

Egy gyakorlati feladat –  
Levegőtisztaság előrejelzése  
Budapestre kémiai transzport modellel

Labancz Krisztina

Ferenczi Zita

Steib Roland

Országos Meteorológiai Szolgálat

# A fejlesztés célja

**2009 május:** támogatási szerződés Budapest Főváros Önkormányzata és az OMSZ között „Levegőminőség előrejelzése Budapestre” címmel

- operatíván működő levegőminőség előrejelző (24-48 óra) rendszer fejlesztése Budapest területére
- a lakosság folyamatos tájékoztatása Budapest levegőminőségének várható alakulásáról az internet adta lehetőségek kihasználásával
  - ◆ önkormányzatok és egyéb hivatalok tájékoztatása
  - ◆ várható határérték túllépések előrejelzése, felkészülés egy lehetséges epizódhelyzet kezelésére
  - ◆ nemzetközi elvárás

**2010 június:** a rendszer operatíván működik

# Az előrejelzés készítésének eszköztára 1. megoldandó feladatok

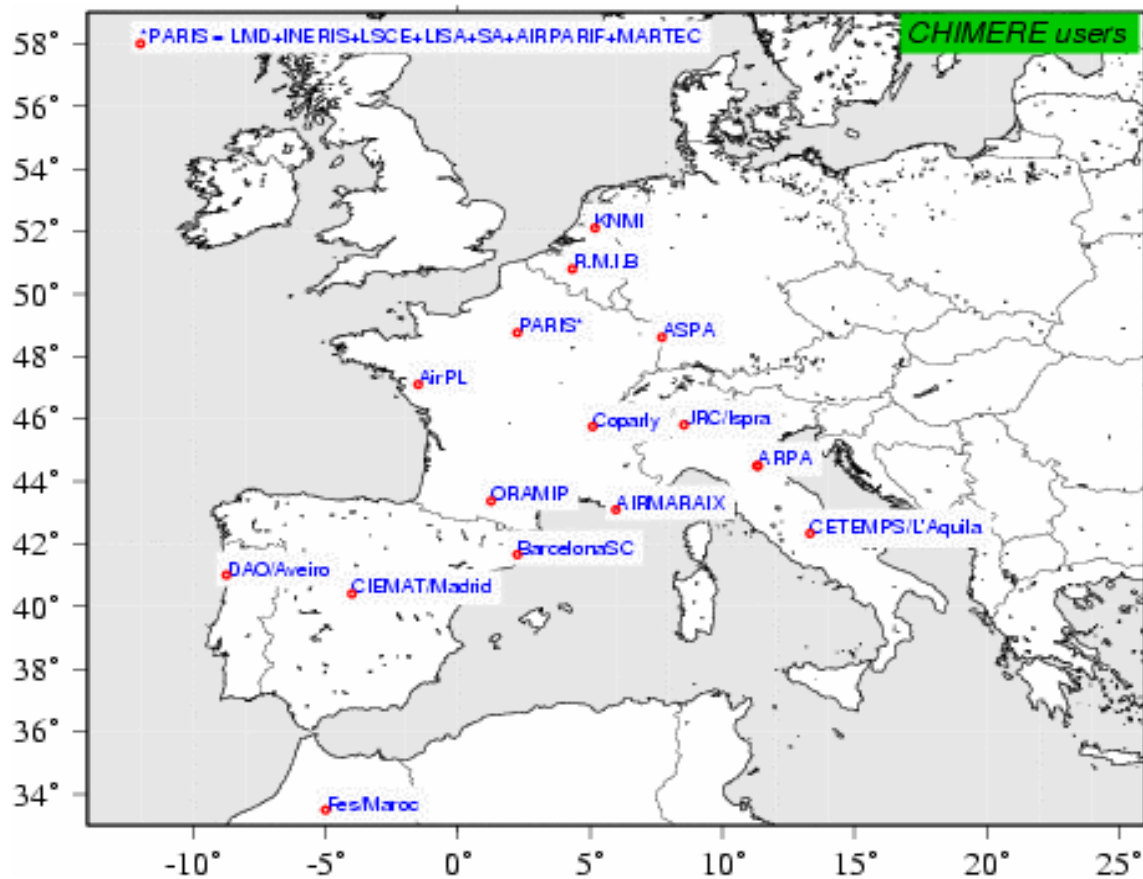
- ◆ Megfelelő kémiai transzport modell adaptálása (CHIMERE)
- ◆ Emissziós adatbázis előállítás (statikus adatbázis)
  - közlekedés – zajtérkép felhasználása
  - állandó pontforrások
  - lakossági emisszió
- ◆ Meteorológiai adatbázis biztosítása (dinamikus, időben folyamatosan változó)
  - A kialakult levegőminőséget alapvetően két tényező határozza meg: az emisszió és az időjárás
  - Az epizódok kialakulásáért elsősorban a kedvezőtlen meteorológiai helyzet a felelős – megbízható NWP modell
- ◆ weboldal szerkesztése, ahol az eredmények megjeleníthetők és biztosított a folyamatos frissítés

## Az előrejelzés készítésének eszköztára 2 kémiai transzport modell (CHIMERE)

- ◆ Francia fejlesztésű kémiai transzport modell
  - Kémia: több mint 300 kémiai reakció 80 anyagra
  - Transzport: advekció, konvekció, turbulencia, ülepedés
- ◆ Térbeli felbontás:
  - Horizontálisan: 1-100km, esetünkben: 1 km
- ◆ Időbeli felbontás:
  - 5 perc – 1 óra, esetünkben: 1 óra

# Miért ezt a modellt választottuk?

- ◆ Uni
- ◆ Szá
  - I
  - r
  - S
  - (
  - ]
  - (
  - T



ta

# Az előrejelzés készítésének eszköztára 3 meteorológiai modell - WRF

A kémiai transzport modell meghajtásához órás felbontással az alábbi rácsponti meteorológiai adatokra van szükség:

## ♦ a meteorológiai modell output adatai:

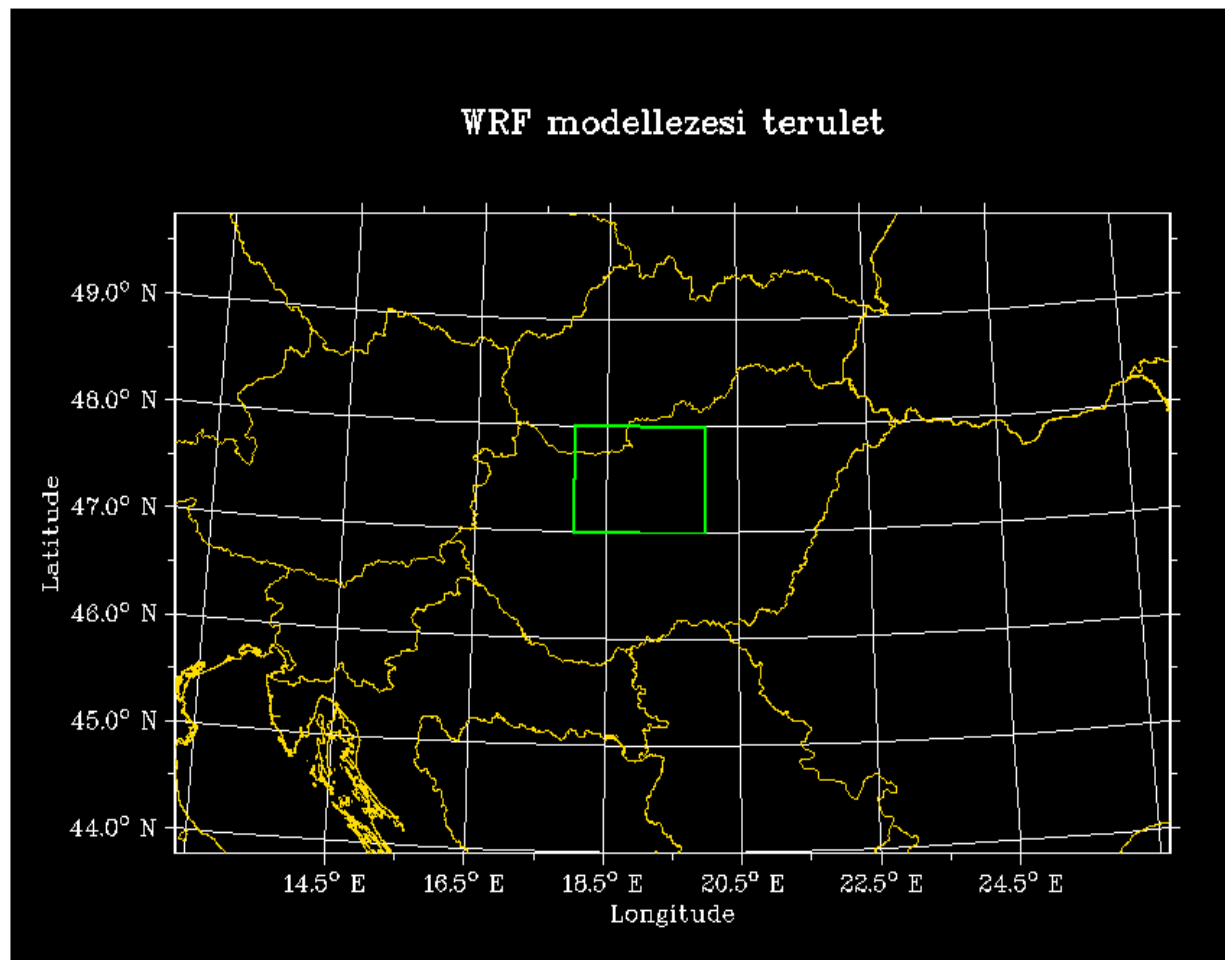
- szélesség horizontális és vertikális komponensei (3D)
- hőmérséklet (3D)
- specifikus nedvesség (3D)
- 2 m-es hőmérséklet
- légnyomás
- felhőzet
- csapadék

## ♦ a kémiai modell által számolt speciális meteorológiai adatok:

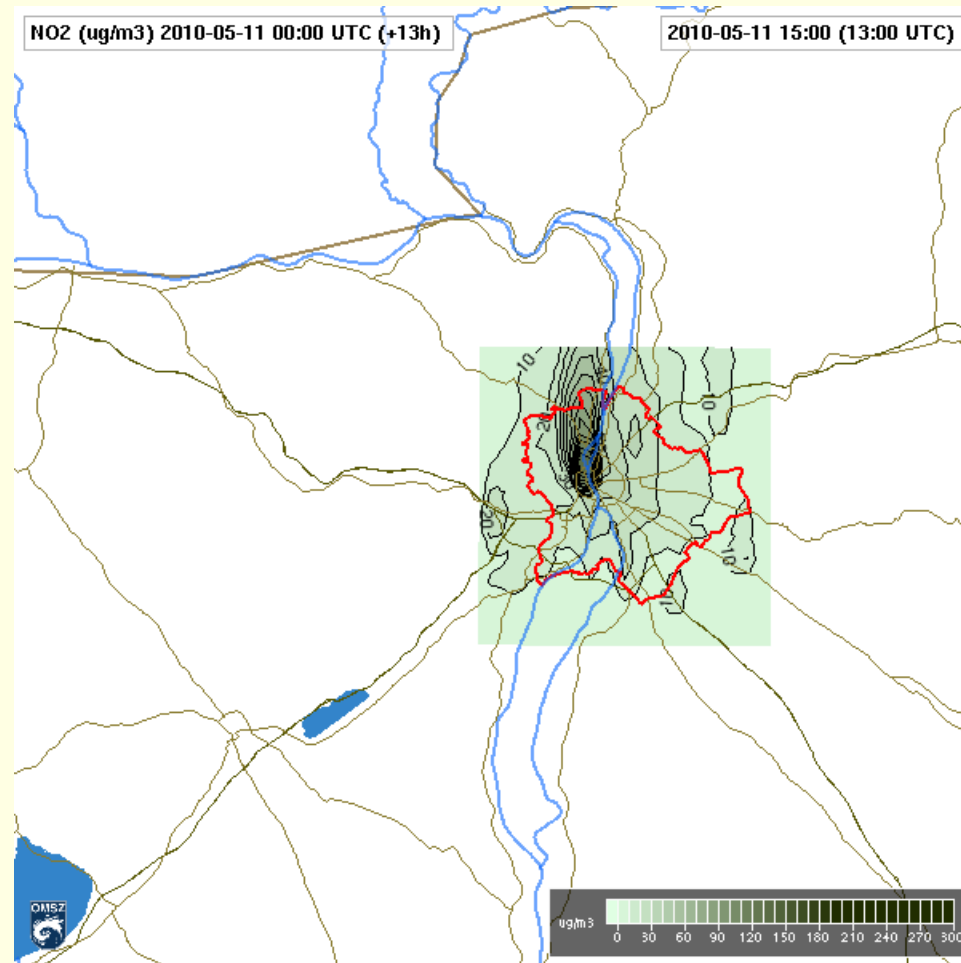
- felszíni szenzibilis hőáram
- felszíni látens hőáram
- súrlódási sebesség
- határréteg magasság

# Az előrejelzés készítésének eszköztára 4

## WRF – Weather Research and Forecasting



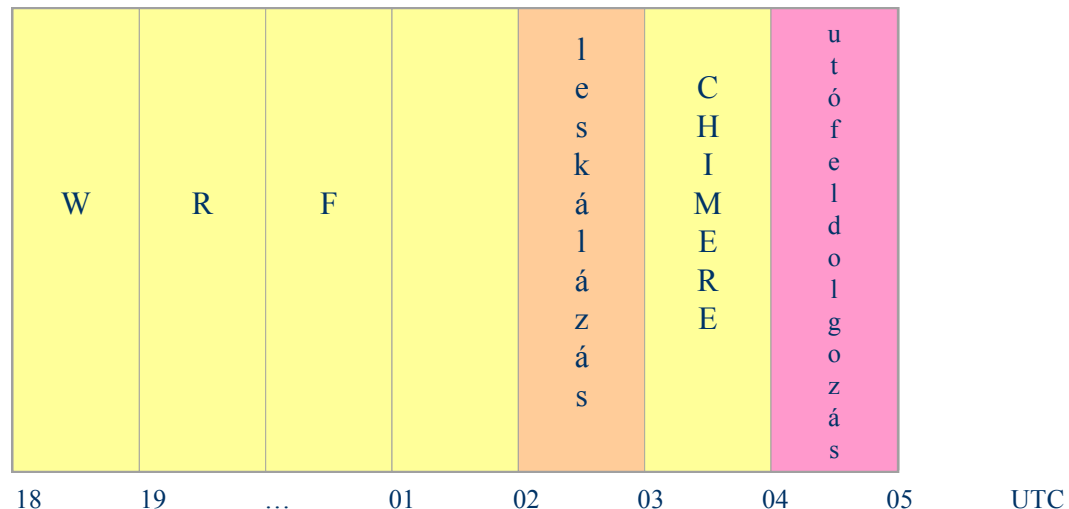
# WRF és CHIMERE modellezési területek





# A modell-rendszer futtatásának időzítése

- ◆ WRF modell (jelenleg):
  - naponta 4-szer fut le (00, 06, 12, 18 UTC)
  - előrejelzés időtartama 24 óra
  - órás időlépcső
- ◆ Szükséges változtatás:
  - 18 UTC-s futás időtartamát 54 órára kell növeltük (így az előrejelzés teljes egészében lefedi a következő 2 napot)



# Az előrejelzés készítésének eszköztára 5

## Emissziós modul

### CHIMERE modell – 2 fő emisszió típus

- **természetes eredetű felszíni emisszió**  
(növényzet, talaj, erózió, tengerfelszín, stb.)  
→ A modell automatikusan számolja, 1 km x 1 km land-use adatok alapján
- **antropogén eredetű emisszió**
  - területi források
    - ◆ szabályos rács, a rácspontok  $\varphi - \lambda$  koordinátaival, a modelltartományon belül
    - ◆ a rácsháló minden szemében a szennyezőanyagok felsorolása, emissziós szektora, kibocsátott mennyisége
  - pontforrások
    - ◆ kémény: magasság, átmérő,  $\varphi - \lambda$ , országcód
    - ◆ kiáramló gáz: hőmérséklet, sebesség
    - ◆ szennyezőanyagok: felsorolás, emissziós szektor (1 – 9), mennyiség

## Éves emissziók Budapesten (tonna/év)

	•CO	•CH	•NO <sub>x</sub>	•SO <sub>2</sub>	•PM	•CO <sub>2</sub>
<b>Erőművek</b>	<b>882.9</b>	<b>32.4</b>	<b>3334.6</b>	<b>3104.9</b>	<b>128.3</b>	<b>2262724</b>
<b>Lakossági</b>	<b>2772.6</b>	<b>391.5</b>	<b>1486.1</b>	<b>702.76</b>	<b>388.6</b>	<b>1879878</b>
<b>Közúti közl.</b>	<b>86492.7</b>	<b>10730.6</b>	<b>23700.7</b>	<b>176.8</b>	<b>3363.2</b>	<b>1822160</b>

Forrás: Állami Közúti Műszaki és Információs Közhasznú Társaság, 2006  
Budapest fosszilis tüzelőanyag-felhasználásból származó lakossági és erőművi emissziók 2006.

# Budapest stratégiai zajtérképe – közlekedési alapadatok



A zajtérképben modellezett közúti hálózat

# Budapest stratégiai zajtérképe – közlekedési alapadatok

- ◆ 3 napszak
  - nappal 06 – 18 óra
  - este 18 – 20 óra
  - éjjel 20 – 06 óra
  
- ◆ 3 járműkategória
  - Személygépkocsi, könnyű tehergépkocsi, motorkerékpár, segédmotor-kerékpár (< 3,5 t)
  - Közepes tehergépkocsi, szóló autóbusz és trolibusz (3,5 – 7,5 t)
  - Nehéz tehergépkocsi, jármű szerelvénye, csuklós autóbusz és trolibusz (>7,5 t)
  
- ◆ emissziószámításhoz felhasznált adatok
  - útszakasz azonosító
  - útszakasz hossza
  - megengedett sebesség – járműkategóriák szerint
  - forgalomnagyság – járműkategóriák és napszak szerint

# Közlekedési adatok feldolgozása

Emisszió számolása egy útszakaszon (*Schuchmann-Kisgyörgy*):

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^2 n_j e_{ij}}{3,6 \cdot 10^6}$$

ahol

$E_i$  A vizsgált útszakaszon áthaladó gépjárműforgalom teljes károsanyag kibocsátása az  $i$ -dik kipufogógáz komponensből. A kibocsátást 1 s-ra és 1 m-re adja meg az összefüggés.

$e_{ij}$  a  $j$ -dik járműfajta kibocsátása az  $i$ -dik kipufogógáz-fajtából a táblázat alapján, a járműfolyam tényleges sebességénél.

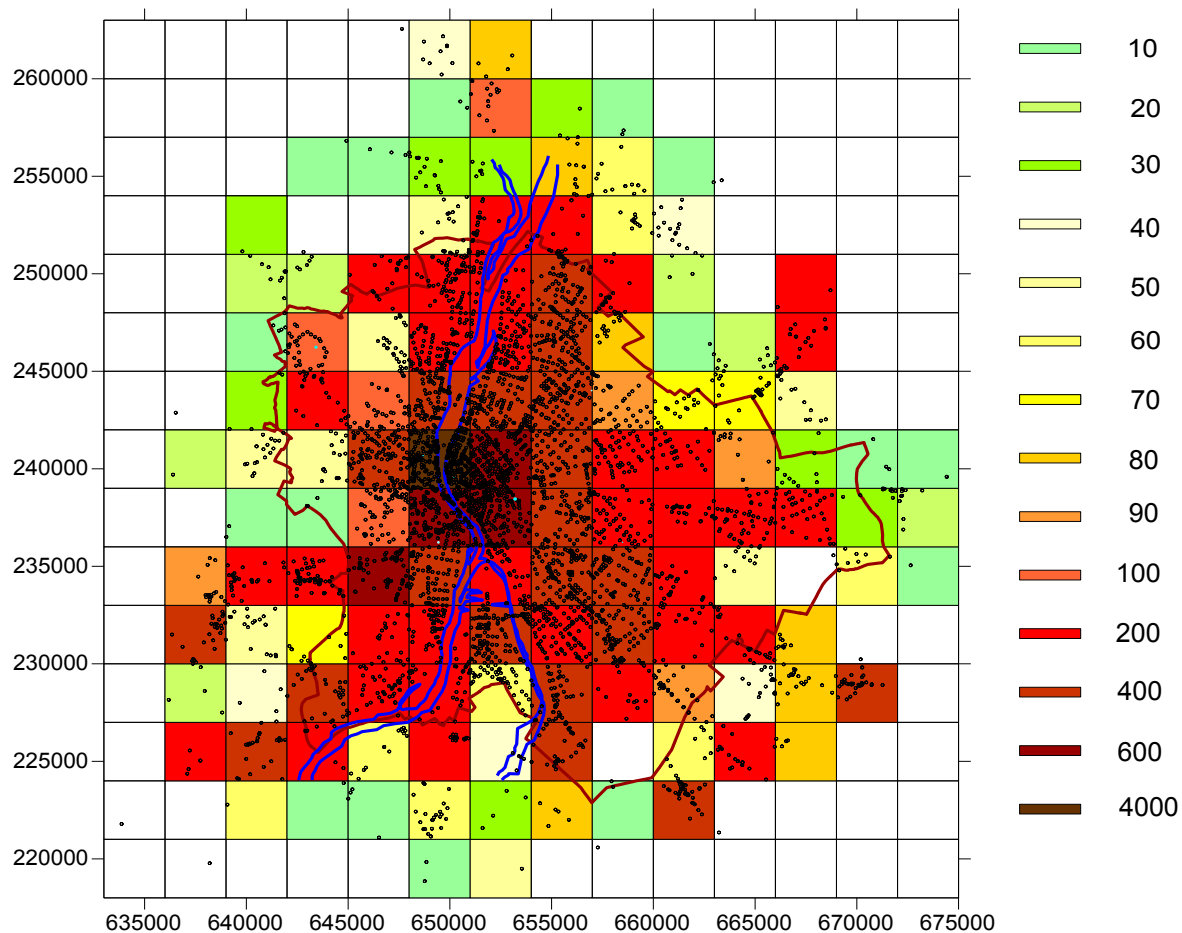
$n_j$  a járműfolyam járműszáma a  $j$ -dik járműfajtából.

sebesség (km/h)	CO (g/km)	NO <sub>2</sub> (g/km)
10	21,8	1,08
50	4,9	1,28
120	4,1	2,32

Személygépkocsik fajlagos emissziója

# Közlekedési adatokból számolt bemenő emissziós mező (tonna/év)

közlekedési emisszió 2004 - PM tonna / év



# Antropogén emisszió – időbeli menet és térbeli eloszlás

## 1. lépés

- ◆ térbeli interpoláció  
az emissziós adatokat tartalmazó, adatbázisonként eltérő rácsokról a modellezési tartomány rácsára
- ◆ időbeli bontás – szorzótényezők alapján
  - havi menet
  - óránkénti napi menet 3 naptípusra (hétköznap, szombat, vasárnap)

A felhasználó által megadott szennyezőanyagokra:

tonna/év/emissziós rács → gramm/sec/cm<sup>2</sup>



# Antropogén emisszió — szektorok, magassági szintek

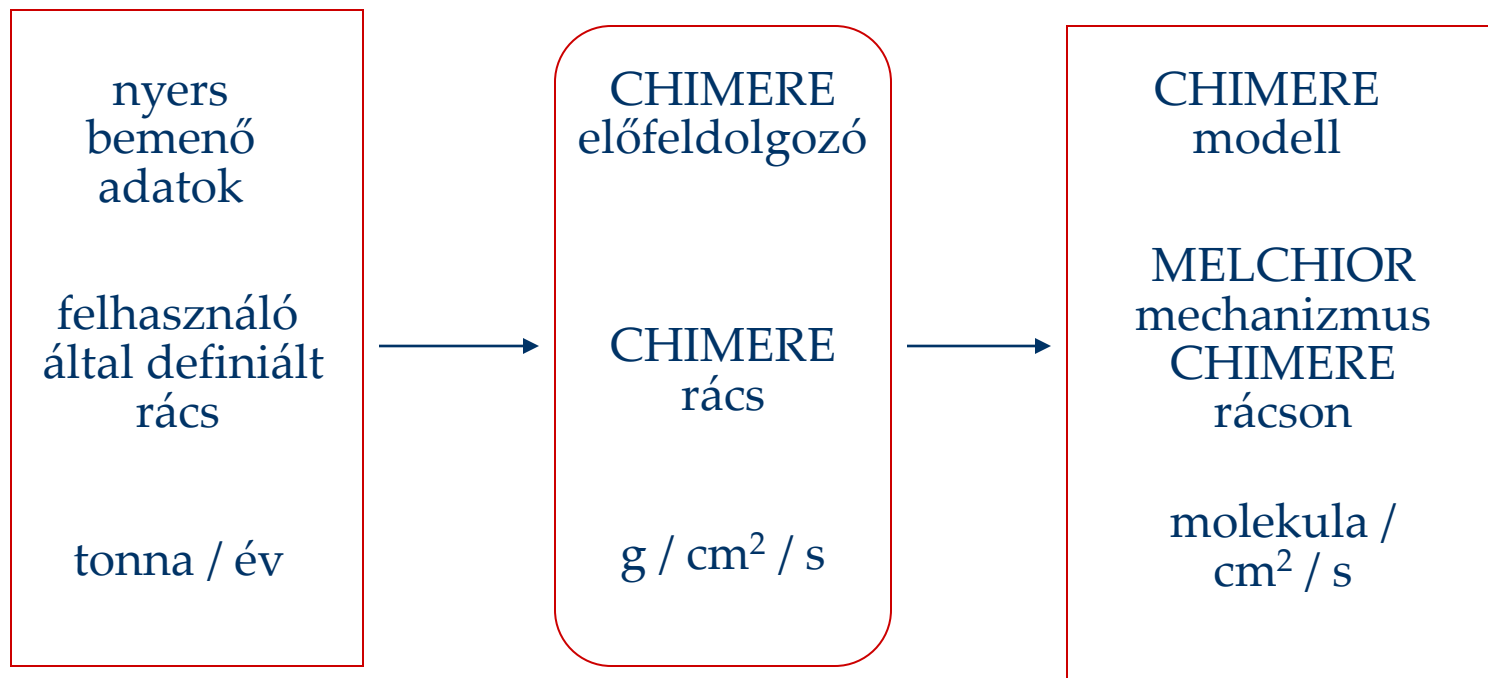
## emissziós szektorok

- ◆ 9 antropogén forrástípust különböztet meg, például:
  - S1 – energiaipari pontforrások
  - S7 – közlekedés,
  - S9 – hulladékgazdálkodás
- ◆ a szektorokhoz 6 magassági szint tartozik:  
92, 184, 324, 522, 781 és 1106 méter
- ◆ disztribúciós mátrix (%)
  - S1 - 0, 0, 8, 46, 29, 17
  - S7 - 100, 0, 0, 0, 0, 0
  - S9 - 10, 15, 40, 35, 0, 0

# Antropogén emisszió – modellváltozók

- ◆ Bemenő emisszió – felhasználó által megadott anyagok
  - ◆ MELCHIOR 2 kémiai mechanizmus –
    - 30 szennyezőanyag, mint modellváltozó
      - gáz fázisú átalakulások  
200 kémiai reakcióegyenlet
      - aeroszol részecskék átalakulásai  
(koaguláció, abszorpció, nukleáció)
      - felhőzet hatása a fotolízisre
- ↓
- ◆ Átalakítás közbülső anyagok segítségével (aggregáció)  
Végeredmény: CHIMERE input – 30 anyag (modellváltozók)  
**molekula / cm<sup>2</sup> / sec mértékegységben**

# Antropogén emisszió feldolgozása a modellben — összefoglalás



# Határfeltételek, kezdeti feltételek

- ◆ Határfeltételek
  - aeroszolok koncentrációja  
GOCART globális cirkulációs modell  
(*Ginoux et al., 2001, NASA*)
  - szennyezőanyagok koncentrációja  
LMDZ-INCA globális kémiai transzport modell  
(*Hauglustaine et al., 2004, Laboratoire de Meteorologie Dynamique*)

A koncentrációk lehetnek időben változók vagy a futtatás során állandók.

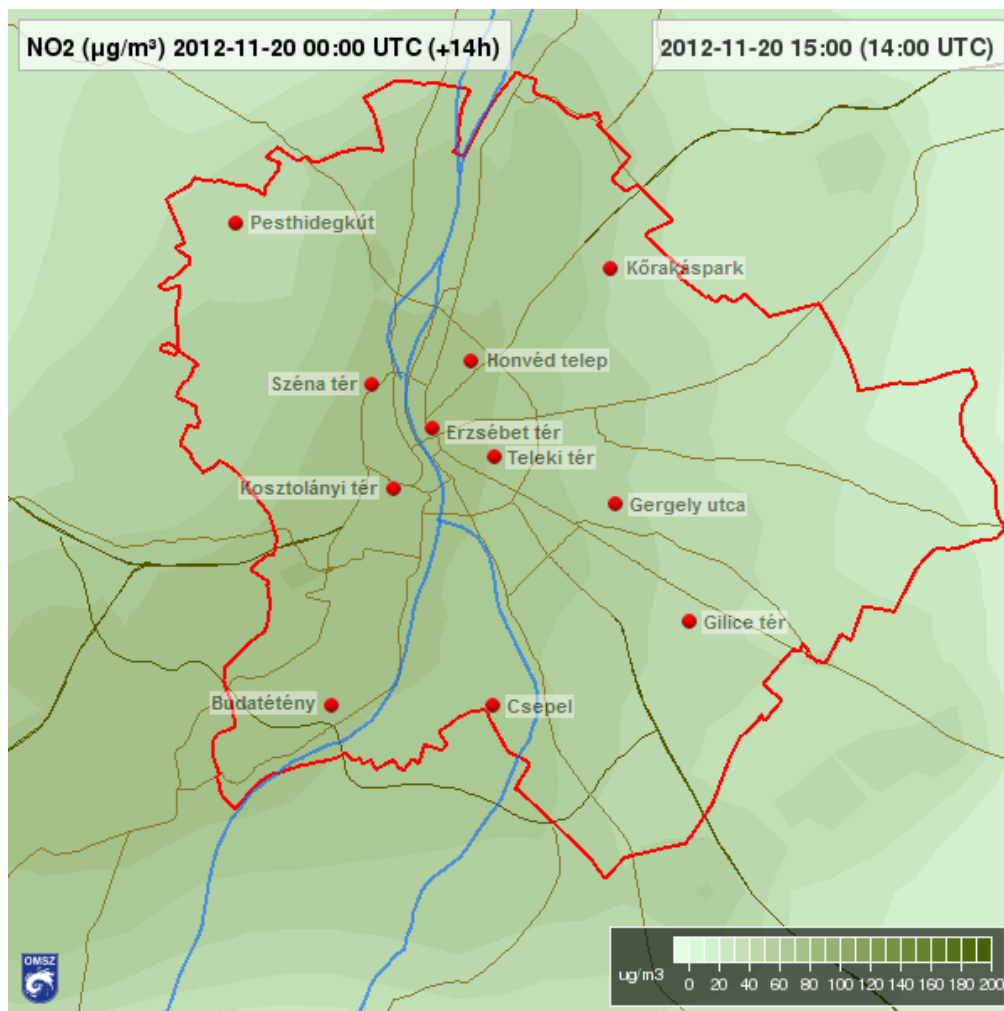
- ◆ Kezdeti feltételek
  - globális modellek outputja
  - saját eredmények egy előző futtatásból

## Az előrejelzés készítésének eszköztára 6 megjelenítés

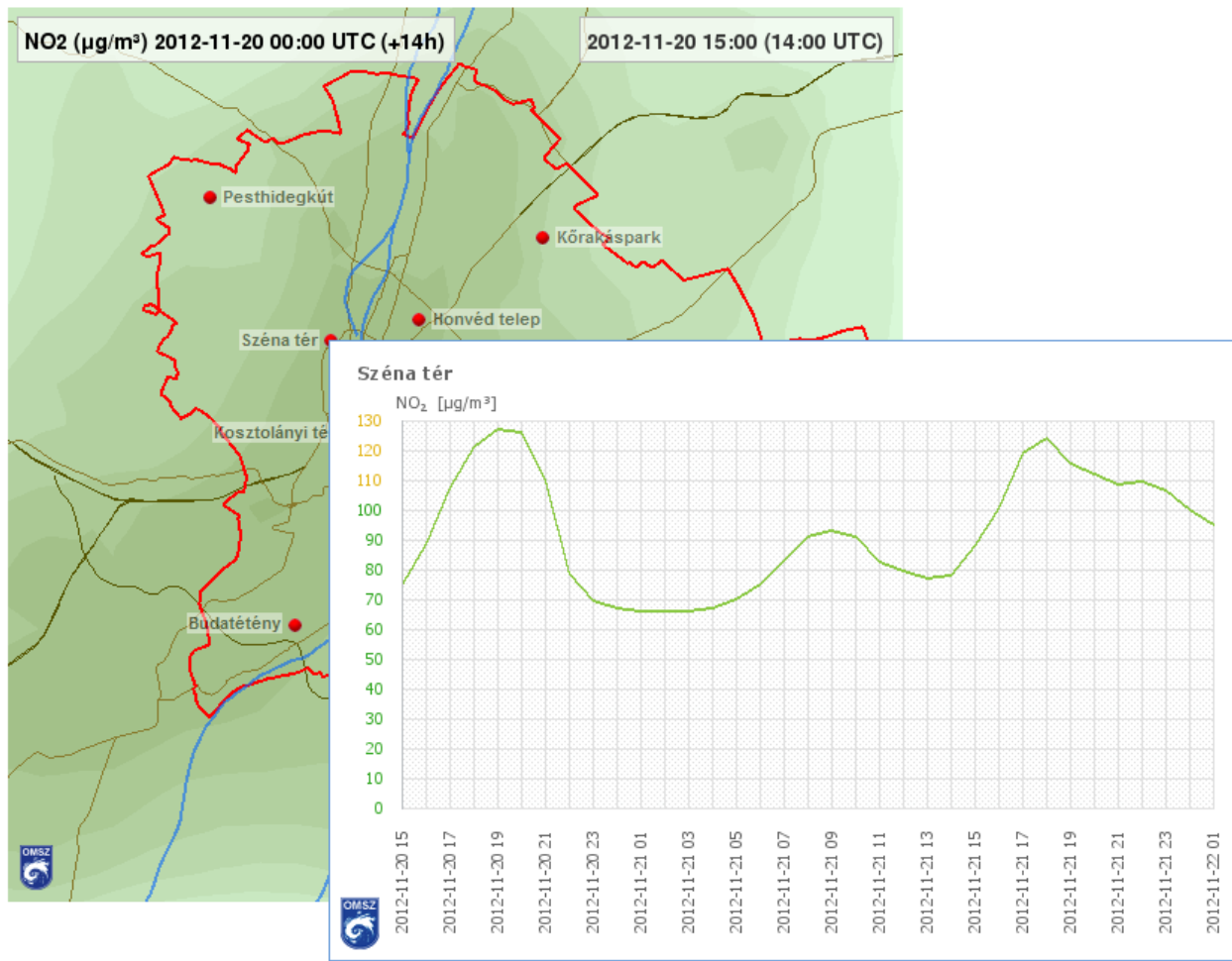
[http://www.met.hu/levegokornyezet/varosi\\_legszennyezettseg](http://www.met.hu/levegokornyezet/varosi_legszennyezettseg)

- ◆ Színes izovonalas térképek
  - Szennyezőanyag specifikusan (PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>)
- ◆ Grafikonok
  - Minden budapesti mérőpontra vonatkozóan
  - Szennyezőanyag specifikusan (PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>)
- ◆ Táblázatok
  - Minden budapesti mérőpontra vonatkozóan
  - Szennyezőanyag specifikusan (PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>)

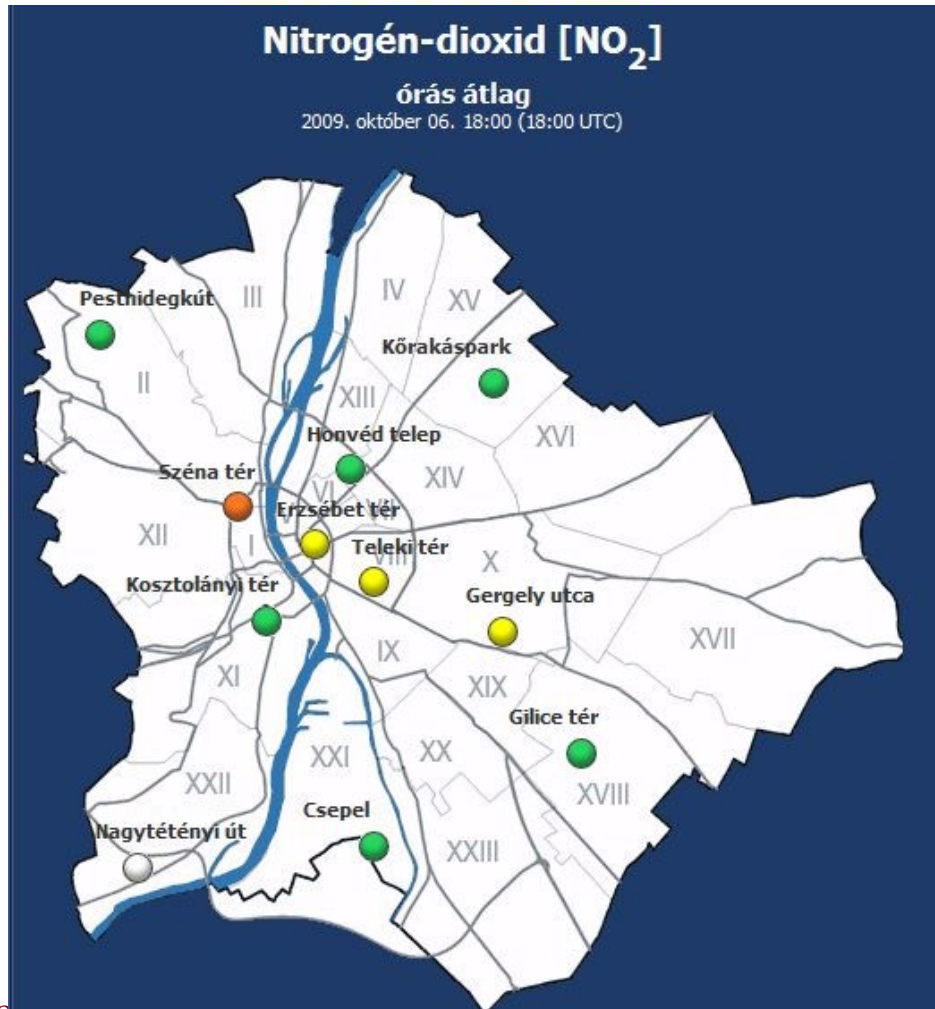
## Izovonalas térképek – szennyezőanyagok koncentrációjának 24 – 48 órás előrejelzése, minden órára



# Izovonalas térképek – szennyezőanyagok koncentrációjának 24 – 48 órás előrejelzése, minden órára

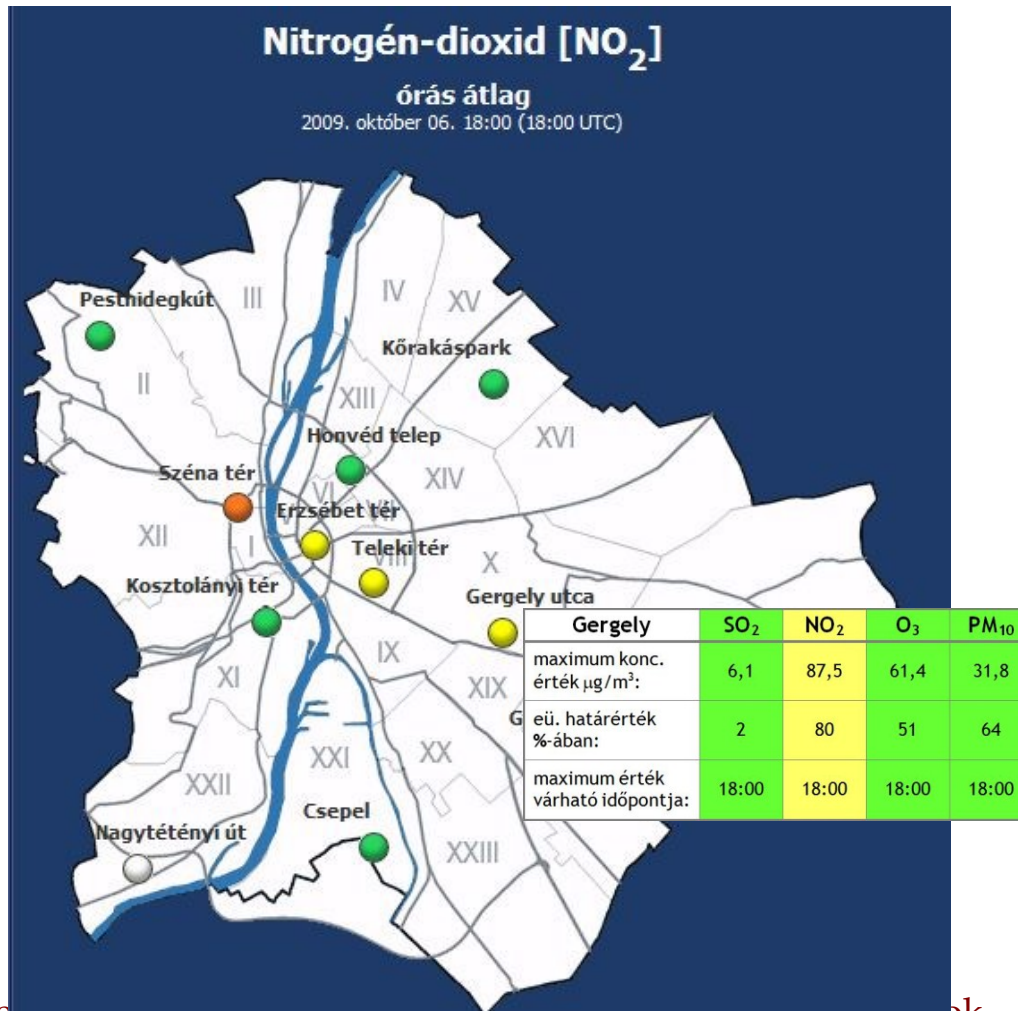


## Táblázatok – aznapra és a következő napra várható maximum értékek és ezek várható időpontja





# Táblázatok – aznapra és a következő napra várható maximum értékek és ezek várható időpontja

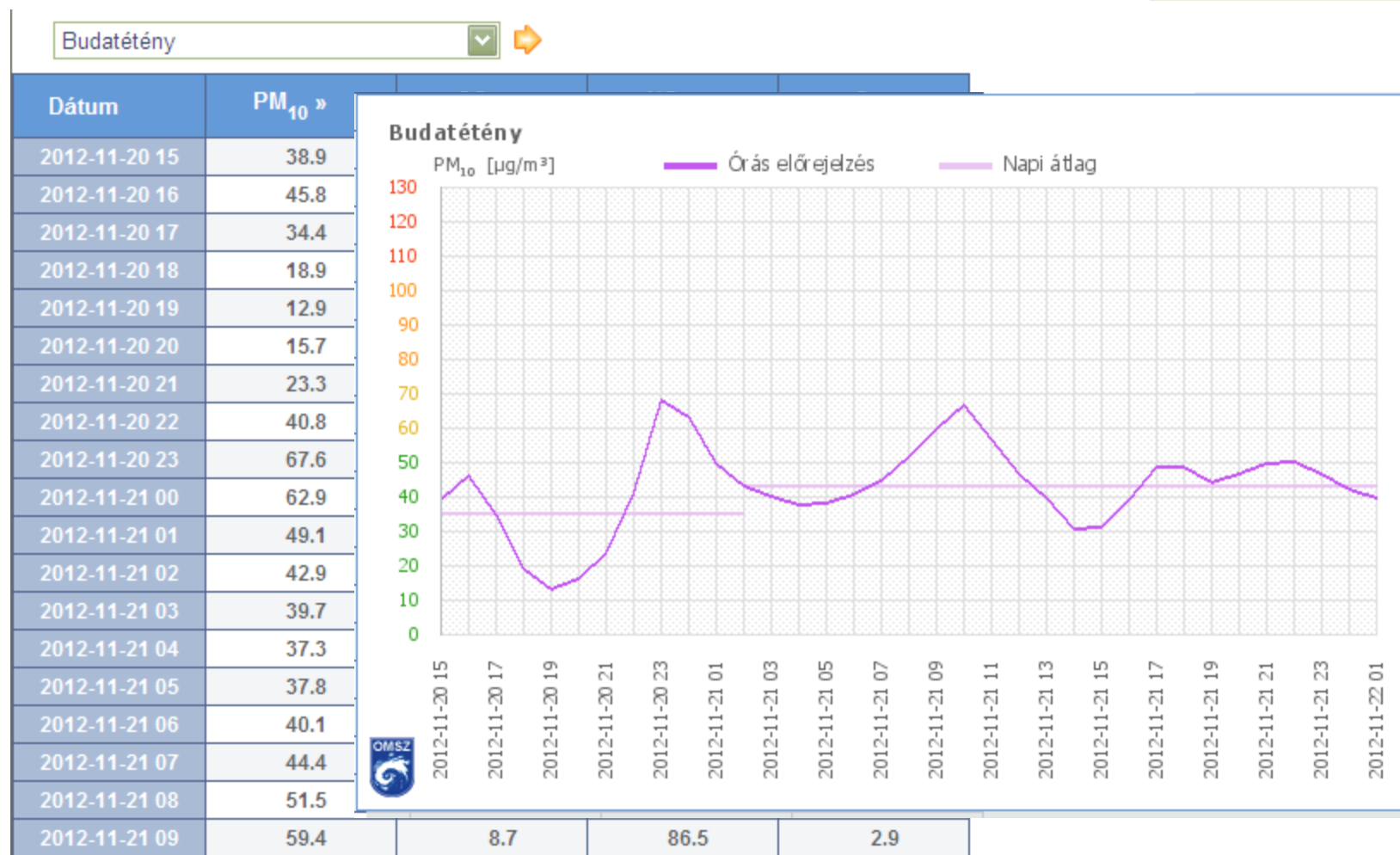


## Táblázatok – minden budapesti mérőpontra órás értékek

Budatétény  

Dátum	PM <sub>10</sub> »	SO <sub>2</sub> »	NO <sub>2</sub> »	O <sub>3</sub> »
2012-11-20 15	38.9	10.6	74.7	4.6
2012-11-20 16	45.8	9.6	78.3	1.0
2012-11-20 17	34.4	8.6	78.1	0.0
2012-11-20 18	18.9	8.4	76.7	0.0
2012-11-20 19	12.9	7.6	74.3	0.0
2012-11-20 20	15.7	7.0	73.3	0.0
2012-11-20 21	23.3	6.5	75.8	0.0
2012-11-20 22	40.8	6.3	82.1	0.0
2012-11-20 23	67.6	7.5	93.7	0.0
2012-11-21 00	62.9	6.0	89.1	0.0
2012-11-21 01	49.1	4.7	80.0	0.0
2012-11-21 02	42.9	4.2	75.9	0.0
2012-11-21 03	39.7	4.0	73.8	0.0
2012-11-21 04	37.3	4.0	73.0	0.0
2012-11-21 05	37.8	4.0	73.8	0.0
2012-11-21 06	40.1	4.3	76.0	0.0
2012-11-21 07	44.4	5.5	78.5	0.0
2012-11-21 08	51.5	7.2	82.2	1.2
2012-11-21 09	59.4	8.7	86.5	2.9

## Grafikonok– szennyezőanyagok előrejelzett értékének óras menete a mérési pontokban



## További feladatok

- ◆ emissziós adatbázis fejlesztése
  - pontforrások (ipari, lakossági és egyéb források) adatainak frissítése, adatforrások feltérképezése
  - közlekedés
    - forgalomszámlálási adatok felkutatása (esetleg saját forgalomszámlálás)
    - gépjárműösszetétel és kibocsátási adatok frissítése
- ◆ meteorológiai modell fejlesztése – a határréteg folyamatainak paraméterezése
- ◆ az eredmények verifikációja célzott mérések segítségével

Köszönöm a figyelmet!