



A városi csapadék számszerű előrejelzése és adat továbbítás

URBAN PREX

„Extrém csapadék és villámárvíz monitoring, előrejelzés és korai figyelmeztető rendszer fejlesztése a Magyar-Szerb határon átnyúló régió városi területeire,, – URBAN-PREX projekt sajtónyilvános záró konferencia

2019. október 25. 10:45 – 11:00

Gyöngyösi András Zénó (SzTE)

zeno@nimbus.elte.hu



The project is co-financed by the
European Union

*Good neighbours
creating
common future*



MOTIVÁCIÓ

I Korábbi sikeres városi hősziget modellezési eredmények felhasználásával csapadék-előrejelző modellrendszer kialakítása, mely alkalmas a városi villámárvizek kialakulásáért is felelős, nagy-csapadékos helyzetek rövid- és középtávú előrejelzésére.

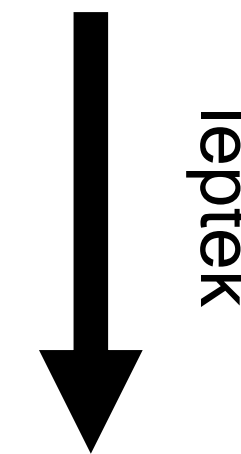
Egy ilyen rendszer a feladathoz hangolt, speciális infrastruktúrát igényel, úgy is mint:

- korszerű, nagy teljesítményű számítási kapacitás (h/w: 48CPU, 3.2GB SSD, 128GRAM, 100TBHDD);
- adekvát és megfelelően beállított, korlátos tartományú numerikus időjárás előrejelző, szimulációs modell (s/w);
- megfelelő bemenő adatok (statikus/földrajzi és időfüggő/meteorológiai input);
- nagy sűrűségű (helyi) csapadékmérési adat verifikációhoz (paraméter finomhangolás) és adatasszimilációra
- modell output utófeldolgozás (pl.: csapadék fajták meghatározásához);
- megjelenítés és további adat továbbítás a felhasználóknak, projekt többi résztvevőjének (riasztás, intézkedési lánc indítása, felkészülés, kárenyhítés).



KIHÍVÁSOK – LEHETŐSÉGEK – MEGOLDÁSOK

- I A városi hősziget modellezéssel ellentétben a csapadékot kiváltó folyamatok legtöbbjét nem helyi hatások alakítják;
- I A csapadék eloszlás igen nagy tér- és időbeli változékonyságot mutat (az események detektálása is problematikus);
- I Egyes nagy-csapadékot adó helyzetek szimulálása a modellezés széles tartományát igényli:
 - konvekció (zivatarok heves záporral);
 - magassági hidegcsepp;
 - Genovai (mediterrán) ciklon;
 - polárfronti ciklonok hideg okklúziós frontjában beágyazódott zivatarcellák heves záporai;
 - „Medárd”, az európai monszun.
- I A különböző kihívások különböző megoldásokat kívánnak: Különféle ~
 - ı méretskála (folyamatok nagyságrendje);
 - ı mozgásrendszerek (konvekció, cirkuláció, stb.);
 - ı kényszerek (sugárzás, orográfia, stb);
 - ı egyensúlyok (hidrosztatika, geosztrófia, baroklinitás, stb.).
- I Eltérő modellezési megközelítések szükségesek
- I DE: Szeged – Újvidék: hasonló földrajzi és éghajlati adottságok: hasonló igények és kihívások, az együttműködés kölcsönösen előnyös (nem kell mindenkinek külön-külön “újra feltalálni a kereket”...).



Konvekció

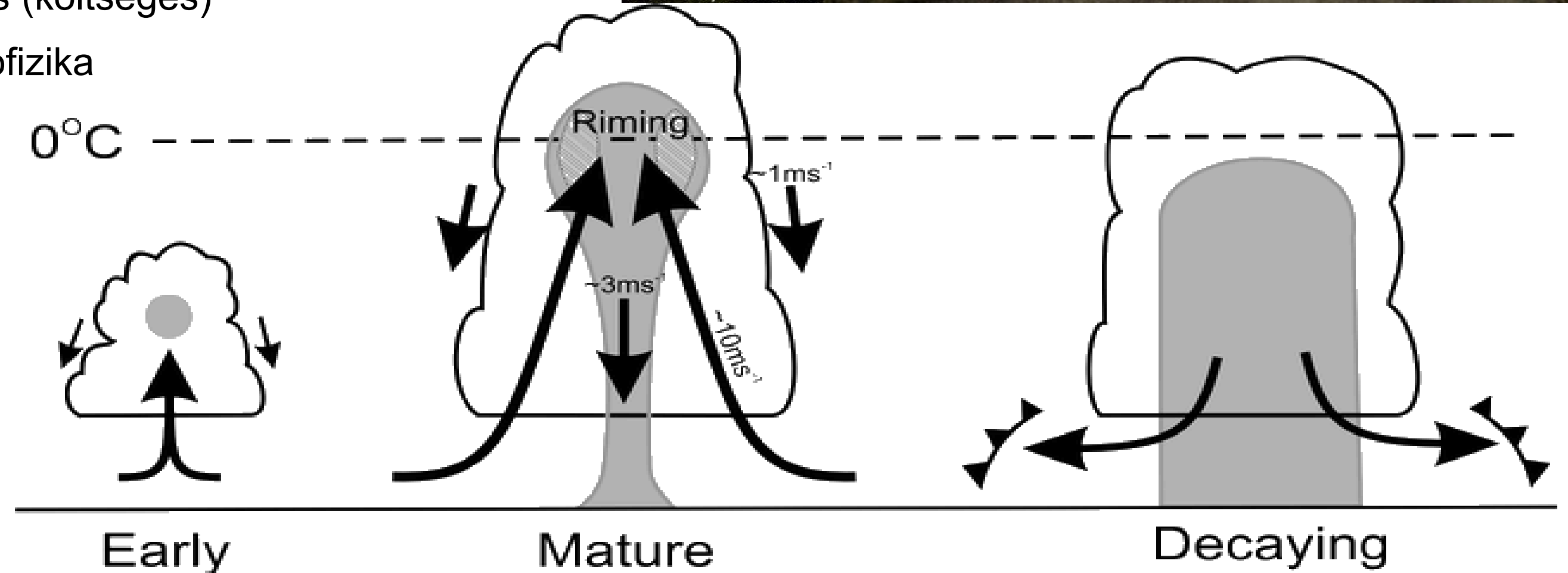
I Látványos és heves jelenségek, széleskörű irodalommal rendelkezik

I Kihívások

- ▮ a rácsfelbontás feletti és alatti nagyságrendbe esik (szürke zóna)
- ▮ csapadék és felhőképződés (mikrofizika)
- ▮ stabilitás
- ▮ kihullható vízmennyiség ismerete (változékony, és kevés az adat)

I Lehetőségek

- ▮ nagy-felbontású, beágyazott modellezés (költséges)
- ▮ több-momentumos, és több fázisú mikrofizika
- ▮ GNSS adatok
- ▮ lokális rádiószonda vagy UAV mérések
- ▮ Talajnedvességi ~
- ▮ Labilitási adatok
- ▮ Adatasszimiláció





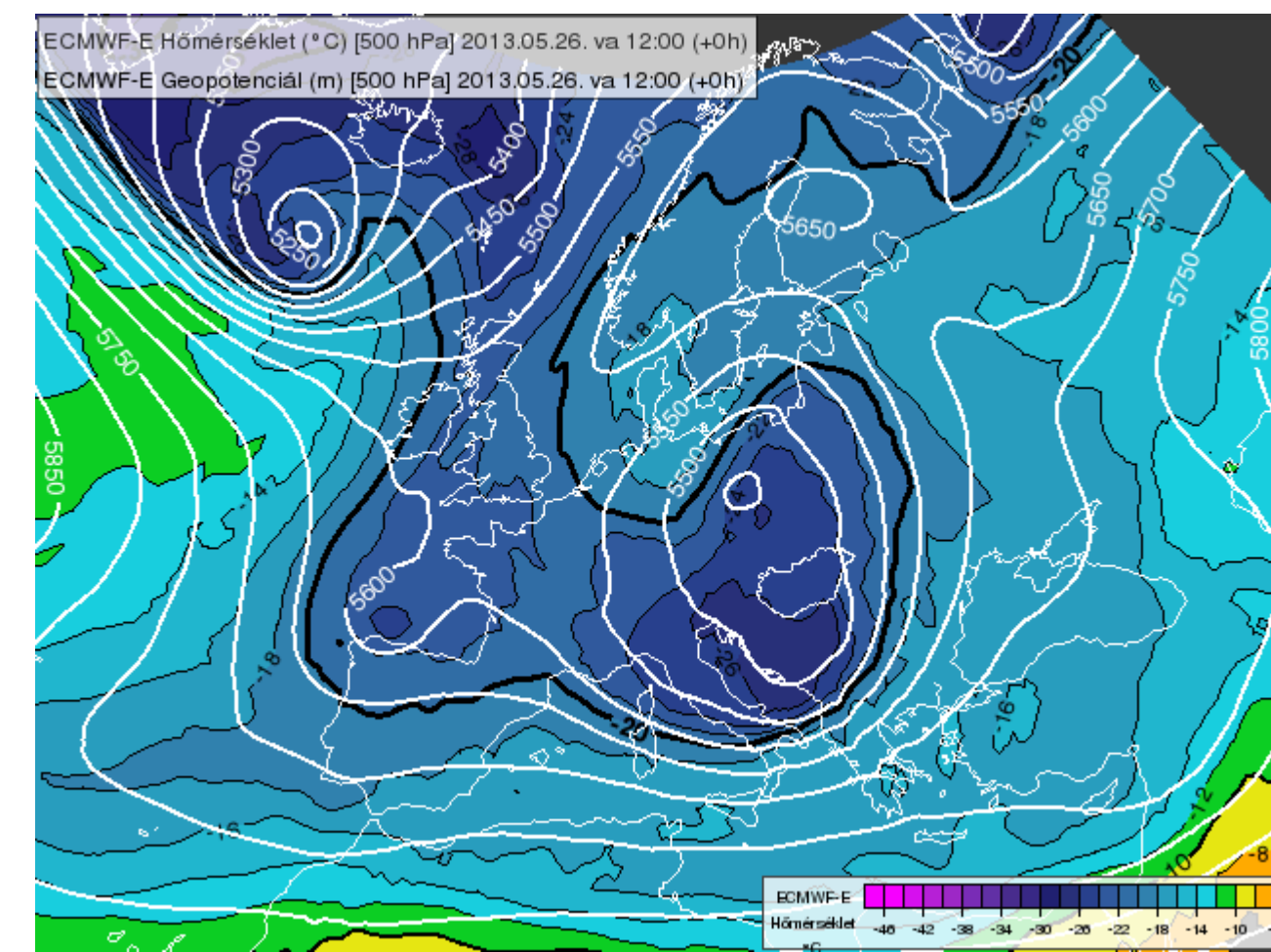
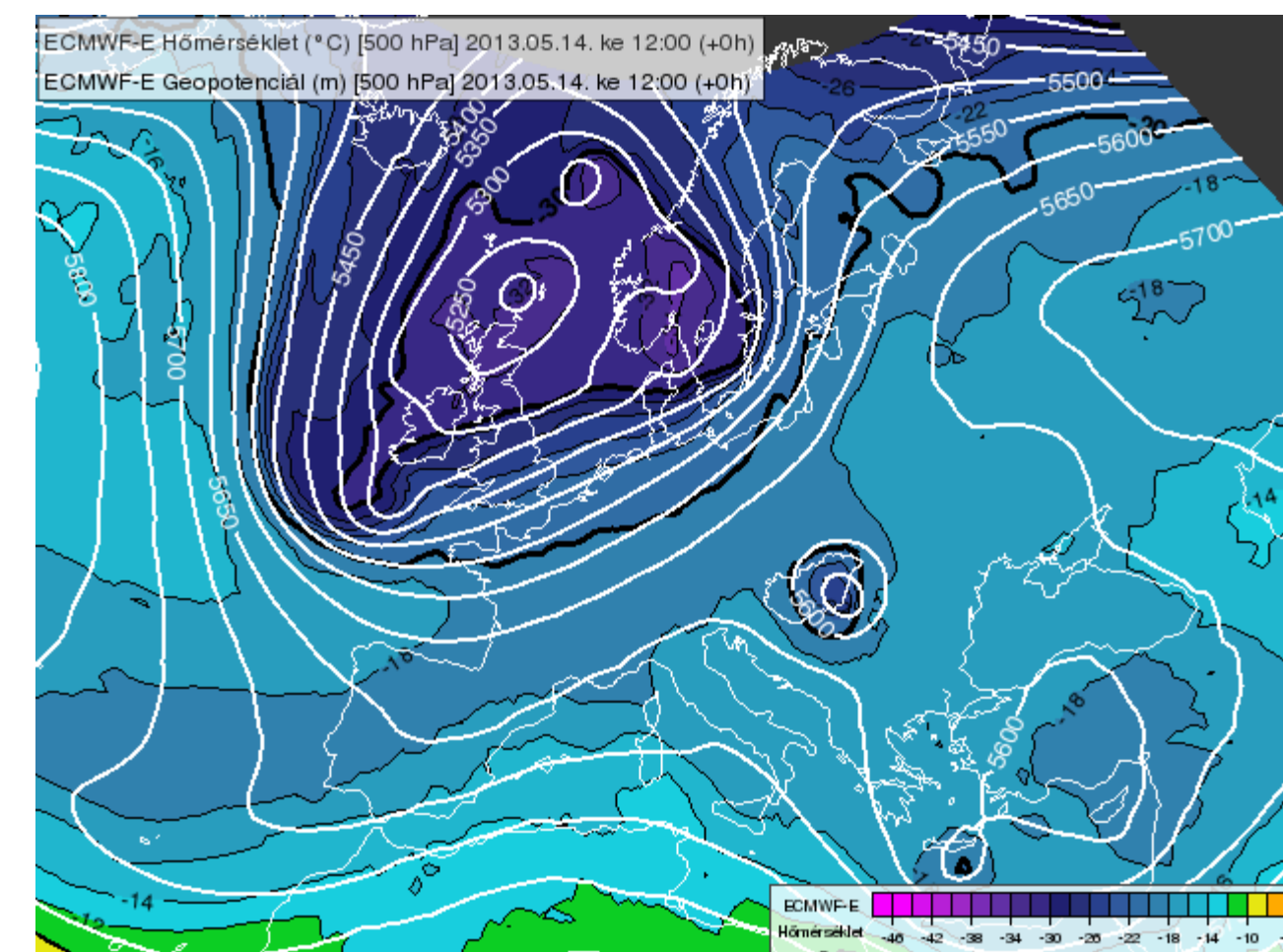
Magassági hidegcsepp

I Kihívások

- ▮ Felső troposzféra ($P < 500 \text{ hPa}$) cut-off ciklogenezissel létrejövő hideg anomália
- ▮ Poláris télen felhalmozódott légtömegből (Április – Június)
- ▮ Pozitív relatív potenciális örvényesség
- ▮ Felszínen általában nem jelenik meg sem cirkulációs sem nyomás anomália
- ▮ N x 100 km kiterjedés
- ▮ Intenzív mélykonvekciós (TS SH) aktivitás jellemzi, főleg nyáron
- ▮ Magassági hideg teknőkhöz kapcsolódik
- ▮ A forrása adatszegény területeken van
- ▮ Nehezen előrejelezhető trajektória

I Lehetőségek

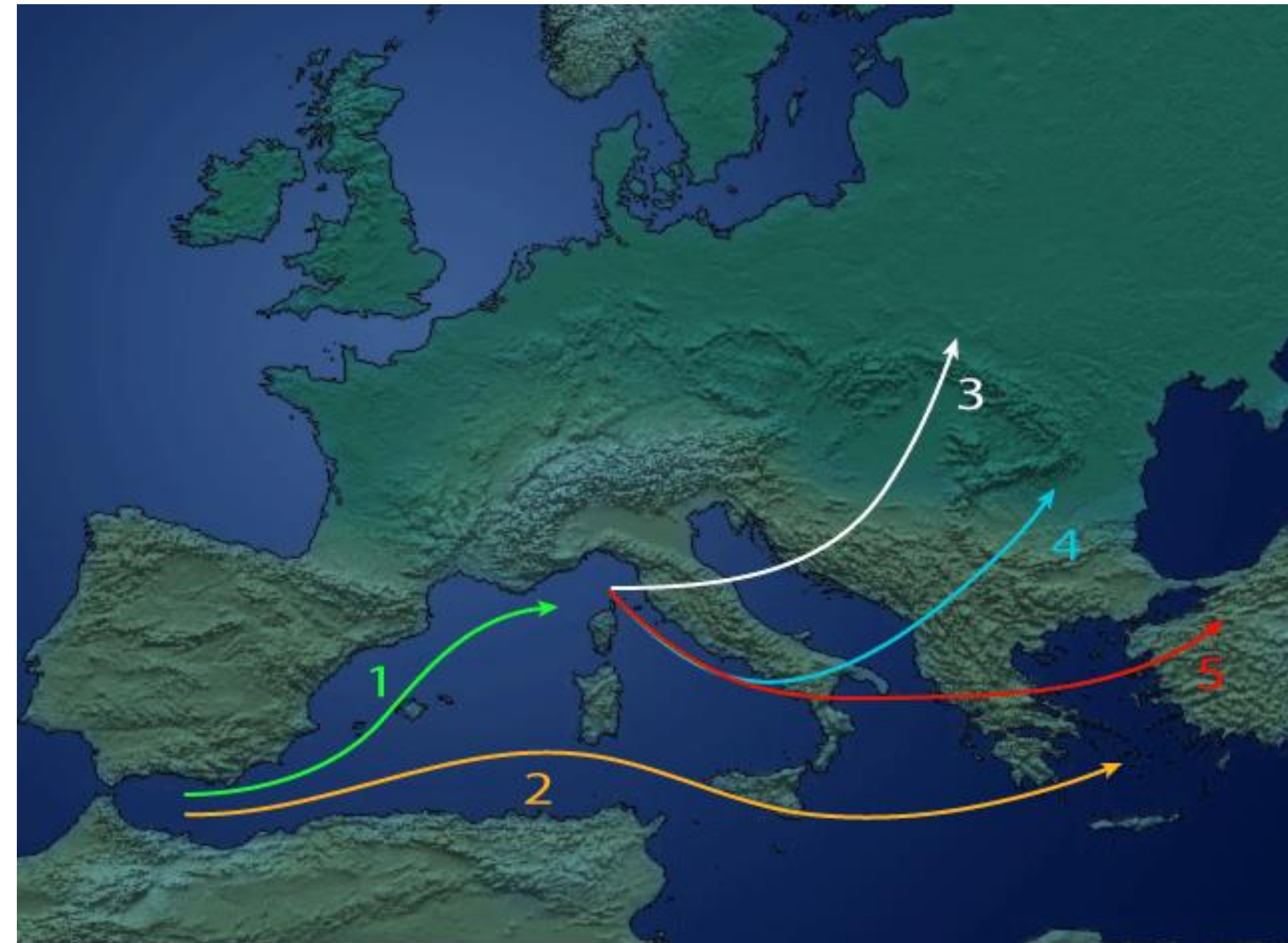
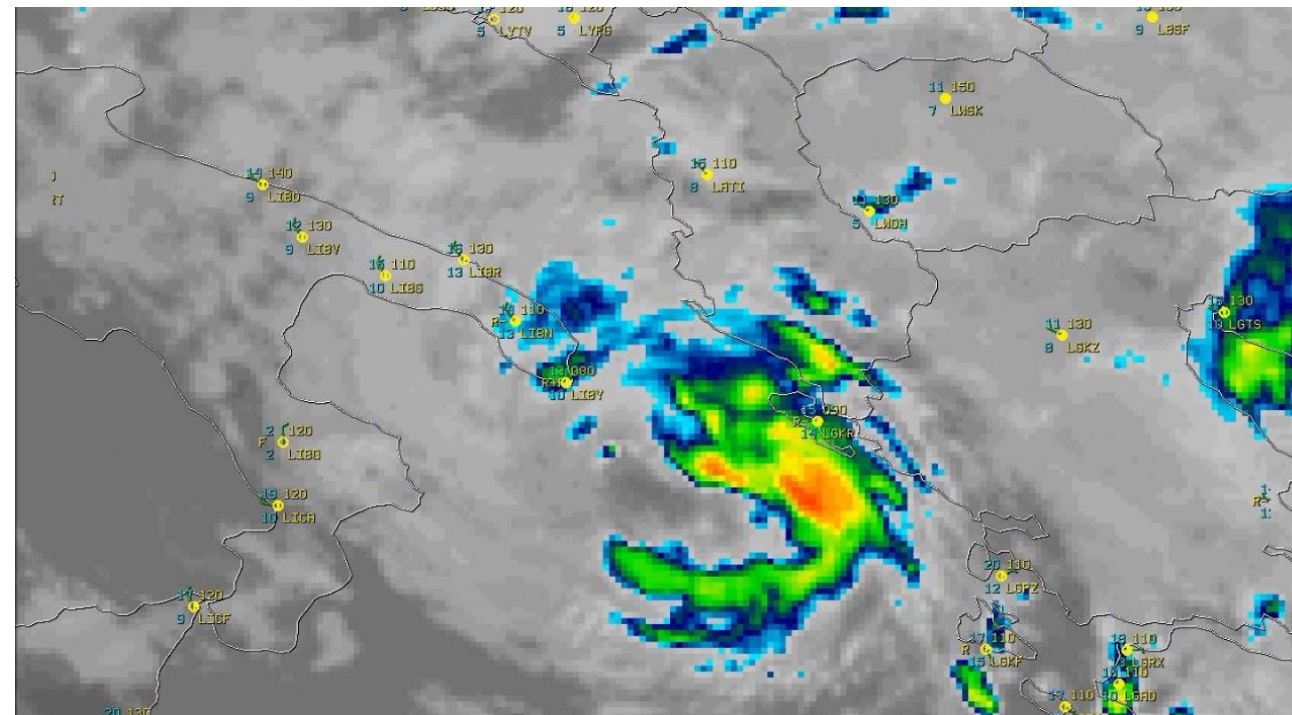
- ▮ Nagyobb kiterjedésű modelltartomány (poláris térség részbeni lefedése)
- ▮ Jobb bemenő (globális) meteorológiai adat (pl.: másik meghajtó globál modell)
- ▮ Baroklin hatások eltérő reprezentációja – modell dinamika finomhangolása
- ▮ Költséges megoldás, hazánkban viszonylag ritka jelenség modellezésére...

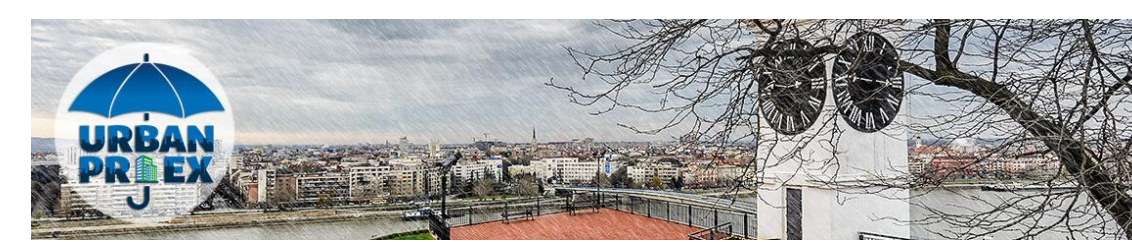


Genovai ciklon



- I Meleg beltengerek felett kialakuló légörvény, a baroklin és diabatikus kényszerek együtt alakítják (kevert típus)
- I Kihívások: Alpok lee-oldali ciklogenezis, a Földközi tenger SST anomáliái és a felszín-légkör kölcsönhatásai alakítják
- I Trópusi ciklonokhoz hasonló karakterisztika
- I A világ talán legnagyobb gyakoriságú ciklonképződési területe
- I Helyi áramlások módosító hatása (Mistral, Bora)
- I Viszonylag sekély képződmények
- I → Nagy a trajektóriák bizonytalansága (kihívás az előrejelzőknek)
- I Lehetőségek
 - Közepes felbontású, beágyazott futtatás
 - Költséges mikrofizika
 - Műholdas SST adatok
 - Talajnedvességi ~
 - Labilitási adatok
 - Adatasszimiláció





Hideg okklúzióba beágyazott Cb

I Hideg okklúzós front alá becsúszó meleg, nedves légtömeg

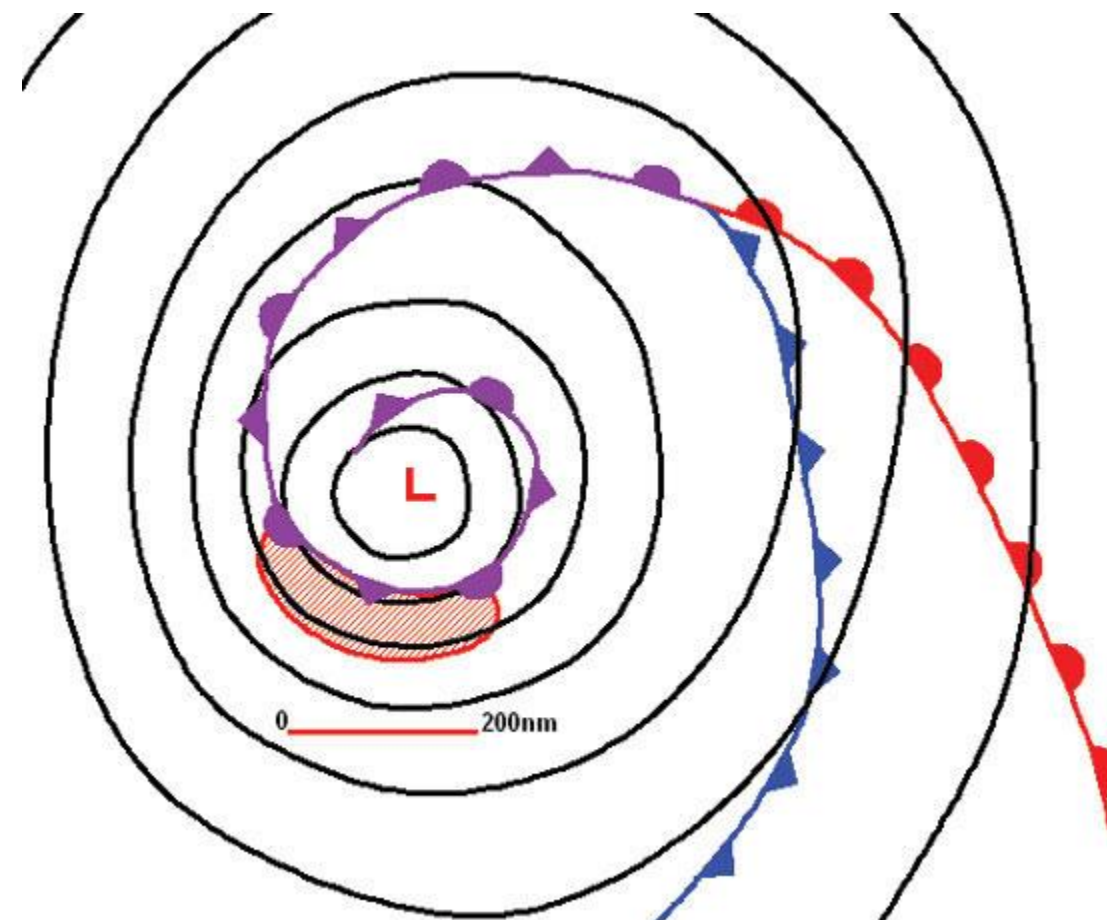
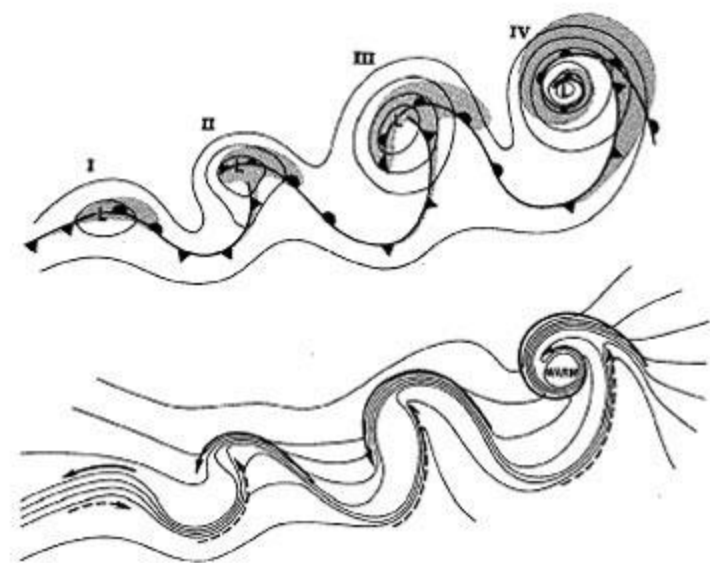
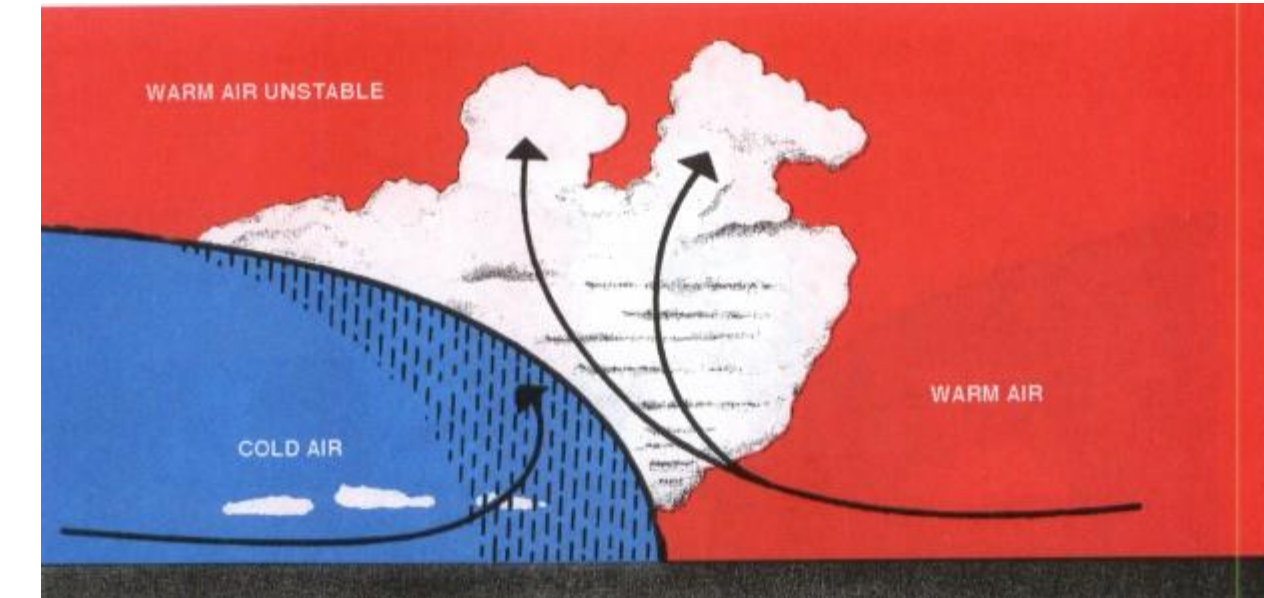
I Hatalmas sztratiform felhőzetbe beágyazódott Cb

I Kihívások:

- ┆ Széles méretskála, szinoptikustól a mikroskáláig fontos
- ┆ Energia kaszkád és skálaugrások, skálák közti kölcsönhatások

I Lehetőségek:

- ┆ felbontás növelése (mind vertikális, mind horizontális értelemben)
- ┆ mikrofizika
- ┆ Konvekciós sémák a felbontás alattira





Medárd

I A cirkulációs struktúra évszakos váltása

- nedves, óceáni légtömegek ciklonális aktivitással
- → szárazabb, kontinentális DK-ről anticiklonáris uralkodó jelleg

I Több európai kultúra is azonosította a jelenséget

- FRA: St. Gervase/St. Protais (június 19.)
- BEL St. Godelieve (Július 6.);
- DEU (június 27.);
- GBR St. Swithin (július 15.).

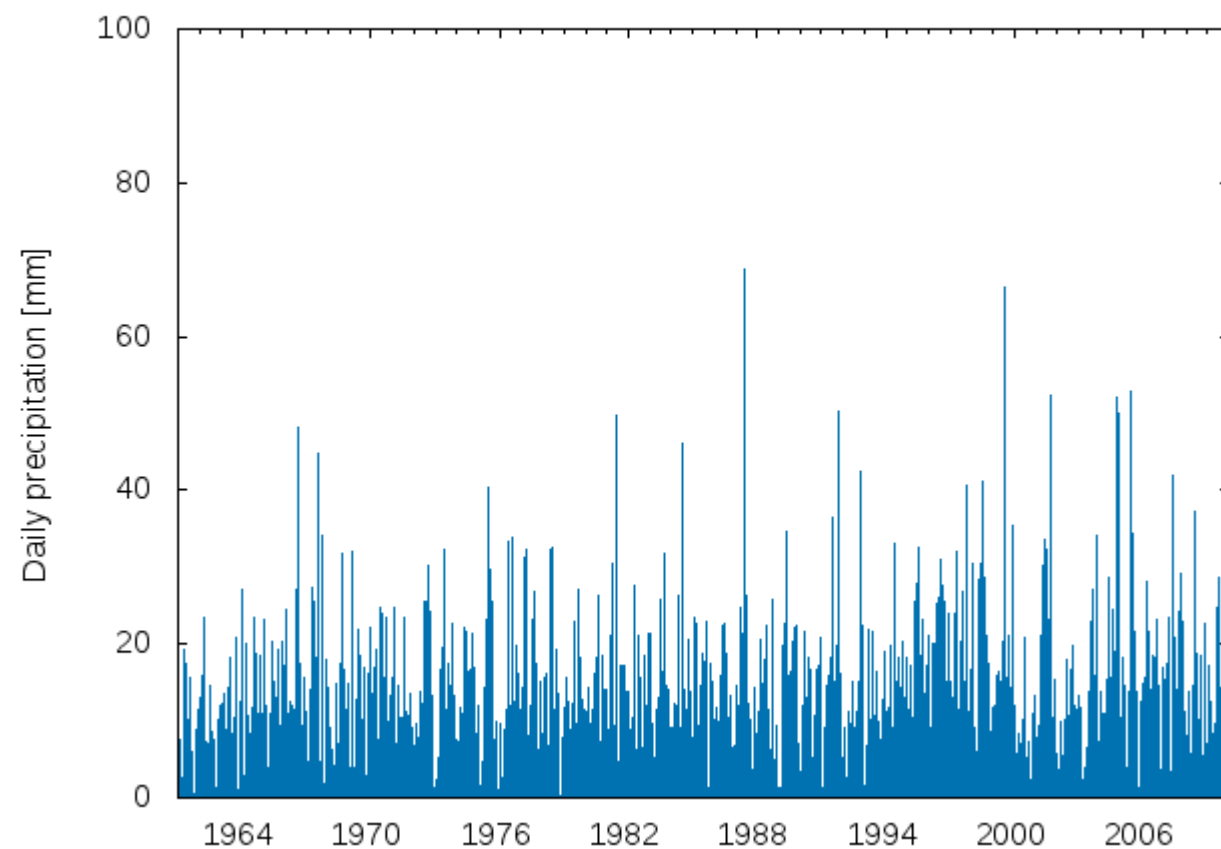
I Kihívás: a cirkulációs struktúra váltással a korábban bevált modellezési stratégia bukik

I Lehetőség: évszakos, esetleg (szinoptikus) időjárási helyzet függő modellbeállítás

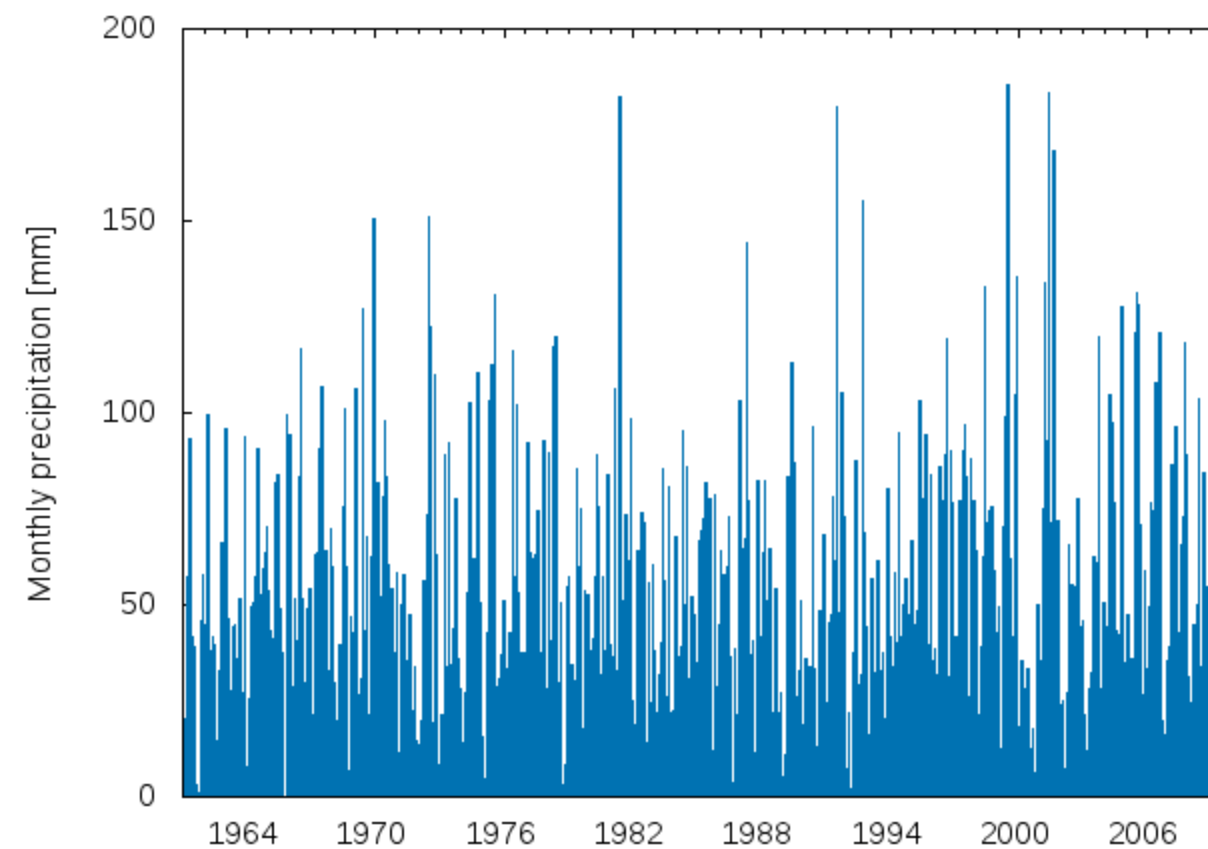
- ez a megközelítés egy nagyságrenddel nagyobb számítási kapacitást igényel és óriási emberi munkaerőt a kimenőadatok feldolgozása



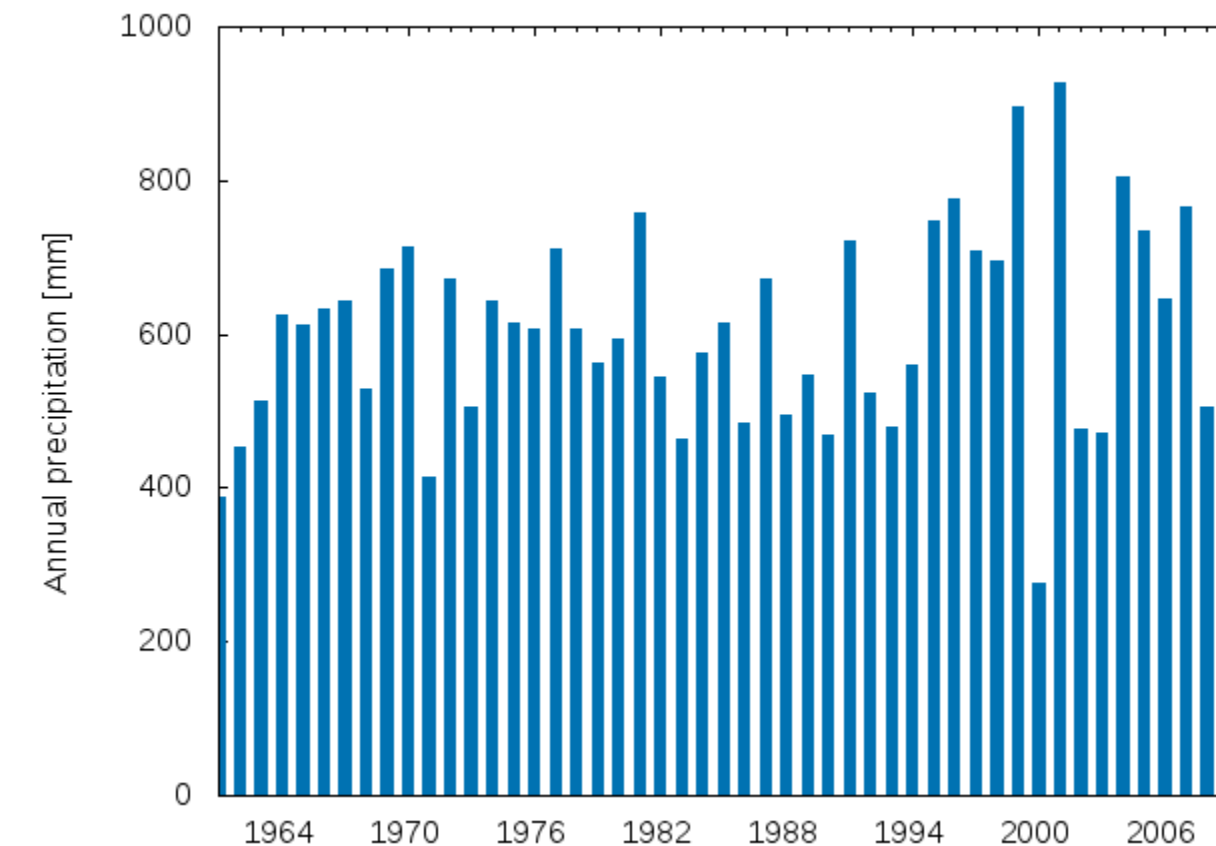
Daily precipitation at NoviSad N45.3 E19.9



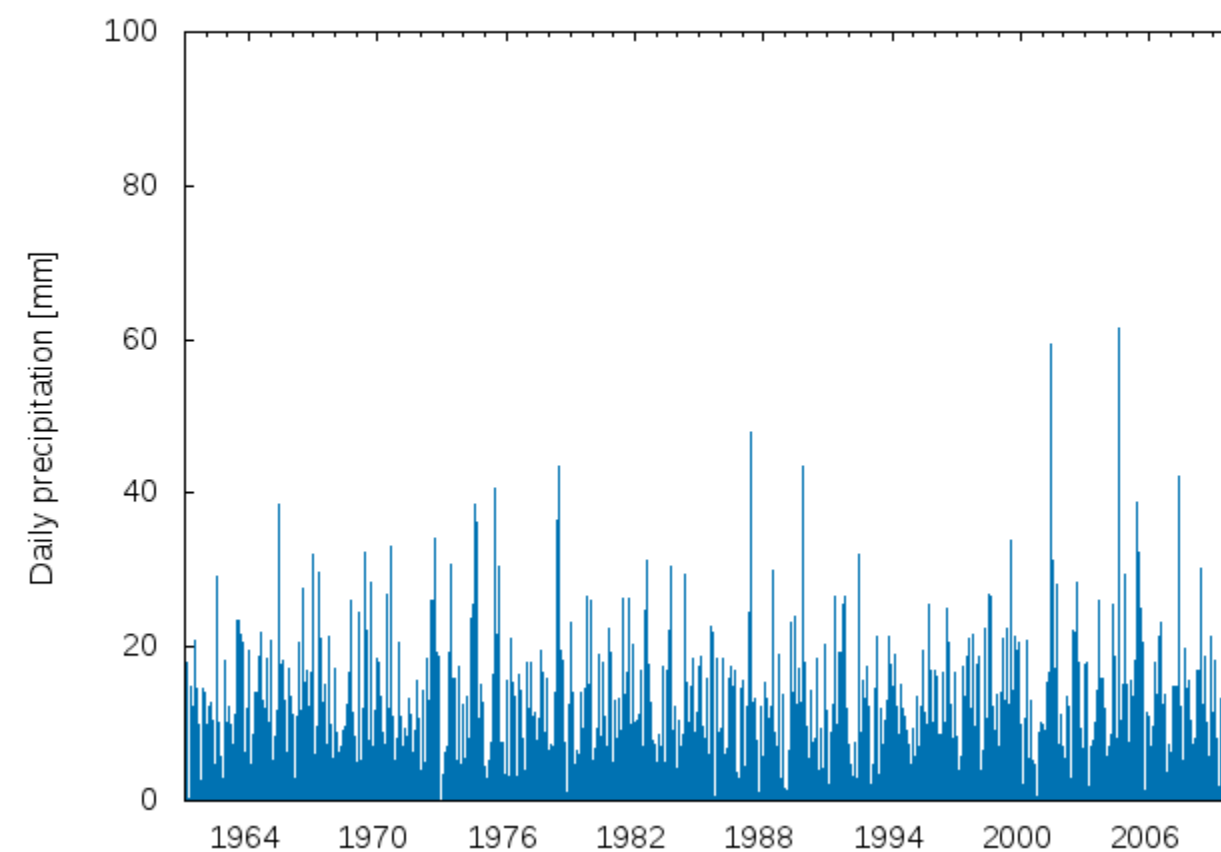
Monthly precipitation at NoviSad N45.3 E19.9



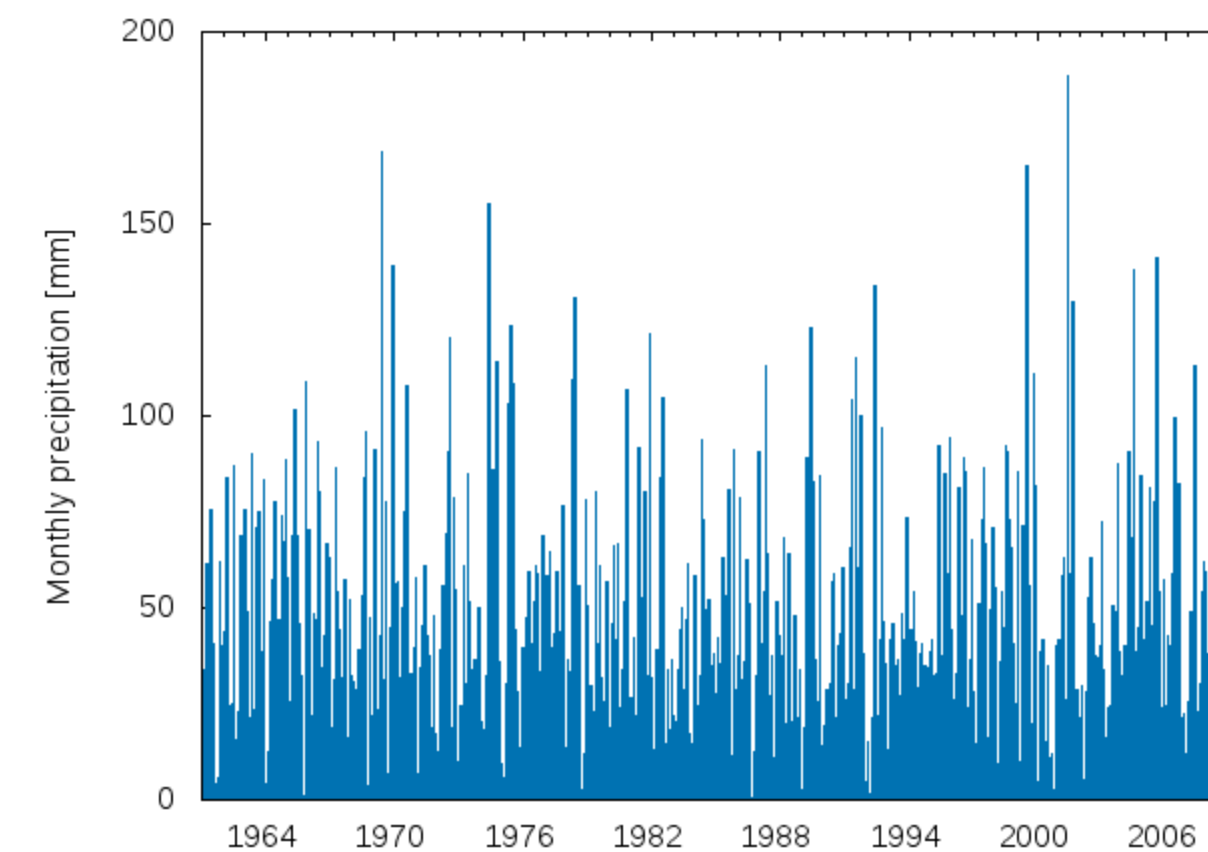
Annual precipitation at NoviSad N45.3 E19.9



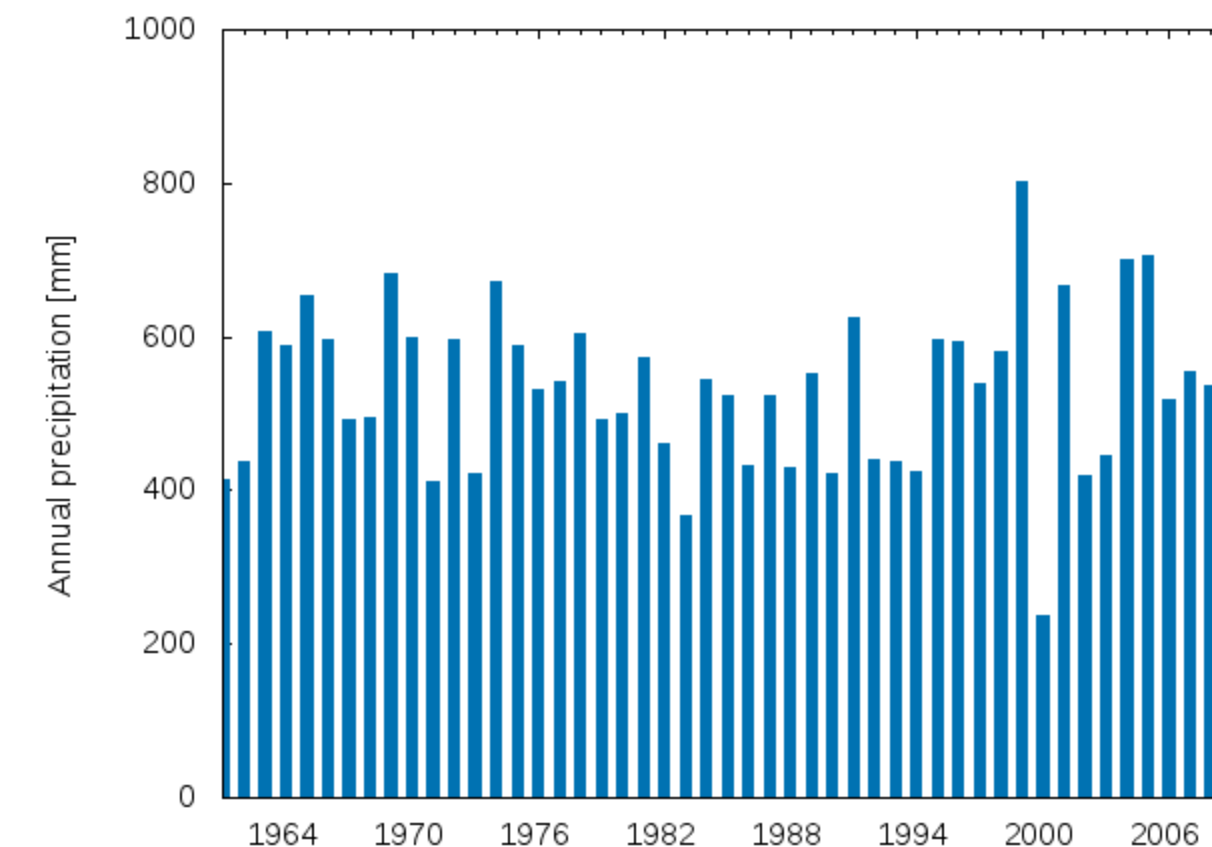
Daily precipitation at Szeged N46.3 E20.2



Monthly precipitation at Szeged N46.3 E20.2

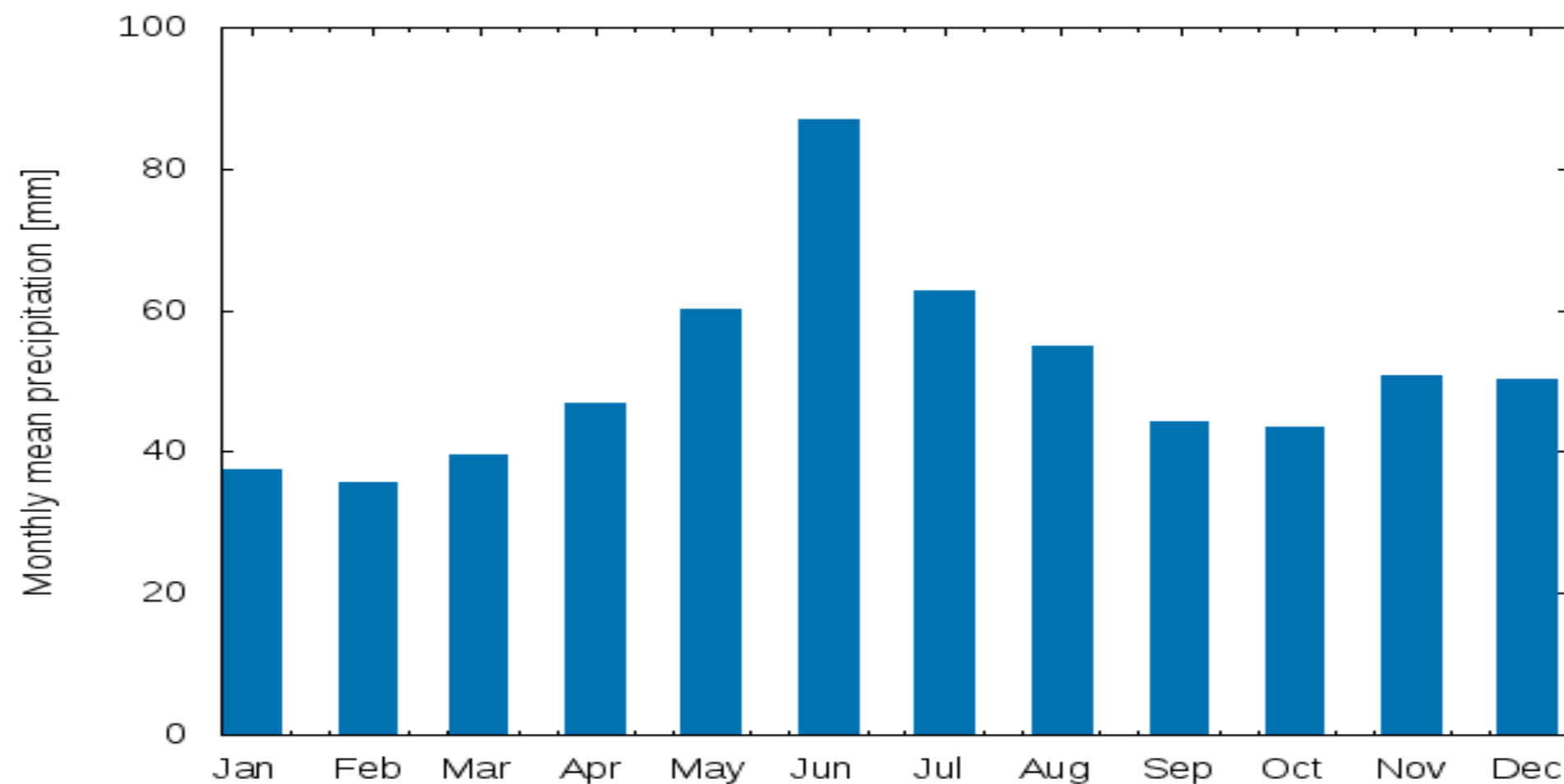


Annual precipitation at Szeged N46.3 E20.2

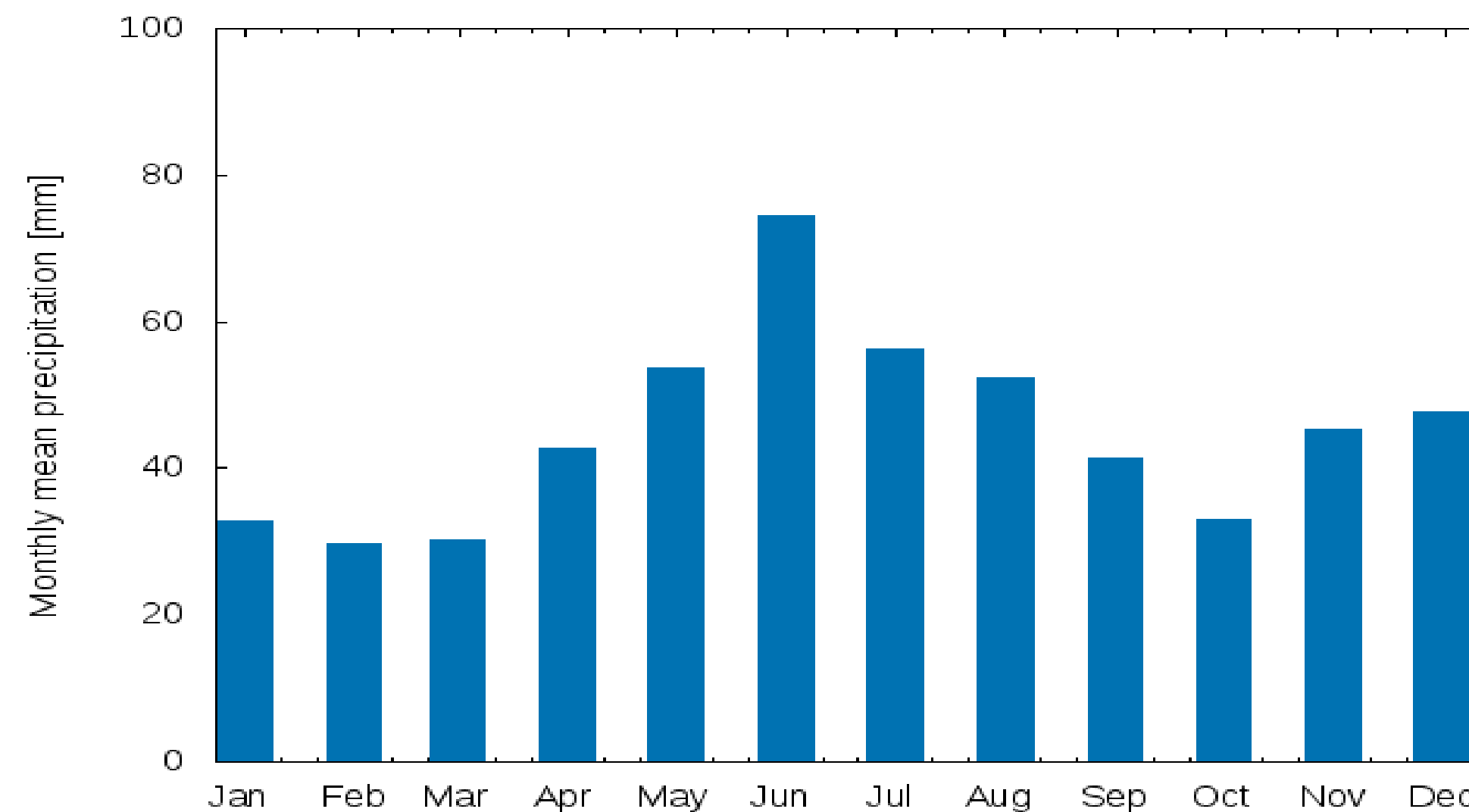




Monthly mean precipitation at NoviSad N45.3 E19.9



Monthly mean precipitation at Szeged N46.3 E20.2





Numerikus prognosztika

I Modellezés

- ┆ A légkör jelenlegi állapotából indulunk ki (input)
- ┆ Megmaradási (szimmetria) elvek → fizikai összefüggések → matematikai formulák → numerikus megoldás (modell)
- ┆ A légkör előrejelzett jövőbeli állapota (output)

I Kihívások

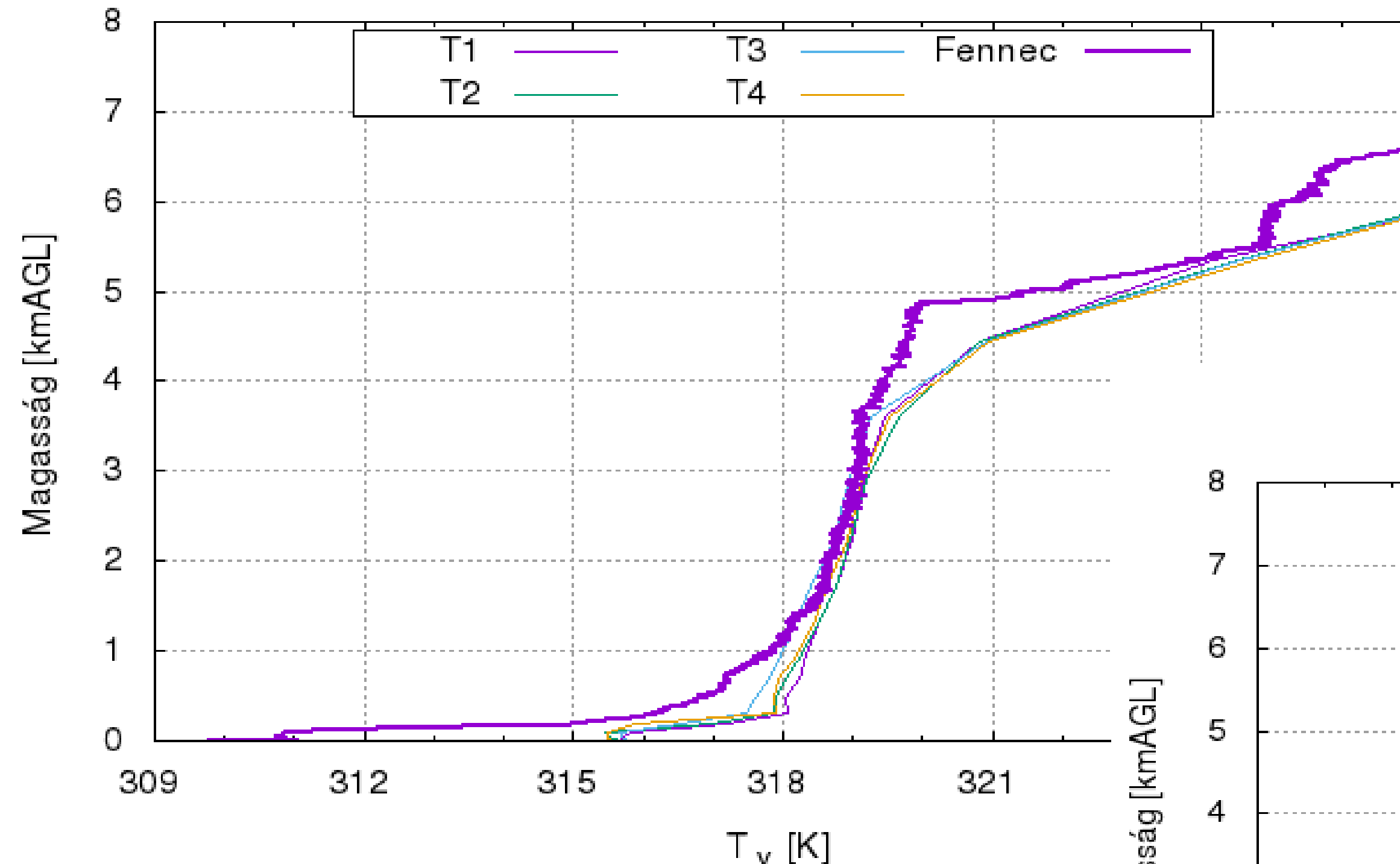
- ┆ Bemenőadat hiányosságai (ritkán, nem adekvát, hibával terhelt, főleg a magassági adatok)
- ┆ Modell hiányosságai (felbontásalatti effektusok nem megfelelően reprezentálva, turbulencia, konvekció, sugárzás, felhő és csapadékképződés mikrofizikája, felszín-légkör kölcsönhatások, PBL, stb.);
- ┆ Kimeneti adat kezelése (megjelenítés, utófeldolgozás, valószínűségi karakterisztikák interpretálása, integrál mennyiségek, mint a kihullható vízmennyiség, vagy a CAPE kezelése);

I Lehetőségek

- ┆ Horizontális felbontása a kisebb skálájú jelenségek megragadására → ehhez nagyobb részletességű input kell (geog és met adat is)
- ┆ Vertikális felbontás növelése a határréteg szerkezetének megfelelőbb megragadására (következő ábra);
- ┆ A parametrizáció finomhangolása a felbontás alatti effektusok megfelelő reprezentálása érdekében → ez általában az érdeklődésünk fókuszába eső időjárási helyzet függvénye is, és kezelése nagyságrenddel nagyobb számítási kapacitást igényel.

Vertikális felbontás szerepe

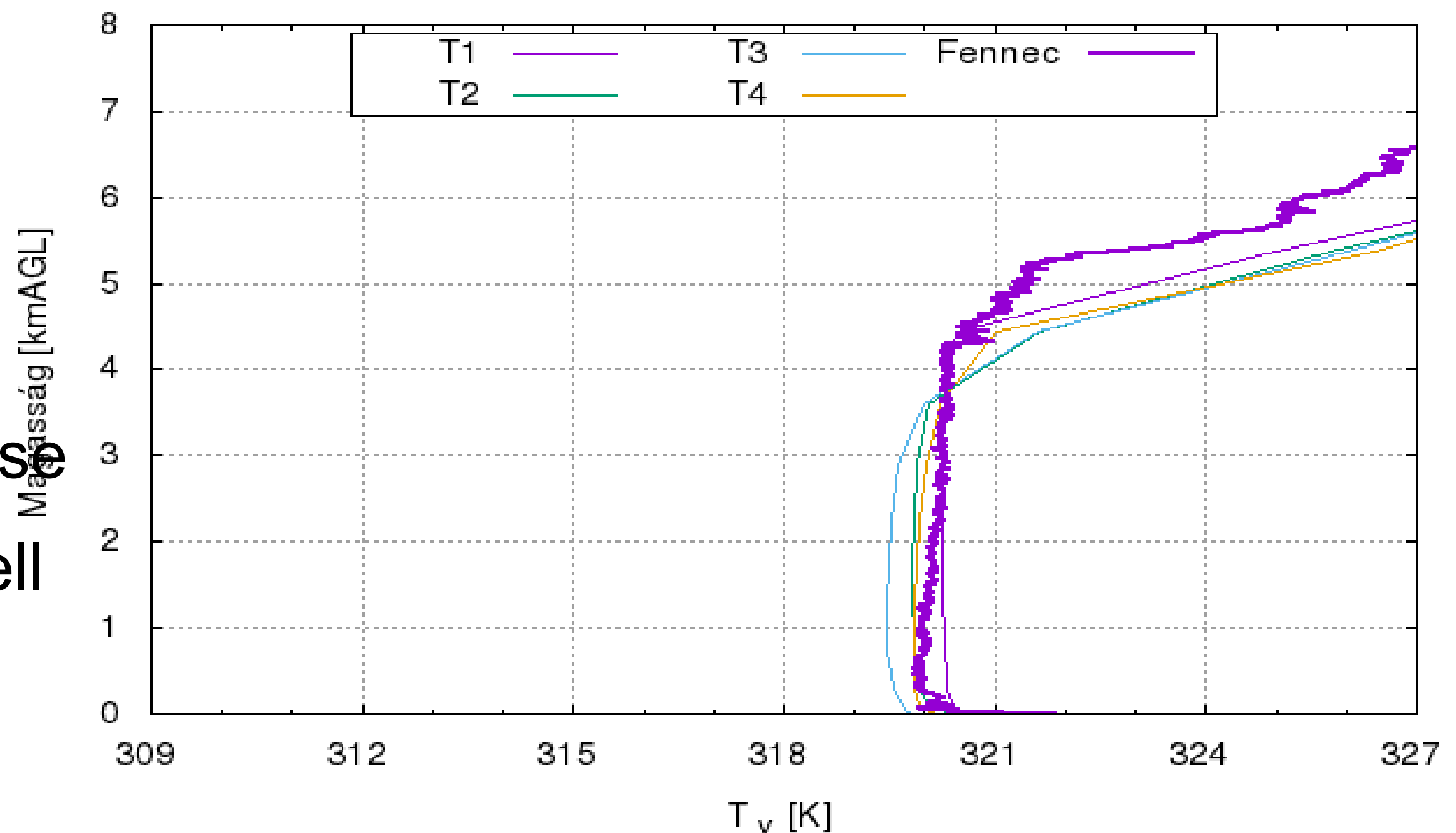
Virtuális potenciális hőmérséklet profil 09Z-kor



I Stabil eset (inverzió) modellezése

- Zsugorodási-
- Radiációs inverziók kezelése

Virtuális potenciális hőmérséklet profil 15Z-kor



I Instabil eset (konvekció) modellezése

- Növekvő költség → növekvő modell teljesítmény

Időjárási folyamatok megjeleníté véges rácson



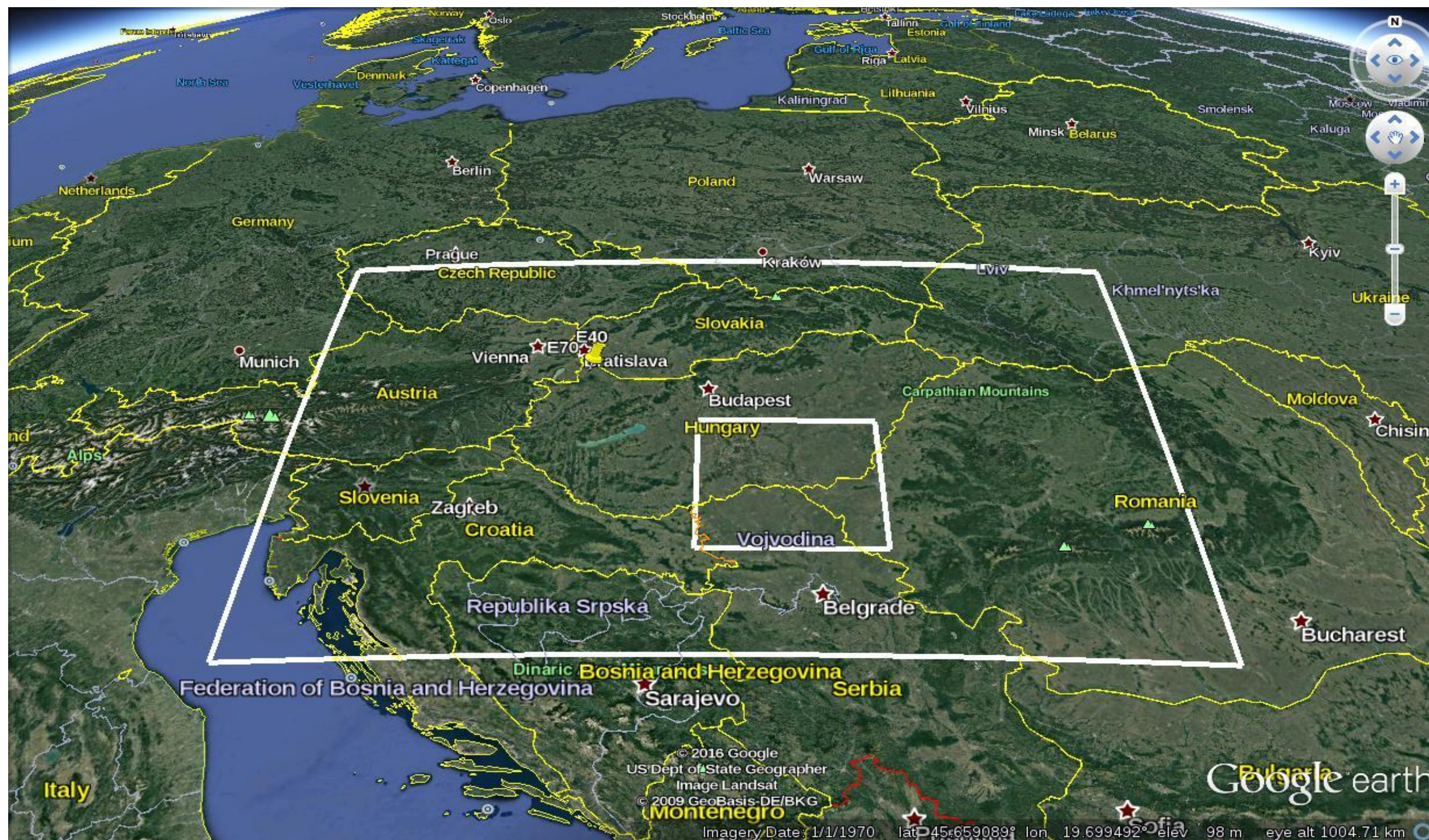
I változó felbontású numerikus rács



Időjárási folyamatok megjelenít véges rácson



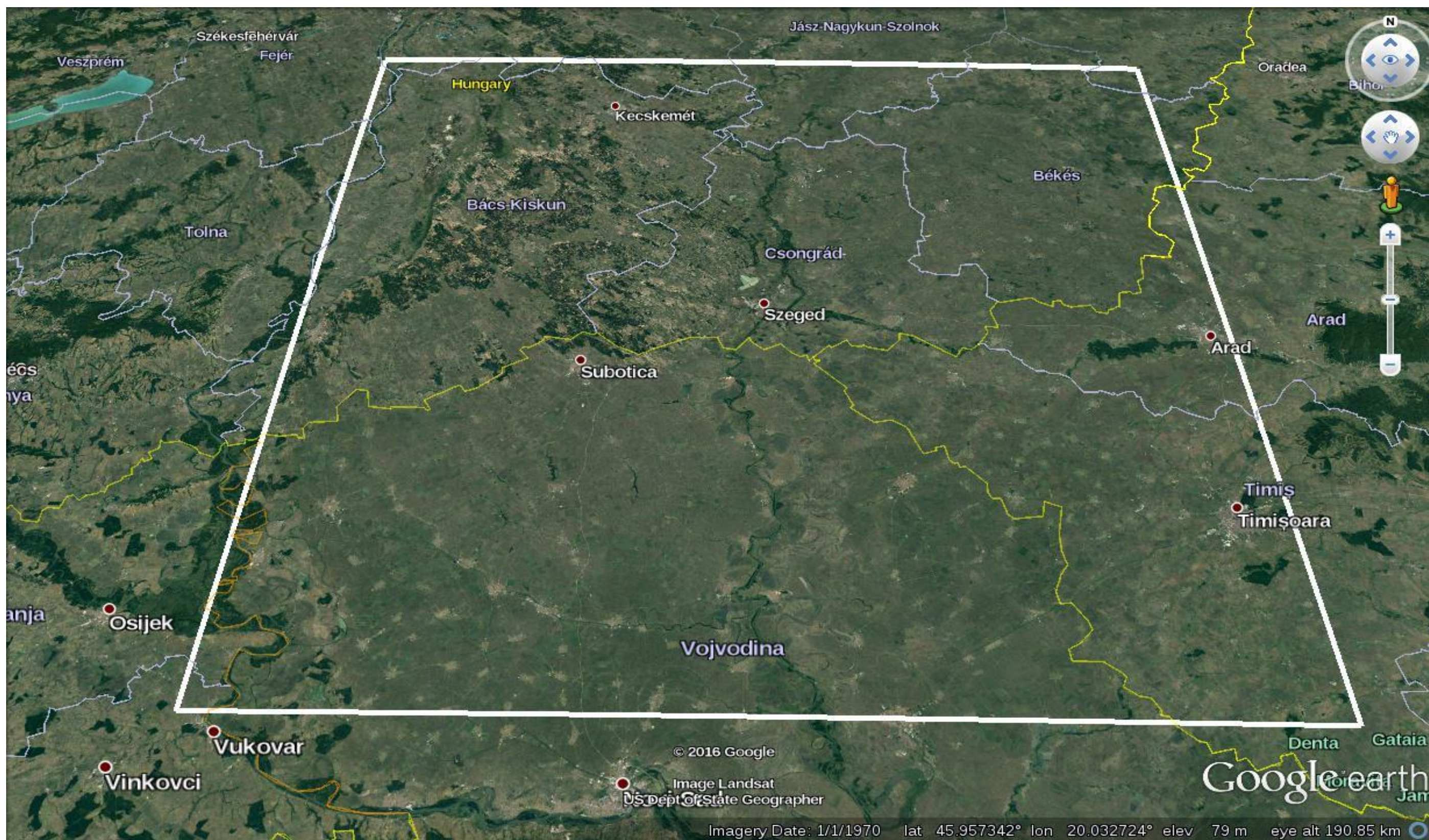
I beágyazott tartományok



Időjárási folyamatok megjelenése véges rácson



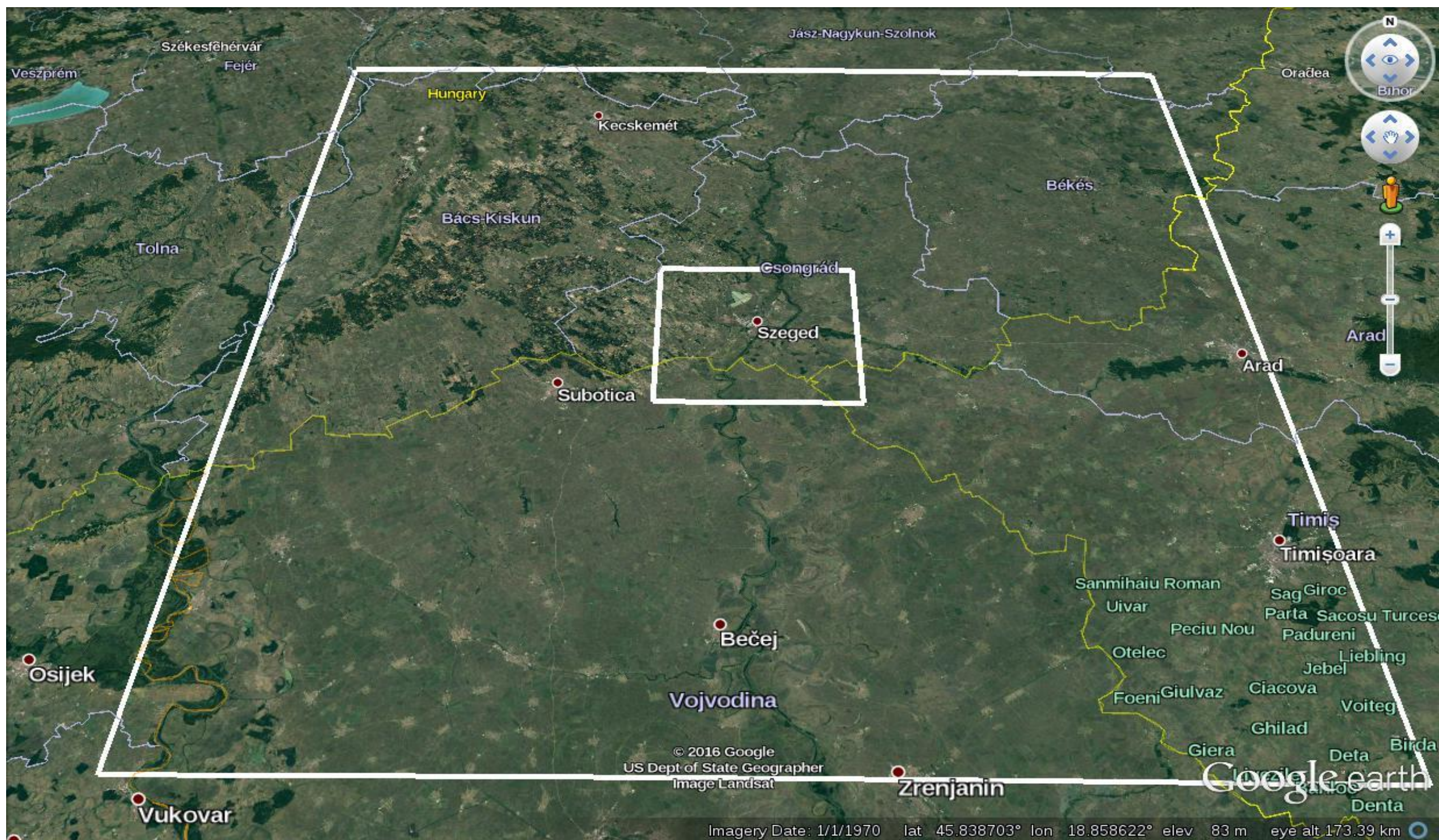
I beágyazás



Időjárási folyamatok megjelenít véges rácson



I beágyazás



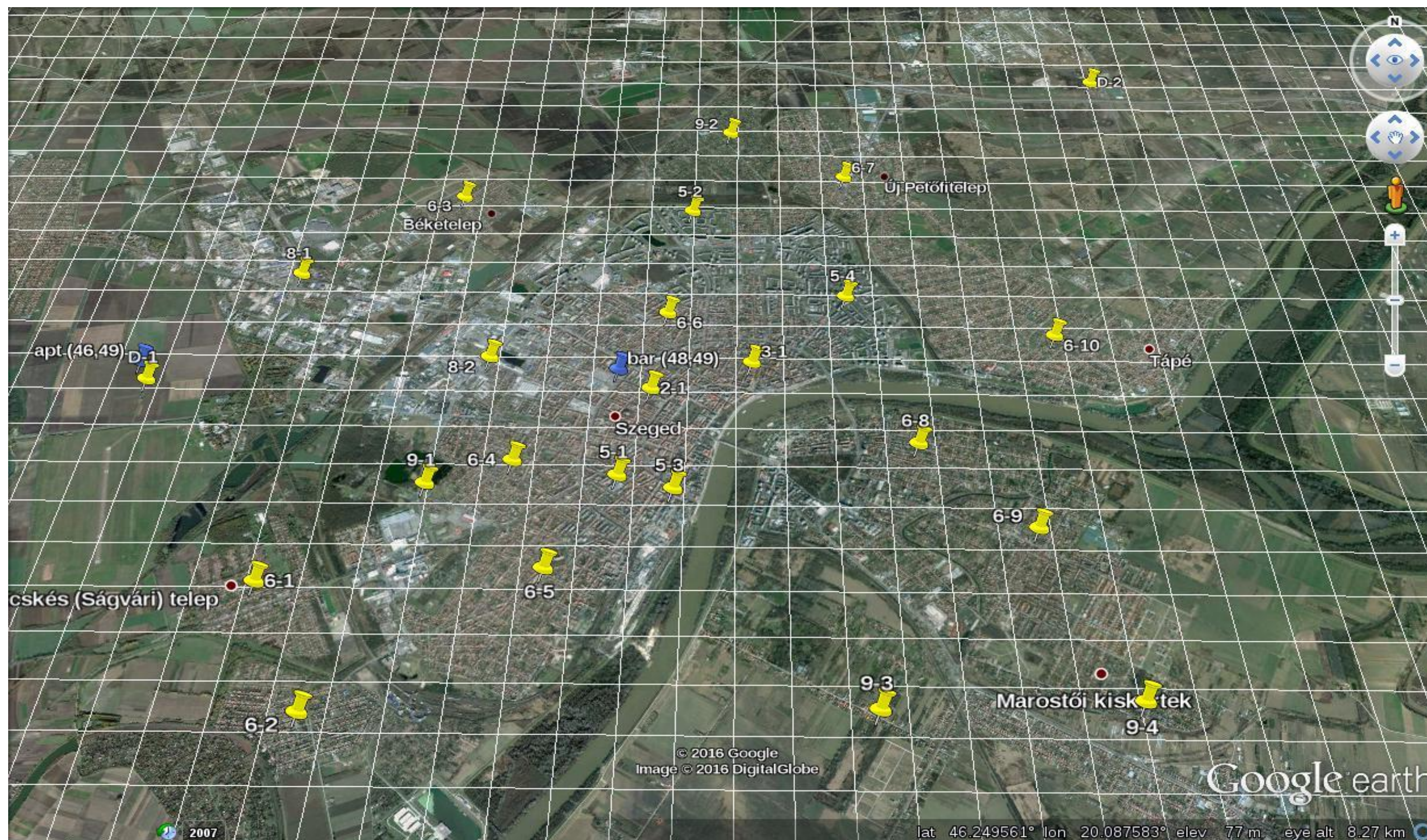
Időjárási folyamatok megjele véges rácson



I beágyazott rács



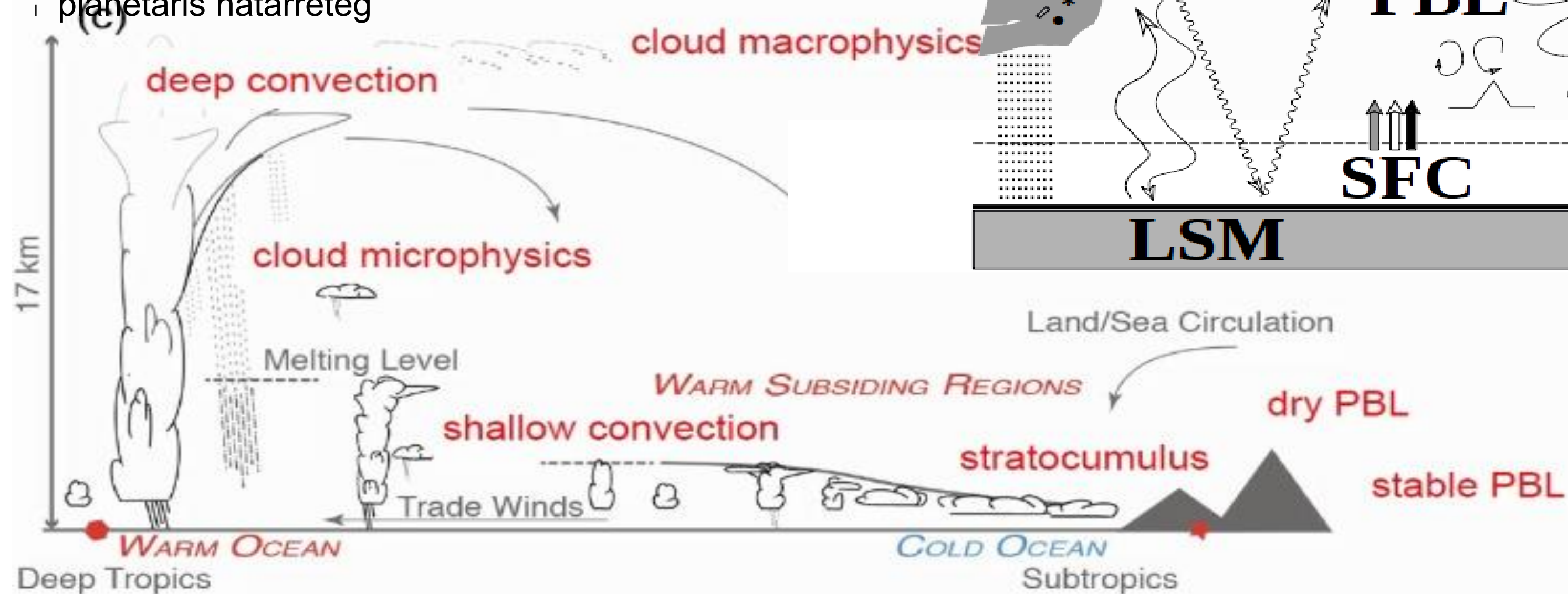
Időjárási folyamatok megjelenít véges rácson





I Nem felbontott jelenségek

- turbulencia
- konvekció
- sugárzás
- felhő- és csapadékképződés mikrofizikája
- felszín-légkör kölcsönhatások
- planetáris határréteg





I WRF alkalmazott mikrofizikai parametrizáció

I 6 osztály hydro-meteor

- I vízgőz
- I felhő csepp
- I felhő jég
- I graupel
- I eső
- I hó

I Egy momentumos

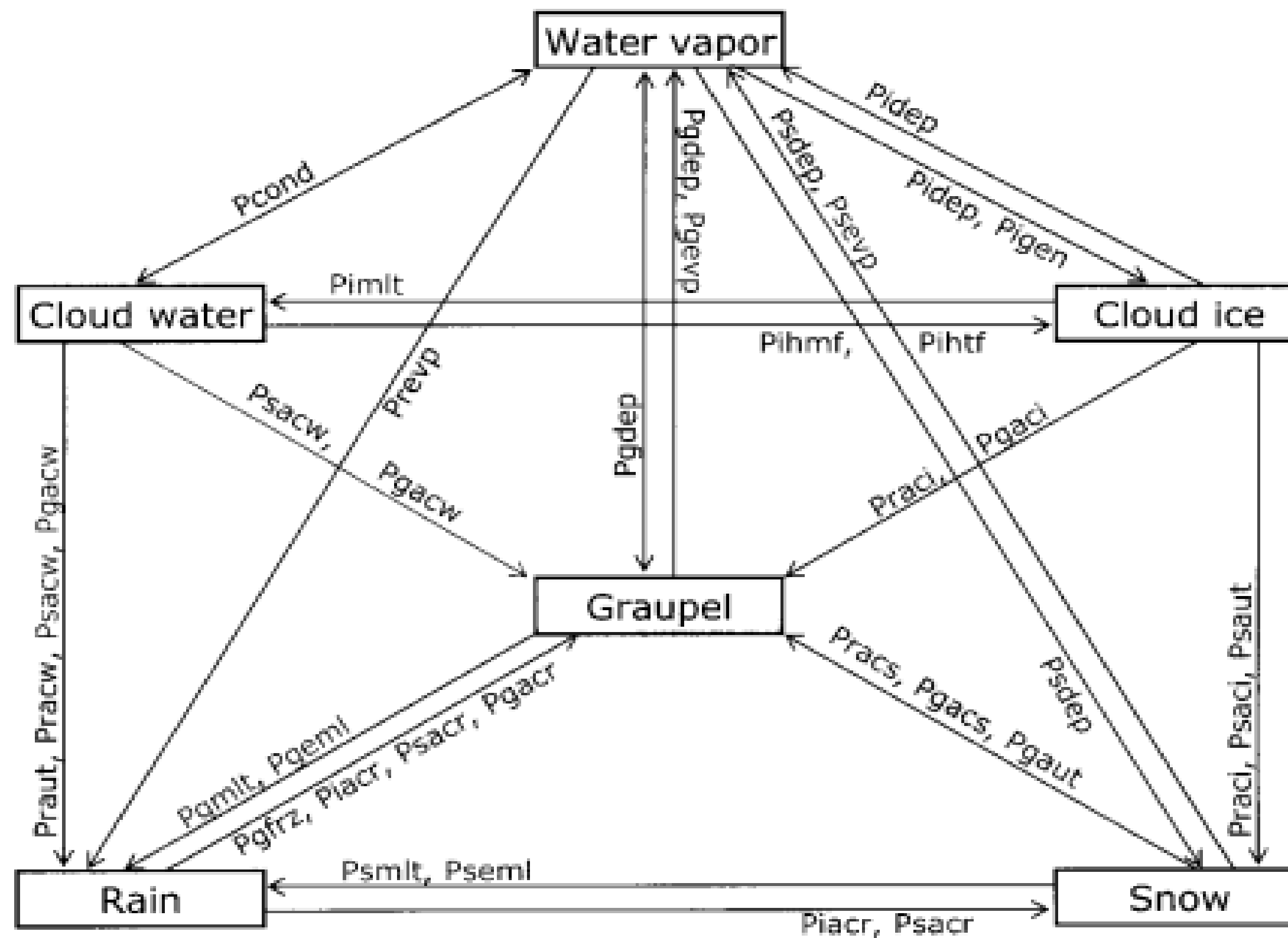
- I csak a részecskeszám konc. (keverési arány)

I Fázisátalakulások

- I kihullási sebesség

I A csapadék előrejelzésben kulcsfontosságú

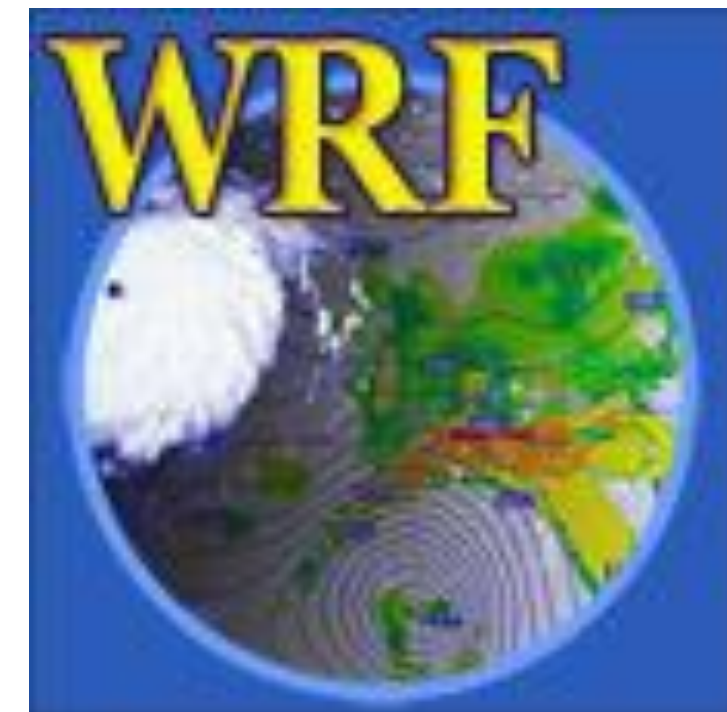
I Ez a legköltségesebb eleme a modelleknek





Weather Research and Forecasting

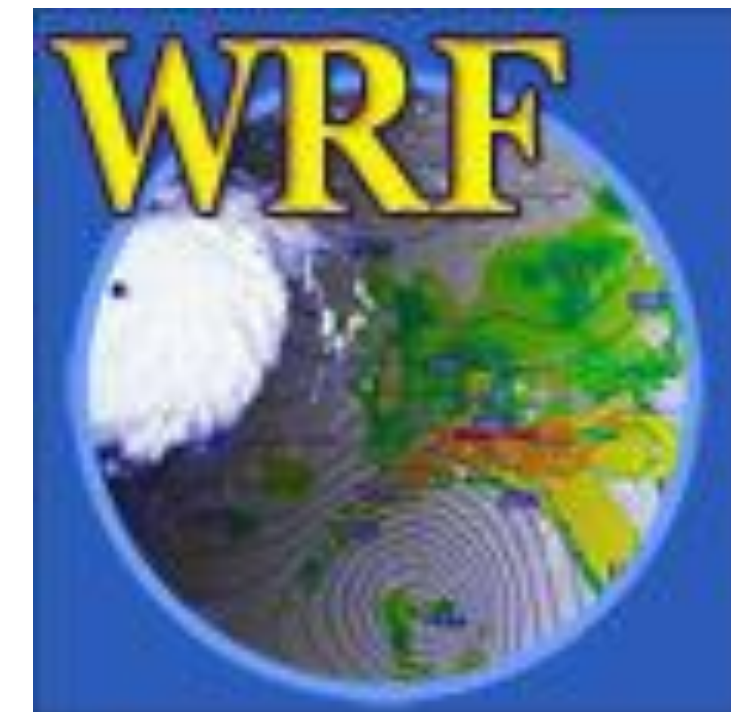
- | Nagymértékben skálázható, közösségi fejlesztésű mezoskálájú modell, masszív parallel hordozható szoftver arch.
- | A meteorológiai alkalmazások széles tartományát kiszolgálja: $n \times 10\text{m} \rightarrow n \times 1000\text{km}$
- | Szabadon hozzáférhető input statikus és meteorológiai adat (GFS folyamatosan fejlesztik, de nem a legjobb)
- | A parametrizációs lehetőségek széles köre, több millió modellbeállítás
 - | legújabb fizikai opciók
 - | numerikus lehetőségek
 - | adatasszimiláció
- | Széles felhasználói tapasztalat világszerte (40 ezer felhasználó 160 országban) széles körben tesztelt
 - | WRF Users page
 - | Workshops
 - | Tutorials
 - | Newsgroup
 - | Forums





Korábbi tapasztalatok

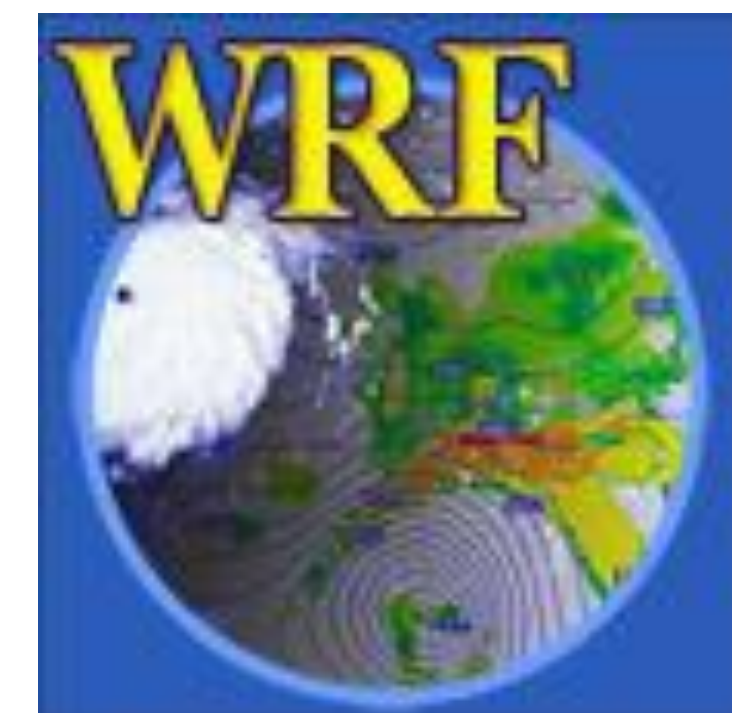
- I Kicsit más célra (rep. met támogatás) alkalmazott paraméter finomhangolás módszerének alkalmazása
 - ┆ lokális statikus adatbázis
 - ┆ DKSIS talaj adat (csak Magyarországra)
 - ┆ CORINE európai felszín borítottsági adatbázis
 - ┆ Városi felszín adatok geometriai paraméterek és épület adatbázis
 - ┆ Számos beállítás lett tesztelve kiválasztott esetekre → bevált beállítások az adott feladatra, területre
 - ┆ Ezt a megközelítést a jövőben is alkalmazni tudjuk a nagy-csapadékos helyzetek előrejelzésére a Kárpát-medencében
- I Részletes csapadék adat kell nagy területi felbontásban, mivel a csapadék nagy területi változékonyságot mutat;
- I Csapadék adatok alkalmazása verifikációra (finomhangolás) és adatasszimilációra (bemenő adat további operatív integráláshoz (a talaj nedvesség és a felszíni energia egyenleg nagymértékben függ ezek jóségától).



Modell fejlesztések

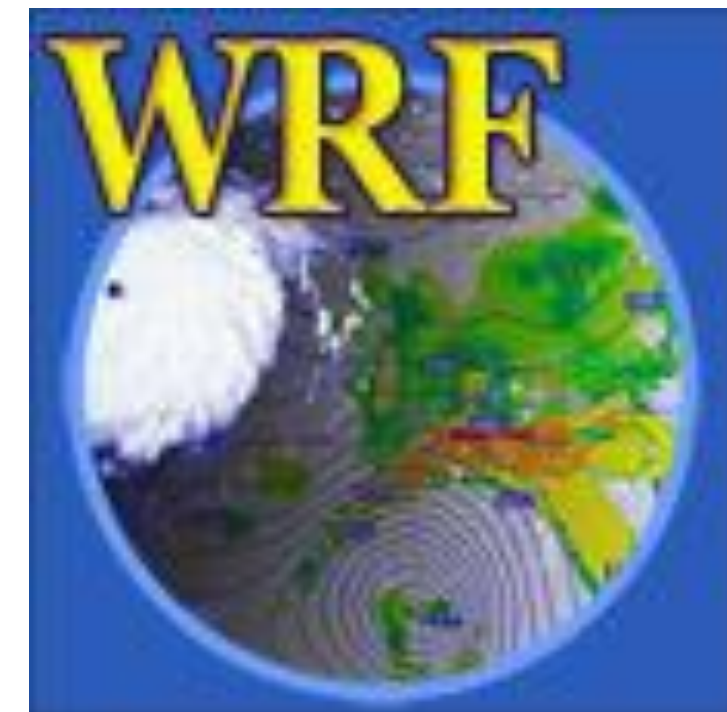


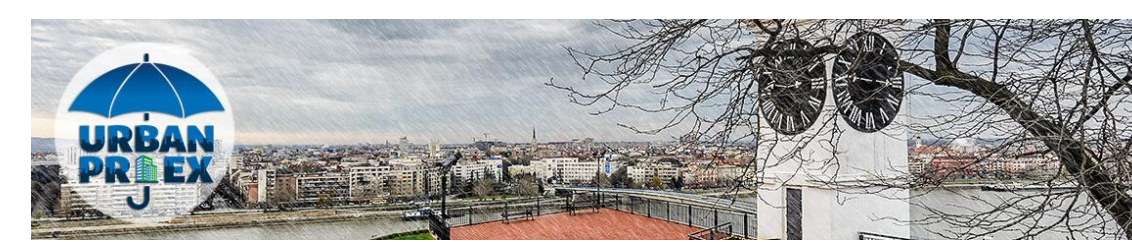
- I Kiválasztott esettanulmányok (n x 10 időjárás eset) – modell beállítás optimalizáció
 - ┆ Konvekció
 - ┆ Hidegcsepp
 - ┆ Genova
 - ┆ beágyazás
 - ┆ Medárd
- I Parametrizáció finomhangolása ezekre (n x 100 setup esetenként)
 - ┆ PBL, micro-physics és LSM séma
 - ┆ beágyazás (horiz. + verti.)
 - ┆ statikus adatok
 - ┆ modell dinamika (határfeltételek)
 - ┆ adatasszimiláció
- I Szoftverkonténer technológia alkalmazása, futtatás docker környezetben
- I Statisztikus verifikáció operatív és experimentál adatokon (SYNOP, TEMP, METAR, stb.)
 - ┆ több ezer adatsor
 - ┆ sok száz megfigyelés
 - ┆ költség függvény meghatározása a modell hiba reprezentálására
 - ┆ a modell beállítás függvényében minimalizálni a költséget



Adatasszimiláció

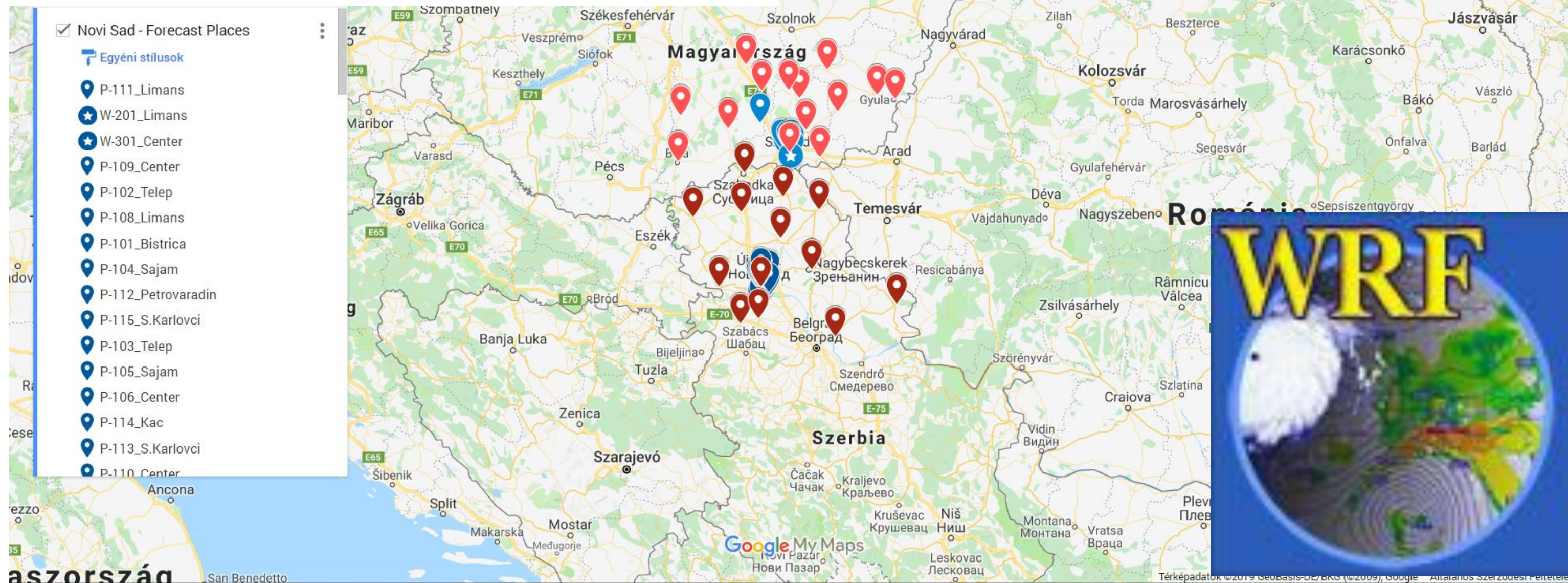
- I A modell inicializálása után keletkező bemenő adatok figyelembevétele
- I Nagyobb sűrűségű rácson történő figyelembevétel
- I Speciális adatok figyelembevétele (GNSS, UAV profil, talajnedvesség, stb.)
- I Különféle megoldási lehetőségek
 - OBSGRID
 - 3DVAR
 - 4DVAR
- I A bemenő adatok előállítása rendkívül költséges, szolgálat szerű rendszeres feladat
- I Az adatasszimilációs ciklus integrálása nagy kihívás és igen jelentős erőforrásigényű





Megjelenítés, adattovábbítás

- I Modell output (GB) fogyasztható formába hozása (utófeldolgozás)
- I Output továbbítása a végső felhasználók (partnerek) számára (mobil barát)
 - Térképi megjelenítés dinamikus OSM felületen
 - Dinamikus diagrammok az előrejelzési és riasztási pontokon
 - Adatbázis (Postgres) hozzáférés biztosítása a projekt partnerek számára
 - Előrejelzés és figyelmeztetés: 25 város +
 - Szeged: 11 ponton
 - Újvidék: 17 ponton
- I Verifikációs eljárások fejlesztése
- I Kimenő adat utófeldolgozás
- I Adatasszimiláció





<http://www.urban-prex.org/>

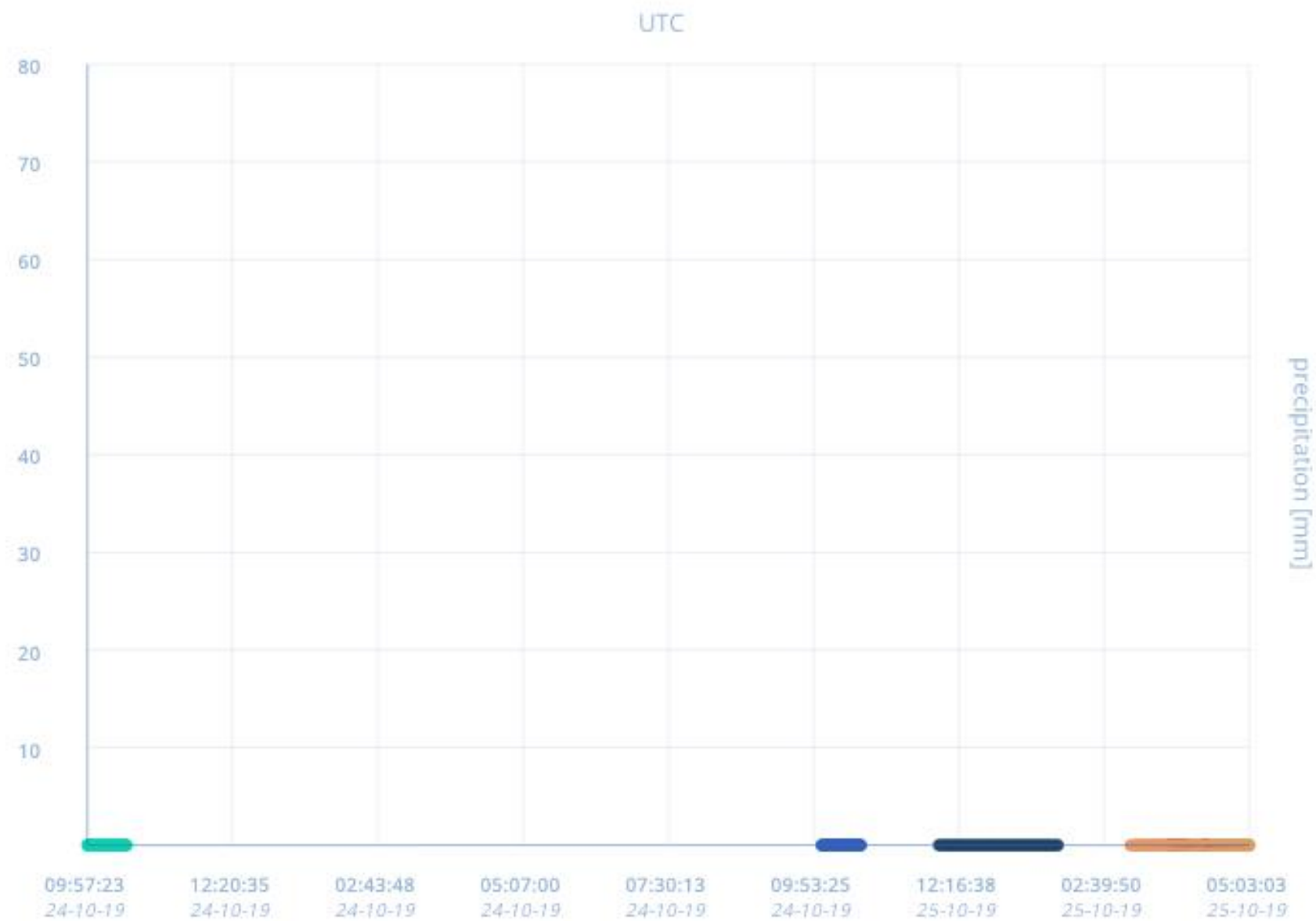
Vezetéknélküli csapadékmérő szenzor hálózat (WSN) adatok

Főoldal A projektről Csapat Események Publikáció **Monitoring csapadék** Előrejelzés Kapcsolat

En Hu Sr



Wireless sensor networks data



News

Upcoming event: Closing conference of URBAN-PREX project

Friday 25th October 2019 at 9 AM.

Early warning_HU

Novi Sad

select location_HU



no warning at all..._HU

Early warning system is based on maximum amount of precipitation per defined period, which city average can contain

WSN data_HU

latest data_HU

id	local time_HU	precip. amount since last measurement_HU	air temp./inside case_HU	precip. intensity / hum_HU
101 (Futog Veternik)	25-10-19/06:09:00:Europe/Belgrade	0 mm	6.31 C	0 mmv/min
102 (Bistrica)	25-10-19/06:10:02:Europe/Belgrade	0 mm	6.81 C	0 mmv/min
103 (Telep)	25-10-19/05:56:21:Europe/Belgrade	0 mm	8.69 C	0 mmv/min

html 4.01

☒ responsive

choose experience





<http://www.urban-prex.org/>

Csapadék előrejelzés térképes adatok

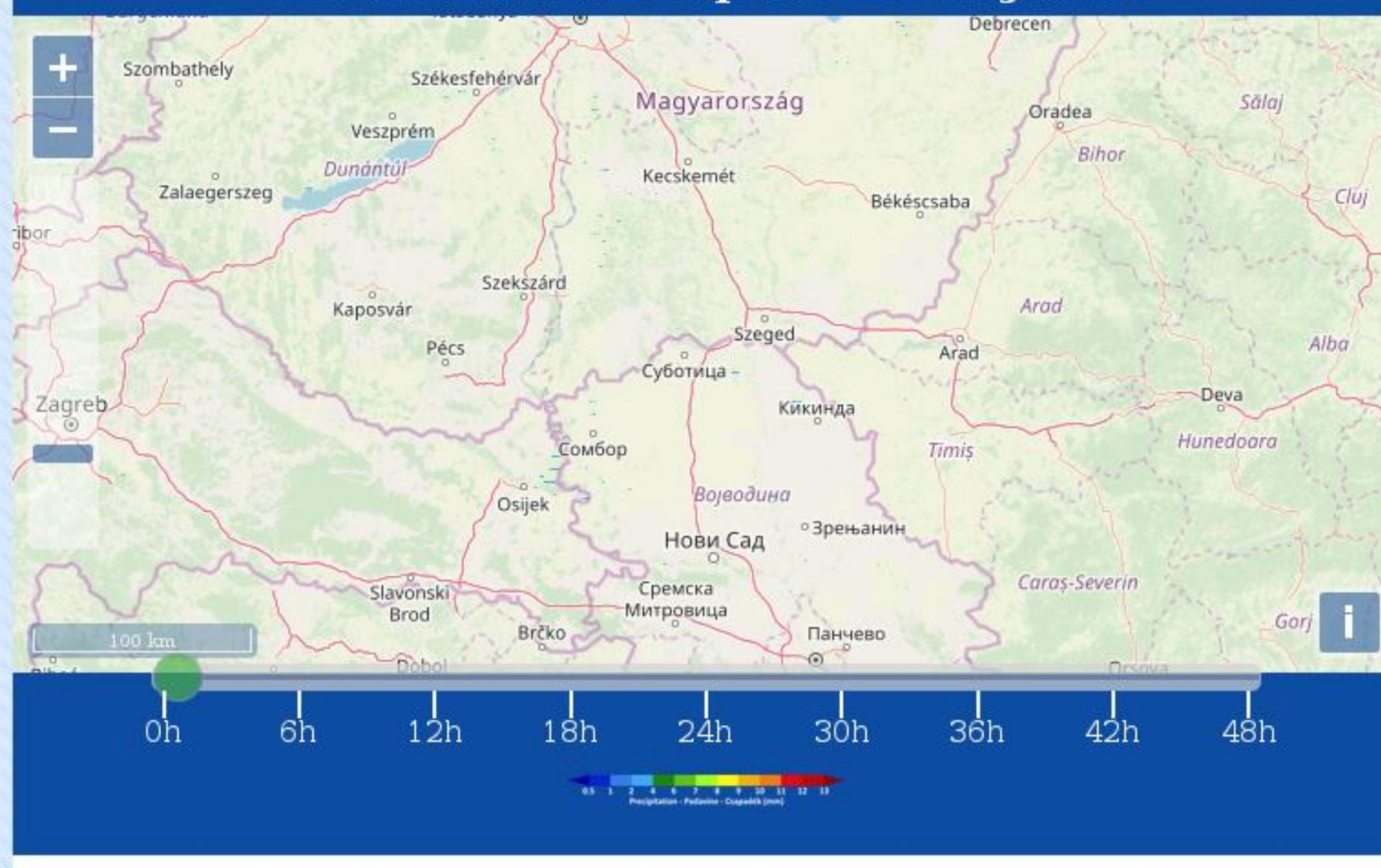
Főoldal A projektről Csapat Események Publikációk Monitoring csapadék **Előrejelzés** Kapcsolat

En Hu Sr



Monitoring csapadék

URBAN-PREX Csapadék előrejelzés



News

Upcoming event: Closing conference of URBAN-PREX project

Friday 25th October 2019 at 9 AM.

Early warning_HU

Szeged

select location_HU



no warning at all..._HU

Early warning system is based on maximum amount of precipitation per defined period, which city sewage can contain.

Info

[Click here to toggle between forecast map and forecasted early warning](#)

html 4.01

☒ responsive

choose experience



Interreg - IPA CBC
Hungary - Serbia

Good neighbours
creating
common future

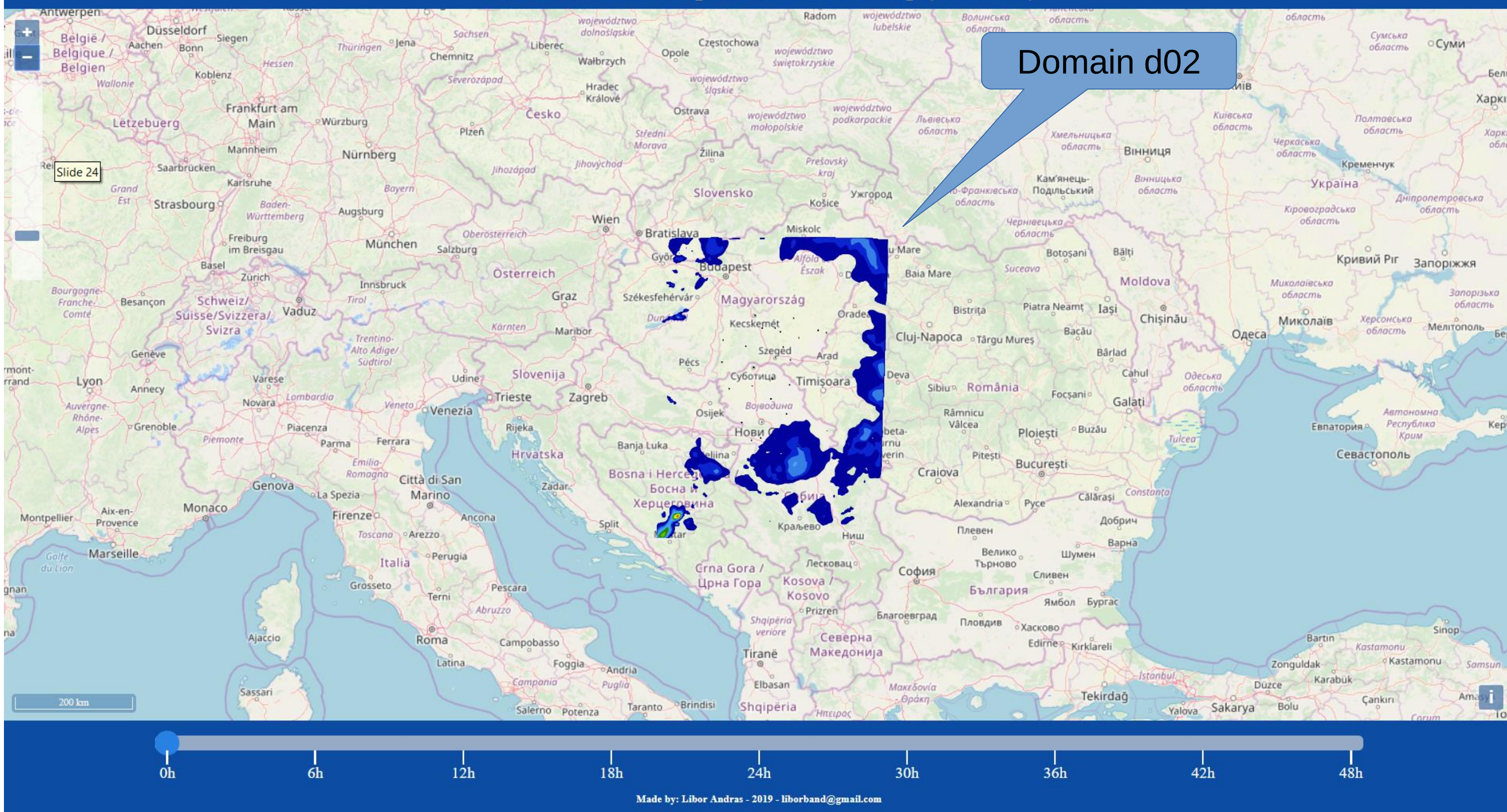


The project is co-financed by the
European Union

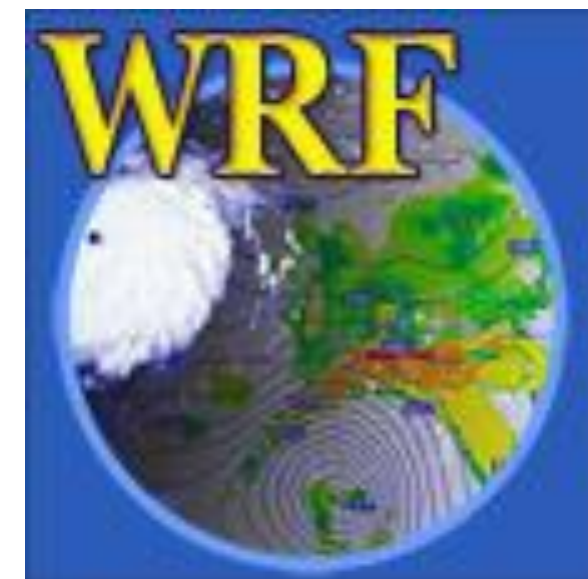
Térképi megjelenítés



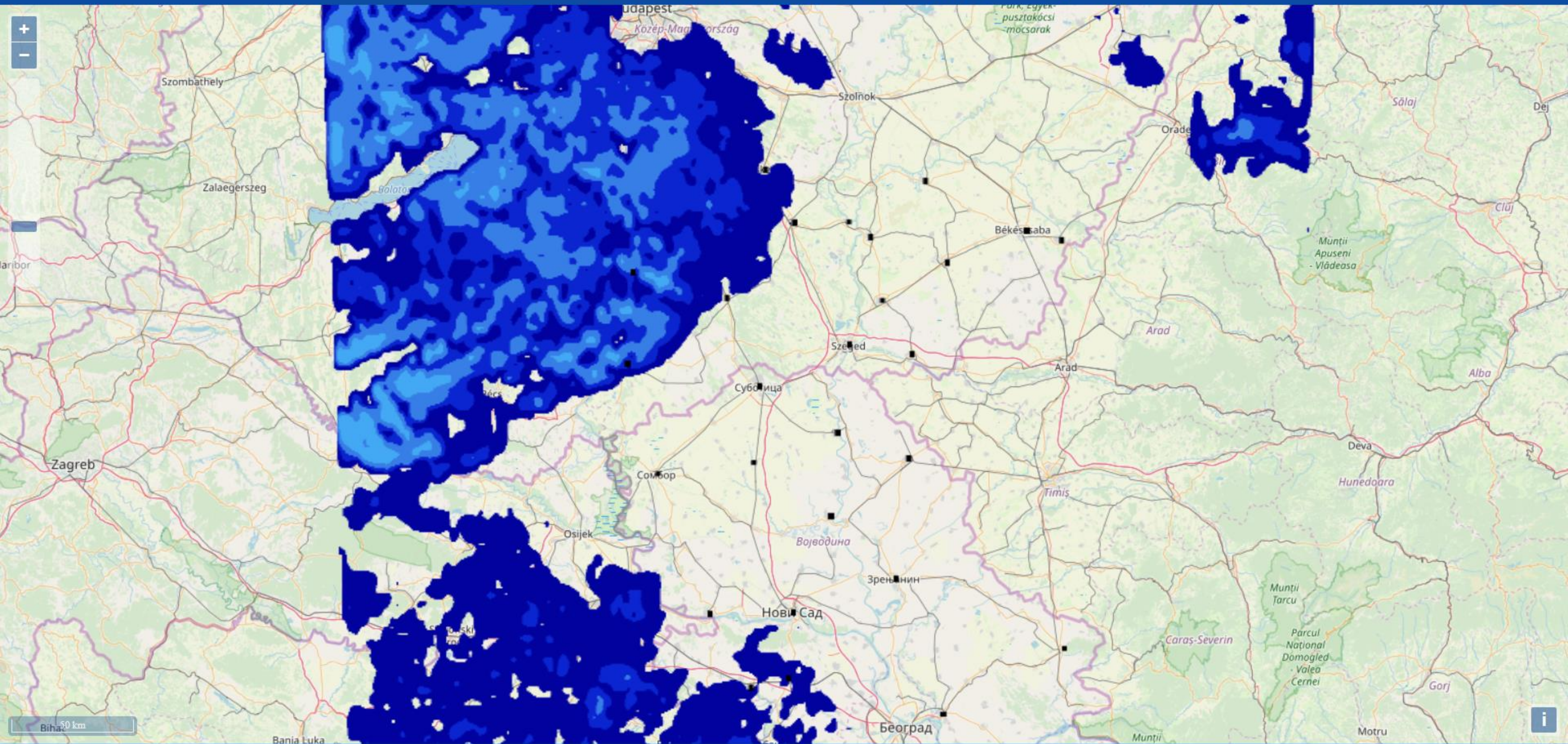
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



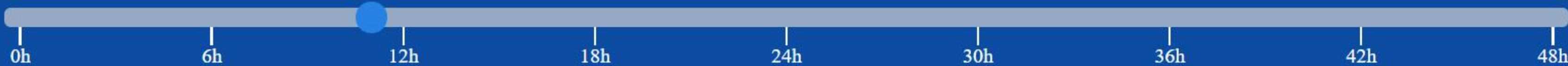
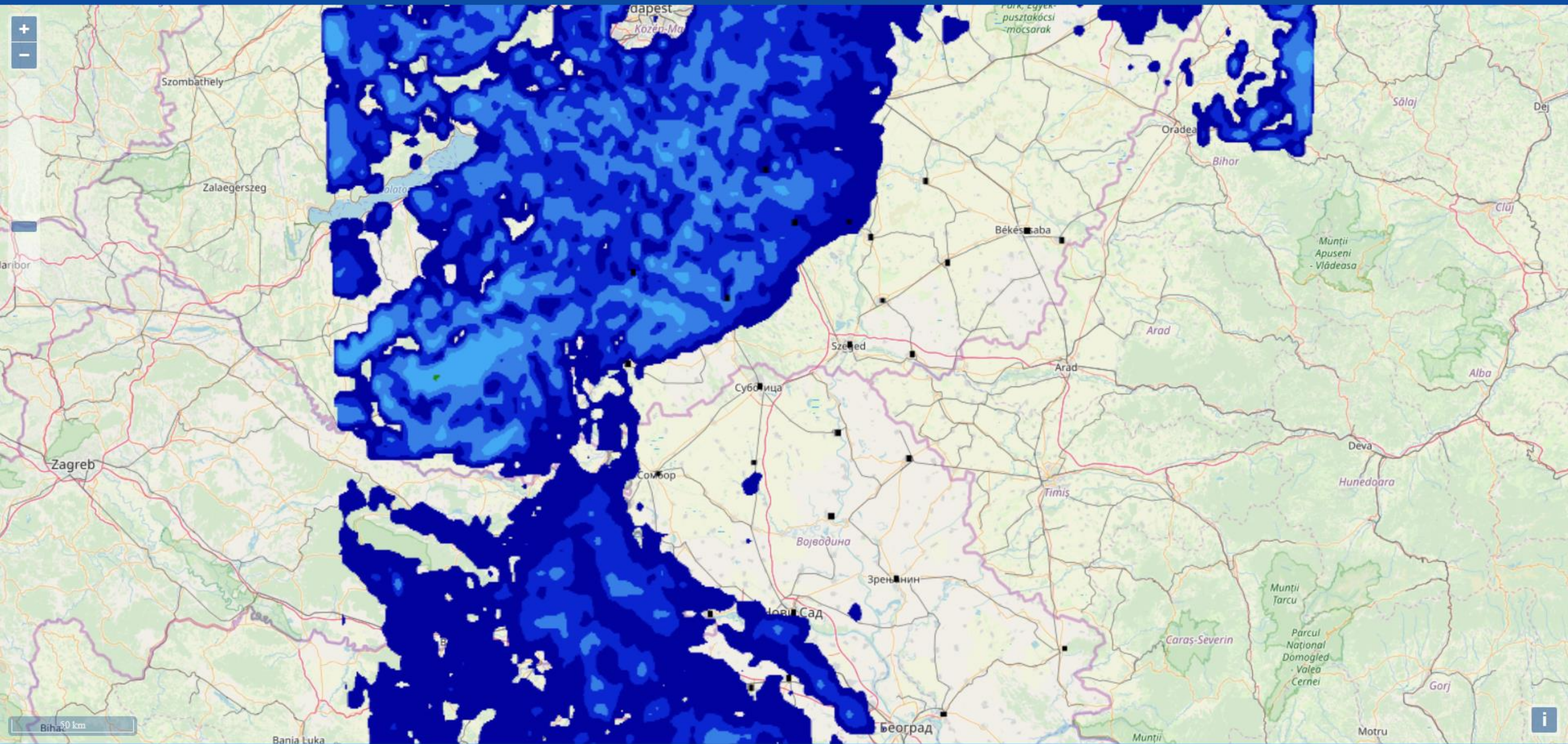
- Mobil-barát
- Zoomolható
- Időben léptethető
- térképi réteg
- választható alaptérképpel
 - OSM
 - Gmap
 - Műholdkép
- További rétegek
 - Meteorológia
 - Hidrológia



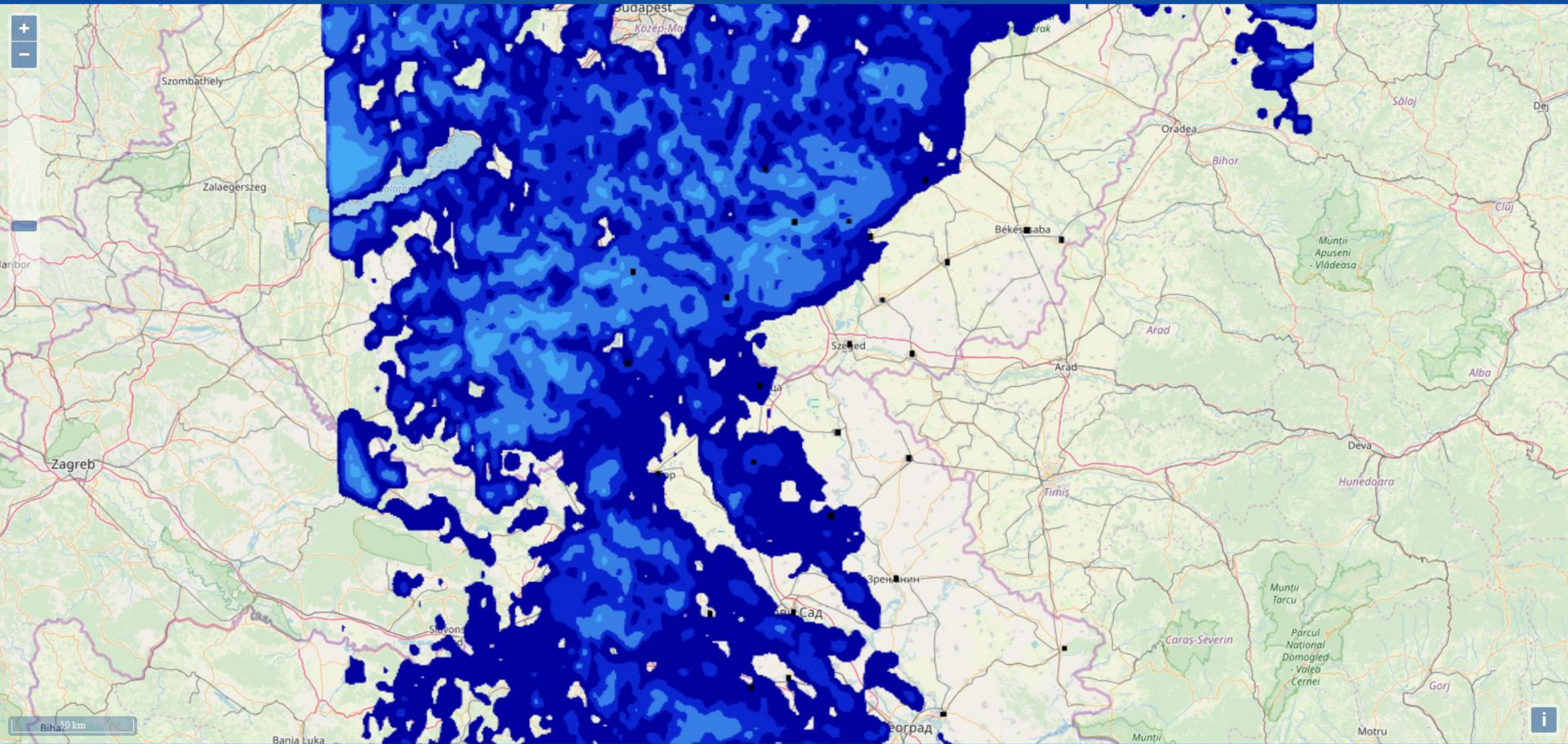
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



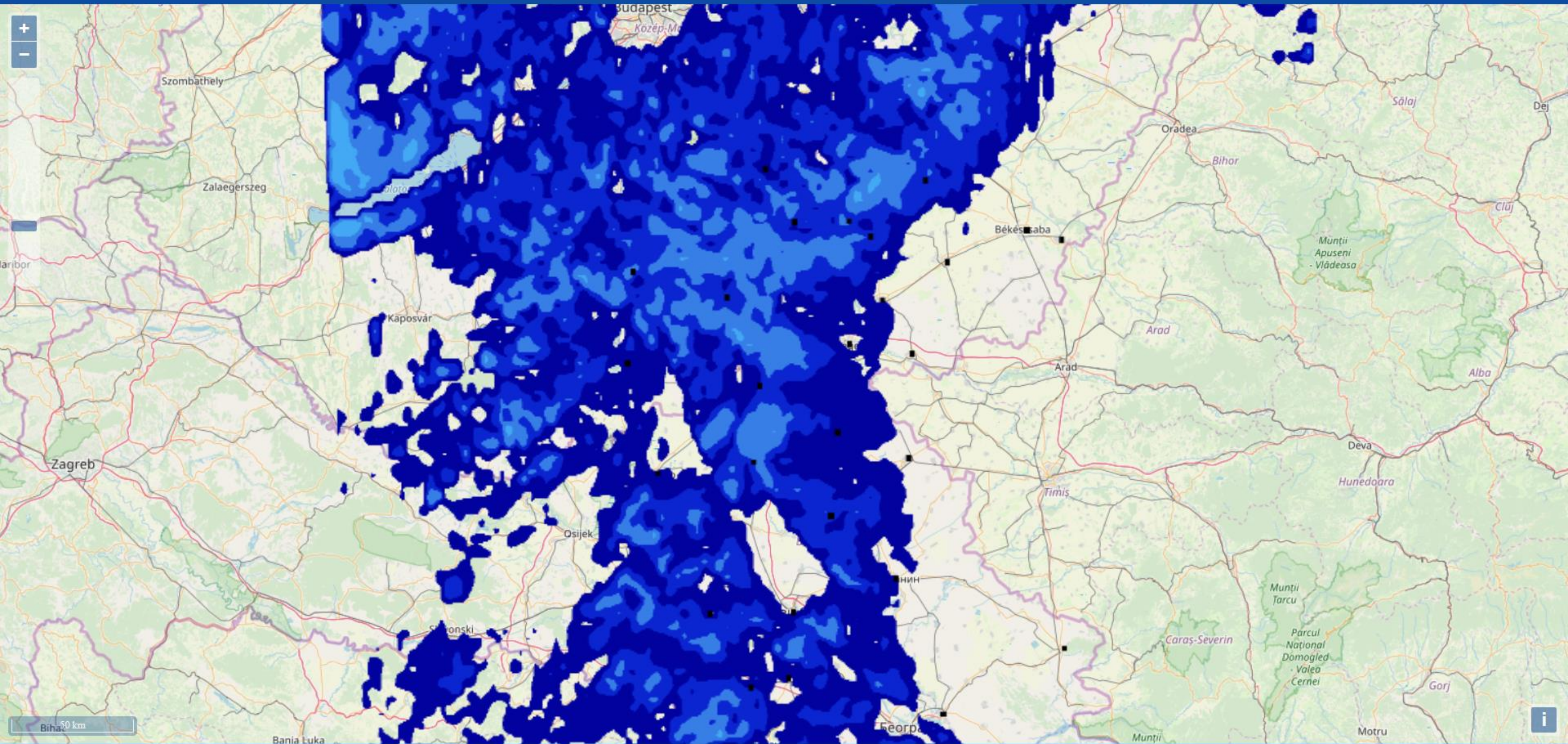
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



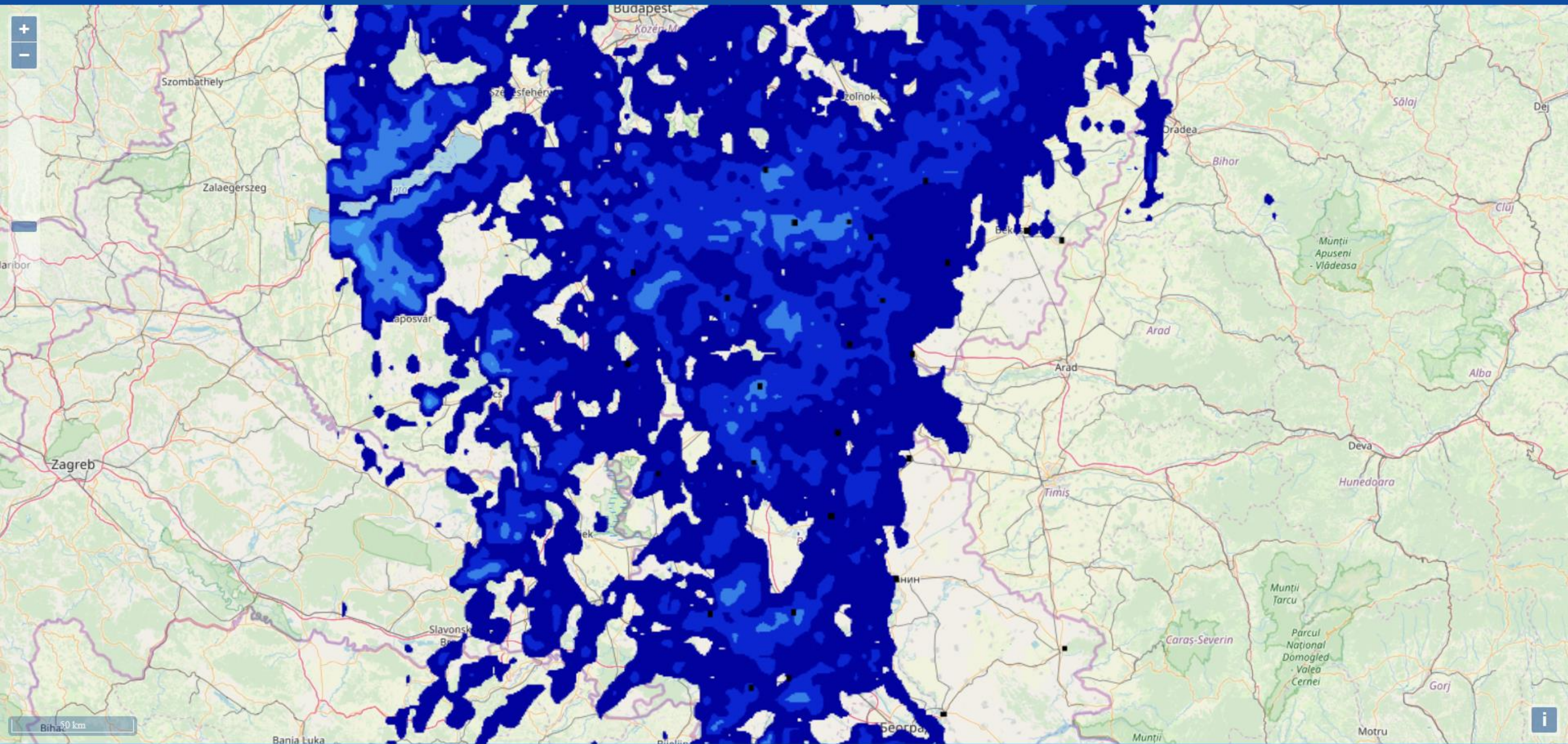
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



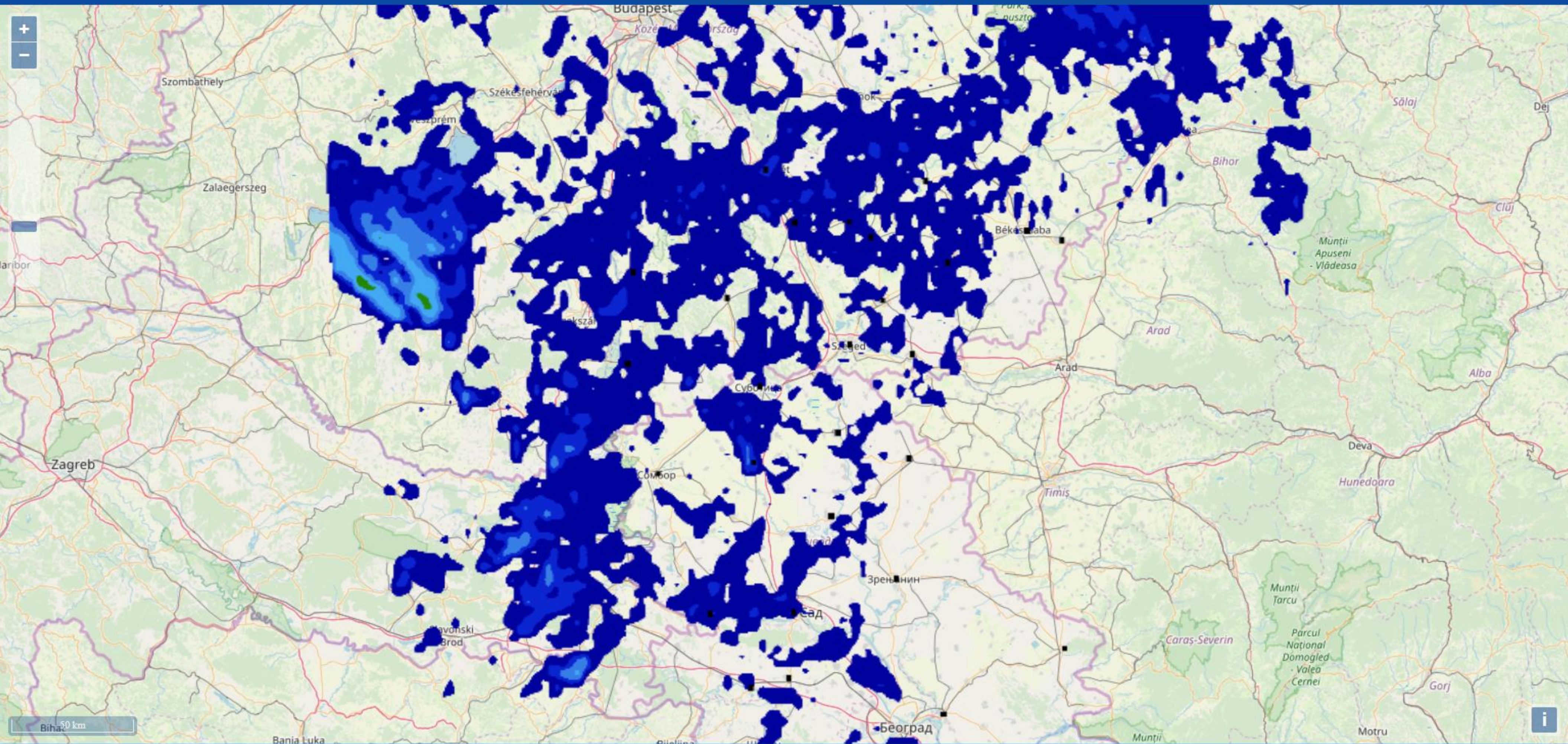
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



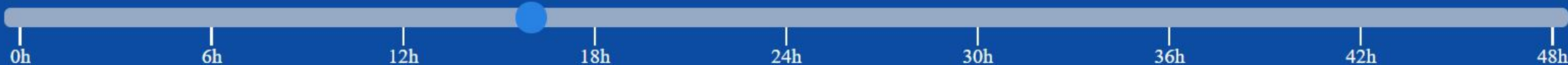
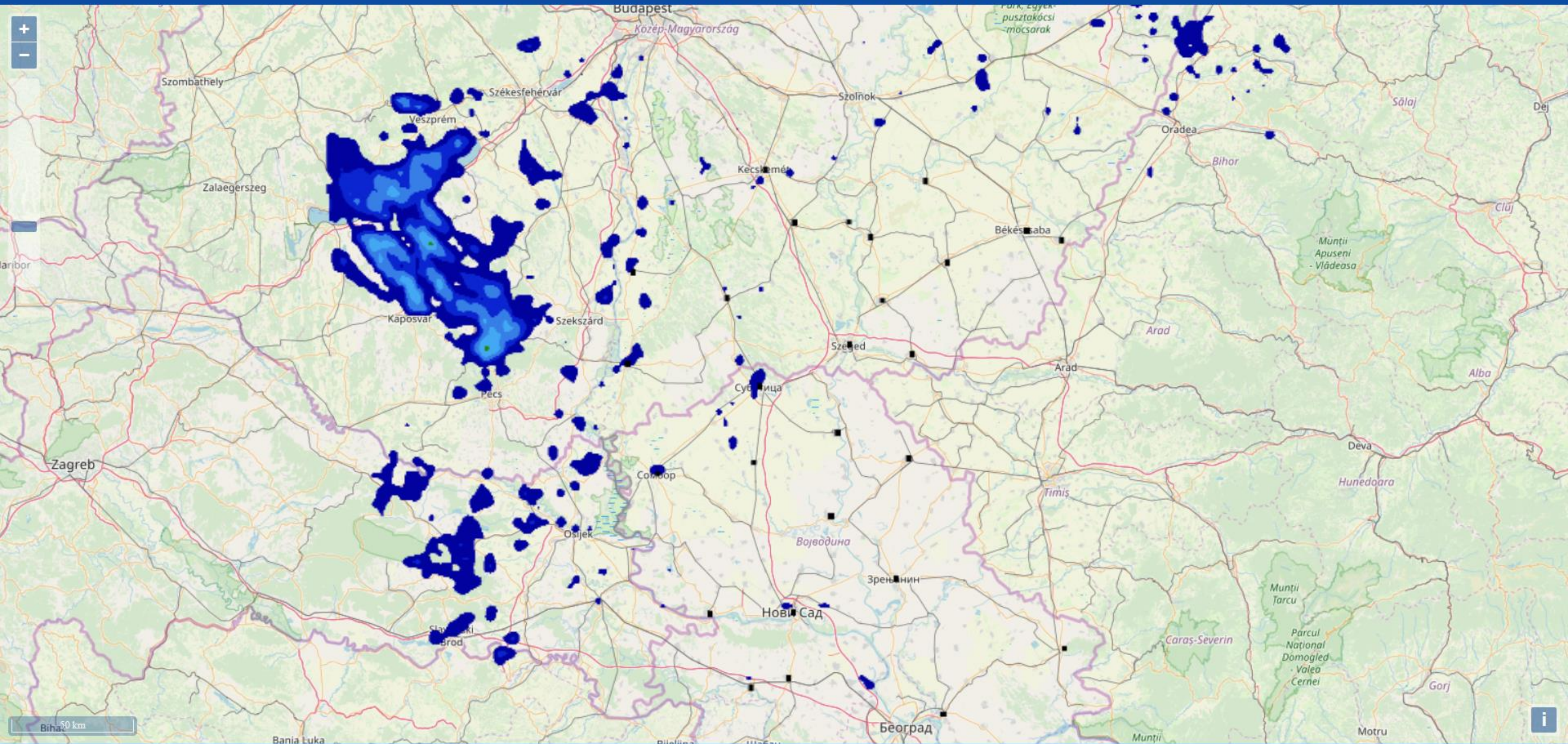
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



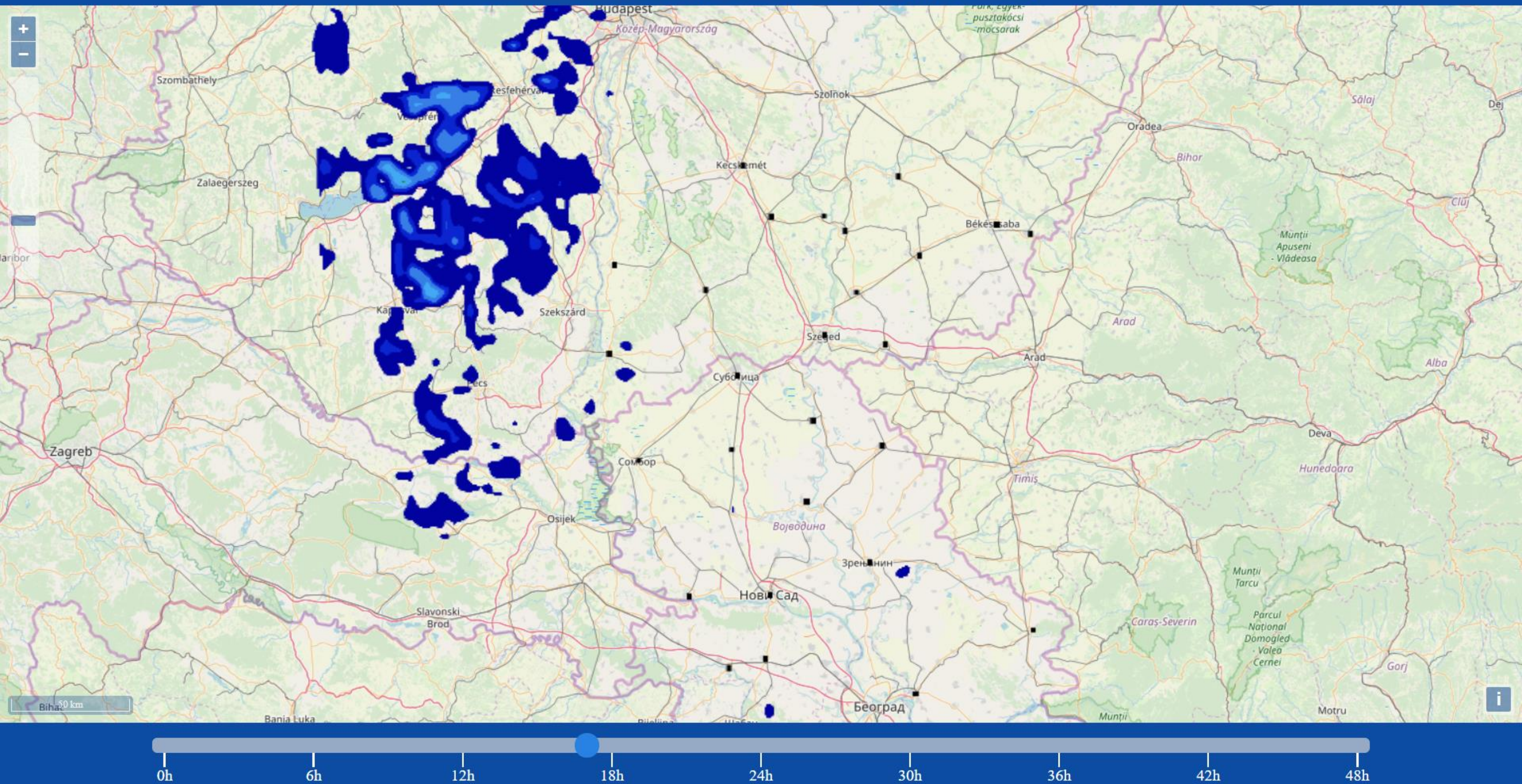
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



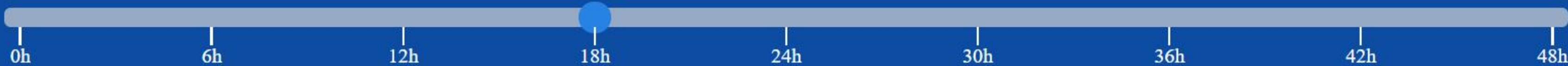
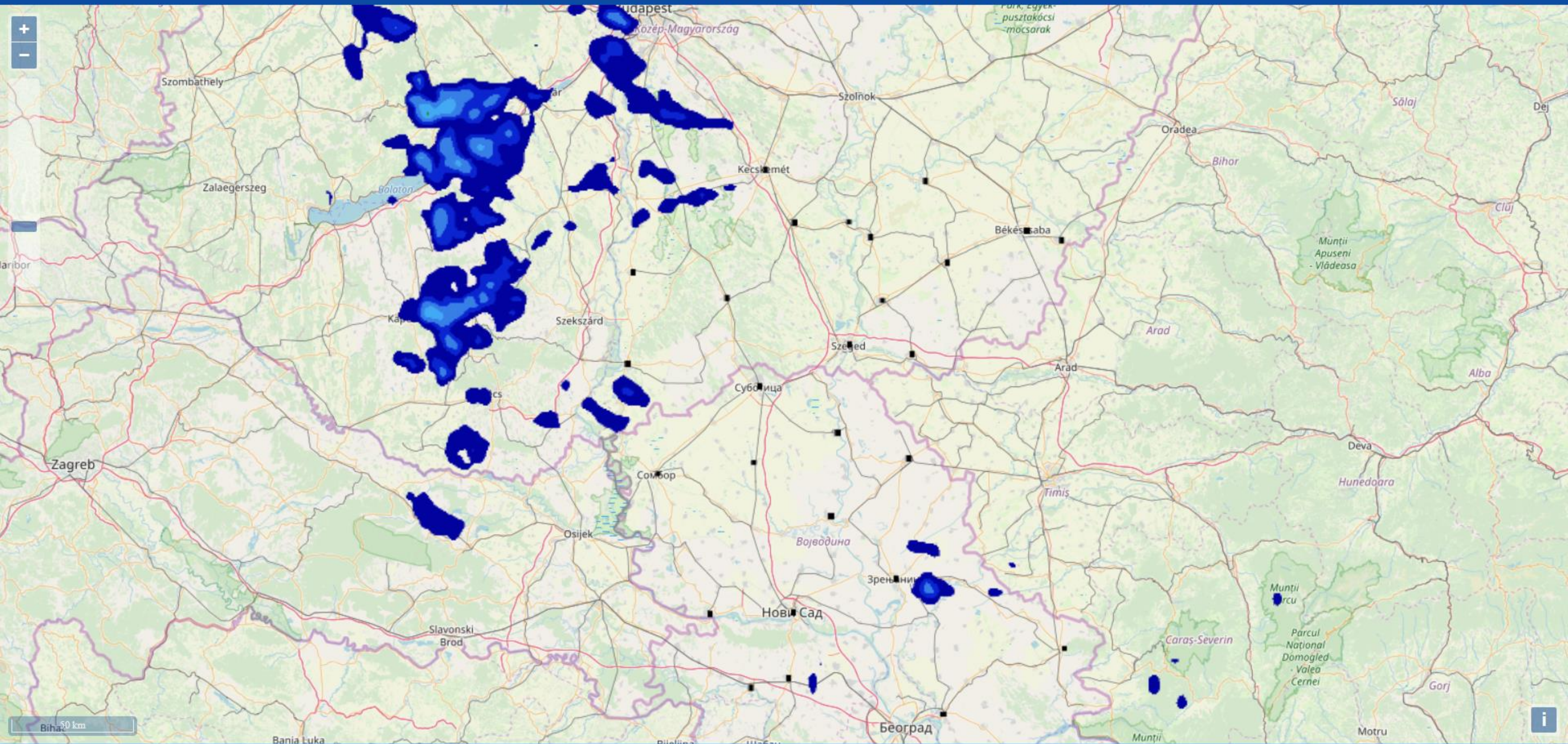
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



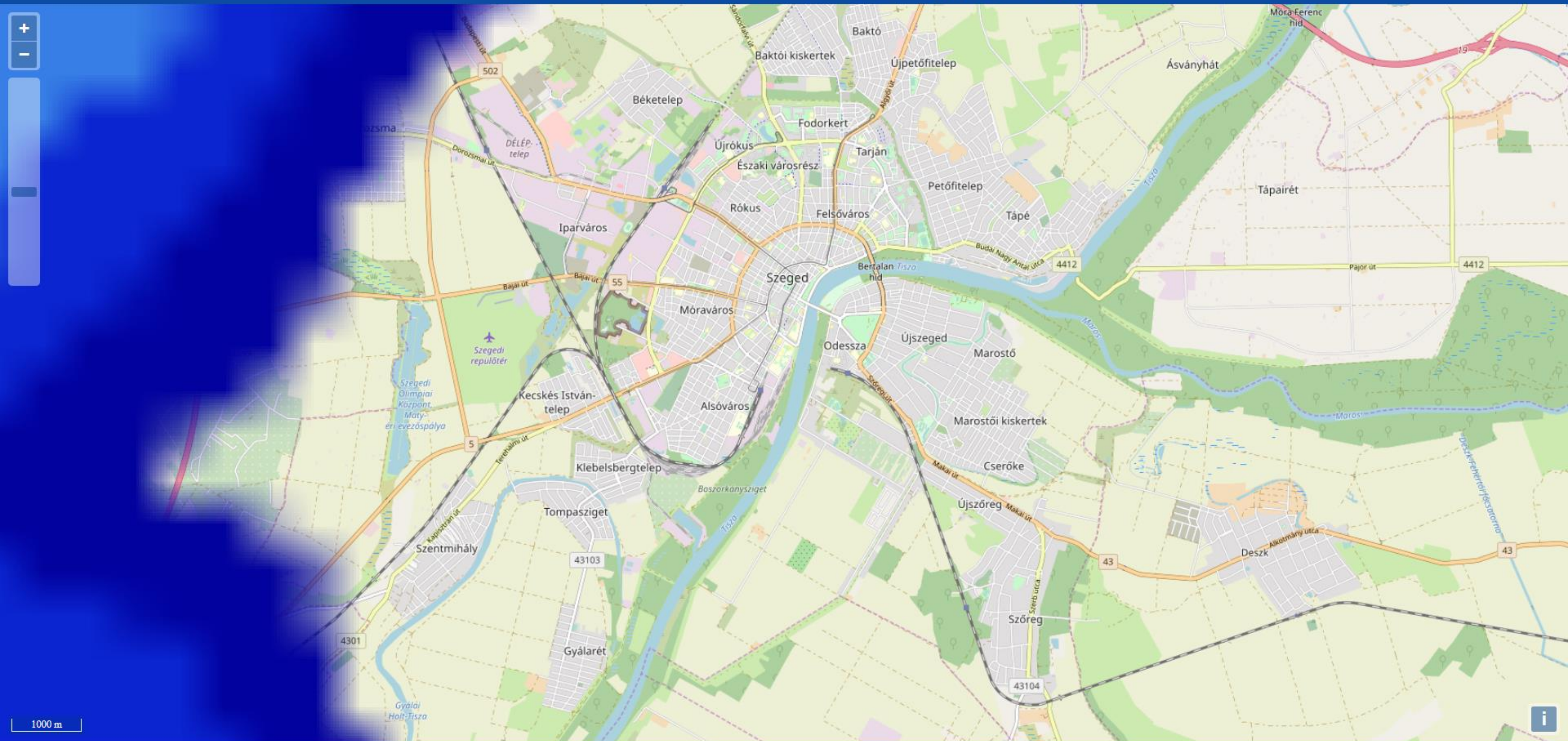
URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



URBAN-PREX Precipitation Forecast Map (test mode)



<http://www.urban-prex.org/>



Csapadék előrejelzés diagram (chart) adatok

Főoldal A projektről Csatat Események Publikációk Monitoring csapadék **Előrejelzés** Kapcsolat

En Hu Sr



Monitoring csapadék

[Subotica](#)
[Zrenjanin](#)
[Pan-Zevo](#)
[Sombor](#)
[Kikinda](#)
[Sremska Mitrovica](#)
[Vrsac](#)
[Ruma](#)
[Backa Palanka](#)
[Becej](#)
[Novi Sad](#)
[Limans district](#)
[Limans district](#)
[Center district](#)
[Center district](#)
[Telep district](#)
[Limans district](#)
[Bistrica district](#)
[Sajam district](#)

News

Upcoming event: Closing conference of URBAN-PREX project

Friday 25th October 2019 at 9 AM.

Early warning_HU

Szeged

select location_HU



no warning at all..._HU

Early warning system is based on maximum amount of precipitation per defined period, which city can contain

Info

[Click here to toggle between forecast map and forecasted early warning](#)

html 4.01

☒ responsive

choose experience



<http://www.urban-prex.org/>



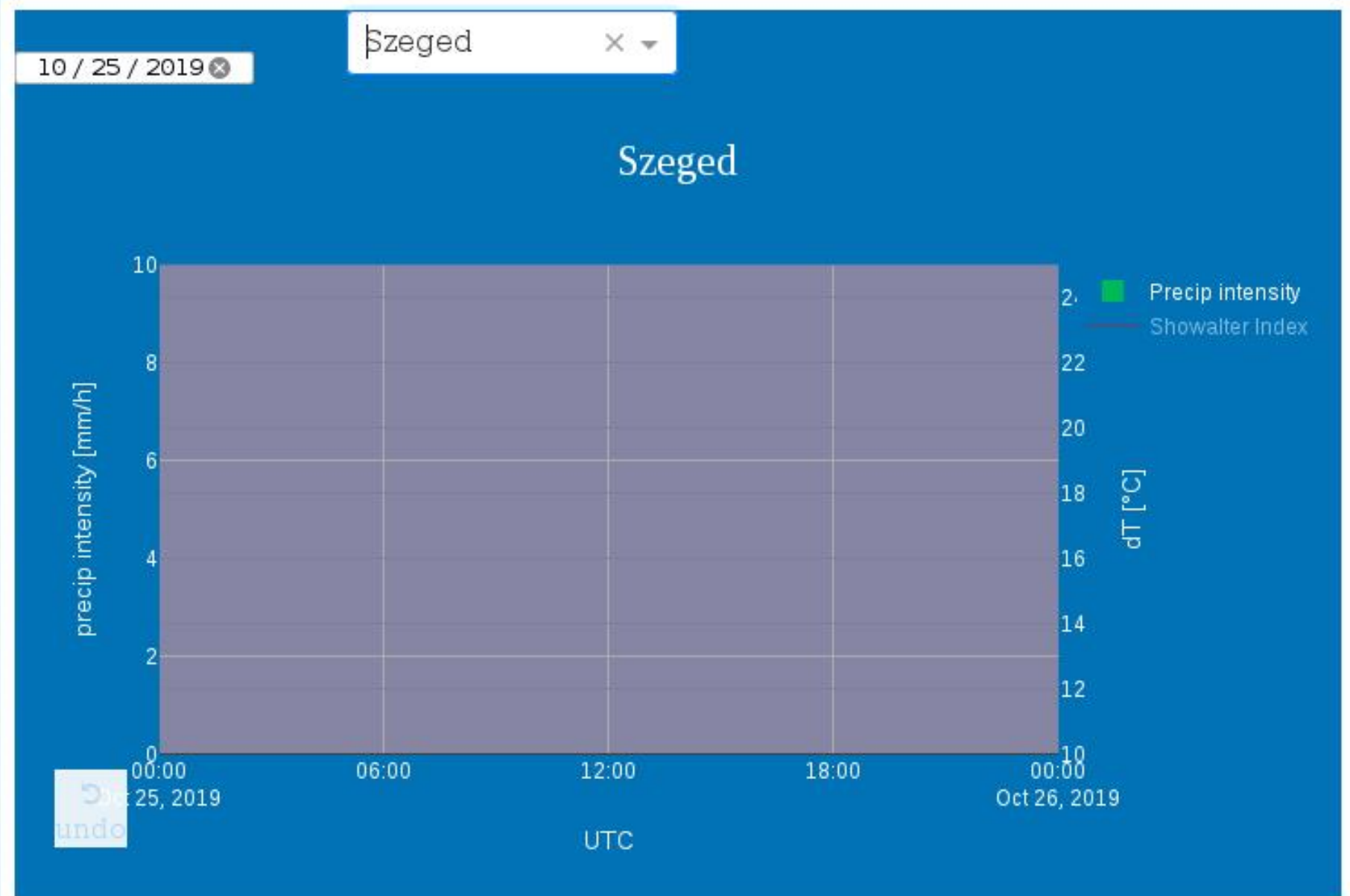
Csapadék előrejelzés diagram (chart) adatok

[Home](#) [About](#) [Team](#) [Events](#) [Publications](#) [WSN](#) **Precipitation Forecast** [Contact](#)

En Hu Sr



Precipitation Forecast



News

Upcoming event: Closing conference of URBAN-PREX project

Friday 25th October 2019 at 9 AM.

Early warning

Szeged

[select location](#)



no warning at all...

Early warning system is based on maximum amount of precipitation per defined period, which city sewage can contain.

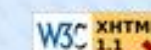
Info

[Click here to toggle between forecast map and forecasted early warning](#)

html 4.01

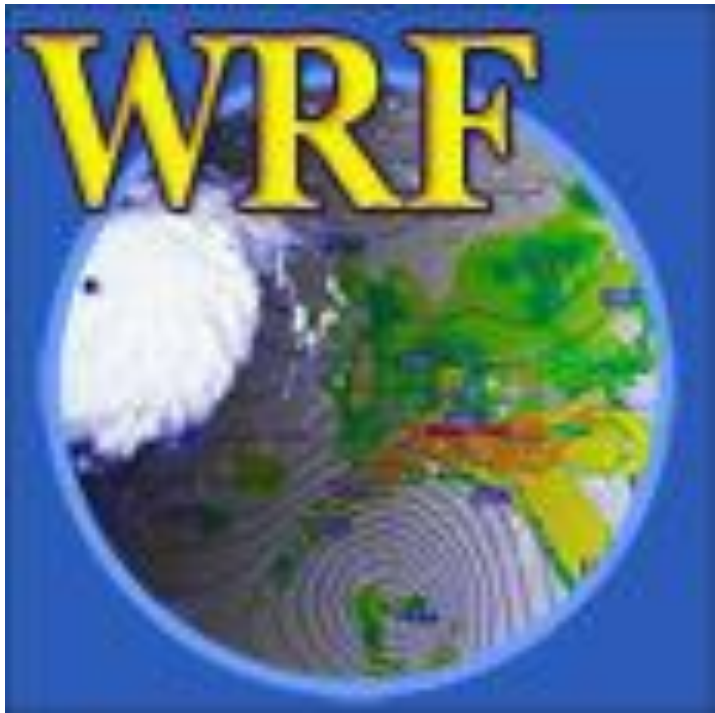
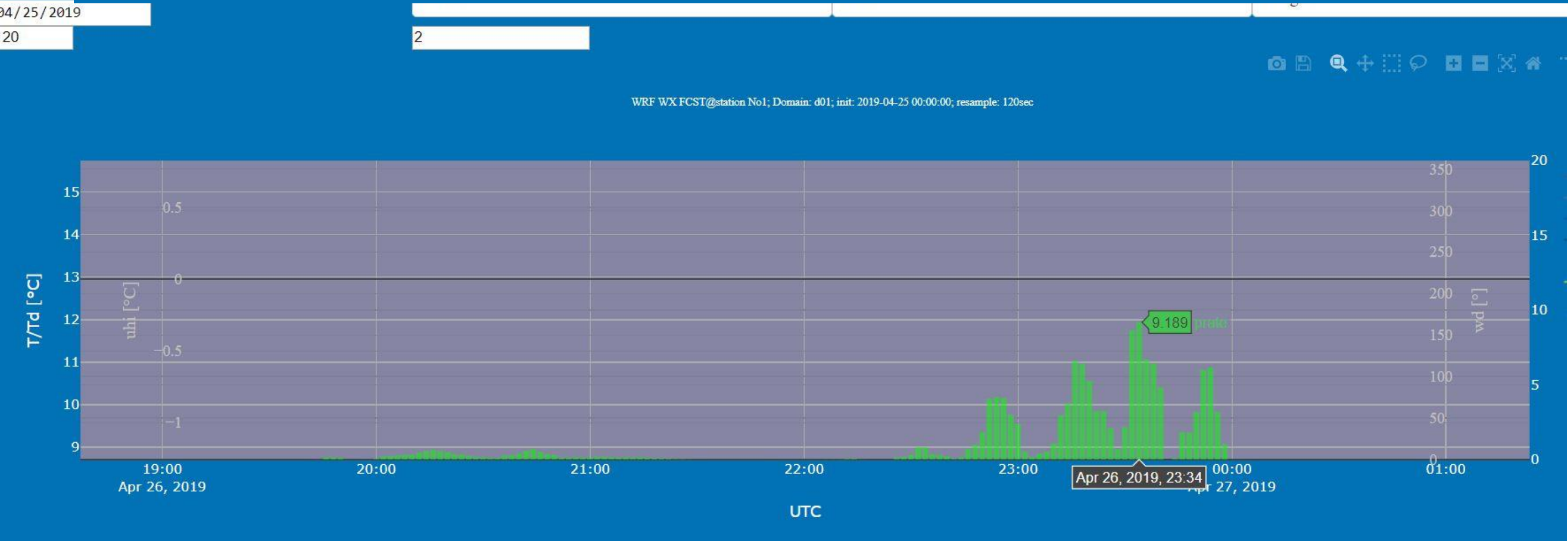
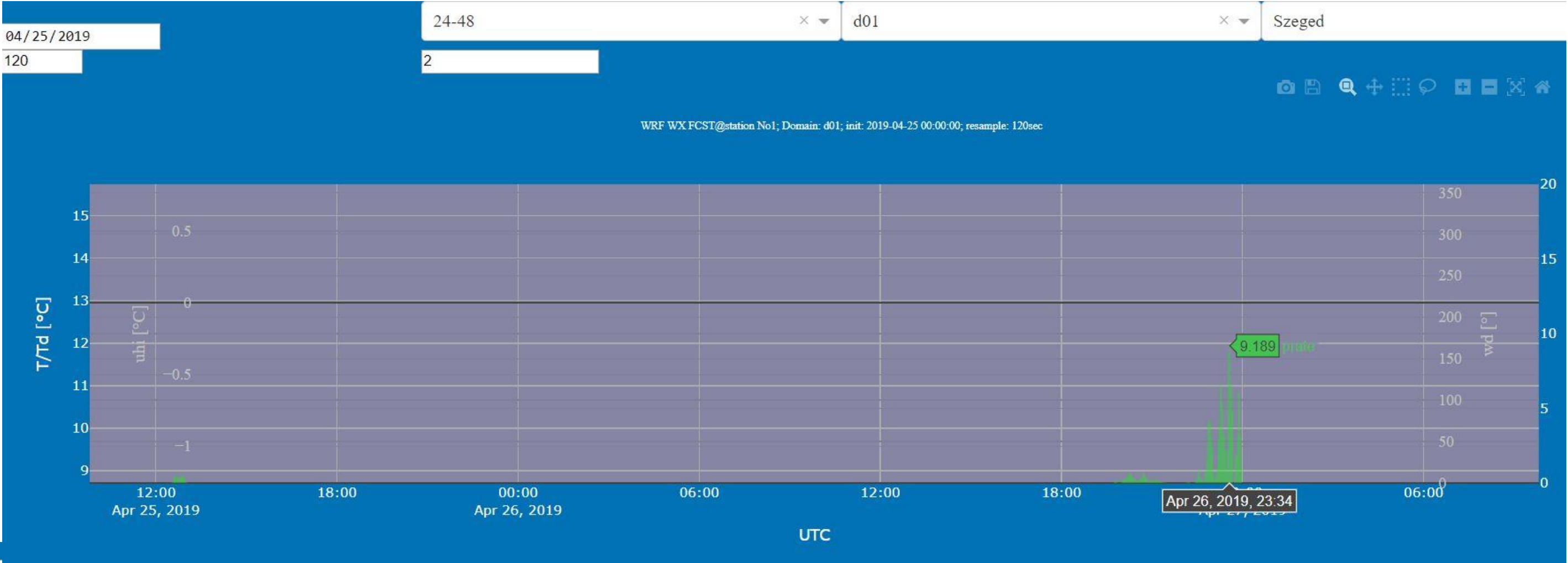
☒ responsive

choose experience

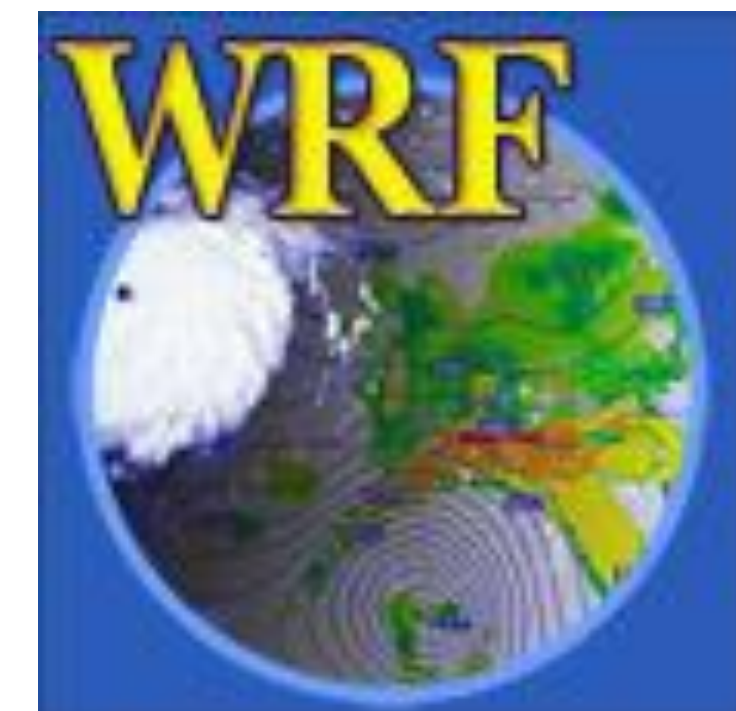
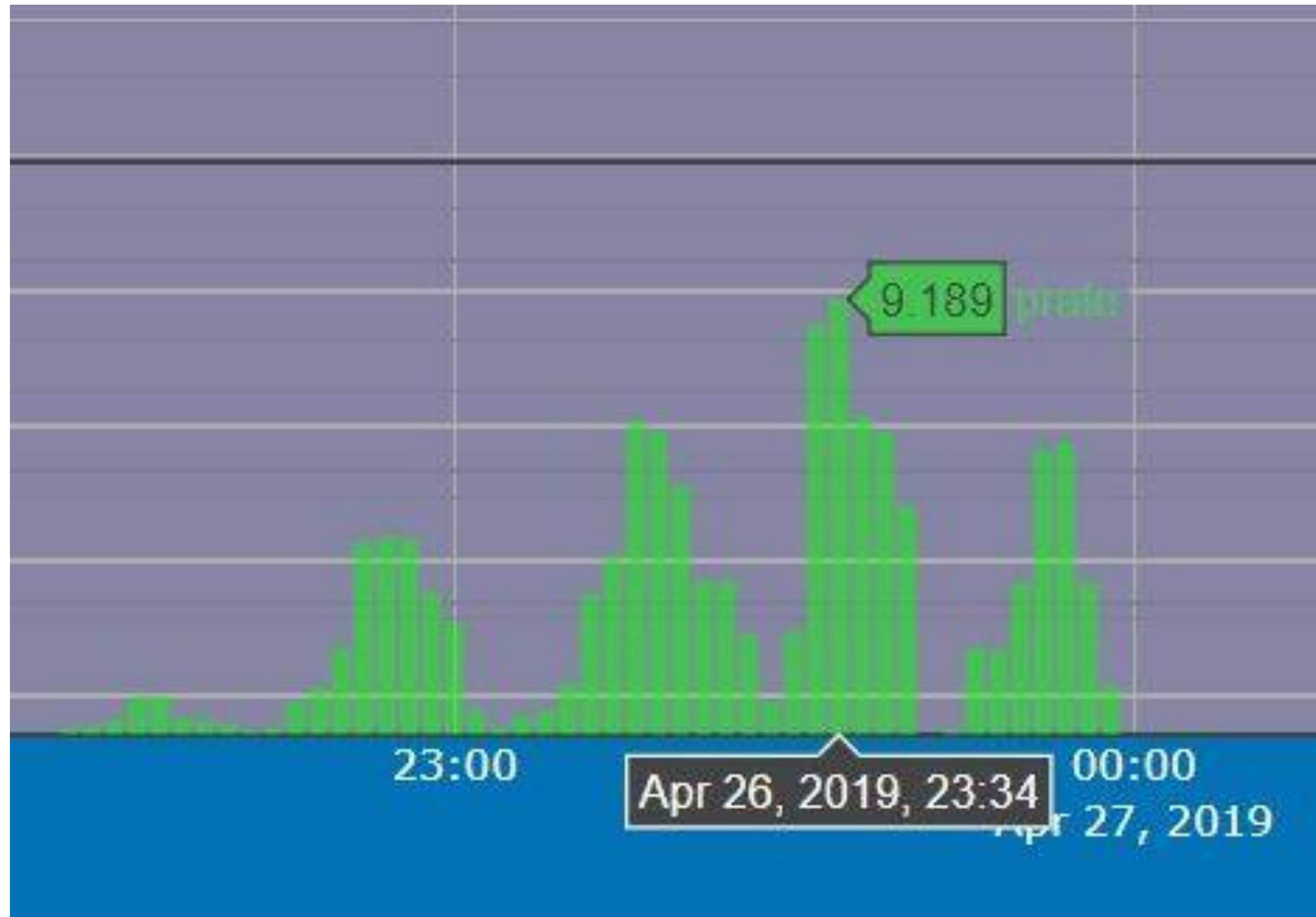




Dinamikus diagramok



Dinamikus diagramok





<http://www.urban-prex.org/>

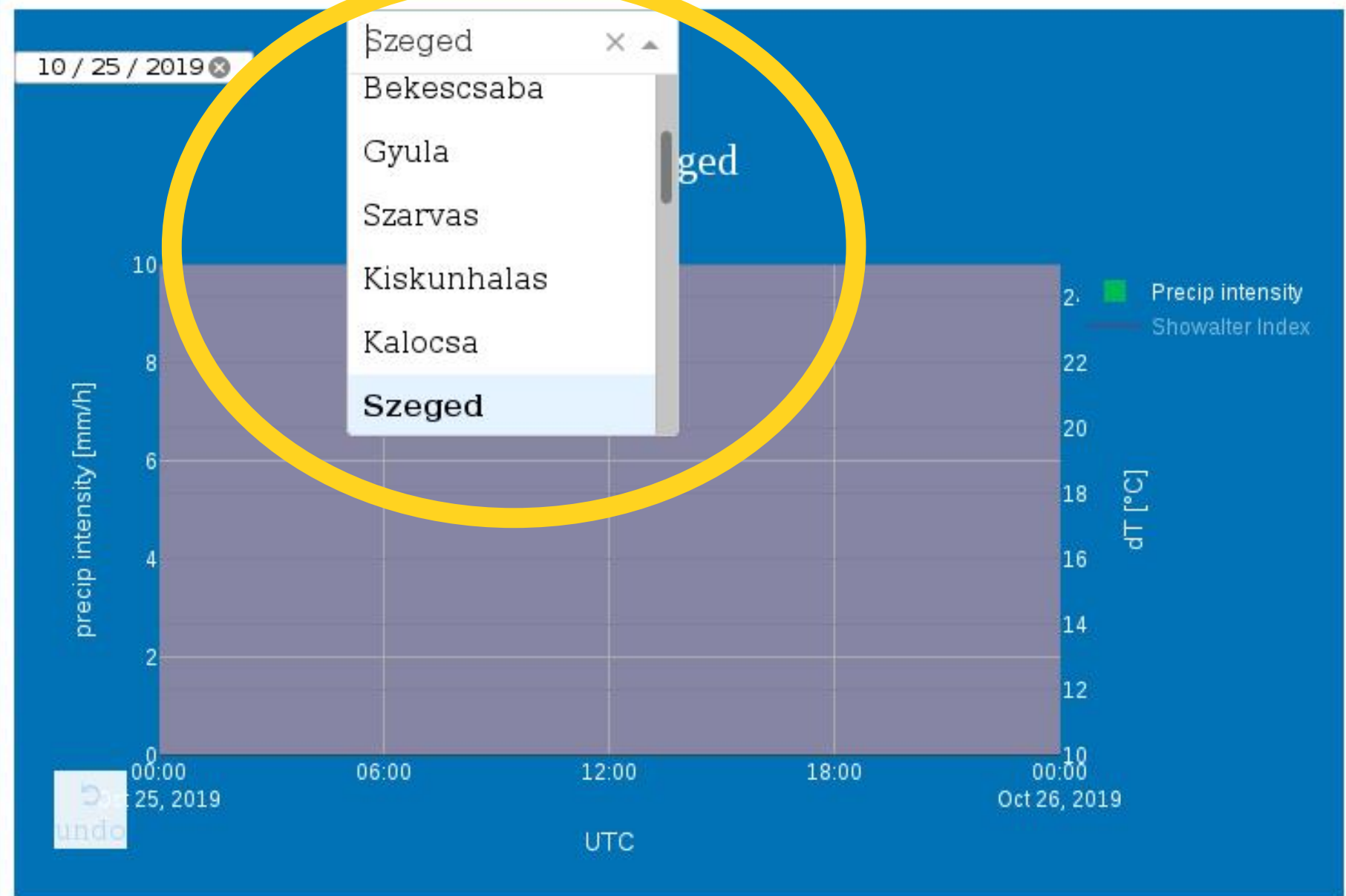
Legördülő
menüből is
kiválasztható
helyszín

[Home](#) [About](#) [Team](#) [Events](#) [Publications](#) [WSN](#) [Precipitation Forecast](#) [Contact](#)

En Hu Sr



Precipitation Forecast



News

Upcoming event: Closing conference of URBAN-PREX project

Friday 25th October 2019 at 9 AM.

Early warning

Szeged select location



no warning at all...

Early warning system is based on maximum amount of precipitation per defined period, which city can contain.

Info

[Click here to toggle between forecast map and forecasted early warning](#)

html 4.01

☒ responsive

choose experience





Köszönöm szépen a megtisztelő figyelmet

<http://www.urban-prex.org/>

zeno@nimbus.elte.hu