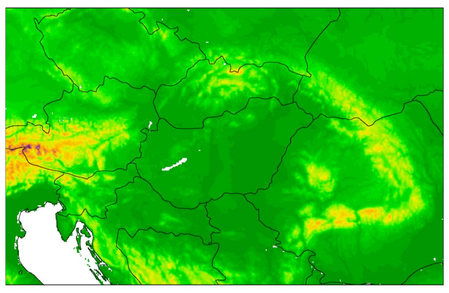
Felszíni adatasszimilációs kihívások és fejlesztési lehetőségek numerikus előrejelző modellben

Tóth Helga és Szintai Balázs
Országos Meteorológiai Szolgálat
toth.h@met.hu

Új felszíni adatasszimilációs módszer beépítése az AROME/HU előrejelző modellbe

Operatív AROME/HU modell

- Nem-hidrosztatikus numerikus előrejelző modell
- 2.5 km horizontális felbontás
- 60 vertikális szint
- +48 és +36 órára előre
- Napi 8x fut (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 és 21 UTC-kor)
- Légköri határfeltételek az ECMWF-IFS modellből órás felbontással
- Talajmodell: SURFEX 8.0
- Kezdeti feltételek előállítása (adatasszimiláció):
  - 3D-Var a magaslégkörben (SYNOP, TEMP, GNSS, repülőgépes mérések)
  - OI-MAIN a felszínen (2022. 06. 29-ig)



AROME/HU tartomány

Operatív felszíni adatasszimiláció: OI-MAIN

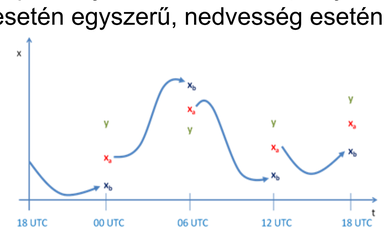
Cél: pontosabb ***talaj hőmérséklet*** és ***nedvesség*** analízis (x_a) előállítása a modellben. Az analízis optimális kombinációja a modell előrejelzésnek (háttér, x_b) és megfigyeléseknek (y).

Módszer:

- SYNOP T2M és RH2M megfigyelések optimális interpolációja a modell rácsra, majd
- A háttérhibák extrapolálása a talajra (hőmérséklet esetén egyszerű, nedvesség esetén kicsit bonyolultabb)

$$\Delta TG_1 = \Delta T_{2m} = T_{2M_b} - T_{2M_obs}$$
$$\Delta TG_2 = \frac{\Delta T_{2m}}{\pi}$$

$$\Delta wg_1 = \alpha_1^T \Delta T_{2m} + \alpha_1^{RH} \Delta RH_{2m}$$
$$\Delta wg_2 = \alpha_2^T \Delta T_{2m} + \alpha_2^{RH} RH_{2m}$$



A módszer hibái: pl. csapadék, nagy szél esetén, nagy borultság értékek esetén nem működik, nehezen kiterjeszthető más típusú megfigyelésekre, pl műhold

Új felszíni adatasszimilációs módszer: Kiterjesztett Kálmán-Filter (SEKF)

Cél: fejlettebb és lehetőleg PONTOSABB felszíni asszimiláció bevezetése az operatív gyakorlatba

Kiindulás: ugyanúgy SYNOP T2M és RH2M + háttér modell előrejelzés + feltételezések (pl. megfigyelések bias mentesek) => keressük a legjobb analízist a talaj nedvességére és hőmérsékletére => legjobb becslés: **BLUE**

$x_a = x_b + \mathbf{K}(y - H(x_b))$ => **K** és **H** dinamikusan változó mátrixok meghatározása a **Kálmán-filter** célja

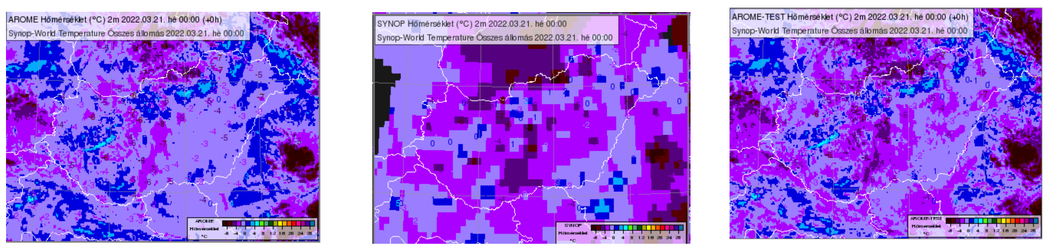
Tesztelés, eredmények kiértékelése

- Száraz, anticiklonális időjárás esetén pontosabb 2 m-es hőmérséklet előrejelzést tud adni az SEKF

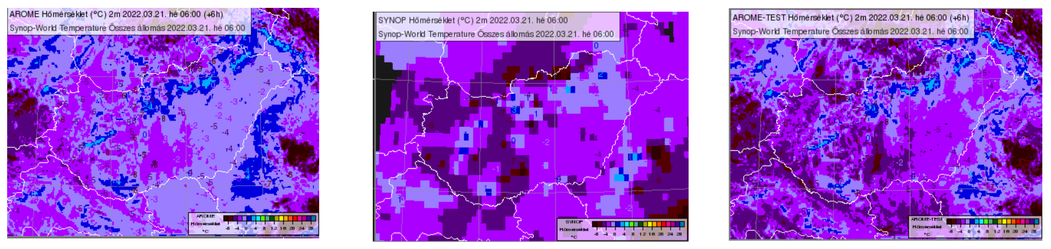
2022. 03. 21. 0 UTC

OPER | SYNOP | SEKF

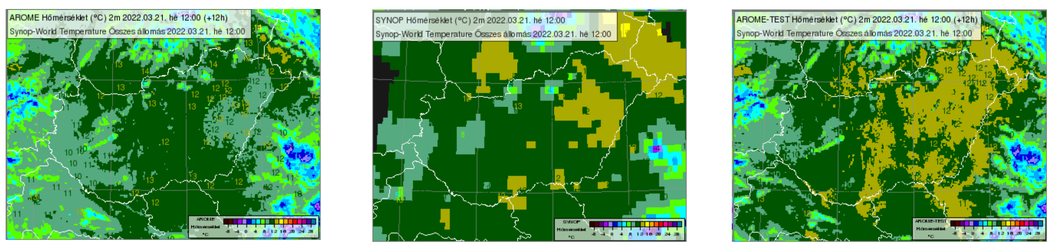
+ 0 óra



+ 6 óra



+ 12 óra

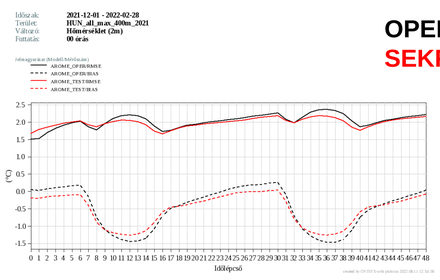


- Objektív verifikáció

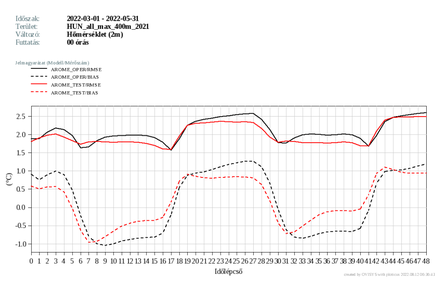
Mind télen, mind tavasszal tudott javítani a 2 m-es hőmérséklet és harmatpont előrejelzésen az új talajfelszín asszimiláció

=> **SEKF operatív 2022. 06. 29 óta**

2m-es hőmérséklet, 2021-22 tél

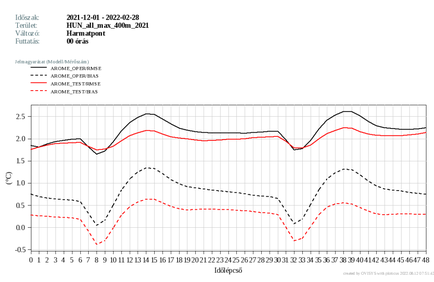


2m-es hőmérséklet, 2022 tavasz

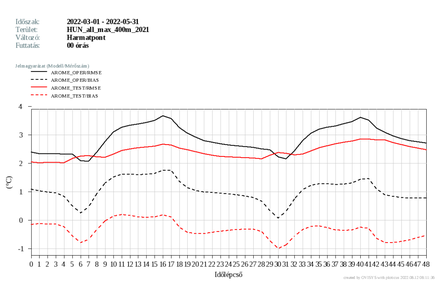


OPER
SEKF

2m-es harmatpont, 2021-22 tél



2m-es harmatpont, 2022 tavasz



Tervek:
Műholdas mérések (Felszíni nedvesség és hőmérséklet) asszimilációja SEKF-fel.

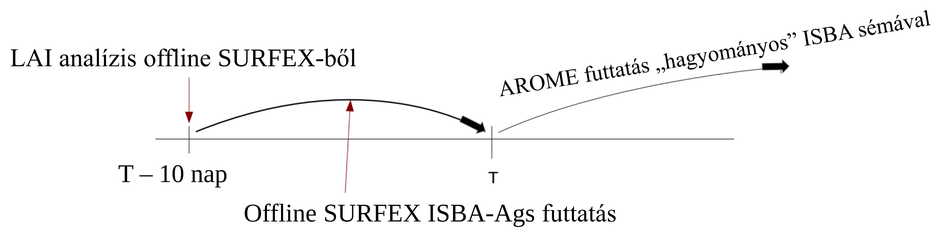
Prognosztikusan számolt levélfelületi index hatása az AROME modell előrejelzésére

Levélfelületi index numerikus előrejelző modellekben

Napjaink numerikus időjárás előrejelző (NWP) modelljeiben a levélfelületi indexet (LAI) ún. külső paraméterként kezelik, tehát egy külső (műholdas) adatbázis alapján több év méréseiből számolnak havi átlagokat, amelyeket az NWP modell minden futás elején beolvas. Ez a módszer a vegetációs anomáliákat nem tudja megfelelően leírni, tehát pl. egy aszályos évben, amikor a LAI értékek az átlagosnál alacsonyabbak (elsősorban a nem öntözött mezőgazdasági területeken), akkor felülbecsli a növényzet fejlettségét, és így rosszul jelezheti előre a felszíni fluxusokat.

Prognosztikus LAI használata

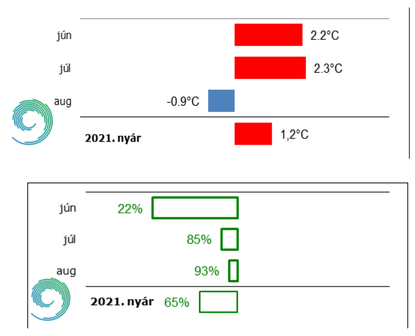
A fenti problémára megoldást jelenthet, ha a LAI értékét nem egy statikus külső adatbázisból vesszük, hanem műholdas LAI méréseket használunk fel. Ezekkel viszont az a probléma, hogy a legtöbb nagy felbontású műholdas LAI produktum 10-15 napos késéssel áll csak rendelkezésre, amely egy naponta többször futtatott operatív NWP modell esetében nem megfelelő. A probléma megoldására a következő módszert dolgoztuk ki az OMSZ-nál: az operatív AROME modellel párhuzamosan futtatjuk a SURFEX felszíni modell offline (az AROME-mal csak egyirányú kapcsolatban álló) változatát prognosztikus vegetációs séma (ISBA-Ags) használatával, amelyet a Sentinel-3 műhold LAI méréseivel pontosítunk SEKF adatasszimilációs módszer alkalmazásával. Így az aktuális időponthoz (T) képest 10 nappal korábban (T-10 nap) meg tudjuk adni a vegetáció pontos állapotát. Ezután a prognosztikus vegetációs sémát alkalmazó offline SURFEX modellt 10 napra előre futtatjuk és így megkapjuk a vegetáció állapotát a T időpontban, amelyet már fel tudunk használni az operatív AROME modellben, a külső adatbázison alapuló „klimatológiai" LAI helyett.



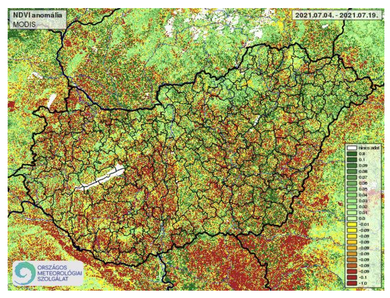
A munka során használt **ISBA-Ags** prognosztikus vegetációs séma a természetes földfelszínt 12 ún. patch-re osztja (kopár felszín, jégtakaró, természetes gyep, lombhullató és tűlevelű, C3 és C4-es szántóföldi növények, stb..), és ezekre külön-külön számolja a felszín feletti biomassza (és az ebből származtatott LAI) változását egy egyszerűsített fotoszintézis séma használatával.

2021 nyári aszály

A prognosztikus LAI-t használó rendszer működését a 2021-es év nyarán keresztül mutatjuk be. 2021-ben a hűvös tavaszt forró és száraz nyár követte. Júliusban és augusztusban a Dél-Alföld és a Vajdaság területén súlyos aszály alakult ki amelynek hatására a kukorica jelentős károkat szenvedett (az öntözött területek aránya ebben a régióban elenyésző).



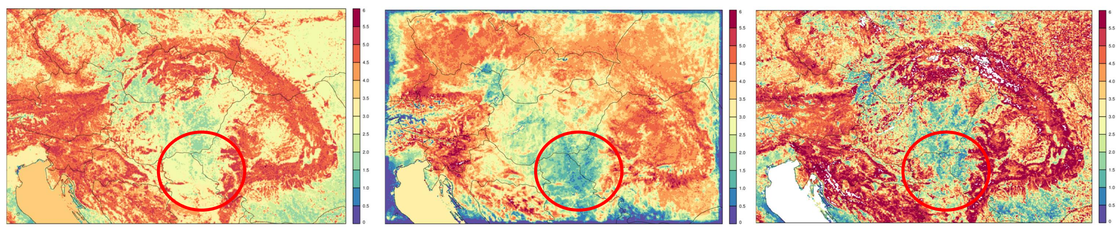
Hőmérsékleti (fent) és csapadék (lent) anomáliák magyarországi mérőállomások rácspontokra interpolált adatainak alapján.



Megfigyelt NDVI anomália 2021 július (a piros színek az alulfejlett vegetációt jelzik)

Alulfejlett kukoricatáblák a Dél-Alföldön

A külső adatbázisból számított „klimatológiai" LAI felülbecsülte a vegetáció fejlettségét a Dél-Alföld és a Vajdaság területére, míg a prognosztikus vegetációt használó SURFEX ISBA-Ags jóval közelebb állt a valósághoz.

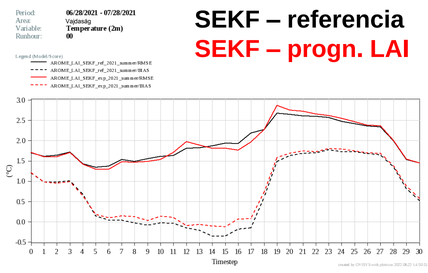


LAI értékek 2021. július 15-én: külső adatbázisból számított „klimatológiai" LAI (bal); SURFEX ISBA-Ags –sel számított prognosztikus LAI (középen); a Sentinel-3 műhold méréseiből származtatott LAI produktum (jobb). Piros kör jelöli az aszályos területet.

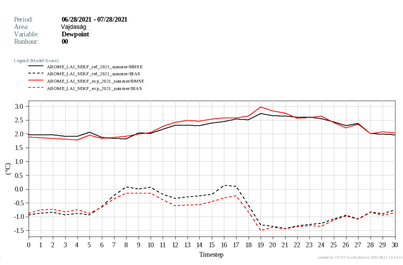
Objektív verifikáció

A prognosztikus LAI-t használó AROME modell előrejelzéseit összehasonlítottuk az operatív („klimatológiai" LAI-t használó) AROME előrejelzésekkel egy négy hetes időszakra 2021 nyarán. A teljes AROME tartományra végezve a verifikációt az új modellverzió neutrális hatást eredményez. Ha a verifikációt leszűkítjük az aszályos térségre, akkor a 2 méteres hőmérsékletben enyhe javulást, a harmatpontban enyhe romlást tapasztalunk (a többi paraméter továbbra is neutrális).

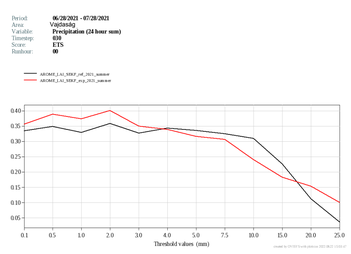
SEKF – referencia
SEKF – progn. LAI



2m-es hőmérséklet



2m-es harmatpont



Csapadék

Tervek

A LAI pontosítására szolgáló fent leírt módszert az OMSZ által operatívan futtatott AROME modellbe szeretnénk implementálni a közeljövőben. Egyúttal tervezzük a SURFEX offline modell légköri meghajtásának pontosítását is. Jelenleg a légköri meghajtásra az AROME-ból számítjuk a meteorológiai mezőket (pl. felszínközeli hőmérséklet és szél, csapadék, sugárzás), ezek nagy részét azonban mérésekből lenne célszerű származtatni.