Valószínűségi szélelőrejelzések vizsgálata

- *Szűcs Mihály* (szucs.m@met.hu)
  Országos Meteorológiai Szolgálat

- Együttműködési lehetőségek a hidrodinamikai és légkördinamikai modellezésben II.

Tartalom

- Együttes (ensemble) előrejelzések
  - Az előrejelezhetőség korlátai a légkör modellezésében
  - Módszerek a bizonytalanságok számszerűsítésére
  - Az OMSZ korlátos tartományú ensemble előrejelző rendszeréről
- Felhasználási lehetőségek
  - Az előrejelzők számára
  - További felhasználók számára
- Valószínűségi előrejelzések utófeldolgozása
  - Bayesian Model Averaging (BMA) módszerről általánosan
  - BMA módszer használata szélelőrejelzések esetén

Az előrejelezhetőség korlátai

- A légköri előrejelzések mindig hibával terheltek. A hibák forrását két nagy csoportba sorolhatjuk:

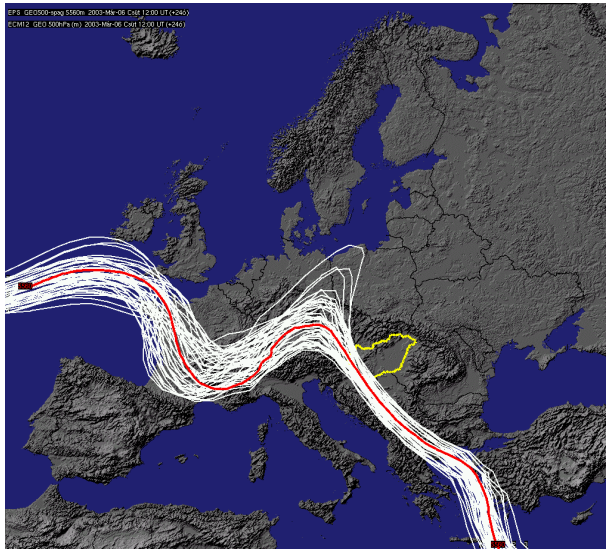
- **Belső hiba („God given”):**

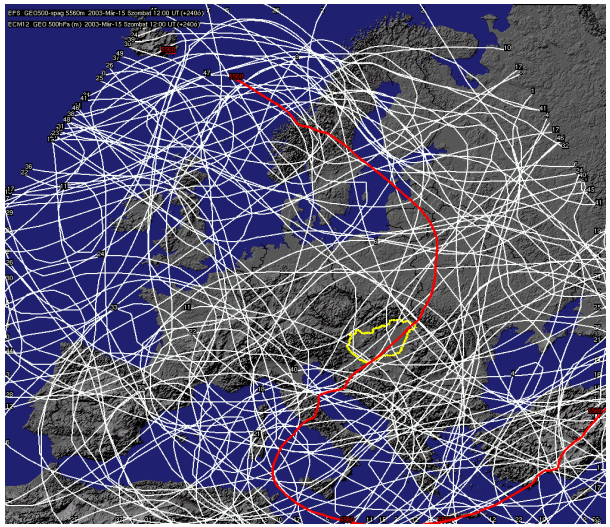
A kezdeti feltételben óhatatlanul fellépő bizonytalanságok, melyeket a légkör belső instabilitása és nemlinearitása növel meg.

- **Külső hiba („man made”):**

Az analízisünk és modell formuláink hibái. Ez azokkal a hiányosságokkal, pontatlanságokkal, közelítésekkel függ össze, melyeket a modellek megalkotása során elkövetünk.

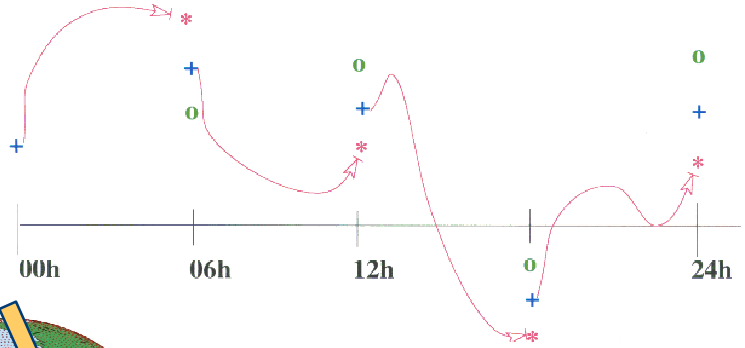
- A valóságban a kétféle hiba a valóságban összekapcsolódik

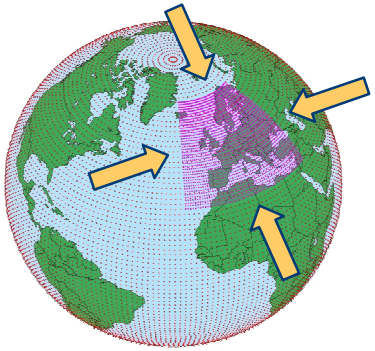


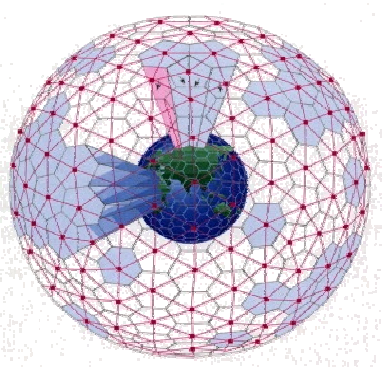


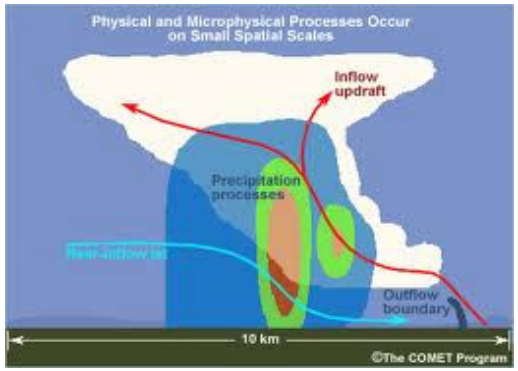
Az előrejelezhetőség korlátai

- A légköri előrejelzések hibáinak forrása a gyakorlatban:
  - **Kezdeti feltételek**
  - **Peremfeltételek** (korlátos tartományú modelleknél oldalsó peremfeltételek)
  - **Felszín** (pl.: talajhőmérséklet, talajnedvesség, hóvastagság)
  - A **HTDER diszkretizálása** (séma, koordináta rendszer, térképvetület, felbontás, időlépcső stb. megválasztása)
  - **Fizikai parametrizáció** (a modell felbontásánál kisebb skálájú jelenségek leírása)







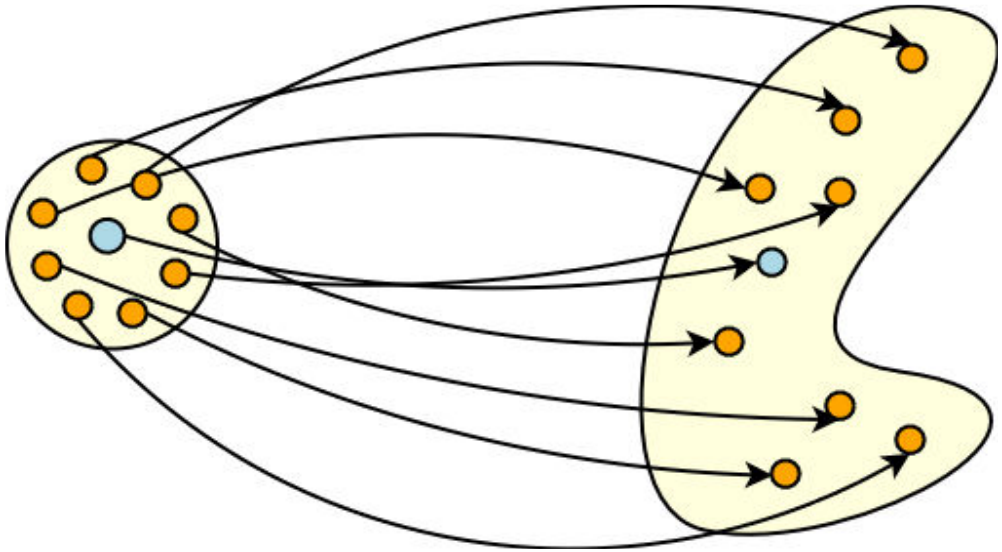


A bizonytalanságok számszerűsítése

- Megoldás az előrejelzés során eluralkodó bizonytalanságok számszerűsítésére:
  - **Ensemble** (együttes) előrejelzések készítése
  - **Nem egyetlen előrejelzés**t készítünk a „legjobbnak ítélt” kezdeti feltételből kiindulva, „legjobbnak ítélt” a módszerrel.
  - **Előrejelzések együttesét készítjük**, melyek a kezdeti feltételükben különböznek csekély mértékben (a bizonytalansági határon belül), vagy a modellintegrálás során használt módszerek eltérőek.

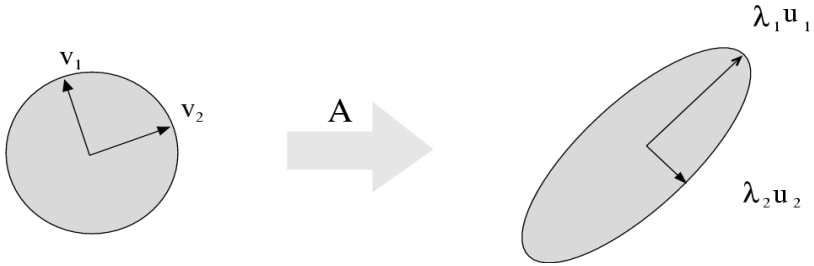
⇒ *valószínűségi megközelítés lehetségessé válik*

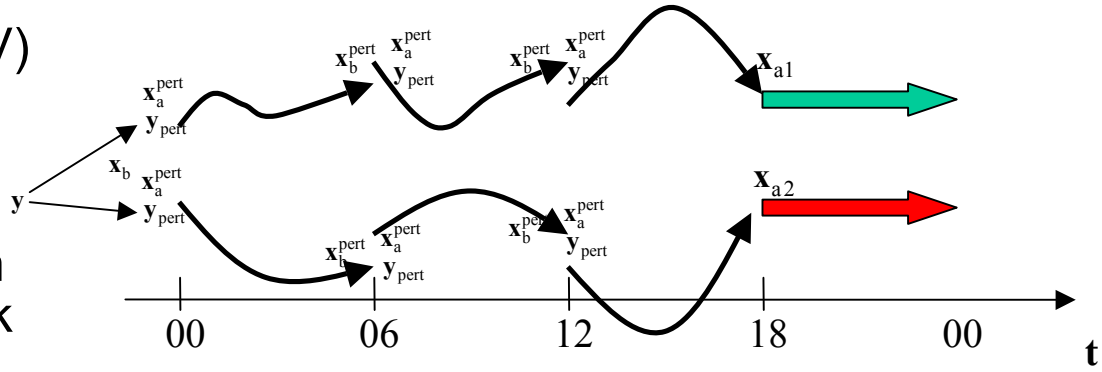
következtetni lehet az előrejelzés bizonytalanságára

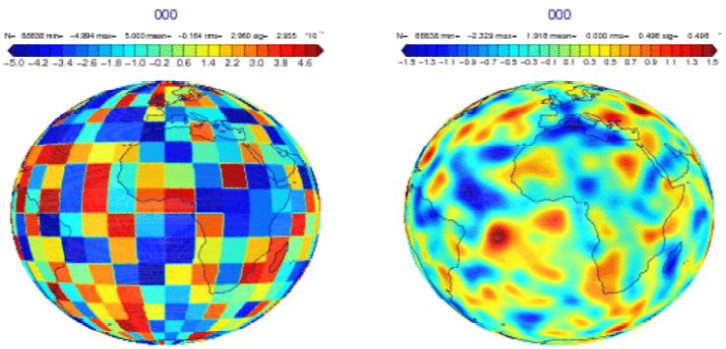


A bizonytalanságok számszerűsítése

- Ensemble előrejelzések készítésére több módszer is alkalmazható (a cél, hogy az előrejelzés készítése során fellépő **összes bizonytalanságot számszerűsítsük**):
  - Kezdeti feltétel perturbációk származtatása:
    - **Szinguláris vektorok** (SV) módszerével
    - Breeding (tenyésztéses) módszerrel
    - Az adatasszimiláció során alkalmazott megfigyelések perturbálása (**Ensemble adatasszimiláció - EDA**)
  - Multi-analízis ensemble
  - Multi-modell ensemble (modellek felírásában rejlő bizonytalanságok)
  - Fizikai parametrizációk bizonytalanságai (multi-fizika, **sztochasztikus fizika**)



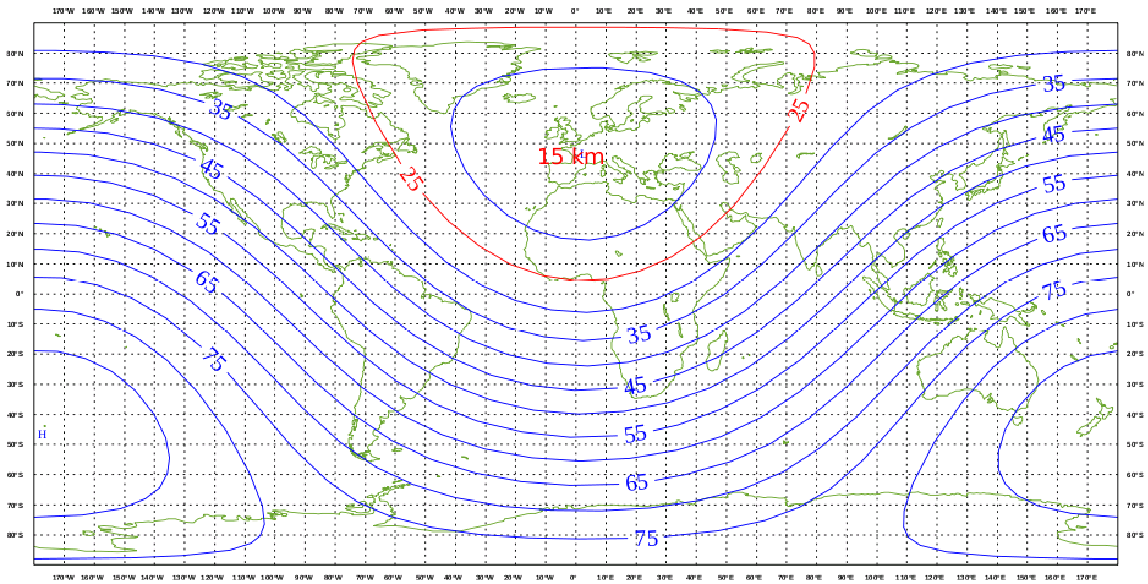




LAMEPS az OMSZ-ban
A leskálázott globális modell

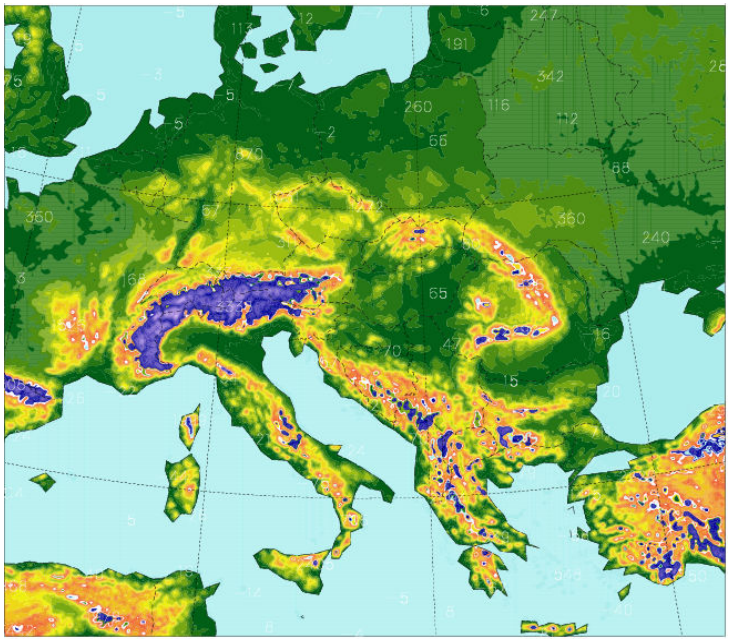
- LAMEPS= Limited Area Modelling Ensemble Prediction System
- A Météo-France globális modelljét (ARPEGE) használó ensemble rendszer: **PEARP**
- Napi két futás:
  - 06 UTC
  - **18 UTC**

	PEARP 3.0
Bevezetés	2010 december
Perturbációk	**SV+EDA**
Multi-fizika	**Igen**
Felbontás	T538C2.4L65
Tagok száma	35



LAMEPS az OMSZ-ban
Az ALADIN-nal hajtott lokális EPS

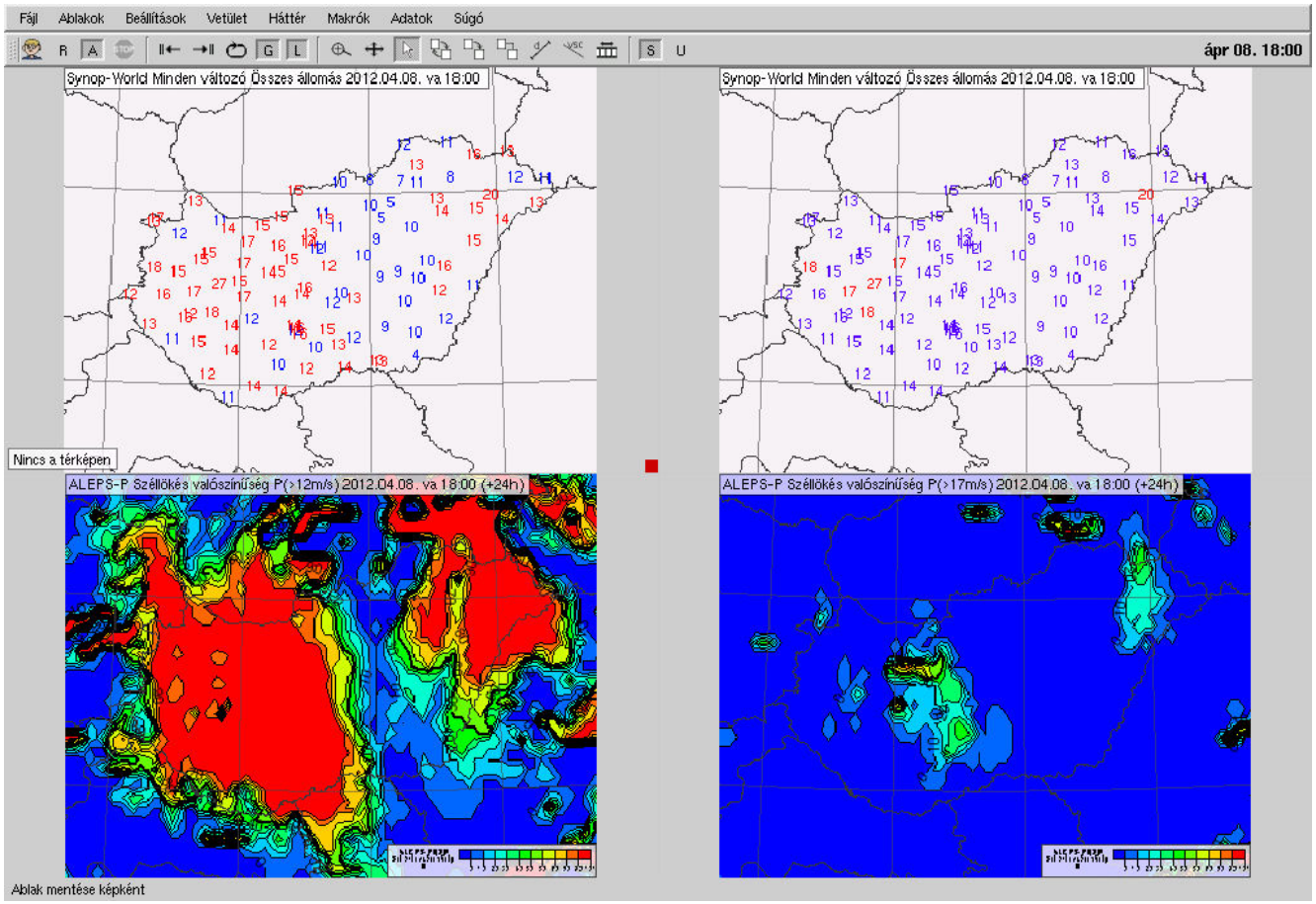
- A kezdeti- és peremfeltételeket a PEARP első 11 tagjából nyerjük dinamikus leskálázással
- A meglévő perturbációk is a globális modellből érkeznek
- **Kísérletek lokális perturbációk hozzáadására (SV és EDA)**



	LAMEPS adatok
Futás	18 UTC-kor +60 órára
Horizontális felbontás	8km
Vertikális felbontás	49 szint
Időlépcső hossza	300 másodperc
Tagok száma	11
Lokális perturbáció	Nincs
Lokális megfigyelés	Nincs

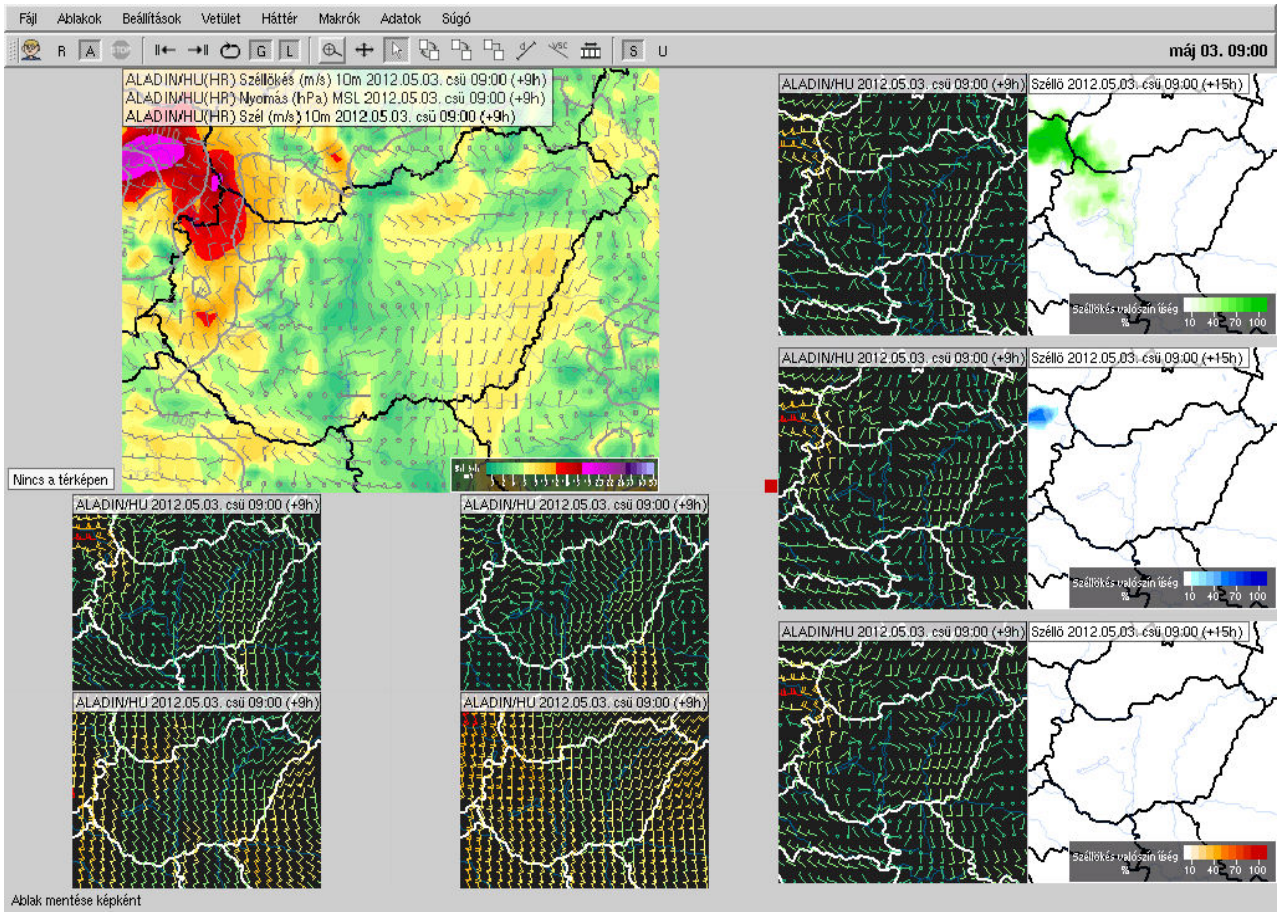
Felhasználás – Előrejelzésben

- 12 (bal oldal) és 17 (jobb oldal) m/s feletti széllökések valószínűsége a LAMEPS alapján (alul)
- Mért széllökés értékek (felül)



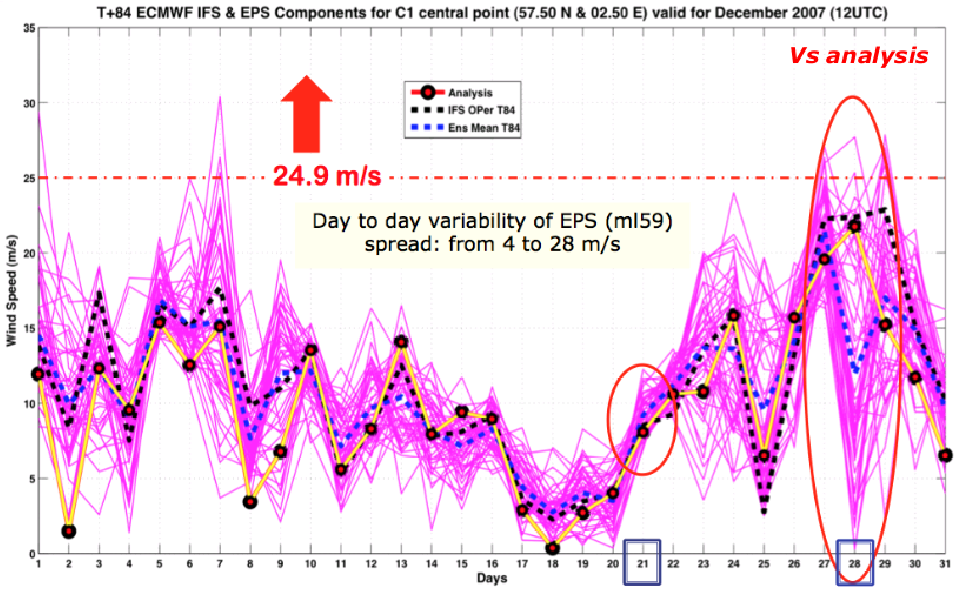
Felhasználás – Előrejelzésben

- Egy előrejelzői HAWK makró, 12, 17 és 25 m/s széllökés valószínűségi értékekkel



Felhasználás – Más területeken

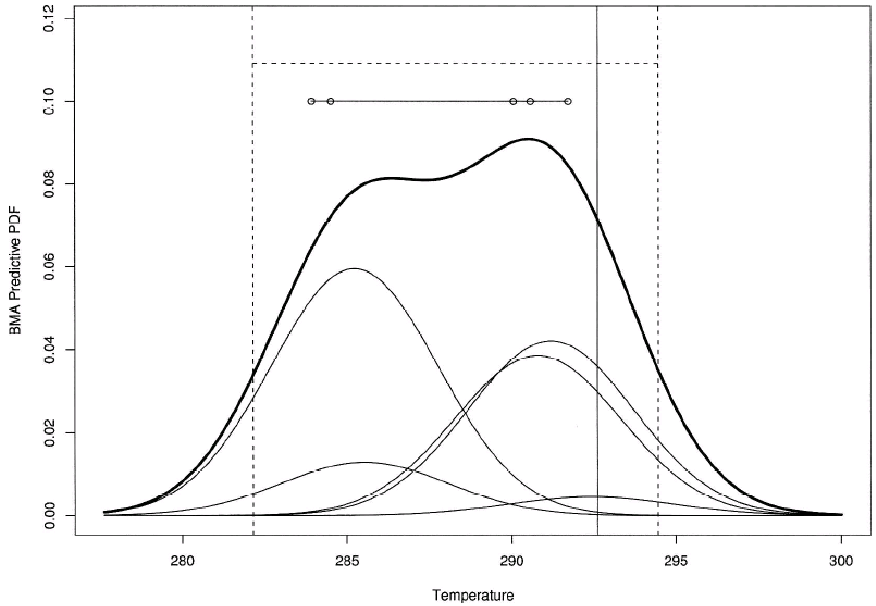
- Szélfarmok **termelésének tervezése**kor használják az ensemble előrejelzéseket Európában.
- Fontos tudni, hogy mekkora eséllyel lesz **kritikus érték** felett a szélsebesség - esetleges leállítás
- A várhatóan termelt energiával kereskednek a piacon -**változó költségfüggvény**
- Természetesen a szélelőrejelzésre alapozott számításokban is lehetnek **bizonytalanságok** -ezek szintén számszerűsíthetők lennének



Utófeldolgozás – BMA kalibráció

- BMA = Bayesian Model Averaging
- Először multi-modell rendszerekhez alkalmazták: Nem csupán K db előrejelzést akarunk tekinteni, hanem egy -az előrejelezni kívánt paraméterhez illeszkedő- eloszlásfüggvényt megadni előrejelzésként.
- A kívánt eloszlásfüggvény K db eloszlásfüggvény összegeként áll elő, ahol a súlyokat és az eloszlások paramétereit egy tanulóidőszak adatai alapján becsülhetjük meg.

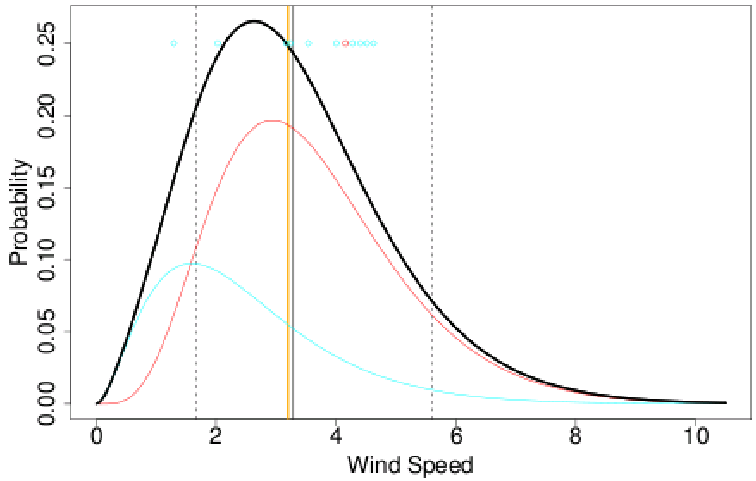
$$p(y|f_1, \ldots, f_K) = \sum_{k=1}^{K} w_k g_k(y|f_k),$$



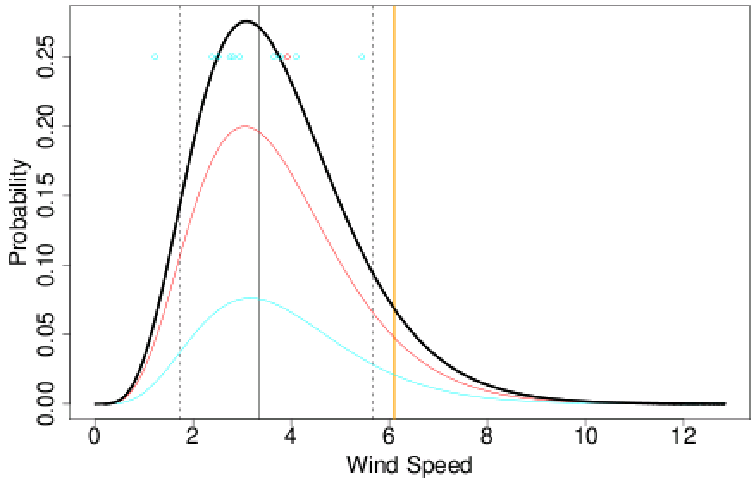
Utófeldolgozás
BMA kalibráció LAMEPS szélelőrejelzésre

- Szelet gamma eloszlásúnak feltételeztük
- A kontroll tag a perturbálatlan analízisből indított előrejelzés, amit különbözőnek (vélhetően jobb minőségűnek) tekintünk. Többi tíz tagot nem különböztetjük meg.

$$p(x|f_c, f_{\ell,1}, \ldots, f_{\ell,10}; b_0, b_1, c_0, c_1) = \omega g(x; f_c, b_0, b_1, c_0, c_1) + \frac{1-\omega}{10} \sum_{j=1}^{10} g(x; f_{\ell,j}, b_0, b_1, c_0, c_1),$$



(a)



(b)

Utófeldolgozás
BMA kalibráció LAMEPS szélelőrejelzésre

- Szelet gamma eloszlásúnak feltételeztük
- A kontroll tag a perturbálatlan analízisből indított előrejelzés, amit különbözőnek (vélhetően jobb minőségűnek) tekintünk. Többi tíz tagot nem különböztetjük meg.

	Mean CRPS	MAE		RMSE	
		median	mean	median	mean
Raw ensemble	0.8599	1.1215	1.1090	1.4634	1.4440
BMA model (3.1)	0.7577	1.0678	1.0763	1.4213	1.4067
BMA model (3.2)	0.7556	1.0643	1.0749	1.4153	1.4018

- A BMA utófeldolgozással kapcsolatos forrásért és még több információért lásd: Baran Sándor, Nemoda Dóra, Horányi András, 2012: Probabilistic wind speed forecasting in Hungary, arXiv:1202.4442v3 [stat.AP]

Köszönöm a figyelmet!