



Levegőminőség modellezés

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Regionális
Fejlesztési Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Meteorológiai tájékoztatás

Éghajlati hatástanulmányok: eghajlat@met.hu

Éghajlati adatszolgáltatások, feldolgozások: klimaker@met.hu

Előrejelzés és egyéb szolgáltatások: service@met.hu

Központi elérhetőségek

Országos Meteorológiai Szolgálat

1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

Tel.: (1) 346-4600

Fax: (1) 346-4669

e-mail: omsz@met.hu

Marczell György Főobszervatórium

1181 Budapest, Gillice tér 39.

Tel.: (1) 346-4600

Levegőtisztaság-védelmi Referencia Központ

1181 Budapest, Gillice tér 39.

Tel.: (1) 346-4600

Siófoki Viharjelző Obszervatórium

8600 Siófok, Vitorlás utca 17.

Tel.: (84) 310-466

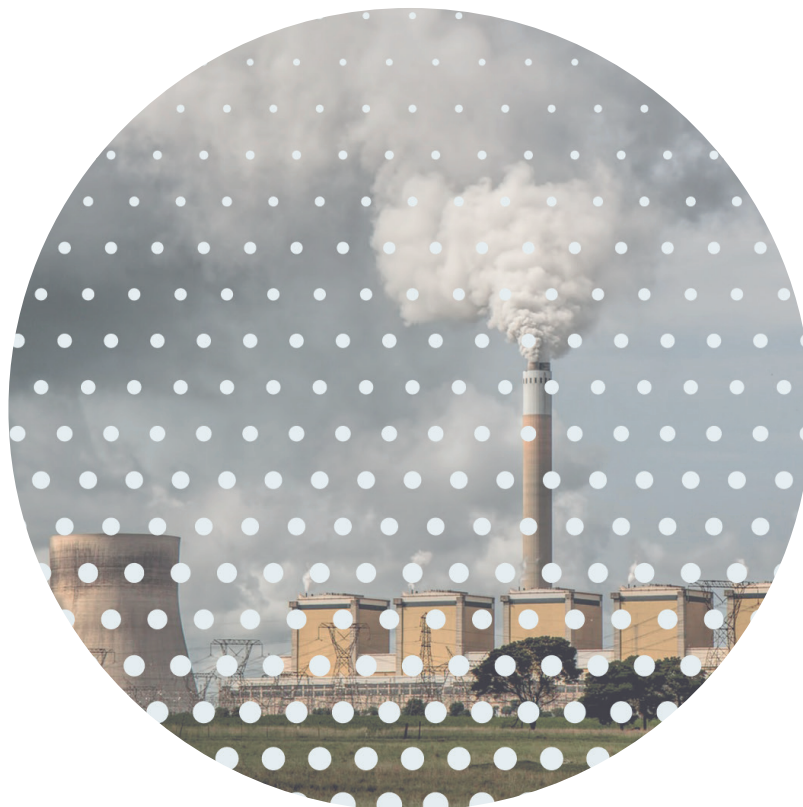
e-mail: siofok@met.hu

www.met.hu

legszenyezettség.met.hu

aviation.met.hu

odp.met.hu



Levegőminőség modellezés

A légszennyezés fogalma és hatásai

A légkör mai összetétele jelentősen különbözik az ipari forradalom előtti időkben létező természetes légkör összetételétől. Légszennyezőnek nevezünk minden olyan, antropogén, biogén, vagy geogén eredetű nyomanyagot, amely vagy nem a természetes légkör összetevője, vagy a természetes légkör összetételéhez képest nagyobb koncentrációban van jelen, és akár rövid-, akár hosszútávú is káros hatást fejt ki.

A légszennyező anyagokat alapvetően két csoportba soroljuk: az elsődleges szennyezők közvetlen kibocsátás során kerülnek a levegőbe, a másodlagos szennyezőkkel szemben az elsődlegesekből keletkeznek a légkörben különféle kémiai reakciók révén.

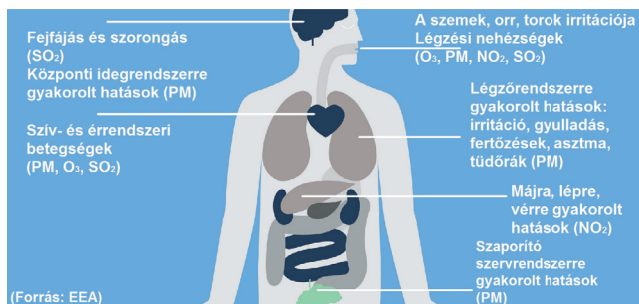
Legfontosabb légszennyező anyagok a kén-dioxid (SO_2), a nitrogén-dioxid (NO_2), az ózon (O_3), a szén-monoxid (CO), a különböző méretű aeroszol részecskék (PM_{10} és $\text{PM}_{2.5}$) és az ammónia (NH_3).

A legfontosabb légszennyező anyagok forrásai: az SO_2 leginkább a kéntartalmú tüzelőanyagok (pl. háztartásokban a széntüzelés ill. dízelmotorok) elégetéséből, az NO_2 főleg a fosszilis tüzelőanyagok (szén, földgáz, kőolaj) eltüzeléséből származik, a CO pedig a fosszilis tüzelőanyagok tökéletlen égésénél keletkezik. A PM (Particulate Matter) főbb forrásai a szén, az olaj, a fa, a hulladék eltüzelése, a közúti közlekedés, a poros utak, és az ipari technológiák, mint a bányászat, a cementgyártás és a kohászat. Az ózon másodlagos szennyezőanyag, fotokémiai folyamatok során az elővegyületeiből (NO_x , CO, illékony szerves anyagok) keletkezik. Az NH_3 egyik fő forrása a mezőgazdaság.

A légszennyezés egyaránt károsítja az emberi egészséget és az ökoszisztémákat.

A **savasodás** 1990 és 2010 közötti időszakban lényegesen csökkent a kén- és nitrogénvegyületek által túlzott savlerakódásnak kitett érzékeny európai ökoszisztémák területén. Az **eutrofizáció** – az ökoszisztémákban a túlzott mértékű tápanyaglerakódásból eredő környezeti probléma – viszszafejlésének terén elért eredmény kisebb mértékű. A magas légköri nitrogénszintnek kitett érzékeny ökoszisztémák területe 1990 és 2010 között csak kis mértékben csökkent Európában.

A **magas talajközeli ózonkoncentráció** terméscsökkenést okoz. A legtöbb mezőgazdasági termény, a növényzet védelme érdekében meghatározott hosszú távú uniós célkitűzésnél magasabb ózonszinteknek van kitéve. Ez a hatás a mezőgazdasági területek jelentős részét érinti kedvezőtlenül, különösen Dél-, Közép- és Kelet-Európában. A légszennyező anyagok feldúsulása komoly egészségügyi kockázattal bír. Ahogyan az *1. ábrán* is látható, nem csupán az ember légzőszerveit károsíthatja a tartósan belélegzett szennyezett levegő, hanem az egészen kis méretű szennyezőanyagok bekerülnek az érrendszerbe, majd a vérárammal minden szervhez képesek eljutni.



1. ábra: Néhány légszennyező anyag egészségügyi hatása

A szennyezett levegő szív- és érrendszeri megbetegedést, légzési nehézségeket okoz, és emellett negatív hatással van a szaporító szervrendszerre is. A tartós kitettség során

fejfájást, fáradékonyságot, valamint a nyálkahártya irritációját okozhatja. A káros egészségügyi hatások negatív következményei mindenkinél kialakulhatnak, azonban az idősek, a várandósok, a gyerekek és a krónikus betegségben szenvedők nagyobb mértékben veszélyeztetettek. Európában a városlakók körülbelül 90%-a ki van téve az egészségkárosítónak ítélt levegőminőségi szintnél magasabb koncentrációjú légszennyező anyagoknak.

A légszennyezés nemcsak helyi szintű, hanem egész Európát és a Földet érintő probléma. A levegő szennyezéséhez az ipari folyamatok, a közlekedés, a lakossági tüzelés, valamint a mezőgazdaság is egyaránt hozzájárul. A szennyező anyagok koncentrációja térben és időben is nagy változékonyságot mutat, de jellemzően a forrásokhoz közel alakulnak ki magas koncentrációk. A városi környezetben a PM és a NO₂ koncentrációinak emelkedése okoz legtöbbször gondot.

Levegőminőségi határértékek

Az emberi egészség, az élővilág és az épített környezet védelme miatt törekedni kell a megfelelő minőségű levegő biztosítására. Ehhez szabályozásra, levegőminőségi határértékek meghatározására van szükség. A hazai szabályozás szerint (amely követi az EU-s ajánlásokat) négy szennyező anyag (NO₂, SO₂, O₃, PM) koncentrációinak óras vagy napi átlagértékei alapján különböztünk meg háromféle határértéket. A 2. ábrán az egyes szennyezőanyagokhoz rendelt határértékek láthatóak. A különböző határértékek túllépése esetén meghatározott intézkedések elrendelésére van szükség.

- **Egészségügyi határérték:** a légszennyezettség azon szintje, amely tartós egészségkárosodást nem okoz, és amelyet az emberi egészség

[µg/m ³]		Egészségügyi határérték	Tájékoztatói küszöbérték	Riasztási küszöbérték	Az elő. határérték túllépésének évenkénti várható esetszáma	Éves átlag határérték
Nitrogén-dioxid (órás átlag)	NO ₂	100	350	400	18	40
Kén-dioxid (órás átlag)	SO ₂	250	400	500	24	50
Ózon (órás átlag)	O ₃	-	180	240	-	-
Ózon (8 órás mozgóátlagok napi maximuma)	O ₃	120	-	-	80*	-
Kisméretű részecske szennyezés (napi átlag)	PM ₁₀	50	75**	100***	35	40

* az utolsó három év átlagában
 ** két egymást követő napon
 *** két egymást követő napon és az OMSZ szerint a következő napon javulás nem várható

2. ábra: Hazai levegőminőségi határértékek

védelme érdekében a jogszabályban meghatározott módon és időn belül be kell tartani. Elérése és túllépése veszélyes légszennyezettséget eredményez.

- **Tájékoztatói küszöbérték:** a légszennyezettségnek egyes légszennyező anyagok tekintetében a lakosság egyes érzékeny (gyermek, időskorú, beteg) csoportjaira megállapított szintje, amelynek túllépése esetén a lakosságot – Budapesten a Fővárosi Önkormányzatnak - tájékoztatni kell. Elérése és túllépése enyhébb intézkedéseket jelentő, tájékoztatói fokozatú szmoghelyzetet eredményez.
- **Riasztási küszöbérték:** a légszennyezettség azon szintje, amelynek rövid idejű túllépése is veszélyeztetheti az emberi egészséget, és amelynél azonnali beavatkozást kell tenni. Elérése és túllépése forgalomkorlátozással járó intézkedéseket jelentő, riasztási fokozatú szmoghelyzetet eredményez.

A WHO által javasolt határértékek az EU által meghatározott értékeknél jóval szigorúbbak. PM_{2,5} esetében az éves határérték 10 µg/m³ szemben az EU-s 25 µg/m³-es értékkel, míg PM₁₀ esetében ez az érték 20 µg/m³ az EU-s 40 µg/m³-es értékkel szemben.

Európai levegőminőségi index

Az Európai Unió jogszabályban rögzíti mind a rövid- (órás, napi), mind pedig a hosszútávú (éves) levegőminőségi határértékeket. A hosszútávú korlátok szükségszerűen szigorúbbak a rövidtávúaknál, mivel a hosszútávú kitettség az adott szennyezőanyagok esetében súlyos egészségi problémákhoz vezethet. Az európai levegőminőségi index (AEQ) a rövidtávú levegőminőségi helyzetre vonatkozik (3. ábra).

[µg/m ³]		Levegőtisztasági szint*					
		Kiváló	Jó	Megfelelő	Szennyezett	Erősen szennyezett	Rendkívül szennyezett
2,5 µm-nél kisebb átmérőjű részecske	PM _{2,5}	0–10	10–20	20–25	25–50	50–75	75–800
10 µm-nél kisebb átmérőjű részecske	PM ₁₀	0–20	20–40	40–50	50–100	100–150	150–1200
Nitrogén-dioxid	NO ₂	0–40	40–90	90–120	120–230	230–340	340–1000
Ózon	O ₃	0–50	50–100	100–130	130–240	240–380	380–800
Kén-dioxid	SO ₂	0–100	100–200	200–350	350–500	500–750	750–7250

* a szennyezőanyagok koncentrációja alapján

3. ábra: Európai levegőminőségi index

A légszennyezés vizsgálata

A légkör állapotáról a mérések biztosítják a legpontosabb információt. A monitoring állomások mérései azonban adott helyszínrre és időpontra vonatkoznak. Olyan esetben, amikor a monitoring állomásokon túli területek levegőminőségét kell értékelni, egyedül a számítógépes modellek jelentik a megoldást. Akkor is a modellekhez kell nyúlnunk, ha a jövőben várható koncentrációkat szeretnénk meghatározni, vagy épp azt vizsgáljuk, miként hat a légköri koncentrációkra a szennyező anyagok kibo-

csátásának csökkentése. De mit is értünk modell alatt? A levegőminőségi modellek olyan számítógépes szoftverek, amelyek matematikai és numerikus eszközöket használnak, hogy azokat a fizikai és kémiai folyamatokat szimulálják, amelyek a szennyező anyagok koncentrációjának kialakulásáért felelnek. A modell segítségével valójában a források és a kialakult levegőminőség közötti kapcsolatot határozhatjuk meg. Ma már rengeteg modell létezik, és többféleképpen csoportosíthatjuk azokat.

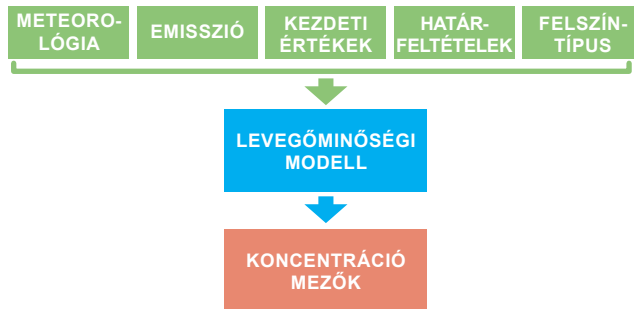
Megkülönböztetünk például forrás- vagy receptor-orientált modelleket. Egy forrás-orientált modell a kibocsátási információkat, kémiai átalakulásokat, valamint a terjedési, ülepedési folyamatokat és a köztük lévő összefüggéseket veszi alapul, hogy szennyezőanyag koncentráció értékeket számítson egy adott helyen. Egy receptor-orientált modell pedig az adott pontban mért koncentrációértéket arányítja a kibocsátásokhoz, figyelembe véve a pont környezetére érvényes tulajdonságokat.

A kémiai transzport modell számára mindenképpen szükséges meteorológiai információkat biztosítani, hiszen számos meteorológiai paraméter (szélsebesség, szélirány, planetáris határréteg magasság, csapadék, hőmérséklet stb.) befolyásolja a szennyező anyagok légköri mennyiségét. A meteorológiával való kapcsolata alapján megkülönböztetünk online és offline típusú modelleket. Az offline modellezés a levegőminőségi elemzésekben azt jelenti, hogy a kémiai transzport és a meteorológiai modellek futtatása egymástól függetlenül történik. Először lefuttatjuk a meteorológiai modellt, és az eredményeket a transzport modell bemeneti adatként használja a terjedés szimulációja során. Az online modellezés lehetővé teszi bizonyos fizikai és kémiai elemek összekapcsolását, a két modell ebben az esetben együtt fut, és adatátadás történik közöttük.

Milyen adatokat kell biztosítanunk a modell számára a számítások elvégzéséhez?

Az előzőekben már bemutatásra került, hogy egy kémiai transzport modell számára alapvető fontosságú az adott meteorológiai paraméterek biztosítása. A meteorológia mellett azonban egyéb bemenő adatokra is szükség van a modellszámítások elvégzéséhez, ezeket a 4. ábra szemlélteti. Nézzük sorra ezeket az adatokat!

Meteorológia



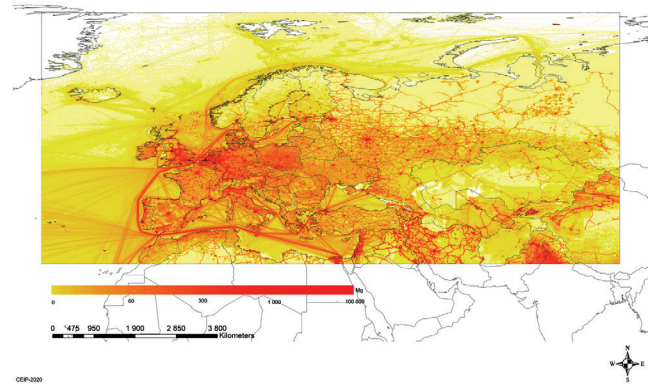
4. ábra: A levegőminőségi modellek általános felépítése

A számításokhoz szükséges meteorológiai, rácsponti adatok a legtöbb esetben numerikus előrejelző modellekből (pl. ECMWF, WRF, AROME) származnak. Többek között a szélirány, a szélesebség, a nedvesség, a hőmérséklet és a nyomás olyan mennyiségek, amelyek alapvetően meghatározzák a kémiai átalakulásokat, a szennyezőanyagok transzportját és ülepedését. Vannak egyéb paraméterek, például a planetáris határréteg magasság, hőfluxusok, a Monin-Obukhov úthossz, amelyek szintén nagyban befolyásolják a számított koncentrációkat. Ezek a mennyiségek azonban ún. diagnosztikus változók, és

nem minden esetben szerepelnek a numerikus előrejelző modellek kimeneti fájljaiban. Ebben az esetben a levegőminőségi modell saját, beépített algoritmusai számítják ki a szükséges paramétereket.

Emisszió

A légköri koncentrációk alakulásának szempontjából az időjárási viszonyok mellett természetesen az is kulcsfontosságú, hogy mennyi szennyezőanyag kerül a légkörbe. Az emisszió az adott légszennyező forrásból időegység alatt kijutó szennyezőanyag mennyisége. Az emissziókra vonatkozó adatokat a kibocsátási leltárak tartalmazzák (5. ábra). Az antropogén kibocsátások (közlekedés, ipar, mezőgazdaság stb.) mellett nem szabad megfeledkezni a természetes forrásokból (vulkánok, saharai por stb.) származó szennyezőanyagok mennyiségéről sem. Az emissziós adatokat a legtöbb esetben statisztikai adatbázisokra alapozva állítják elő, ez pedig bizonyos fokú bizonytalanságot hordoz magán. Európában már számos rácsponti emissziós adatbázis



5. ábra: Európára vonatkozó NO_x kibocsátások az EMEP 2018-as rácsponti adatbázis alapján

(EMEP, TNO, EDGAR) érhető el, amelyekben különböző aktivitási szektorok szerint vannak megadva az emissziós értékek.

Kezdeti értékek

A levegőminőségi modell számára biztosítani kell kezdeti feltételeket, vagyis a kiindulási koncentrációértékeket. Ezek a koncentrációértékek származhatnak egy korábbi modellfuttatásból, megfigyelésekből vagy akár a levegőminőségre vonatkozó többéves átlagokat tartalmazó adatbázisból.

Határfeltételek

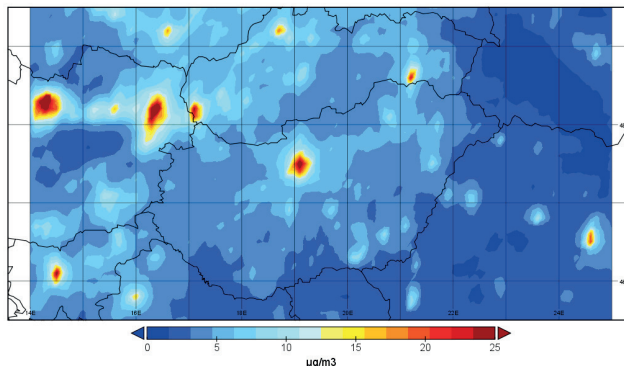
Főként korlátos tartományú modellezés esetén van nagy jelentősége a határfeltételek megadásának. A modellezési terület határain érvényes koncentrációértékek, meteorológiai információk, emissziók a transzport folyamatok által a belső területeken is kifejtik a hatásukat. Határfeltételek származhatnak globális kémiai transzport modellekből, de meghatározhatók vertikális profilokból, megfigyelésekből, éghajlati adatokból is.

Felszintípus

Főként az ülepedés, a növényzet kibocsátásának és a felszín momentum- és hőszállításának kiszámításához szükségesek a felszínborításra vonatkozó információk a levegőminőségi modellezés során. Ezek az adatok globális adatbázisokból származnak.

Modelleredmények

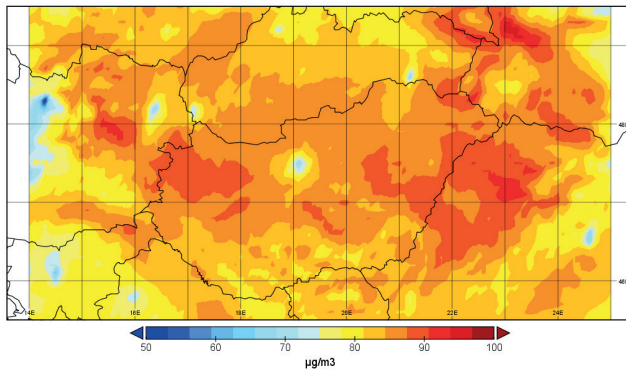
A kémiai transzport modell által meghatározott koncentrációértékek alakulását a meteorológiai viszonyok lényegesen befolyásolják. A szél iránya és sebessége mellett a csapadék térbeli eloszlása és mennyisége, valamint a planetáris határréteg magasság prognózisának minősége jelentősen befolyásolja a koncentráció mezők előrejelzésének pontosságát. Az előrejelzés pontosságát ugyancsak jelentősen befolyásoló tényező az emissziós rácsponti adatok időbeli és térbeli változékonyságának pontos ismerete. Ezen okok miatt előfordulhat, hogy a számítási eredmény pontatlan, időnként a mért koncentráció értékekhez képest jelentős eltérések is lehetnek. A magyarországi területre vonatkozó kémiai transzport modell számítások jelenlegi térbeli felbontása kb. 10 km, amely azt jelenti, hogy a számított értékek egy 10x10 km-es területre vonatkozó átlagértékek. A modellszámítási eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni, hogy a modell számítások nem képesek kezelni a modell térbeli felbontásánál kisebb skálájú helyi hatásokat (például egy pár száz méteres körzetben található nagy forgalmú utak közvetlen hatását).



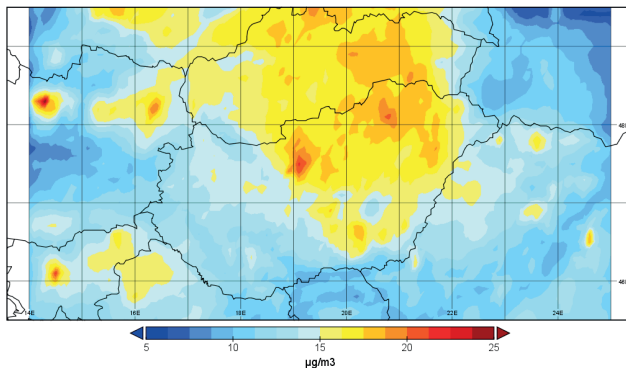
6. ábra: Éves átlagos NO_2 koncentráció Magyarország területén 2019-ben

A számítás eredményeként kapott rácsponti koncentráció értékek térképeken jeleníthetők meg. A térképes megjelenítés jól áttekinthetővé teszi a szennyező anyagok térbeli eloszlását és azonosíthatók azok a területeket, amelyek kiemelkedően magas légszennyezettséggel terheltek. A 6. 7. és 8. ábrákon 2019-re vonatkozó éves átlagos légszennyezőanyag koncentrációk láthatók Magyarországra vonatkozóan.

A számítási eredmények alapján a szennyező anyagoknak nemcsak a térbeli eloszlása vizsgálható, hanem egy

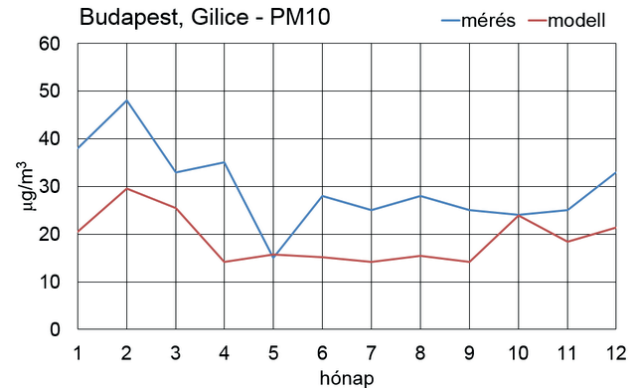


7. ábra: Éves átlagos O_3 koncentráció Magyarország területén 2019-ben



8. ábra: Éves átlagos PM_{10} koncentráció Magyarország területén 2019-ben

adott földrajzi pontra vonatkozóan a koncentráció értékek időbeli menete is ábrázolható. Az idősorokat grafikonokon ábrázolva a szennyező anyagok légköri mennyiségének időbeli változása vizsgálható. Ezzel a módszerrel azonosítani lehet azokat az időszakokat egy napon, akár egy éven belül, amikor a légszennyező anyagok koncentrációi magasak, és a levegő minősége kifogásolható. Továbbá a modellezett értékeket a mérésekkel összevetve meghatározható, hogy mennyire pontos számítási eredményt adott az alkalmazott modellünk az adott légszennyező koncentrációjára vonatkozóan. A 9. ábrán a Budapest, Gillice-tér állomáson mért és a CHIMERE kémiai transzport modellel számolt havi átlagos PM_{10} koncentrációk láthatók 2019-re vonatkozóan.

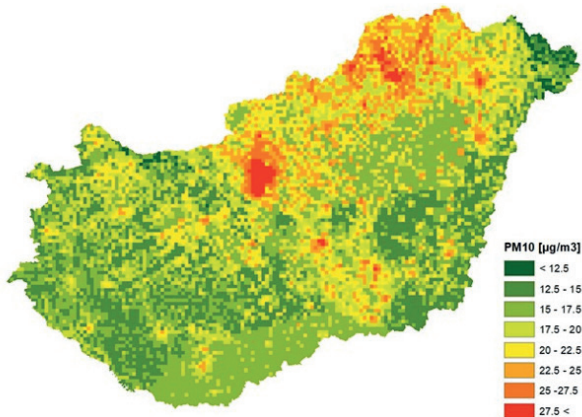


9. ábra: Mért és modellezett havi átlagos PM_{10} koncentrációk 2019-ben, Budapest, Gillice-tér állomáson

Mire használhatjuk a modelleket?

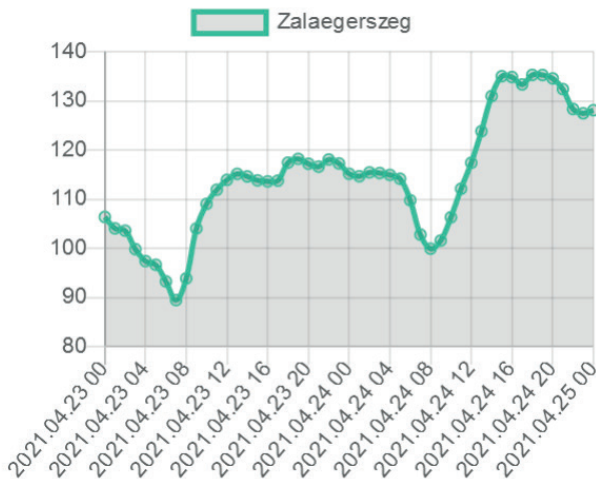
Egyrészt képesek vagyunk az aktuális, vagy egy múltbéli, magas szennyeződéssel járó levegőminőségi helyzet **értékelésére** a segítségükkel. Azonosíthatjuk a forrásokat és a rossz levegőminőséggel érintett területeket.

Meghatározhatjuk, hogy a szennyező anyagok koncentrációi átléptek-e európai uniós vagy hazai határértéket, és ez milyen negatív egészségügyi hatással járhat. A 10. ábrán modellezett éves átlag koncentráció látható.



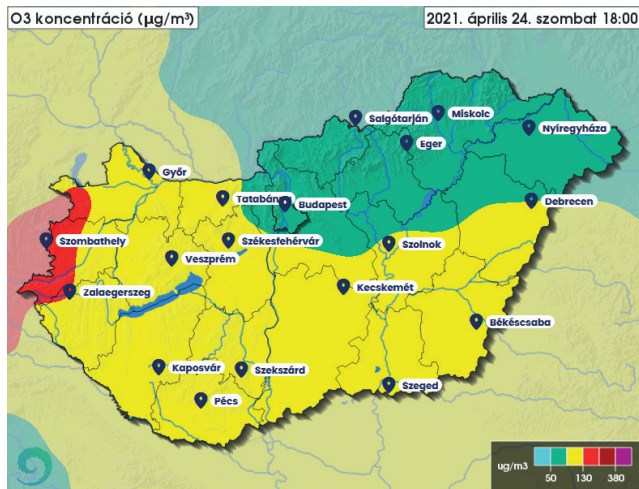
10. ábra: PM₁₀ koncentráció éves átlaga 2018

Másrészt a modellek alkalmasak a szennyező anyagok koncentrációinak **előrejelzésére** is. A levegőminőségi előrejelzések célja tájékoztatni a lakosságot a levegő-



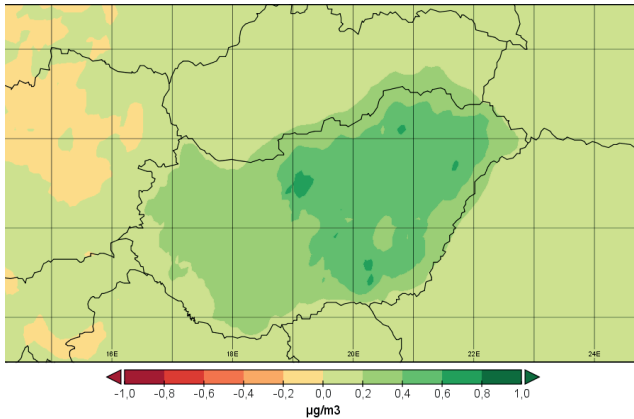
11. ábra: Zalaegerszegrre előrejelzett ózon koncentrációk 2021.04.23. és 04.24. között

minőség várható alakulásáról, valamint az esetleges határérték túllépésekről. A következő, 12. ábrán egy ózonkoncentráció előrejelzést láthatunk Magyarország területére, a 11. ábrán pedig a Zalaegerszegrre vonatkozó, április 23-ra és 24-re előrejelzett ózonkoncentrációkat.



12. ábra: Térképes ózonkoncentráció előrejelzés 2021.04.24. 18 órára

Végül levegőminőség **tervezésre** is alkalmasak a modellek. Ebben az esetben a modellek segítségével szennyezőanyagok bizonyos mértékű kibocsátását célzó intézkedéseknek a levegőminőség javulására gyakorolt hatását lehet számszerűsíteni. Ezáltal a modelleredmények segítik a kibocsátás csökkentési tervek, intézkedések kidolgozását. Hazánkban az Országos Levegőterhelés-csökkentési Program tartalmazza a kisméretű részecskére, az ammóniára, a kén-dioxidra, a nitrogén-dioxidra és a nem metán illékony szerves anyagokra vonatkozó kibocsátás csökkentéseket a 2005-ös bázisához képest. A csökkentési arányok koncentrációkra gyakorolt hatását az Országos Meteorológiai Szolgálat kémiai transzport modell segítségével számszerűsította (13. ábra).



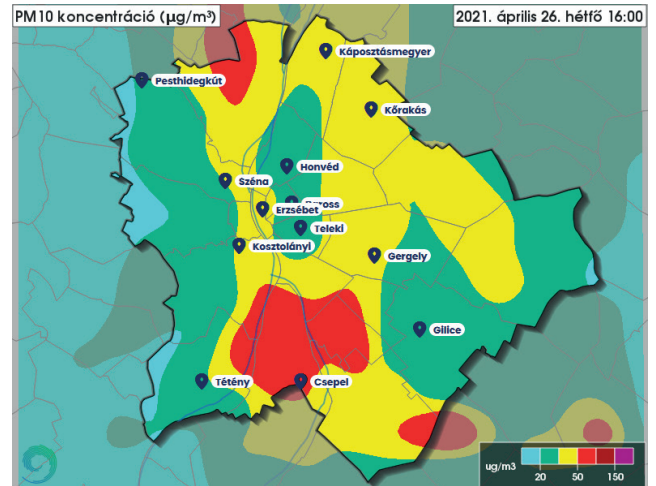
13. ábra: $PM_{2.5}$ koncentráció csökkenés az OLP-ben meghatározott intézkedések hatására

Modelleredmények az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál a levegőminőség várható alakulásának előrejelzését a CHIMERE kémiai transzport modell számításai teszik lehetővé. A modell futtatásához szükséges meteorológiai adatokat a finom felbontású AROME numerikus előrejelző modell biztosítja, a rácsponti, kibocsátási adatok pedig az EMEP 2015-ös rácsponti emissziós leltárból származnak. A PM_{10} , NO_2 , SO_2 és O_3 szennyezőkre vonatkozó, országos léptékű előrejelzések 10 km-es horizontális felbontással készülnek el.

A nagyvárosok (Budapest, Miskolc, Pécs) területére 2,5 km-es felbontással is meghatározásra kerülnek a modellezett koncentráció értékek. A 14. ábrán Budapest területére előrejelzett PM_{10} koncentráció látható egy délutáni időpontban.

A CHIMERE modellel végzett számítások eredményei az OMSZ honlapján (legszenyezettseg.met.hu/modellezes)



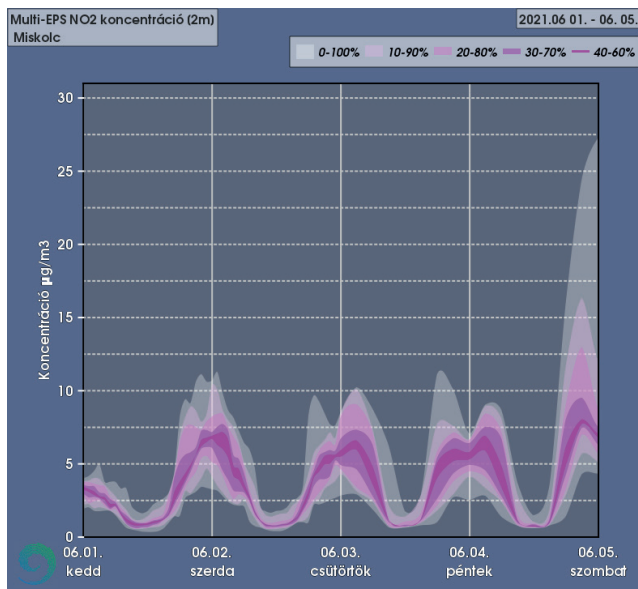
14. ábra Előrejelzett PM_{10} koncentrációk Budapesten, 2021.04.26. 16 órakor

megtalálhatók. A térképes előrejelzések mellett a megyeszékhelyekre vonatkozó előrejelzett koncentrációértékek időbeli változása grafikonos formában is megtekinthető.

Az operatív előrejelzések készítése mellett a CHIMERE kémiai transzport modell esettanulmányok készítésénél is hatékony eszköz, ezen kívül lehetőséget biztosít különböző beállítások, parametrizációk tesztelésére, valamint a kibocsátáscsökkentési intézkedések hatásainak elemzéséhez.

Az OMSZ levegőminőségi weboldalán továbbá elérhetők olyan multi-modell ensemble előrejelzések is több légszennyezőre vonatkozóan, amelyek háttérét több kémiai transzportmodell szolgáltatja a CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) projekt keretében. Ezeket a típusú információkat az úgynevezett EPSgramon jeleltjük meg, melyre egy példát láthatunk a 15. ábrán. A multi-modell ensemble előrejelzés a levegőminőségi előrejelzések olyan fajtája, amely lehetővé teszi a különböző levegőminőségi modellekkel ugyanarra az időszakra végzett számítások bizonytalanságának vizsgálatát.

Az EPSgramok segítségével számszerűsíteni tudjuk, hogy az előrejelzett koncentrációk milyen határok között mozognak, és melyik az az értékintervallum, amelynek bekövetkezését a modellek számításai alapján leginkább valószínűsíteni lehet. A hazai nagyvárosokra vonatkozó, négy napra előrejelzett O_3 , NO_2 , SO_2 , $PM_{2.5}$ és PM_{10} koncentrációk a CAMS 9 kémiai transzport modelljének eredményeiből származnak.



15. ábra: Miskolci EPSgram az előrejelzett NO_2 koncentrációkkal, 2021. 06.01–05.

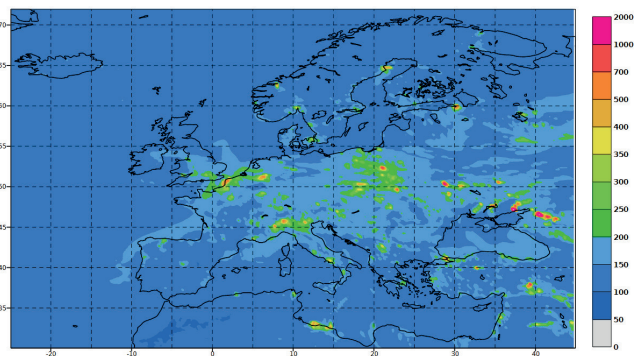
A CAMS és FAIRMODE által szolgáltatott információk

Számos olyan szervezet, kutatóhely létezik világszerte, ahol különböző levegőminőségi modelleket fejlesztenek, illetve ahol különböző mérési és operatív modellezési feladatokkal foglalkoznak. A céljuk egyrészt a modellek fejlesztése és a témához kapcsolódó kutatás, másrészt

megfelelő minőségű tájékoztatás nyújtása a lakosságnak és döntéshozóknak a levegőminőség aktuális és várható állapotára vonatkozóan.

A **CAMS** (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) azzal a céllal jött létre, hogy információt szolgáltatson a tudósok, a politikai döntéshozók és a vállalkozások számára a Föld légköréről, elsősorban a nyomgázokra és aeroszolokra fókuszálva. A CAMS honlapján (<https://atmosphere.copernicus.eu/>) európai és globális előrejelzések egyaránt megtalálhatók a légköri szennyezőanyagokra vonatkozóan.

Európa területére a légszennyező anyagok és egyes pollenek légköri mennyiségére is készítenek előrejelzéseket. Kilenc különböző kémiai transzport modellel készülnek el ezek a számítások (köztük megtalálható az OMSZ által használt CHIMERE is), valamint a már említett multi-modell EPS eljárás eredményei is elérhetők. A 16. ábrán a SILAM modellel készült CO koncentráció előrejelzés látható.

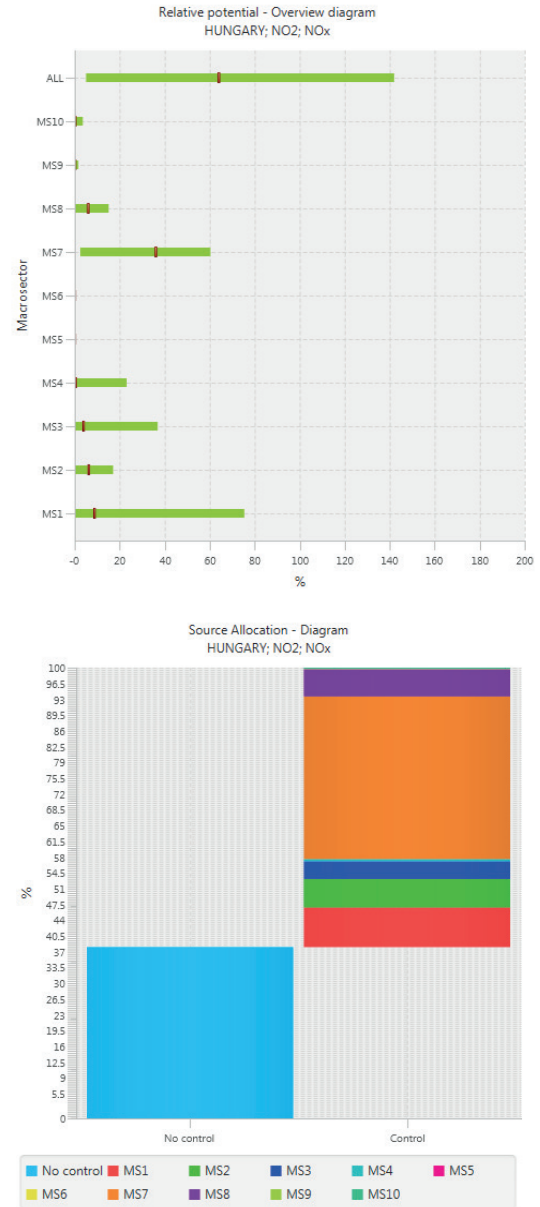


16. ábra: SILAM modellel előrejelzett CO koncentráció 2021.04.27-én 21 órakor

Az Európára vonatkozó modelleredményeket a mérésekkel is összevetik, ezek a verifikációs eredmények a honlapon ugyancsak megtalálhatók.

Egy másik, szintén európai hálózat a **FAIRMODE** (Forum for Air quality Modeling), amely szintén fontos levegőkörnyezet modellező feladatokat lát el. Az önkéntes alapon szerveződő testület azért jött létre, hogy elősegítse és támogassa a levegőminőségi modellek összehangolt használatát az Európai Unióban. A FAIRMODE keretein belül olyan modelleket, szoftvereket fejlesztenek, amelyek a döntéshozók munkáját segítik a levegőminőség javítását célzó tervek kidolgozásában. A FAIRMODE weboldalán (<https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>) történő regisztráció után ezek a szoftverek bárki számára szabadon hozzáférhetők. A FAIRMODE által fejlesztett modellek, alkalmazások felhasználói éves plenáris üléseken és évközi technikai találkozókra ismertethetik tapasztalataikat, valamint az igényeik alapján javaslatokat tehetnek a modellek további fejlesztésére.

Az egyik legnépszerűbb FAIRMODE szoftver a SHERPA (Screening for High Emission Reduction Potential on Air) levegőminőség értékelő eszköz (17. ábra), melynek célja a levegőminőség javítására irányuló regionális szintű tervek kidolgozásának támogatása. A szoftver segítségével gyorsan és egyszerűen meg lehet határozni, hogy egy nemzeti, regionális vagy lokális kibocsátás csökkentési terv végrehajtásával milyen javulást érhető el a levegőminőségben az éves átlagok szintjén.



17. ábra Magyarország NO₂ szennyezettségét meghatározó források azonosítása a SHERPA-val

Összefoglalás

- **A szennyező anyagok (SO₂, NO₂, O₃, CO, NH₃, PM₁₀ és PM_{2.5}) magas légköri koncentrációi ártalmatlanok az egészségre.**
- **Levegőminőségi határértékek definiálásával szabályozhatjuk a levegőminőség javítását célzó intézkedések elrendelését.**
- **A légszennyezés tanulmányozásához elengedhetetlen a modellek alkalmazása. A levegőminőségi modellek futtatásához kulcsfontosságú a meteorológiai és emissziós adatok biztosítása.**
- **A modellek használhatók a levegőminőségi helyzet értékelésére, a koncentrációk előrejelzésére és tervezésre is.**
- **Az OMSZ-nál a CHIMERE kémiai transzport modellel készülnek 48 órás levegőminőségi előrejelzések naponta egyszer, 1 órás időbeli felbontással.**
- **Az OMSZ levegőminőségi weboldalán elérhetők az ország területére vonatkozó térképes koncentráció-előrejelzések. A nagyvárosokra grafikonos megjelenítésben is látható a koncentrációk alakulása a CHIMERE előrejelzések és a CAMS által szolgáltatott multi-modell EPS előrejelzések alapján.**
- **Megbízható levegőminőséggel kapcsolatos információk a CAMS és a FAIRMODE honlapján is elérhetők.**



© 2021 Országos Meteorológiai Szolgálat

Kiadja: az Országos Meteorológiai Szolgálat
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

Kiadásért felel: Dr. Radics Kornélia, az OMSZ elnöke
Írta: Tóth Anita, Lázár Krisztina, Ferenczi Zita
Grafika: Szabó Dorottya

**A közlemény megjelenését a GINOP-2.3.2-15-2016-00055 sz. projekt keretében
a Pénzügyminisztérium támogatta.**

