

Hogyan változhat Magyarország levegőminősége a klíma- és kibocsátásváltozások hatására?

Ferenczi Zita, Vértesi-Nagy Anita, Varga-Balogh Adrienn

HungaroMet Zrt

Levegőminőség-modellezési és Emissziós Osztály

Kölcsönhatások



Kutatás célja

- Megérteni és számszerűsíteni a megváltozott éghajlat és az emisszió csökkentési stratégiák együttes hatásait a levegőszennyező anyagok koncentrációjára és az ülepedésre.
- Értékelni, hogy hogyan fog a jövőben a levegőminőség hatni a természetes és kultúrnövényekre, valamint az emberi egészségre.
- Alkalmazkodási stratégiák kidolgozásához háttérinformáció biztosítása.



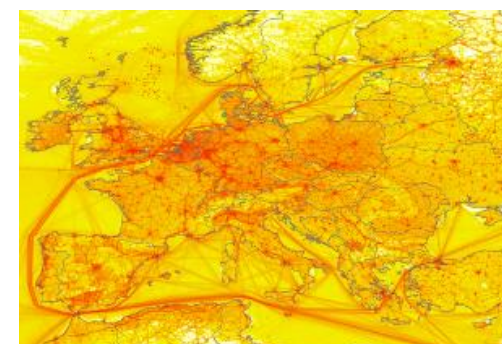
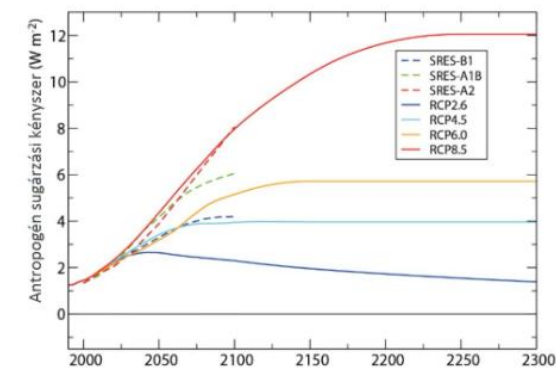
Változások a légkörben

Legfontosabb folyamatok, amelyek hatással lesznek a légszennyezőanyagok koncentrációjának alakulására:

- levegő hőmérsékletének változása befolyásolja a kémiai reakciók sebességét;
- páratartalom változása befolyásolja egyes kémiai vegyületek keletkezését, lebomlását;
- villámlás gyakoriságának és intenzitásának változása hatással van a légköri nitrogén-monoxid-képződésre;
- a felhőzet változása befolyásolja a légkör összetételét azáltal, hogy módosítja a beérkező napsugárzást, és ezáltal a fotokémiai aktivitást;
- csapadék gyakoriságának és intenzitásának változásai hatással lesznek a szennyezőanyagok nedves ülepedésére;
- talajfelszín hőmérsékletének és a csapadéknak a változása befolyásolja a növényzet és a talajfelszín emisszióját;
- áramlási rendszerek megváltozása befolyásolja a szennyezőanyagok nagytávolságú transzportját, a kontinensek közötti szennyezőanyag cserét;
- konvektív aktivitás változásai módosítják a szennyezőanyagok vertikális transzportját a felső troposzférába;
- szél intenzitásának változása módosítja a porrészecskék mobilizációját a száraz területeken, és ezáltal az aeroszol terhelést a troposzférában

Csatolt modell-rendszer jellemzői

modell	ALADIN-Climate	CHIMERE
modell típusa	klímamodell	kémiai transzport modell
térbeli felbontás	10 km	0,1°
határfeltétel	ARPEGE-Climate	LMDz-INCA + GOCART
forgatókönyv/ emisszió	RCP8.5 pesszimista	EMEP és ECLIPSE_V6b_CLE_baseline



Levegőminőségre vonatkozó projekciók

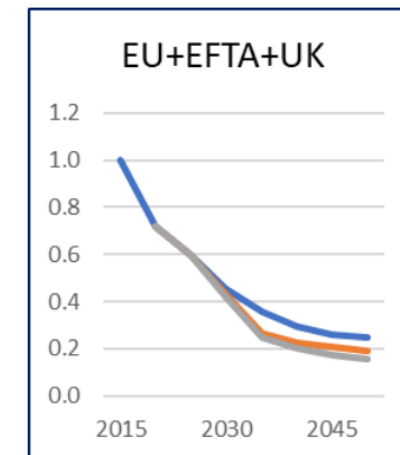
CLE (Baseline scenario) – tartalmazza a nemzeti légszennyezés-csökkentési programokban szereplő szakpolitikákat, valamint az EU27 esetében az Európai Zöld Megállapodást, beleértve a „Fit for 55” jogalkotási csomagot, a RePowerEU kezdeményezéseket, az IED felülvizsgálatát, továbbá a tagállamokkal folytatott konzultáció eredményeit az Európai Bizottság „Clean Air Outlook” munkájának támogatása során.

MTFR (Maximum technically feasible reductions) – hasonló aktivitási adatokkal számol, mint a „Baseline”, azonban a legalacsonyabb emissziós faktorokkal jellemezhető technológiákat tartalmazza.

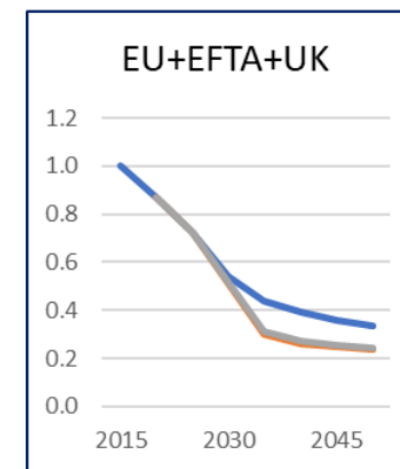
LOW - magában foglalja a a Párizsi Megállapodás 2°C-os céljával összeegyeztethető, globális „nettó zéró” klímapolitikákat, az MTFR intézkedéseket (a tengeri hajózásra is kiterjesztve), valamint további változásokat a mezőgazdaságban.

LOW+ - magában foglalja az energiarendszerek további strukturális átalakulását, amely lehetővé teszi a hidrogén és az ammónia energiahordozóként történő felhasználásának jelentős növekedését.

Nitrogen oxides (NO_x)

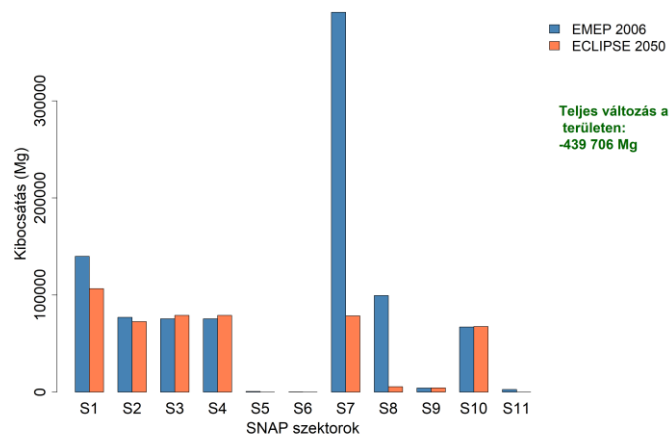


Particulate matter (PM_{2.5})

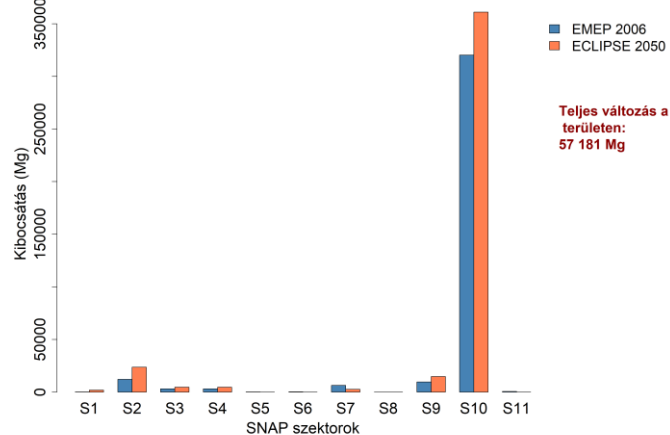


Baseline scenárió (CLE)

CHIMERE számítási területén várható kibocsátásváltozások NOx

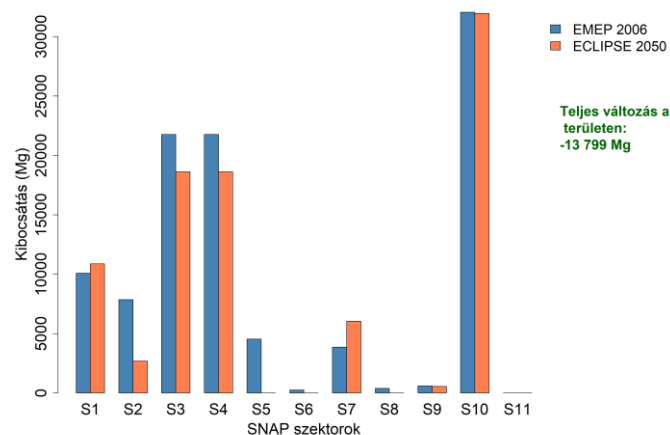


CHIMERE számítási területén várható kibocsátásváltozások NH3

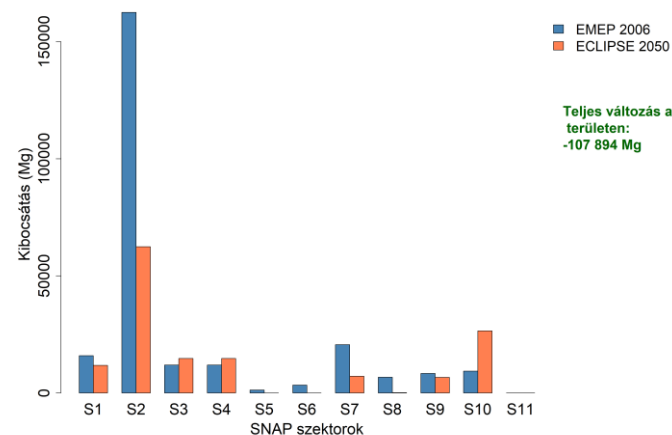


1. szektor: Tüzelés az energia termelése és átalakítása során
2. szektor: **Nem ipari tüzelőberendezések**
3. szektor: Ipari tüzelőberendezések
4. szektor: Ipari folyamatok tüzelés nélkül
5. szektor: Fosszilis tüzelőanyagok és geotermikus energia kitermelése és elosztása
6. szektor: Oldószerek és egyéb termékek felhasználása
7. szektor: **Közúti közlekedés**
8. szektor: Egyéb mobil források és gépek
9. szektor: Hulladékkezelés és -ártalmatlanítás
10. szektor: **Mezőgazdaság**
11. szektor: Egyéb források és nyelők (természet)

CHIMERE számítási területén várható kibocsátásváltozások PMcoarse



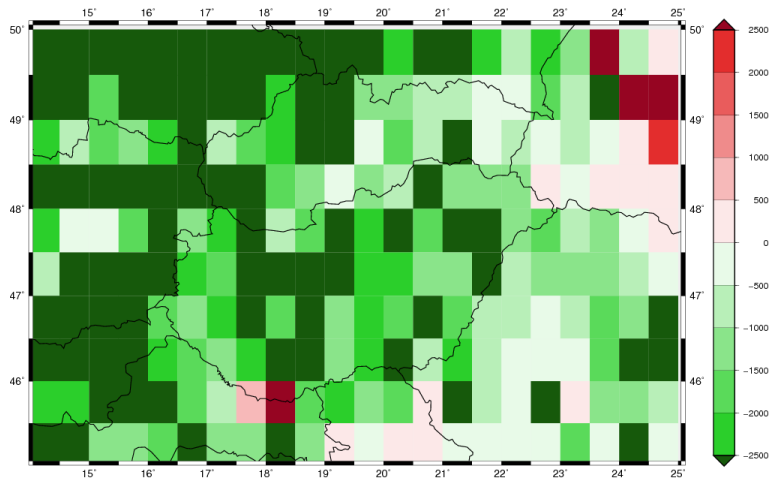
CHIMERE számítási területén várható kibocsátásváltozások PMfine



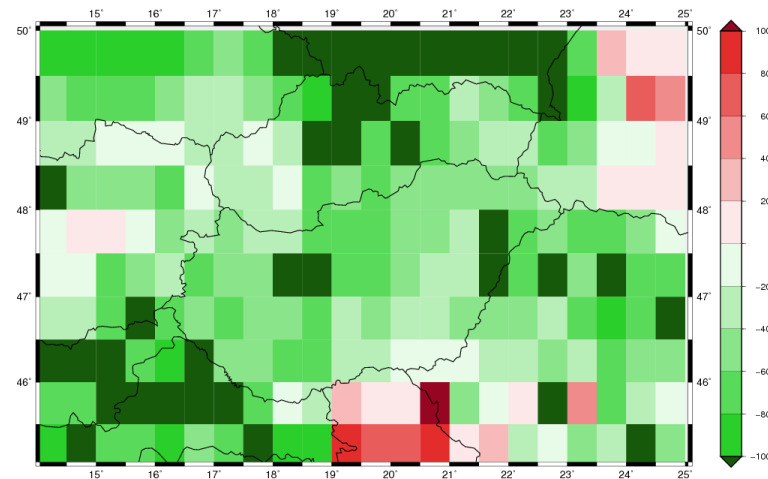
Emisszió változás a 2006-2050 időszak alatt

ECLIPSE V6b Baseline scenario (CLE)

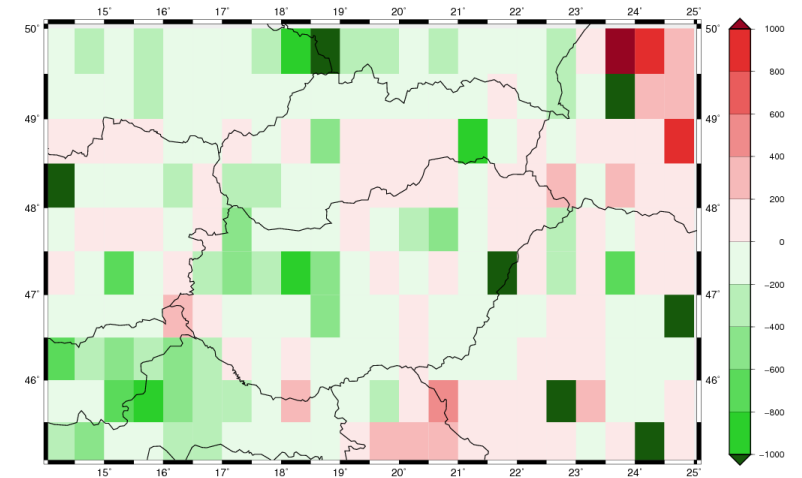
NO_x



$\text{PM}_{\text{coarse}}$



PM_{fine}

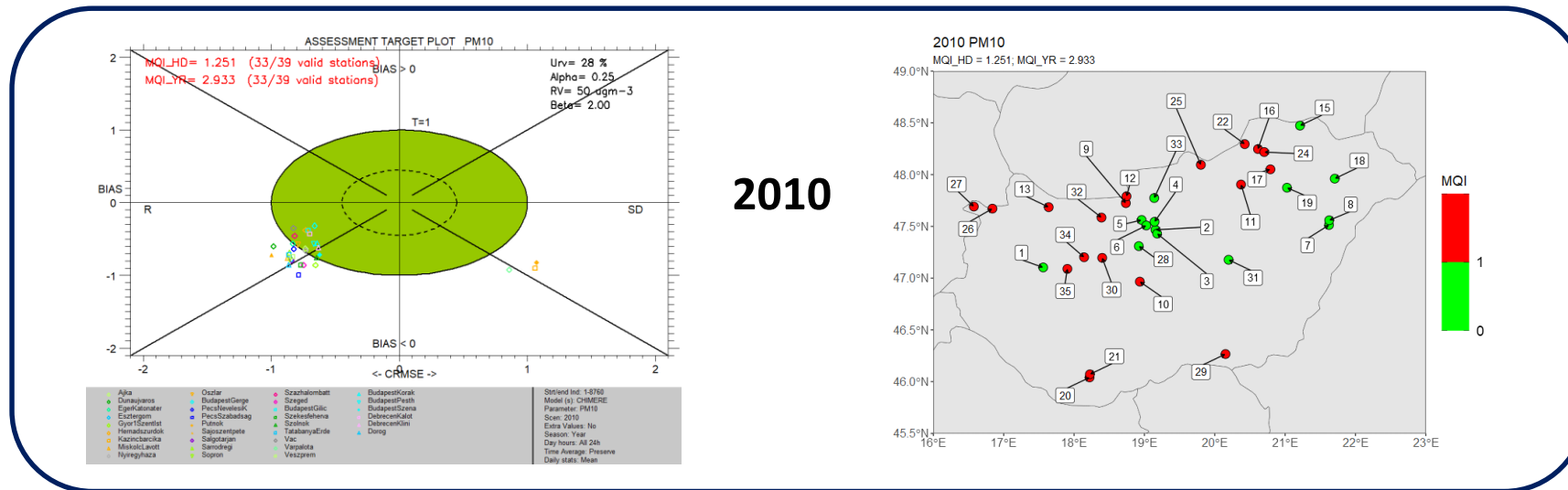
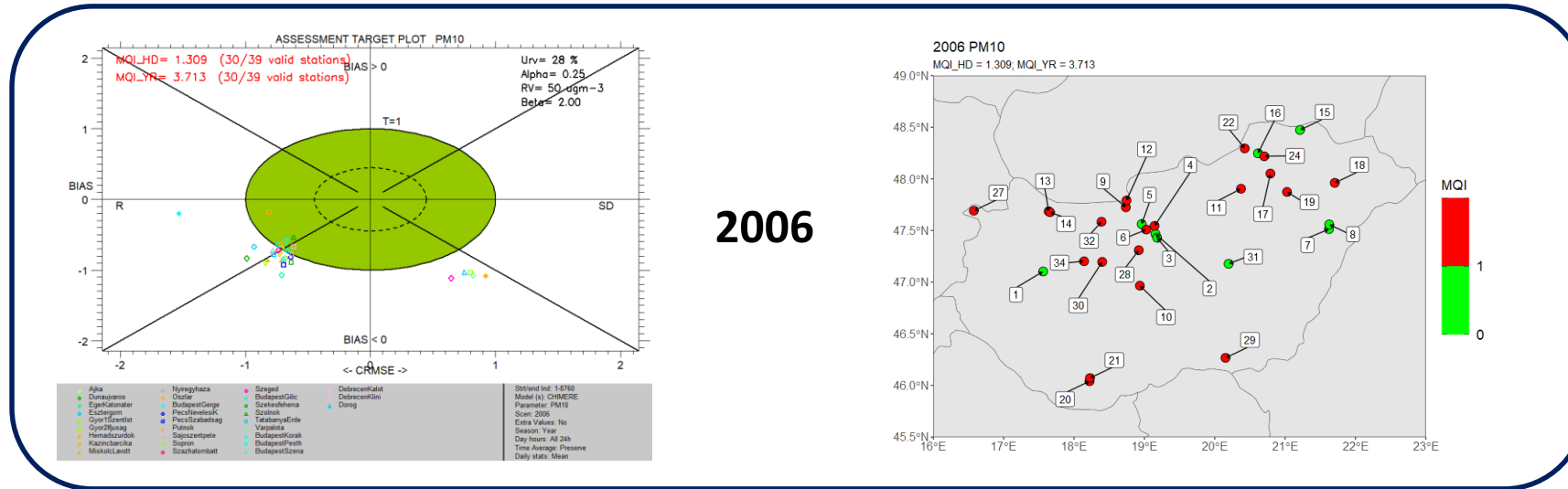


Kontroll időszakra vonatkozó eredmények kiértékelése

- Rács cellára vonatkozó értéket (területi átlag) tudunk egy pontra vonatkozó értékkel összehasonlítani.
- Nagyobb térbeli reprezentativitással rendelkező állomások esetében várható, hogy a modell eredmény jól közelíti a mért értéket.
- Levegőminőség szabályozás - Delta Tool*:
 - órás / napi adatok kiértékelése -> target diagram
- Különféle grafikonok, statisztikai mutatók:
 - éves átlagok kiértékelése

Referencia időszak (2006-2010)

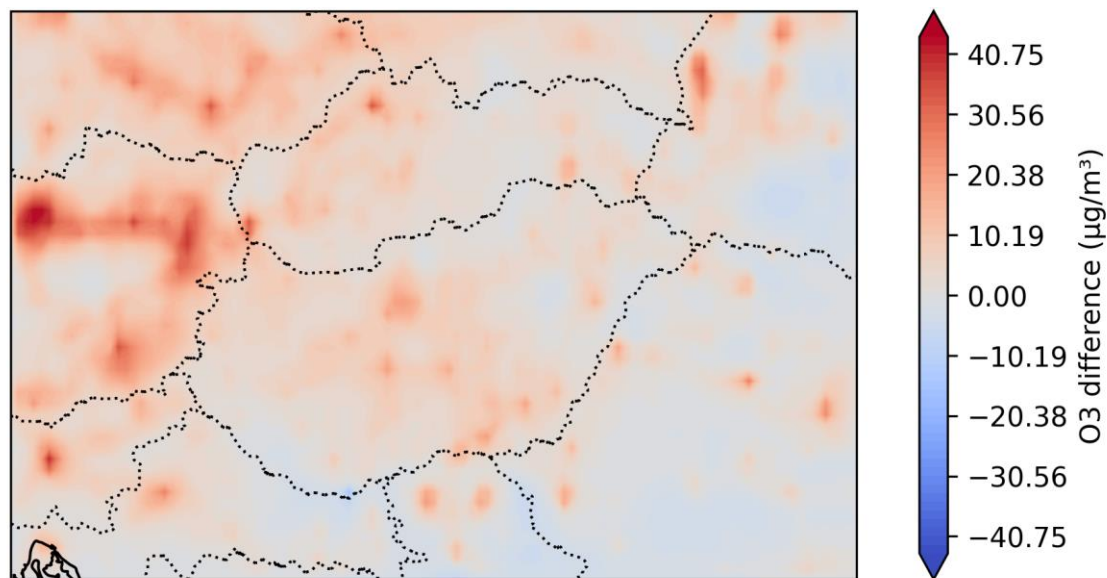
PM₁₀



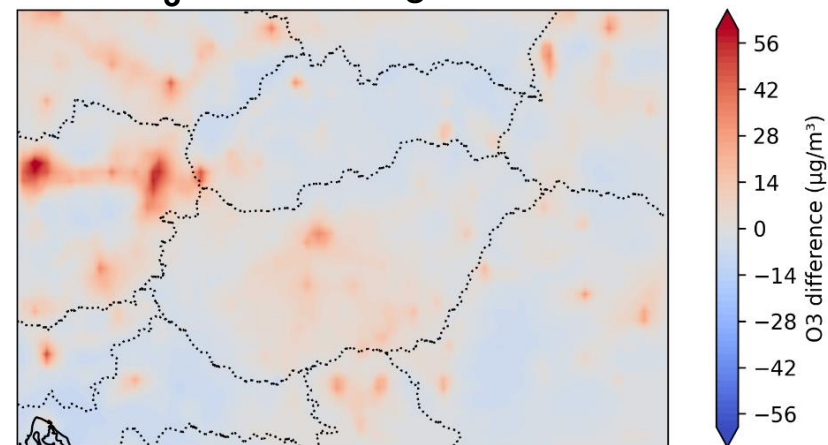
Eredmények



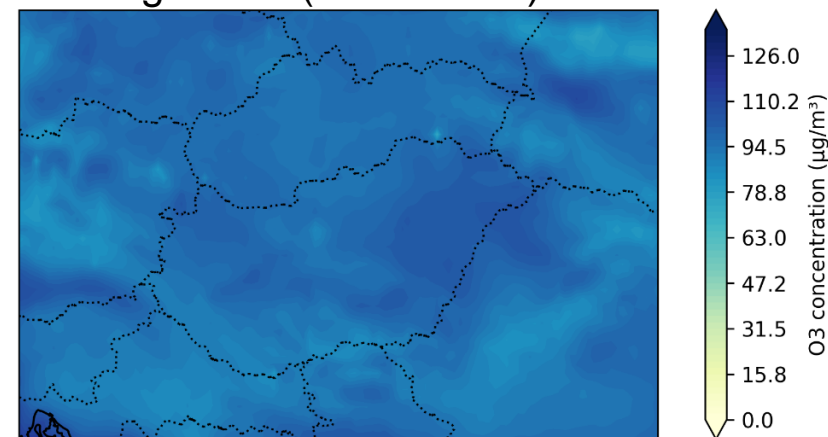
O₃ eltérése 2021–2050 és 2006–2010 között



O₃ eltérése augusztus

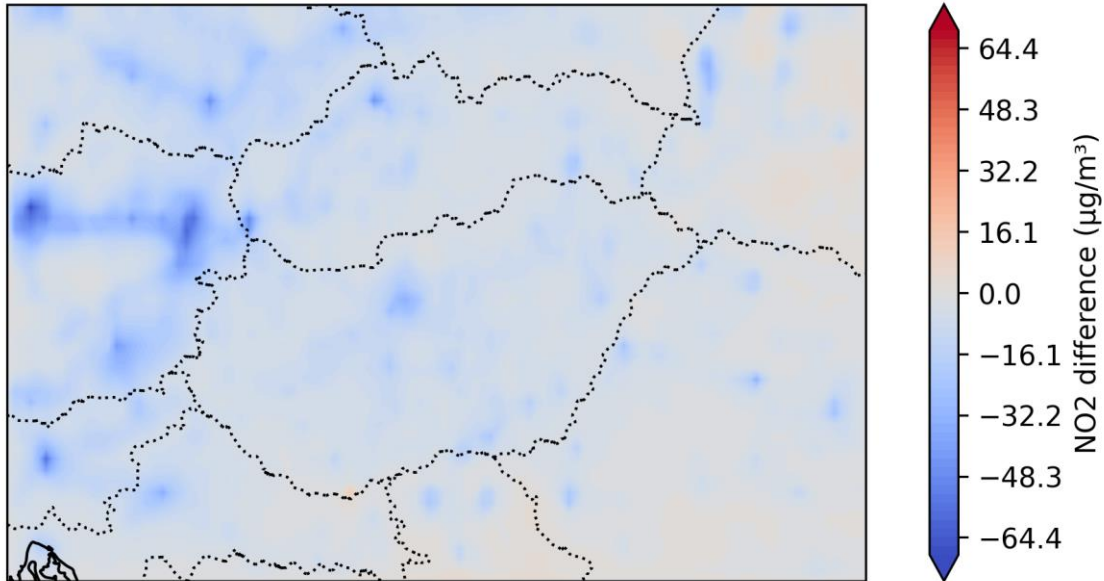


O₃ havi átlag augusztus (2021–2050)

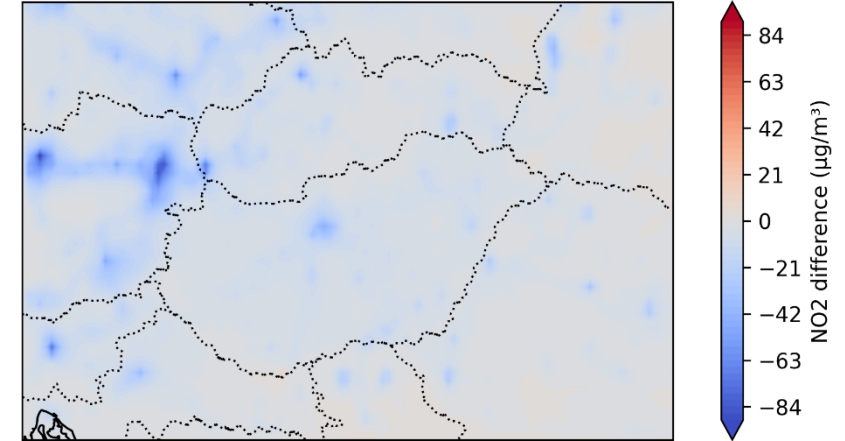


NO₂

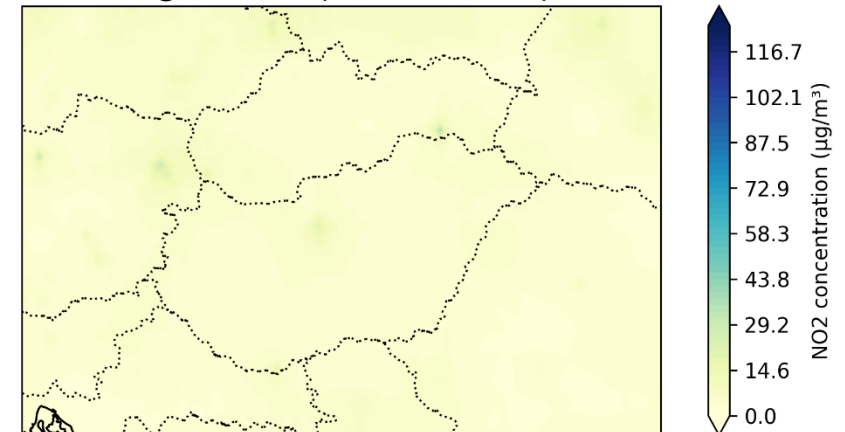
NO₂ eltérése 2021–2050 és 2006–2010 között



NO₂ eltérése augusztus

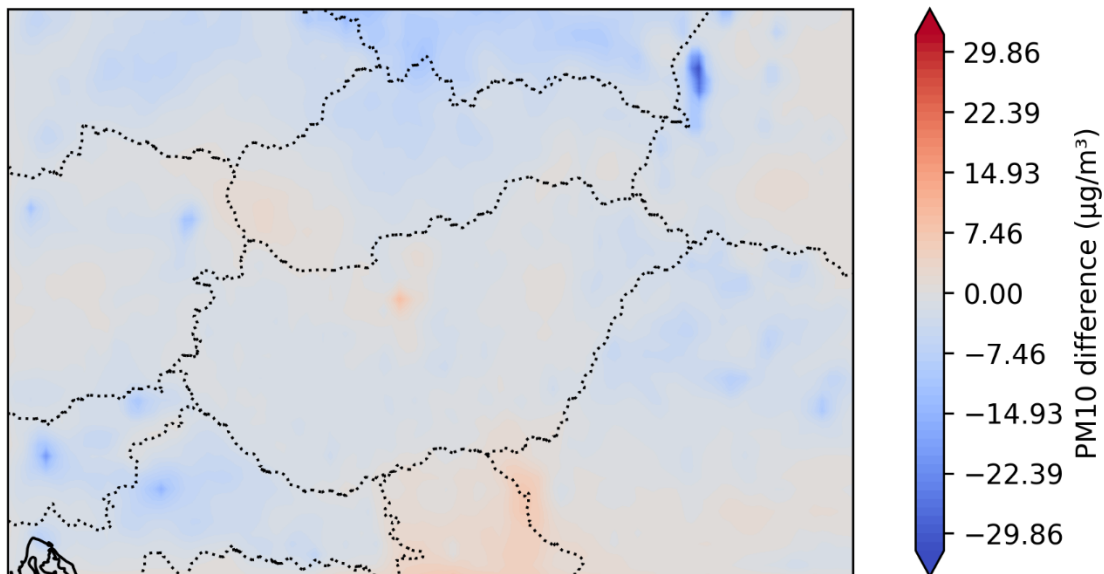


NO₂ havi átlag
augusztus (2021–2050)

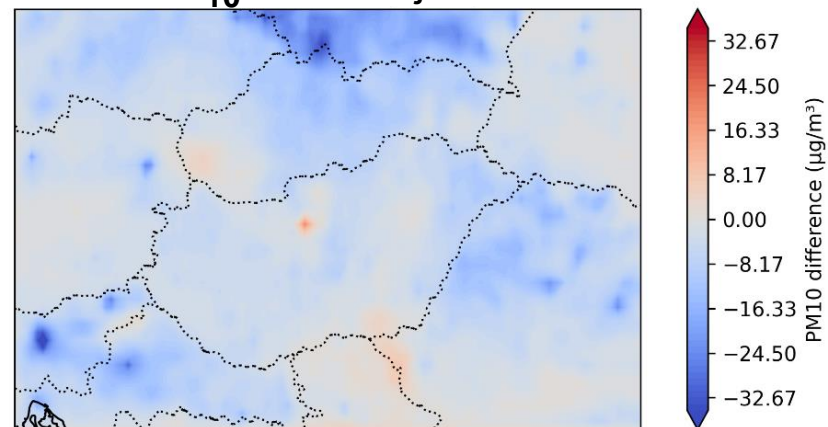


PM₁₀

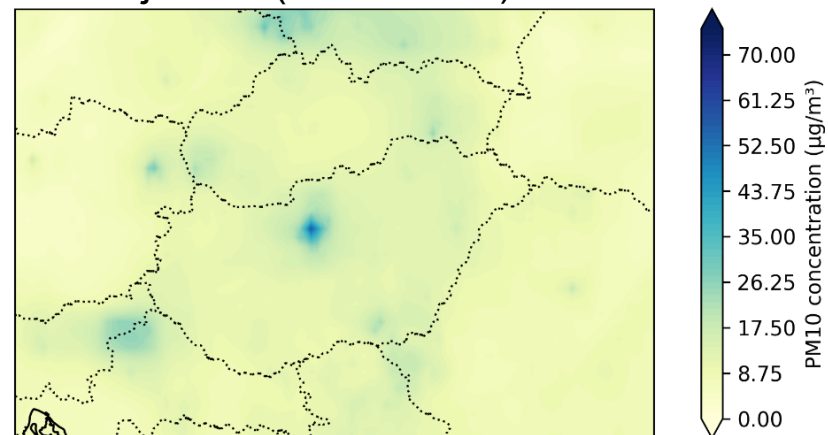
PM₁₀ eltérése 2021–2050 és 2006–2010 között



PM₁₀ eltérése január

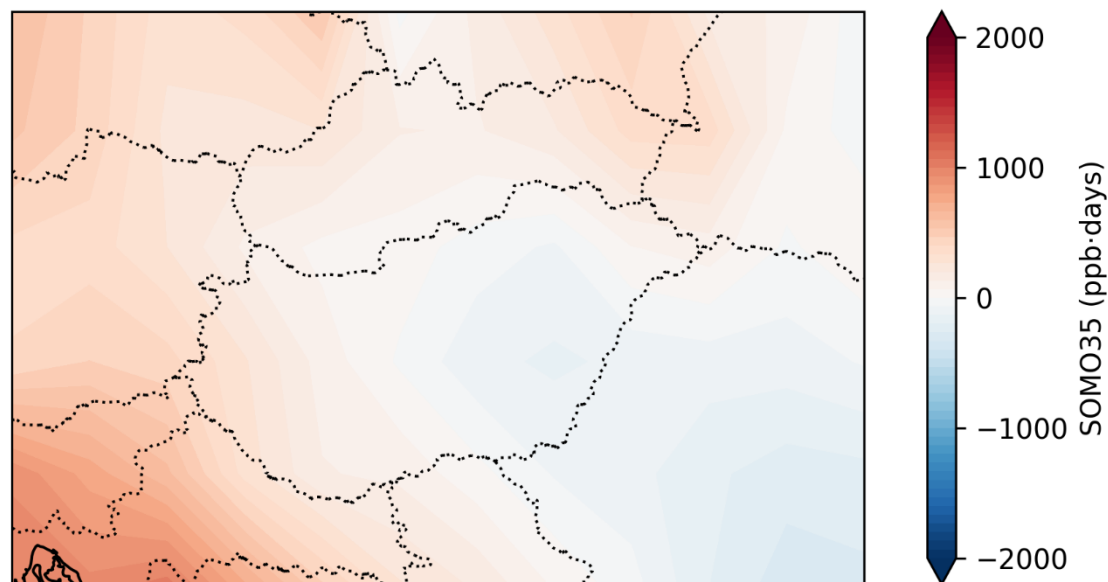


PM₁₀ havi átlag január (2021–2050)



Egészségügyi hatások

SOMO₃₅ eltérése 2021–2050 és 2006–2010 között

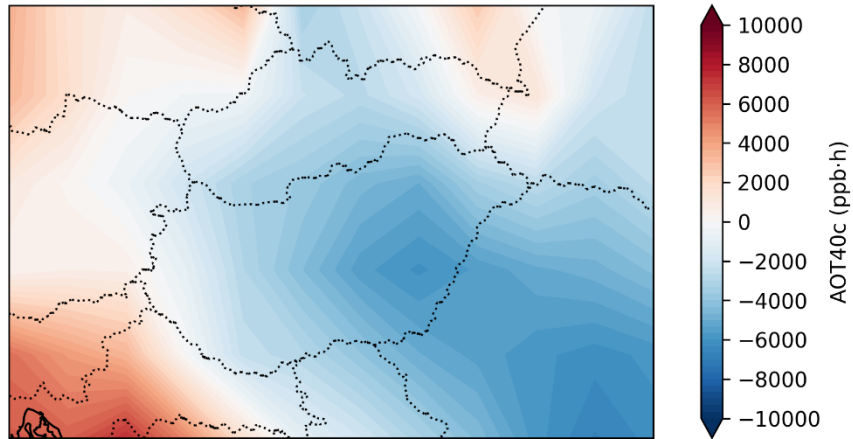


A **SOMO35** (Sum of Ozone Means Over 35 ppb) egy olyan ózon-expozíciós mutató, amelyet az emberi egészségre gyakorolt hatások értékelésére használnak. Az index azokat a napi maximális 8 órás átlagos ózonkoncentrációkat összegzi, amelyek meghaladják a 35 ppb küszöbértéket.

A **SOMO35**-öt széles körben alkalmazzák az ózon hosszú távú egészségügyi hatásainak becslésére, például idő előtti halálozás vagy légzőszervi megbetegedések kockázatának értékelésében.

Ökoszisztéma hatások

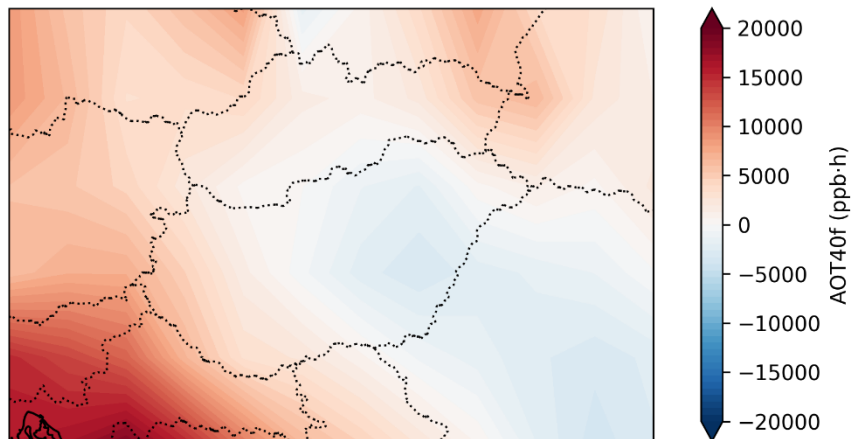
AOT_{40c} eltérése 2021–2050 és 2006–2010 között



Az **AOT_{40c}** egy olyan indikátor, amelyet az ózon (O₃) növényekre gyakorolt hosszú távú hatásának becslésére használnak, különösen mezőgazdasági kultúrák esetében.

Értéke a 40ppb feletti ózonkoncentrációk kumulatív összege a **növényekre jellemző vegetációs időszakban**.

AOT_{40f} eltérése 2021–2050 és 2006–2010 között

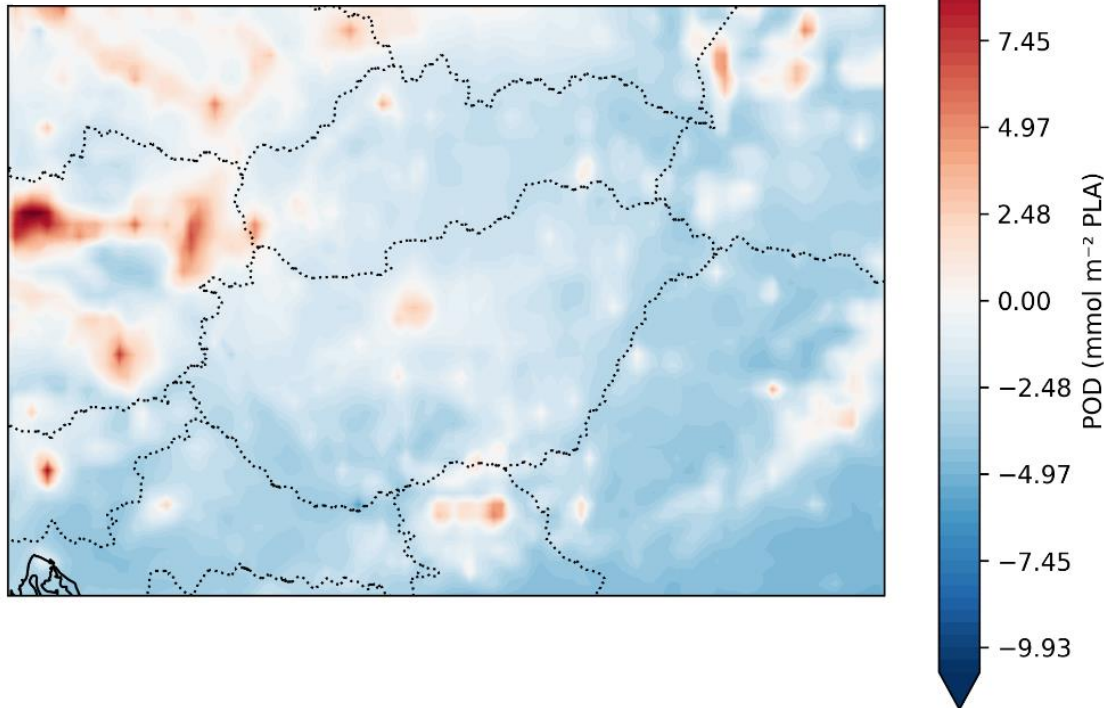


Az **AOT_{40f}** egy olyan indikátor, amelyet az ózon (O₃) az erdők lombkoronasztíkjét érő ózonerhelés hosszú távú hatásának becslésére használnak.

Értéke a 40ppb feletti ózonkoncentrációk kumulatív összege az **erdőkre jellemző hosszabb vegetációs időszakban**.

Ökoszisztéma hatások

POD megváltozása
2021–2050 és 2006–2010 között



A **POD** (Phytotoxic Ozone Dose) egy növényvédelmi célú ózonerhelési mutató, amely a növényeken keresztül a sztómákon át ténylegesen felvett ózon mennyiségét jellemzi. A hagyományos koncentrációalapú indexekkel (pl. AOT40) szemben a POD a növény fiziológiai válaszát és a sztóma nyitottságot is figyelembe veszi, ezért biológiailag megalapozottabb mutató.

A bemutatott POD, lombos erdőre vonatkozóan, a szakirodalmi (*Mills, G., et al. "III. Mapping critical levels for vegetation." International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops (2017).*) paraméterek alkalmazásával lett meghatározva.

Összefoglalás

Várható változások a levegőminőségében az **RCP8.5** pesszimista klíma forgatókönyv és az **ECLIPSE_V6b_CLE_baseline** levegőminőségi projekció mellett:

1. A klímaváltozás esősorban a **talajközeli ózon koncentrációt** befolyásolja kedvezőtlenül.
 - A levegőminőség jövőbeli változása erős térbeli változékonyságot mutat.
 - A lakosságot érő ózonterhelés elsősorban a nyugati országrészben növekedhet.
 - Egyes régiókban a növényzetet érő ózonterhelés is növekedhet, elsősorban az erdők kitettsége fog kedvezőtlenül alakulni.
2. Jövőben a **PM koncentrációja** várhatóan nem fog jelentősen változni.
 - A változásokat elsősorban a levegőminőségre vonatkozó projekciók határozzák meg, ahol pozitív irányú változás elsősorban a lakossági tüzeléshez köthető kibocsátásban várható.

Köszönöm a figyelmet!

✉ ferenczi.z@met.hu

Készült az RRF-2.3.1-21-2022-00014 azonosítósámú „Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium” elnevezésű projektben a Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Tervének keretében, az Európai Unió Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszközének támogatásával.

