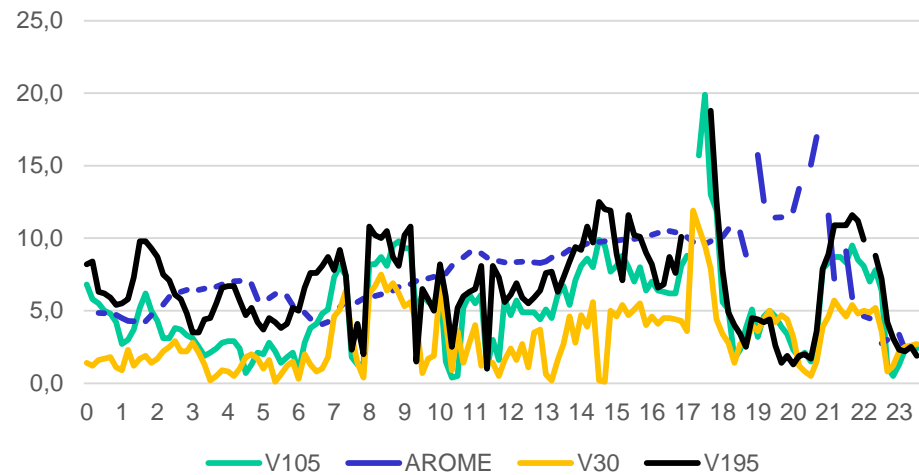




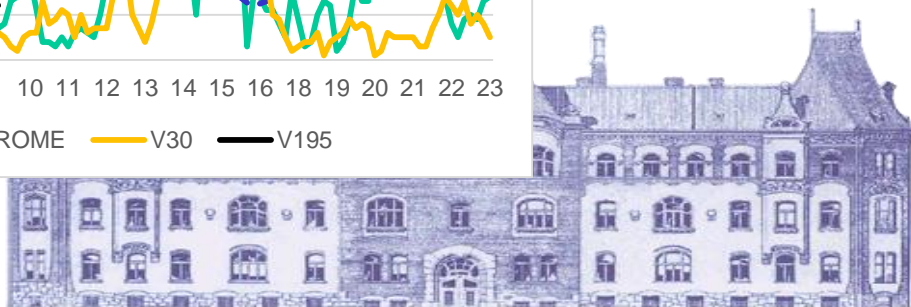
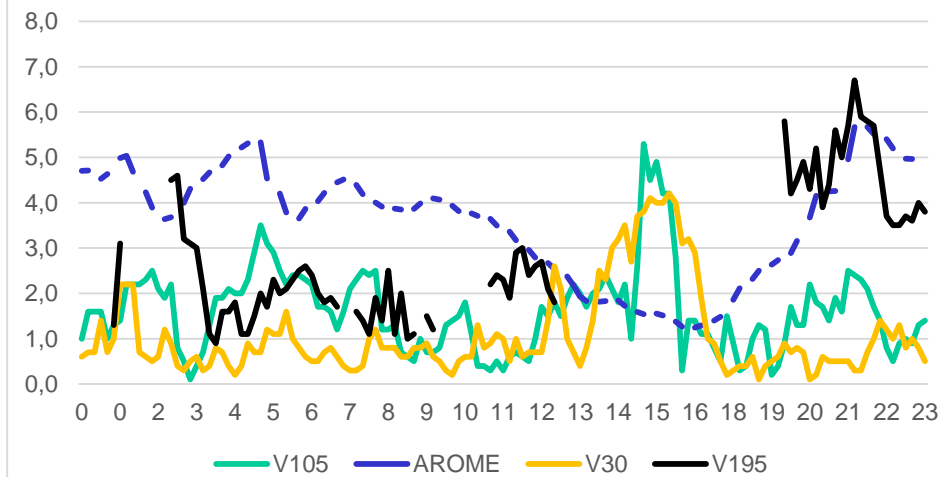
Szélesség, 2015. 01. 03



Szélesség, 2015. 07. 08

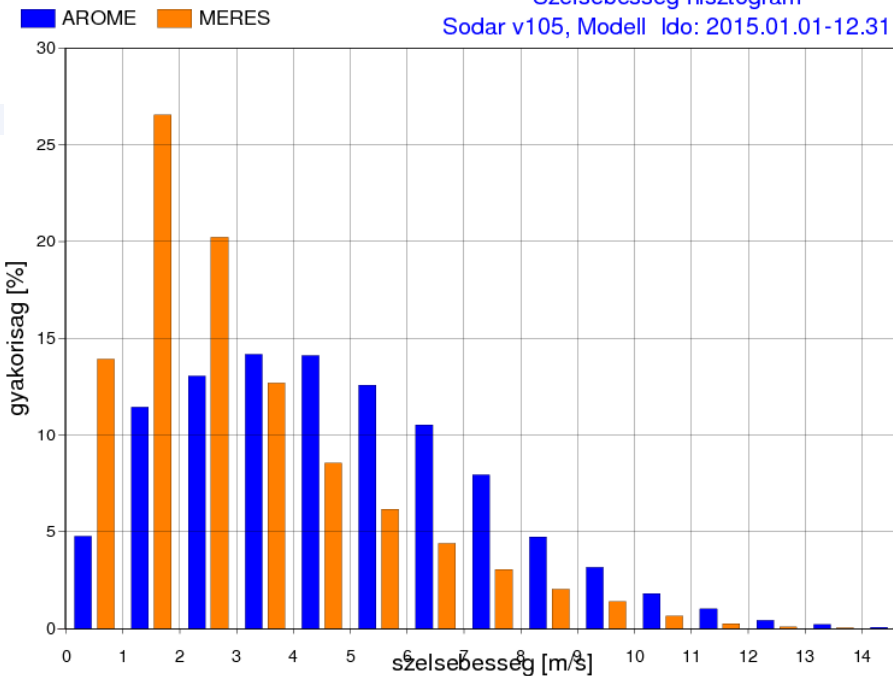


Szélesség, 2015. 10. 26

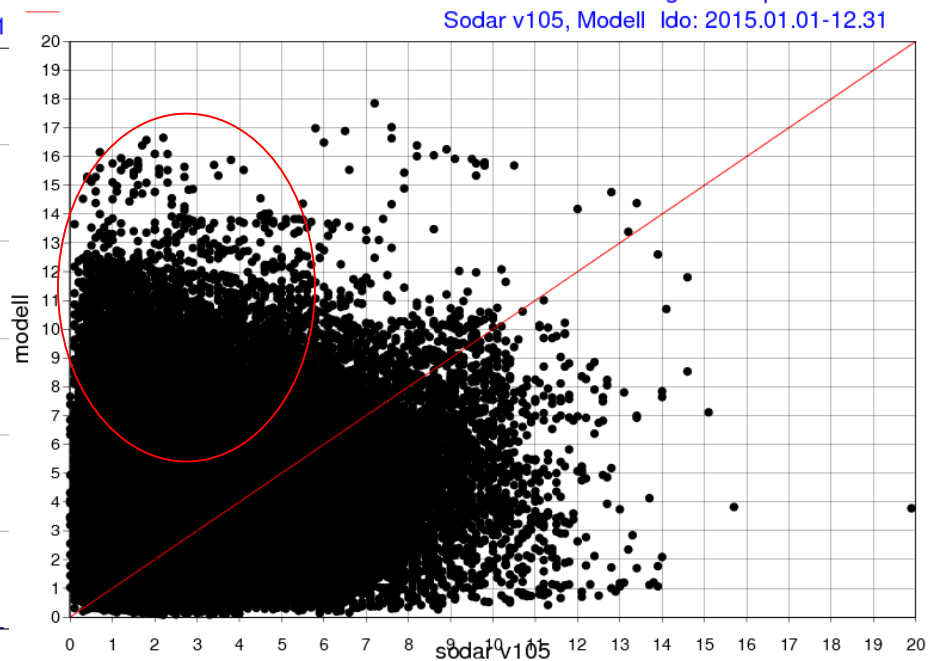


Alapítva: 1870

Szélsebesség hisztogram  
Sodar v105, Modell Ido: 2015.01.01-12.31

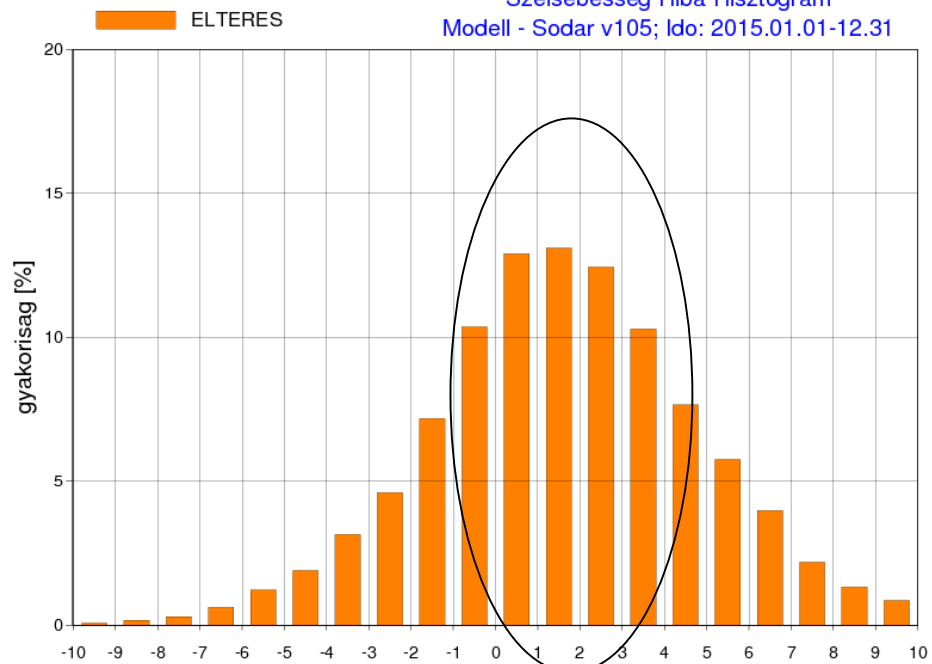


Szélsebesség scatter-plot  
Sodar v105, Modell Ido: 2015.01.01-12.31

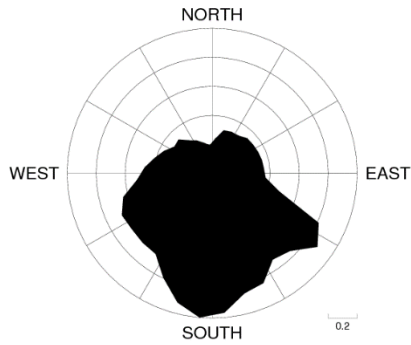


Modell felülbecsli a szélsebességet

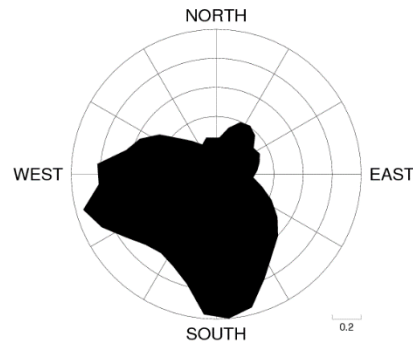
Szélsebesség Hiba Hisztogram  
Modell - Sodar v105; Ido: 2015.01.01-12.31



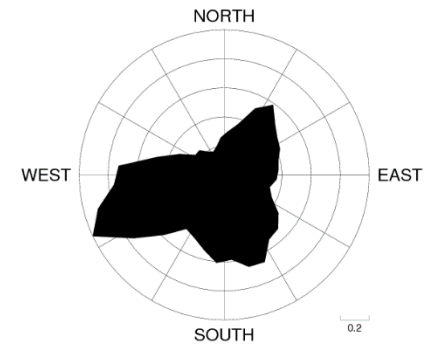
SODAR 30m szelrozsza



SODAR 105m szelrozsza



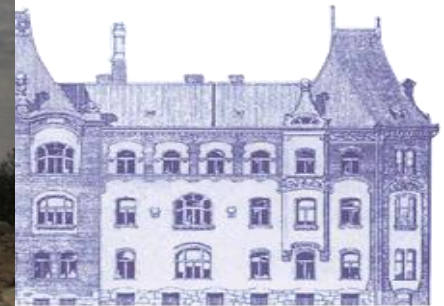
SODAR 195m szelrozsza



*Alapítva: 1870*



**Köszönjük szépen a figyelmet!**



*Alapítva. 1870*