



UNIVERSITATEA BABEŞ-BOLYAI  
BABEŞ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM  
BABEŞ-BOLYAI UNIVERSITAT  
TRADITIO ET EXCELLENTIA



# A NAP- ÉS SZÉLENERGIA ÉGHAJLATI KOCKÁZATÁNAK MEGHATÁROZÁSA EURÓPÁBAN

**Bartók Blanka<sup>1</sup>, Robert Vautard<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Magyar Földrajzi Intézet, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Románia**

**<sup>2</sup>Le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/CNRS/IPSL/CEA),  
Franciaország**

Közreműködtek: Isabelle Tobin, Mathieu Vrac, Xia Jin, Guillaume Levavasseur, Sébastien Denvil, Laurent Dubus, Sylvie Parey, Paul-Antoine Michelangeli, Alberto Troccoli, Yves-Marie Saint-Drenan

**44. METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK, MTA  
2018. NOVEMBER 22-23., Budapest**

# Előzmények

- az elmúlt években számos működtető jelezte a szélerőművek energiatermelésének csökkenését az egyre gyakoribb alacsony szélesebségek következtében
- hatékony alkalmazkodás érdekében igény van részletes éghajlati információkra, szélsőértékeket is magába foglaló kockázatelemzésre
- számos jó minőségű regionális éghajlati szimuláció elérhető, az energiaszektor mégis nagyon kis mértékben használja ezeket az információkat. Ennek több oka is lehet:
  - nem megfelelő idő- és térbeni felbontás,
  - az éghajlati modellek hibái,
  - az különböző éghajlati modellek közötti eltérések,
  - részletes felhasználói útmutatók hiánya,
  - nehézkes adatelérés, adatlekérés,
  - nem egységesített adatformátum, fájlrendszer.

The screenshot shows a news article on MailOnline. The main headline is "Britain Becalmed: Turbines across the UK are at a STANDSTILL after wind 'disappears' for a week causing a two-year low in electricity production". Below the headline, there are several bullet points summarizing the key facts: "Britain got 15 per cent of its power from wind last year - twice as much as coal", "A week the span of June, wind farms have been producing barely any electricity", and "The 'wind drought' has meant turbines have generated less than half per cent of the country's power this month". The article includes a video player showing wind turbines and a bar chart titled "AMOUNT OF ELECTRIC POWER USED GOING BACK 2009-2019". The chart shows a general upward trend in electricity usage over the period, with a notable dip in 2019. The article also features social media sharing options and a sidebar with related news items.

# Copernicus Climate Change Service



Két „proof of concept”-projekt, amely az energiaszektor számára könnyen elérhető, értelmezhető és felhasználható adatbázis létrehozását célozta.

**Clim4Energy - A service providing climate change indicators tailored for the energy sector**

**és**

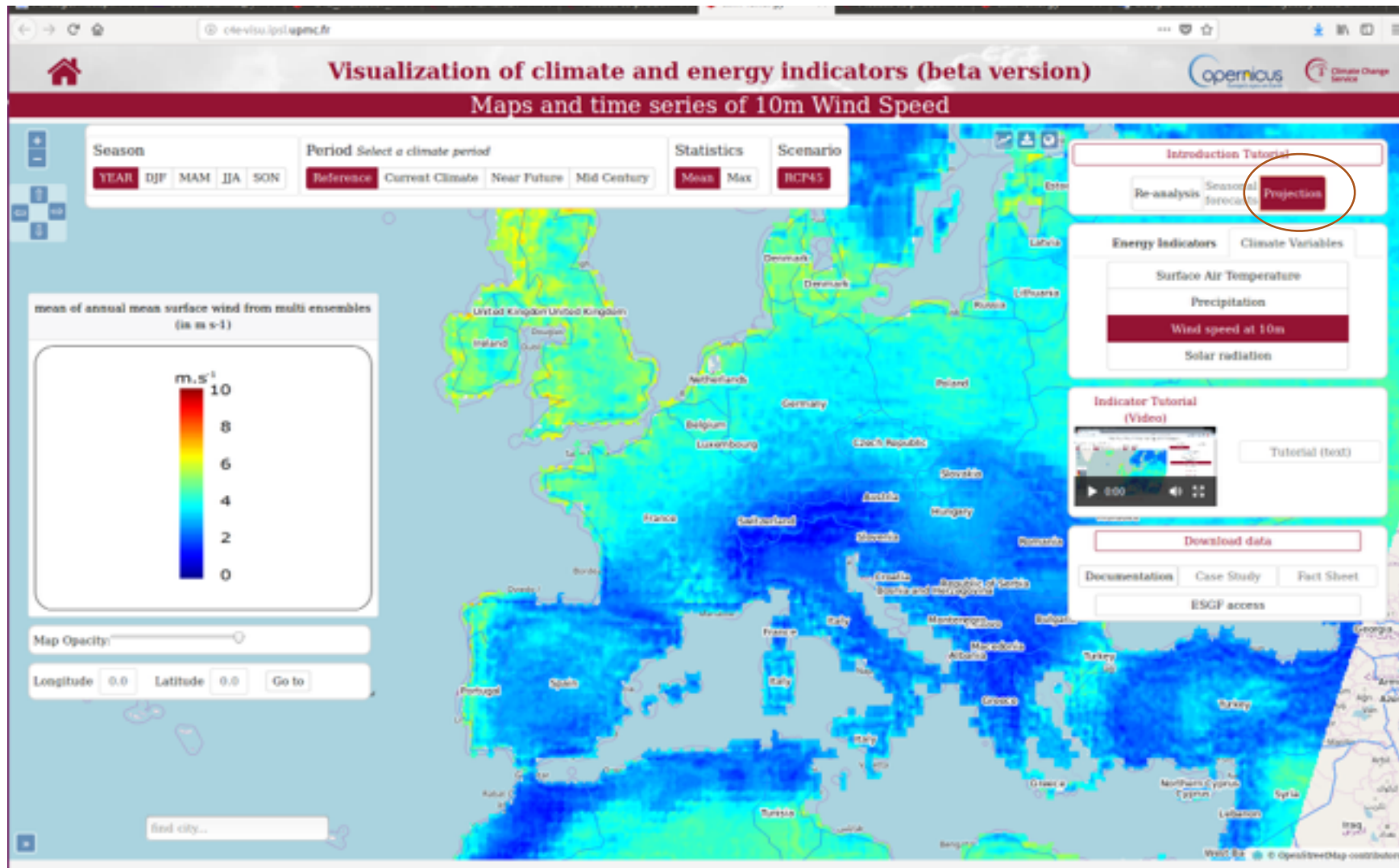
**ECEM - European Climate Energy Mixes**



**C3S Operational service for the energy sector**

## CLIM4ENERGY - A service providing climate change indicators tailored for the energy sector

<http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/>



# EURO-CORDEX regionális éghajlati modellek



megfelelő idő- és térbeni felbontás

- 10 m szélesség, 1971-2100, RCP4.5 és RCP8.5, ~12 km, 3 órás adatok
- globálsugárzás, 1971-2100, RCP4.5 és RCP8.5, ~12 km, 3 órás adatok

A 3 órás adatokat a modellt fejlesztő intézetek szolgáltatták; előzetes adatellenőrzésre volt szükség; nagy adatmennyiség (pl. egy .nc file 260 Gb).

	Driving Global Climate Model (realization)	Regional Climate Model	Institute
1	MPI-ESM-LR (r1i1p1)	REMO2009	Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Climate Service Centre, Max Planck Institute for Meteorology
2	MPI-ESM-LR (r1i1p1)	RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
3	HadGEM2-ES (r1i1p1)	RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
4	CNRM-CM5 (r8i1p1)	ARPEGE52	Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM)
5	CNRM-CM5 (r1i1p1)	RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
6	EC-EARTH (r3i1p1)	HIRHAM5	Danish Meteorological Institute (DMI)
7	EC-EARTH (r1i1p1)	RACMO22E	Royal Netherlands National Meteorological Institute (KNMI)
8	EC-EARTH (r12i1p1)	RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
9	IPSL-CM5A-MR (r1i1p1)	WRF331F	Institute Pierre Simon Laplace (IPSL) Institute National pour l'Environnement et les RISques industriels (INERIS)
10	IPSL-CM5A-MR (r1i1p1)	RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
11	HadGEM2-ES (r1i1p1)	RACMO22-E	Meteorological Institute (KNMI)

# Éghajlati szimulációk al-csoportjainak kiválasztása



az éghajlati szimulációk számának csökkentése lényeges információk vesztese nélkül

Kritériumok:

## 1. a modell teljesítőképesége

- regionális éghajlati modellek: *tas*, *scfWind*, *rsds*, *pr* validálása WFDEI adatokkal
- globális éghajlati modellek: időjárási helyzetek gyakoriságának validálása NCEP reanalizissel

## 2. a modell éghajlati érzékenysége

- a kiválasztott al-modellcsoport a lehető legnagyobb mértékben át kell fogja a teljes CMIP5 éghajlati modellek érzékenységi intervallumát. Mérőszám: Equilibrium Climate Sensitivity (ECS).

## 3. modell által adott jövőbeni változás mértéke

- a kiválasztott al-modellcsoport a lehető legnagyobb mértékben át kell fogja a teljes EURO-CORDEX modellcsalád által adott változások intervallumát (*tas*, *scfWind*, *rsds*, *pr*).

## 4. a modell diverzitása

- mint az RCM-ek, mint pedig a GCM-ek lehetőleg ne legyenek azonos

# Szelekció eredmény

## **3 member sub-ensemble :**

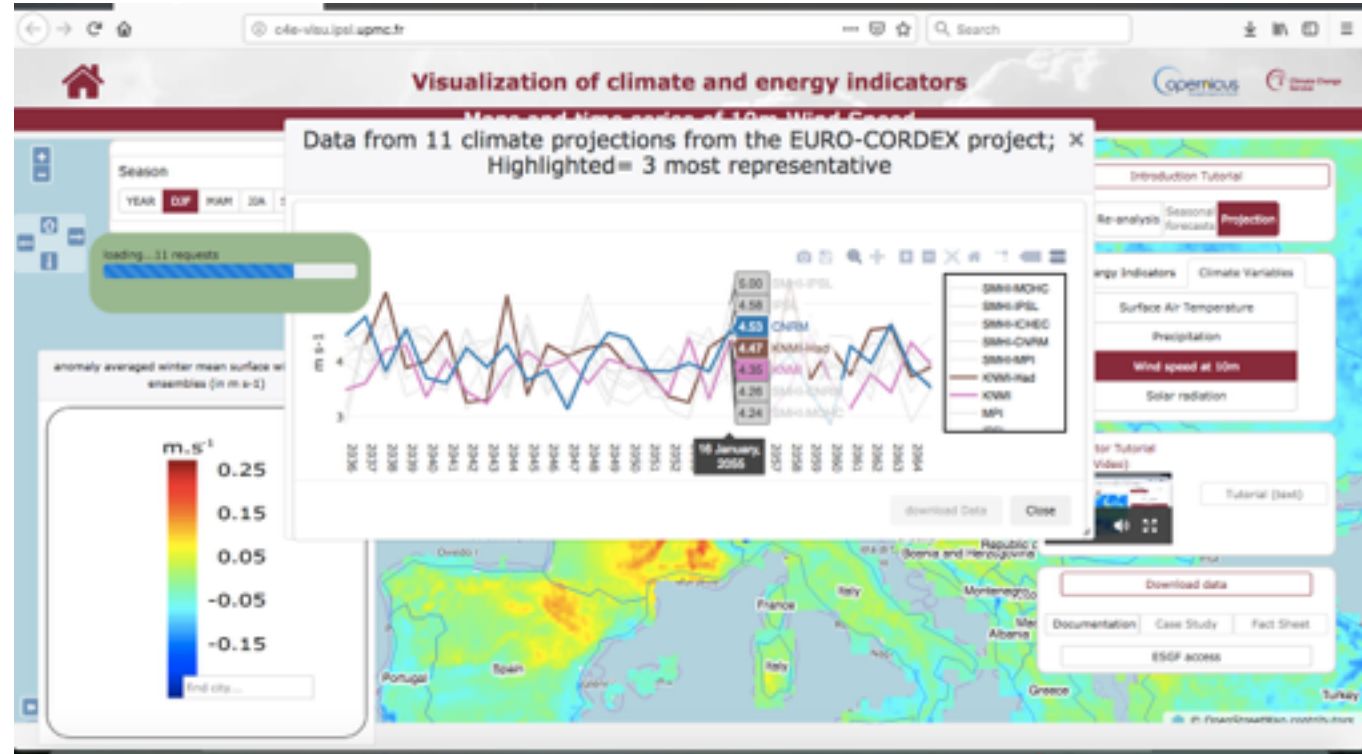
"CNRM-CM5\_ARPEGE"; "MPI-ESM-LR\_REMO";  
"HadGEM2-ES\_RACMO"

## **5 member sub-ensemble :**

"EC-EARTH\_RACMO"; "IPSL-CM5A-MR\_RCA";  
"CNRM-CM5\_ARPEGE"; "MPI-ESM-LR\_REMO";  
"HadGEM2-ES\_RACMO"

## **7 member sub-ensemble :**

"HadGEM2-ES\_RCA"; "EC-EARTH\_HIRHAM"; "EC-EARTH\_RACMO"; "IPSL-CM5A-MR\_WRF"; "CNRM-CM5\_ARPEGE"; "MPI-ESM-LR\_REMO"; "HadGEM2-ES\_RACMO"



## Hibakorrekció (bias-correction)



modell hibák kiküszöbölése

Módszer:

**Cumulative Distribution Function- transform (CDF-t)** (Vrac et al 2016) - nemparaméteres quantile mapping módszer

Referencia adatok:

- WATCH Forcing Data for ERA-Interim **WFDEI** (3 órás,  $0.5^\circ$ ).
- a globálsugárzás esetében műholdas **HelioClim-3v5** adatok is

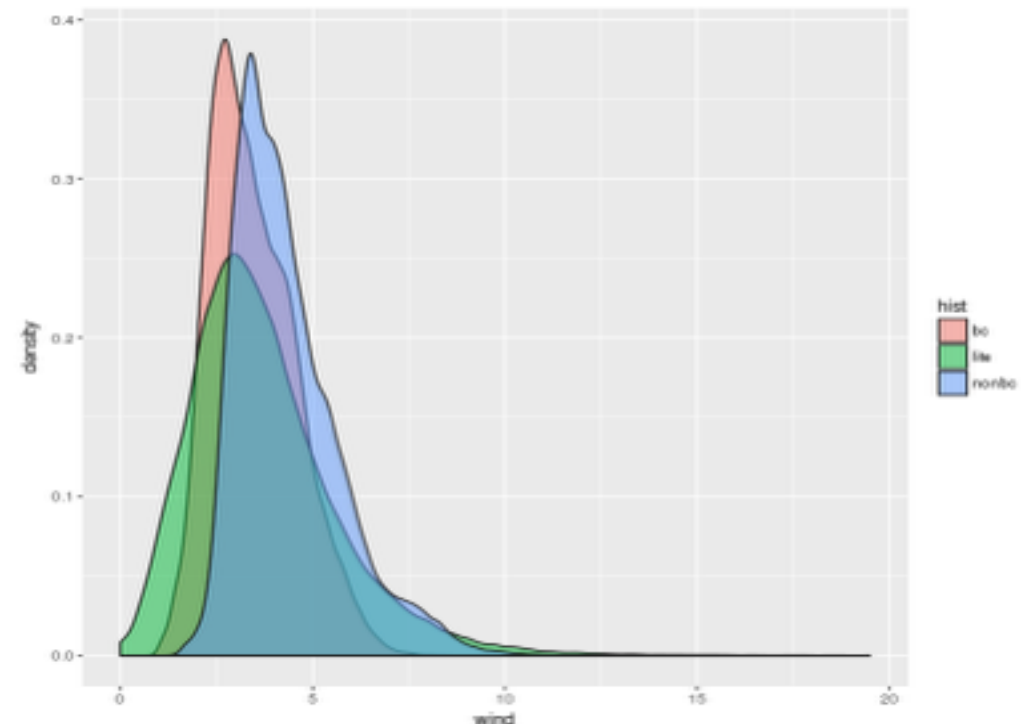
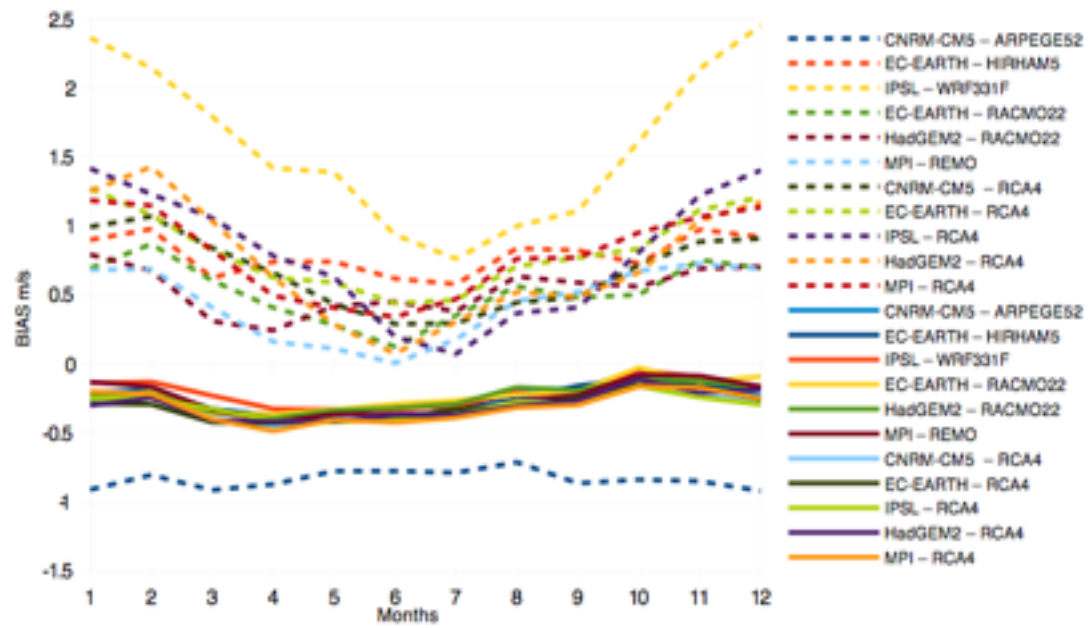


# Verifikáció



felhasználói útmutató

A hibakorrigált szésebesség szimulációk verifikációja (rcp8.5) 356 ISD-Lite állomás adatsorával az 1973-2000 időszakban.

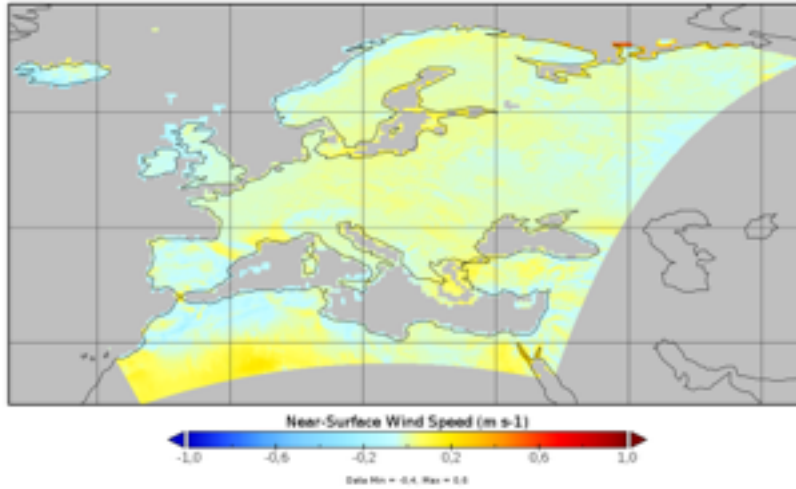


	non BC wind speed	BC wind speed
BIAS	0.62	-0.27
Absolute BIAS	1.44	1.23
Q05 absolute BIAS	1.17	0.62
Q95 absolute BIAS	0.59	1.58

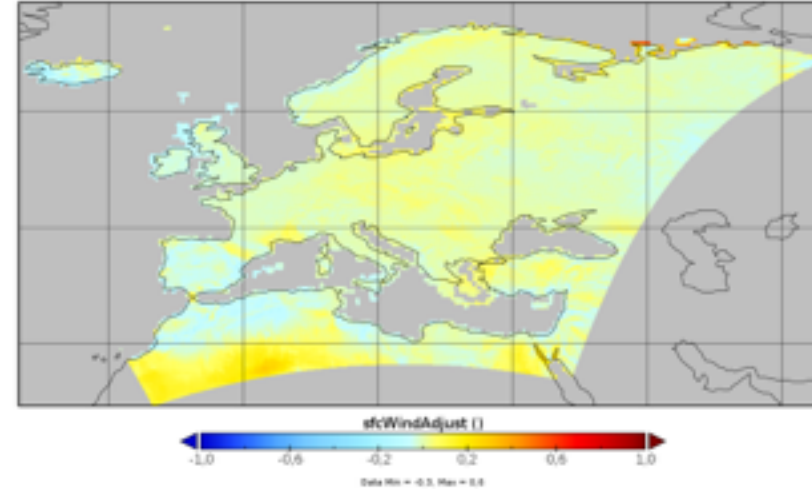
# Verifikáció

10m szélesség változása 2031-2060 és 1971-2000 időszak között, multi-model átlag

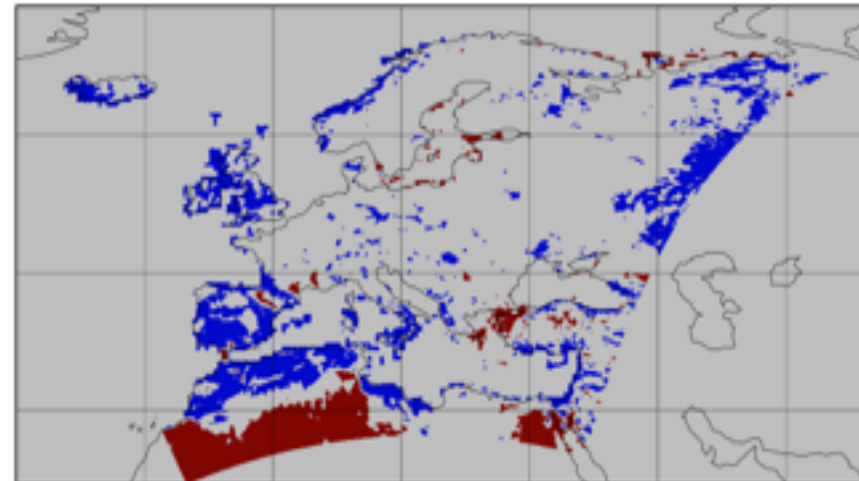
Non bias-adjusted wind speed



Bias-adjusted wind speed



**Modellegyezés (80%)**

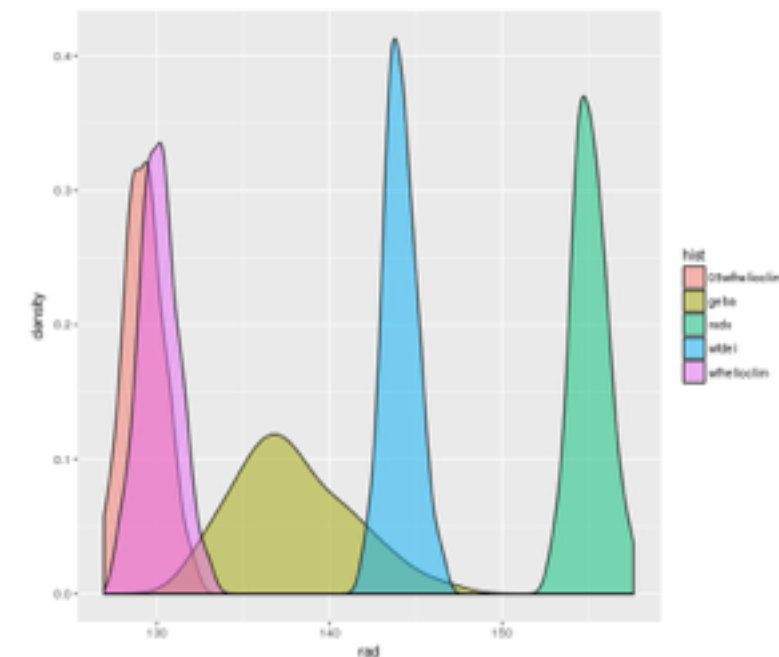
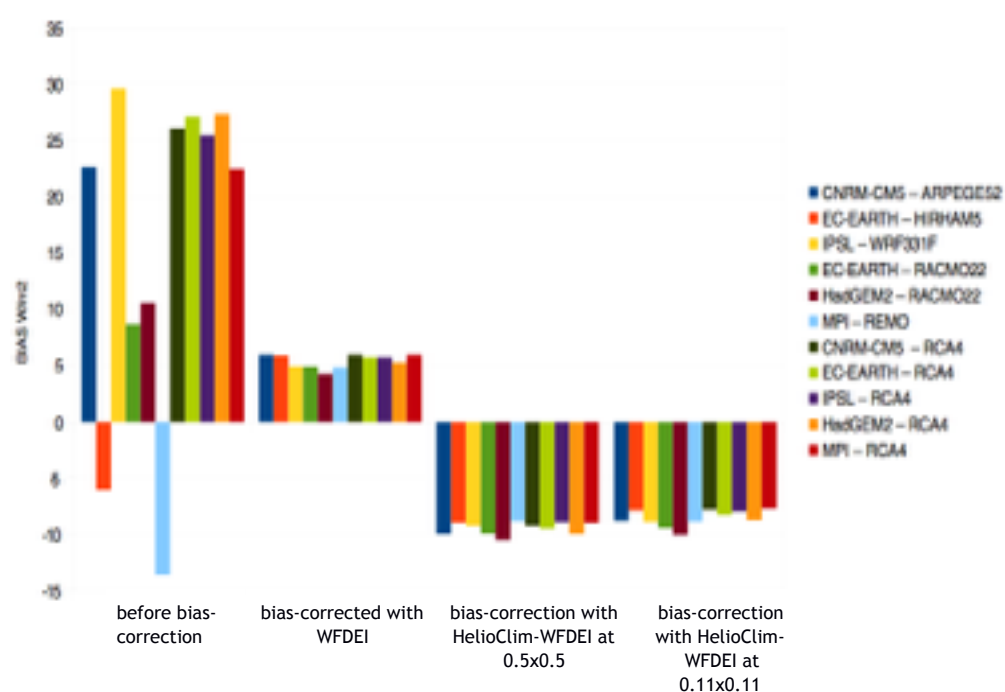


# Verifikáció



felhasználói útmutató

A hibakorrigált globálsugárzás szimulációk verifikációja (rcp8.5) 61 GEBA állomás adatsorával az 1971-2010 időszakban.

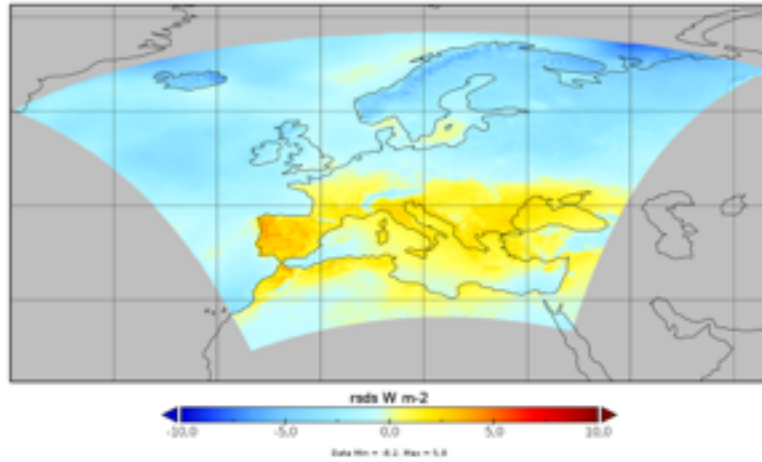


	rsds	wfdei	05wfeihelioclim	wfdeihelioclim
BIAS	16.41	5.42	-9.43	-8.56
Mean absolute BIAS	27.15	18.32	21.14	20.96
Q05 absolute BIAS	7.61	0.40	2.77	2.85
Q95 absolute BIAS	24.88	5.33	8.61	5.43

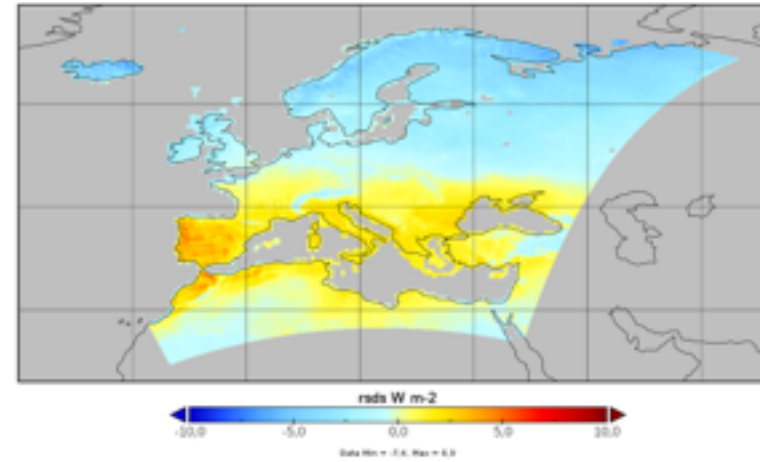
# Verifikáció

A globálsugárzás változása 2031-2060 és 1971-2000 időszak között, multi-model átlag

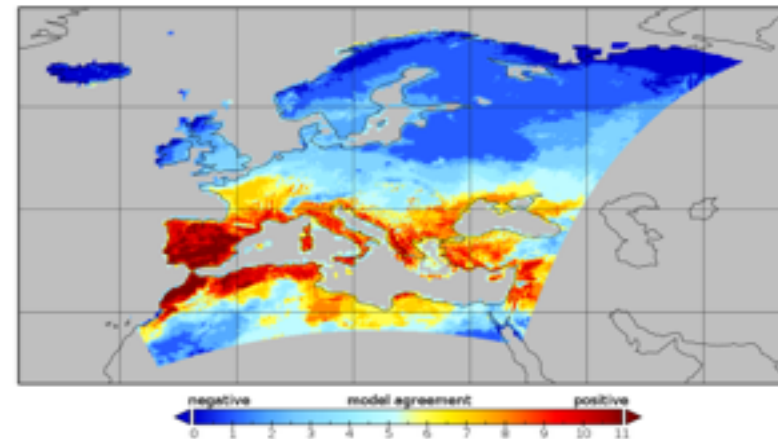
Non bias-adjusted rsds



Bias-adjusted rsds with HelioClim-WFDEI



Modellegyezés



## Adatok egységesítése és elérhetőség

- az adatfájlok nevének és a *netcdf* fájl attributumaként megadott metadata egységesítése
- a hibakorrigált verzió egyértelmű megnevezése

*[VariableName]\_[CORDEX\_domain]\_[driving\_model\_id]\_[driving\_experiment\_name]\_[driving\_model\_ensemble\_member]\_[model\_id]\_[BiasAdjustment]\_[Frequency]\_[StartTime-Endtime].nc*

*rsdsAdjust\_EUR-11\_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5\_rcp45\_r1i1p1\_CNRM-ARPEGE51\_v1-IPSL-CDFT22-WFDEI-1979-2005\_3hr\_197101010130-198012312230.nc*

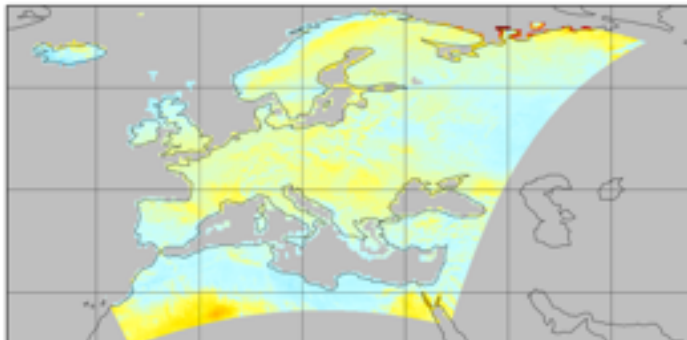
- a teljes adatbázis ingyenesen elérhető: Earth System Grid Federation (ESGF) portálon: <https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/search/cordex-ipsl/>
- *hamarosan: Copernicus Climate Data Store*

## Esettanulmány

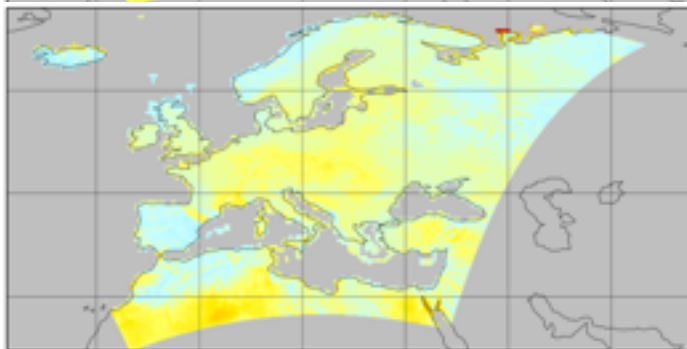
# ALACSONY SZÉLSEBESSÉG ÉGHAJLATI KOCKÁZATÁNAK MEGHATÁROZÁSA EURÓPÁBAN

# Hibakorrigált szimulációk, szélesebesség változása, rcp8.5

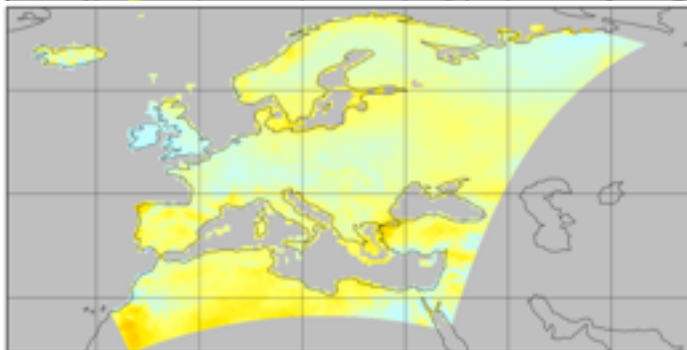
Tél



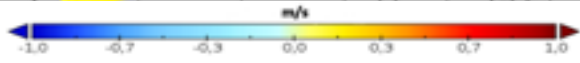
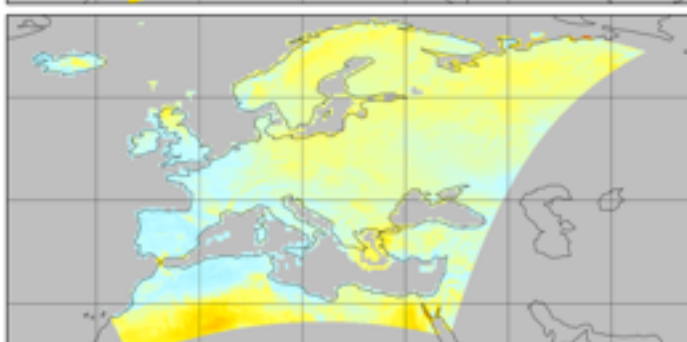
Tavaszi



Nyár

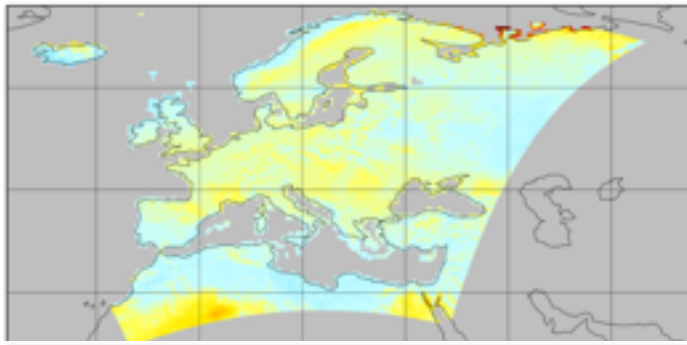


Ősz

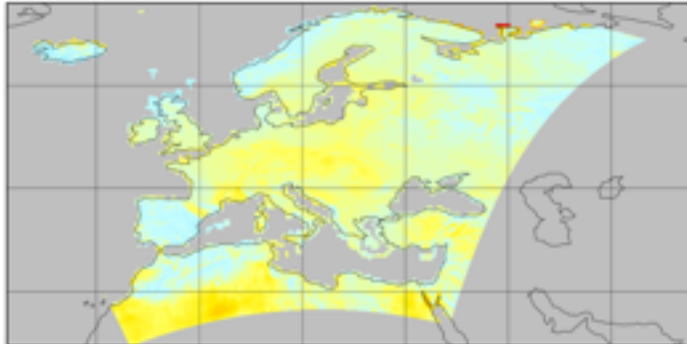


Évszakos átlag, 2031-2060 vs. 1971-2000

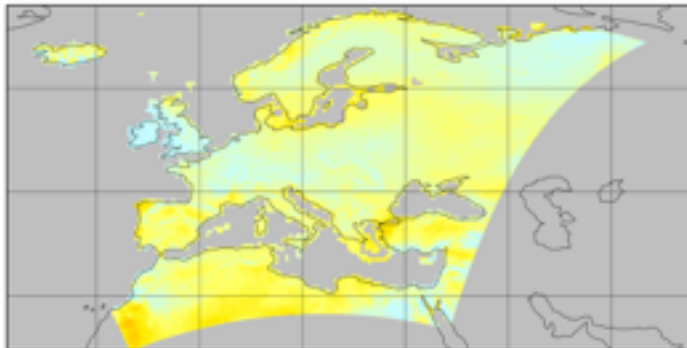
Winter



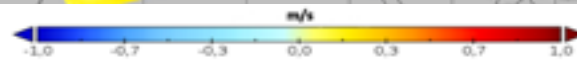
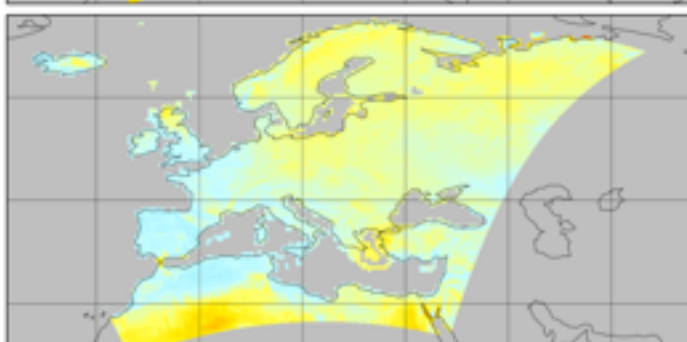
Spring



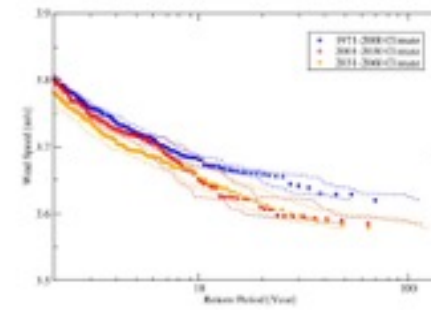
Summer



Autumn

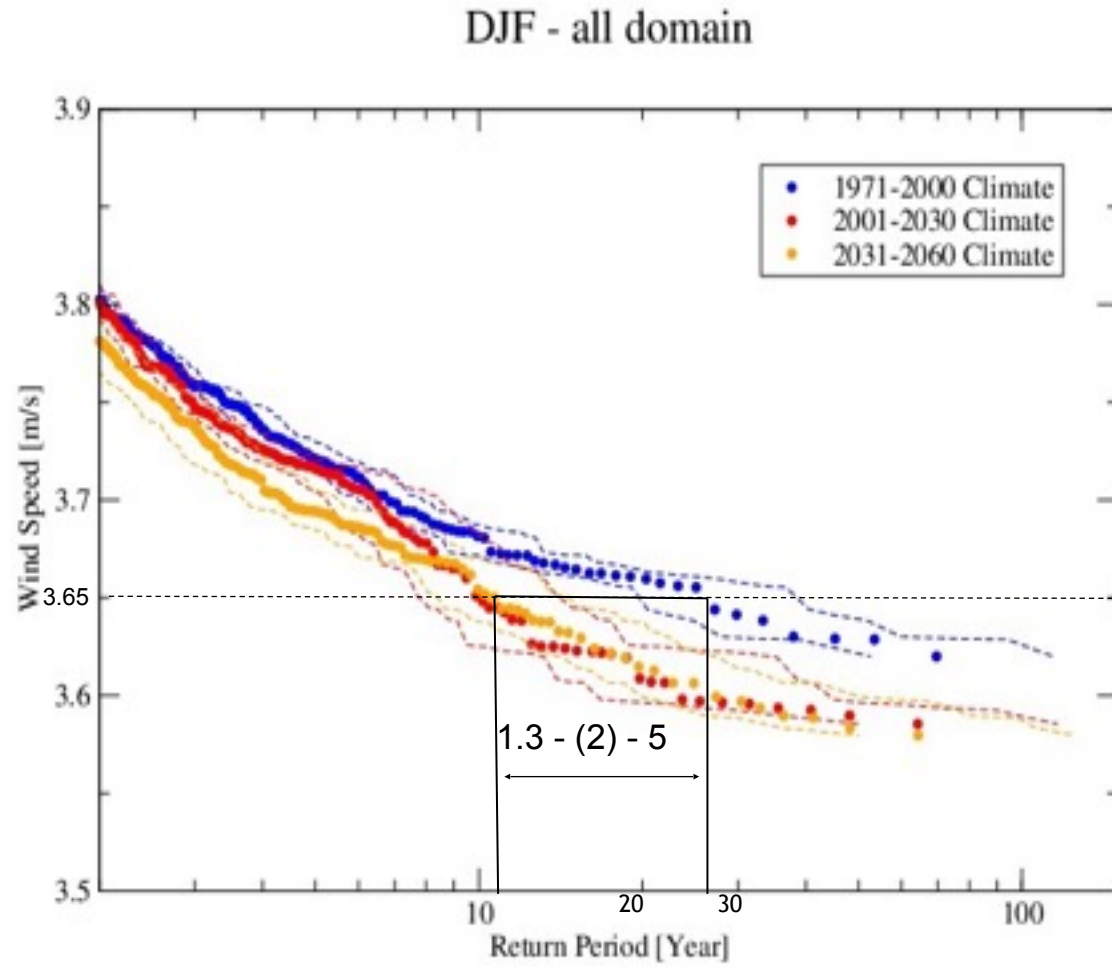


DIF - all domain

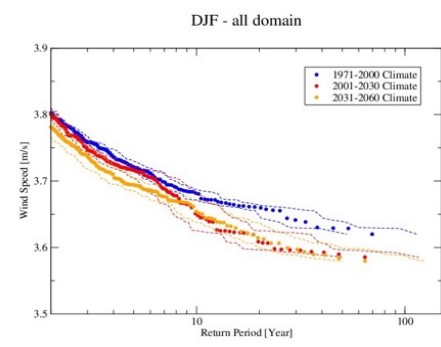
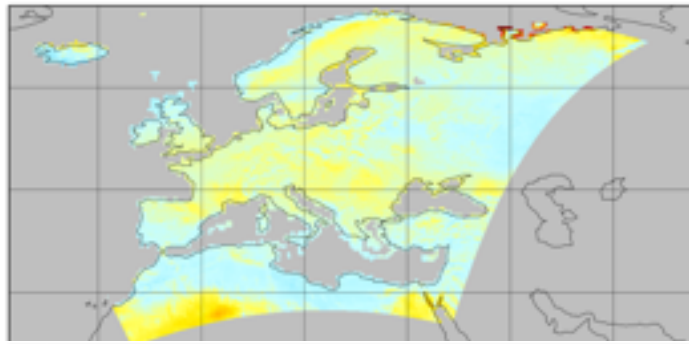




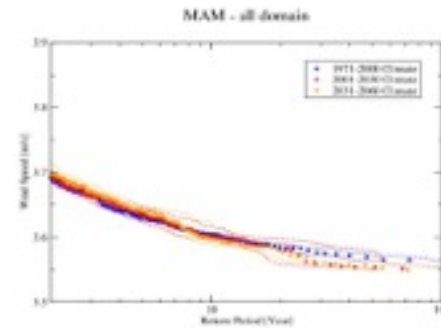
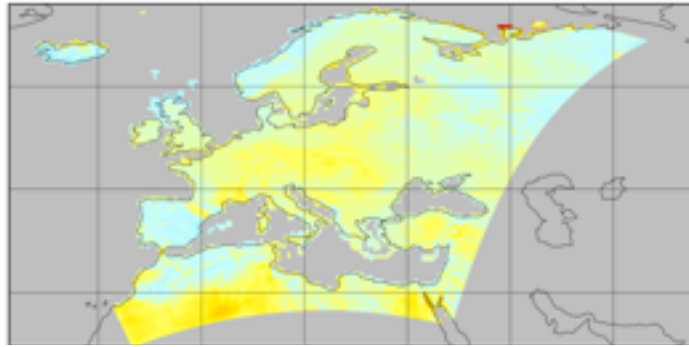
# Alacsony szélesség visszatérési idejének változása



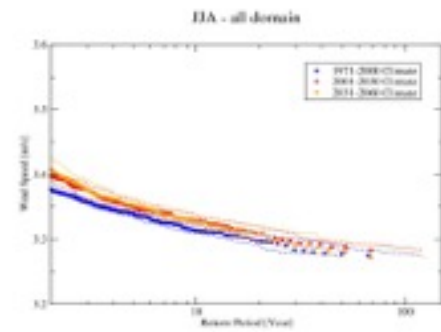
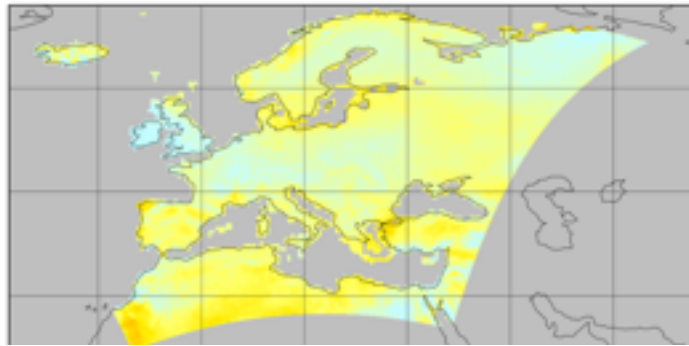
Tél



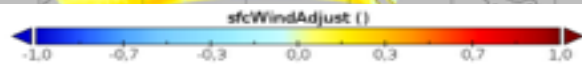
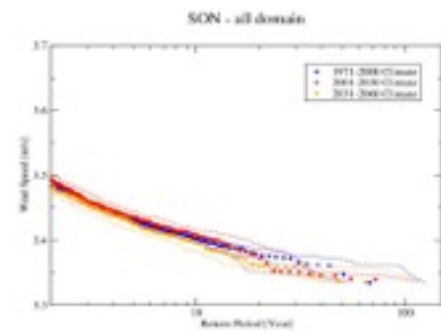
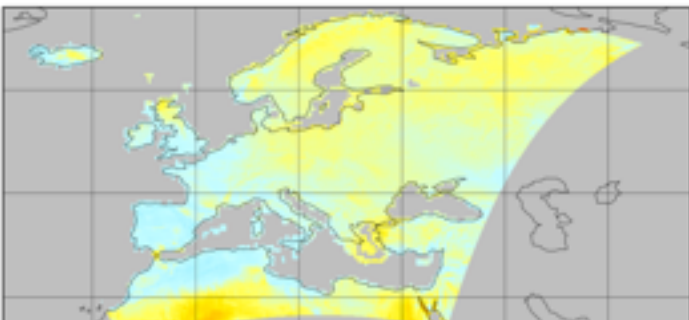
Tavaszi



Nyár



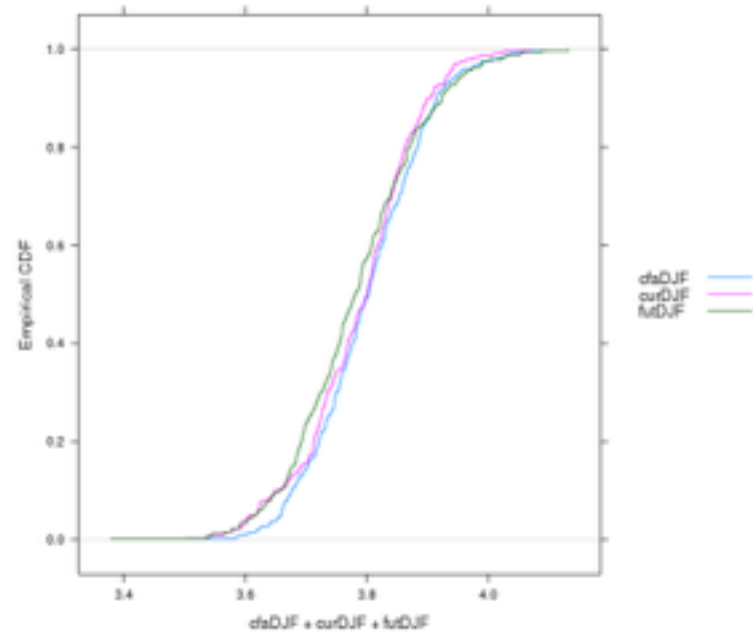
Ősz



# Eloszlásbeli változás

11 CORDEX szimuláció (rcp8.5)

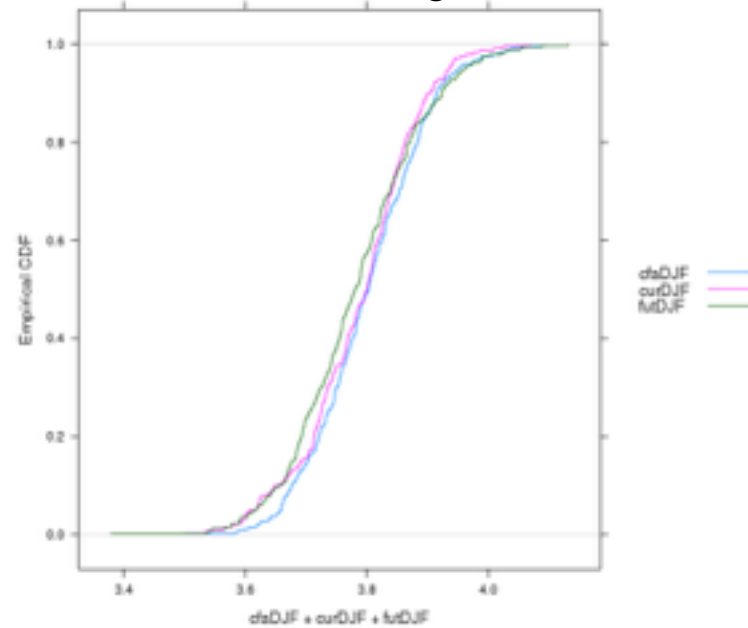
DJFmean



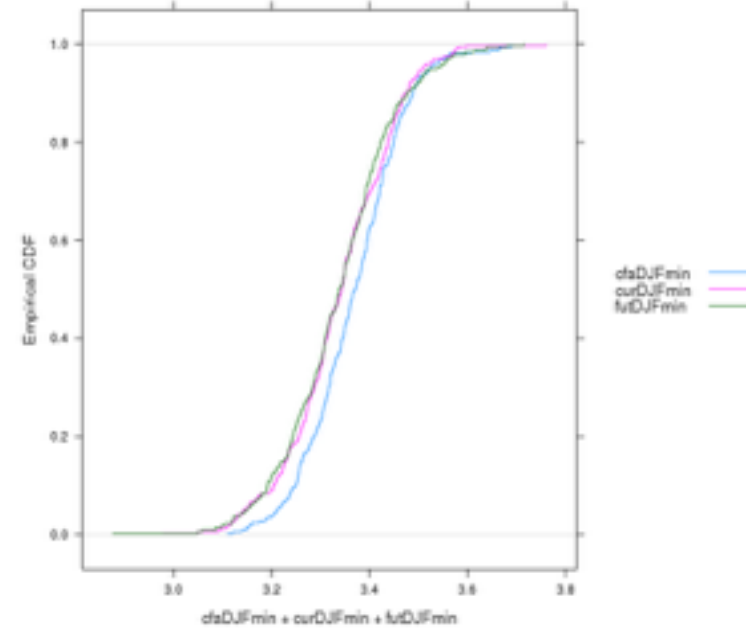
# Eloszlásbeli változás

## 11 CORDEX szimuláció (rcp8.5)

DJFátlag



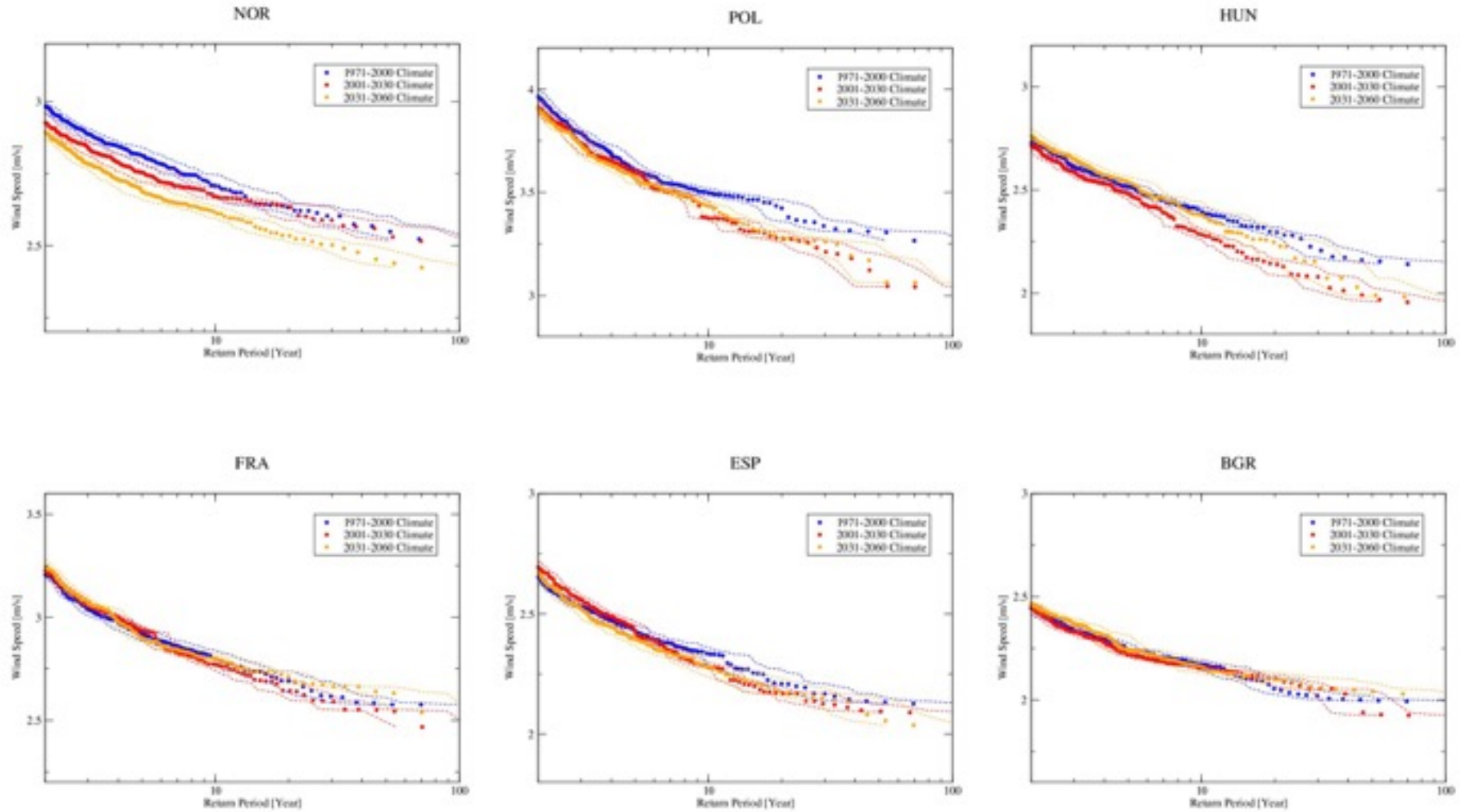
DJFmin  
legkisebb szélességgel rendelkező téli  
hónap



		Q.02	Q.05	Q.1	Q.25	Q.5	Q.75	Q.9
<b>DJF</b>	cfa vs fut	no	yes	no	yes	no	no	no
	cur vs fut	no	no	no	no	no	no	no
<b>DJFmin</b>	cfa vs fut	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no
	cur vs fut	no	no	no	no	no	no	no

szignifikancia teszt - Harrell-Davis estimator in conjunction with a percentile bootstrap

# DJFmin (rcp8.5) változása országonként



# Következtetések

- az alacsony szélességi értékekben tapasztalt változás jelentősebb mint az átlagértékek esetében tapasztalt változás;
- a téli időszak érintett leginkább az egyre gyakrabban bekövetkező alacsony szélességek előfordulásában;
- a változás már a jelen klímában tapasztalható;
- Európa északi és központi részében nő a szélenergia termelés éghajlati kockázata az alacsony szélességek megnövekedett gyakoriság miatt.

Köszönöm a figyelmet!