



ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK MÉRÉSE

—
mit, miért, hogyan?

Haszpra László

Magyar Meteorológiai Társaság Levegőkörnyezeti Szakosztály

MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság Légekörfizikai és Levegőkémiai Albizottság

2017. november 29.

1767: Horace Bénédict de Saussure (1740-1799):

a síküveg visszatartja a hőt

1824: Jean-Baptist Fourier (1768-1830):

a légkör az üveghez hasonlóan lassítja a hő távozását a Föld felszínéről

1867: John Tyndall (1820-1893):

a légköri vízgőz és szén-dioxid elnyeli a felszín hőmérsékleti kisugárzását

1896: Svante Arrhenius (1859-1927):

a légköri szén-dioxid (CO_2) mennyiség változása éghajlatváltozást okozhat

1938: Guy S. Callendar (1897-1964):

a CO_2 légköri felhalmozódása és a hőmérséklet emelkedése kimutatható

1955: Hans Suess (1909-1993):

valamiért csökken a légköri CO_2 $^{14}\text{CO}_2$ részaránya

1957: Harmon Craig (1926-2003):

az óceánok átkeveredése évezredekig vesz igénybe

1957: Roger Revelle (1909-1991):

a légkörbe bocsátott fosszilis (^{14}C -mentes) CO_2 valószínűleg halmozódik a légkörben

az emberiség globális geofizikai kísérletbe kezdett

1957: Charles David Keeling (1928-2005):

a folyamatos légköri CO₂ mérések megindítása a
Déli-sarkon és a Mauna Loa Obszervatóriumban

a légköri CO₂ mennyiség jól kimutathatóan nő!

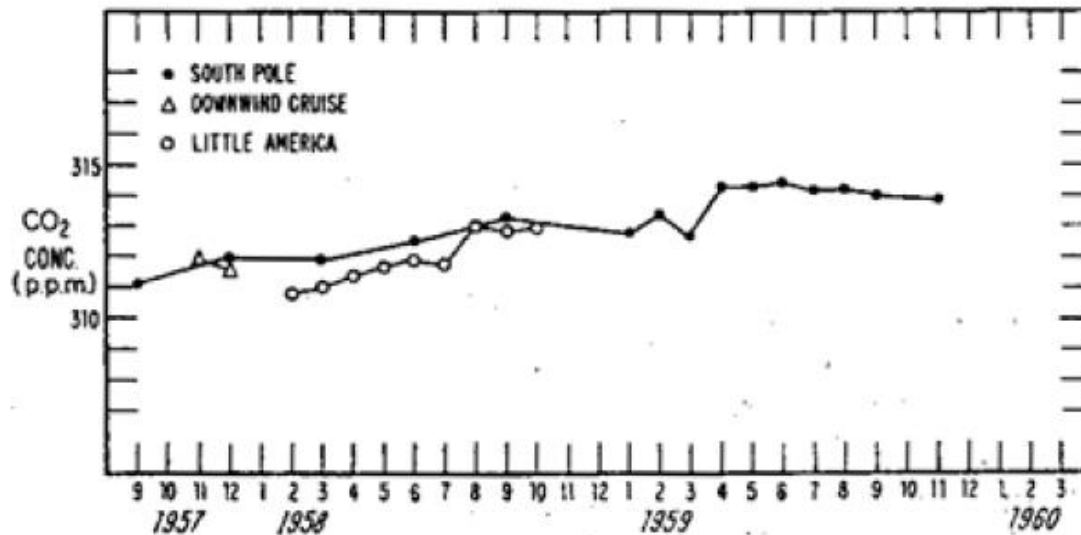
The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere

By CHARLES D. KEELING, Scripps Institution of Oceanography, University of California,
La Jolla, California

(Manuscript received March 25, 1960)

Abstract

A systematic variation with season and latitude in the concentration and isotopic abundance of atmospheric carbon dioxide has been found in the northern hemisphere. In Antarctica, however, a small but persistent increase in concentration has been found. Possible causes for these variations are discussed.



Keeling, C. D. (1960). "The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere." *Tellus* 12: 200-203.



1960-as évek vége: WMO

az éghajlat emberi megváltoztatásának veszélye miatt a légköri CO₂ koncentráció folyamatos mérése a globális háttér-levegőszennyezettséget mérő alapállomások (BAPMoN baseline stations) kötelező feladata lett

1975: 1. WMO CO₂ szakértői értekezéslet

mérések egységesítése, összehangolása, nemzetközi adatgyűjtés szükséges

preferált mérőhelyek: elszigetelt óceáni szigetek, sarkvidéki területek, sivatagos vidékek, magas hegycsúcsok, óceánparti állomások – távol a vegetáció (fotoszintézis/respiráció) és a közvetlen emberi források zavaró hatásától

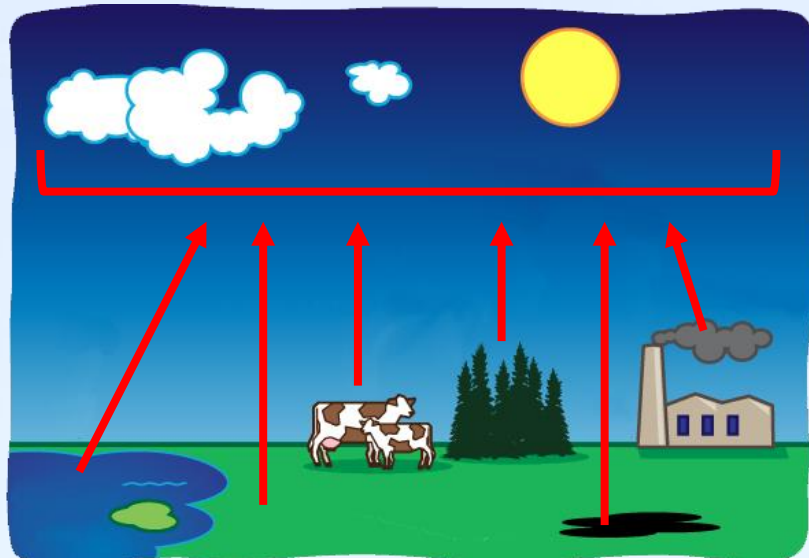
1977-1990: OMSZ

WMO háttérlevegőszennyezettség-mérési (BAPMoN) továbbképző központ oktatási, demonstrációs célra: Siemens ULTRAMAT 3 CO₂ analizátor

1981. június 5.: OMSZ

a folyamatos CO₂ mérések megindítása K-pusztán

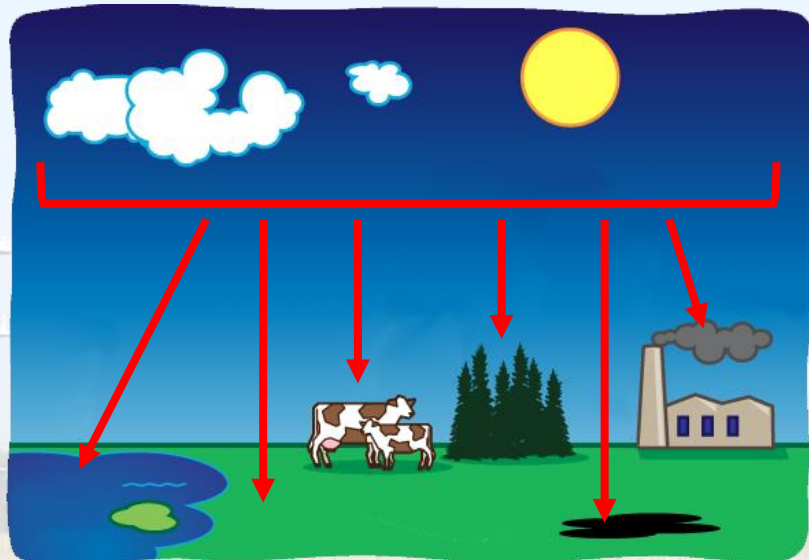
„Bottom-up” (alulról felfelé) megközelítés



A forrásokra vonatkozó mérésekből következtetünk a légköri viszonyokra az anyagmérleg számítása során

A környezeti hatások nem a kibocsátástól, hanem a légköri anyagmennyiségtől függenek

„Top-down” (felülről lefelé) megközelítés



A légkörre vonatkozó mérésekből következtetünk a forrásokra az anyagmérleg számítása során

1980-as évek: „MISSING SINK” probléma

a légkörbe bocsátott CO₂ kb. fele eltűnik a légkörből és az óceán ekkora mennyiséget képtelen felvenni → a bioszféra nyeli el? →
→ mérőállomások kellenek a vegetációval borított kontinentális területeken is

az első inverz terjedési modellek megjelenése

1987: 4. WMO CO₂ szakértői értekezéslet

**nem elég a koncentráció-változást figyelünk, az okát is tisztázni kell
a mérések globális szintű összehasonlíthatósága fontosabb, mint az
abszolút pontosság (ami szintén fontos!)**

az állomási mérési skálák eltérése <0,1 ppm

rendszeres globális mérés-összehasonlítások megindítása

BAD DATA IS WORSE THAN NO DATA

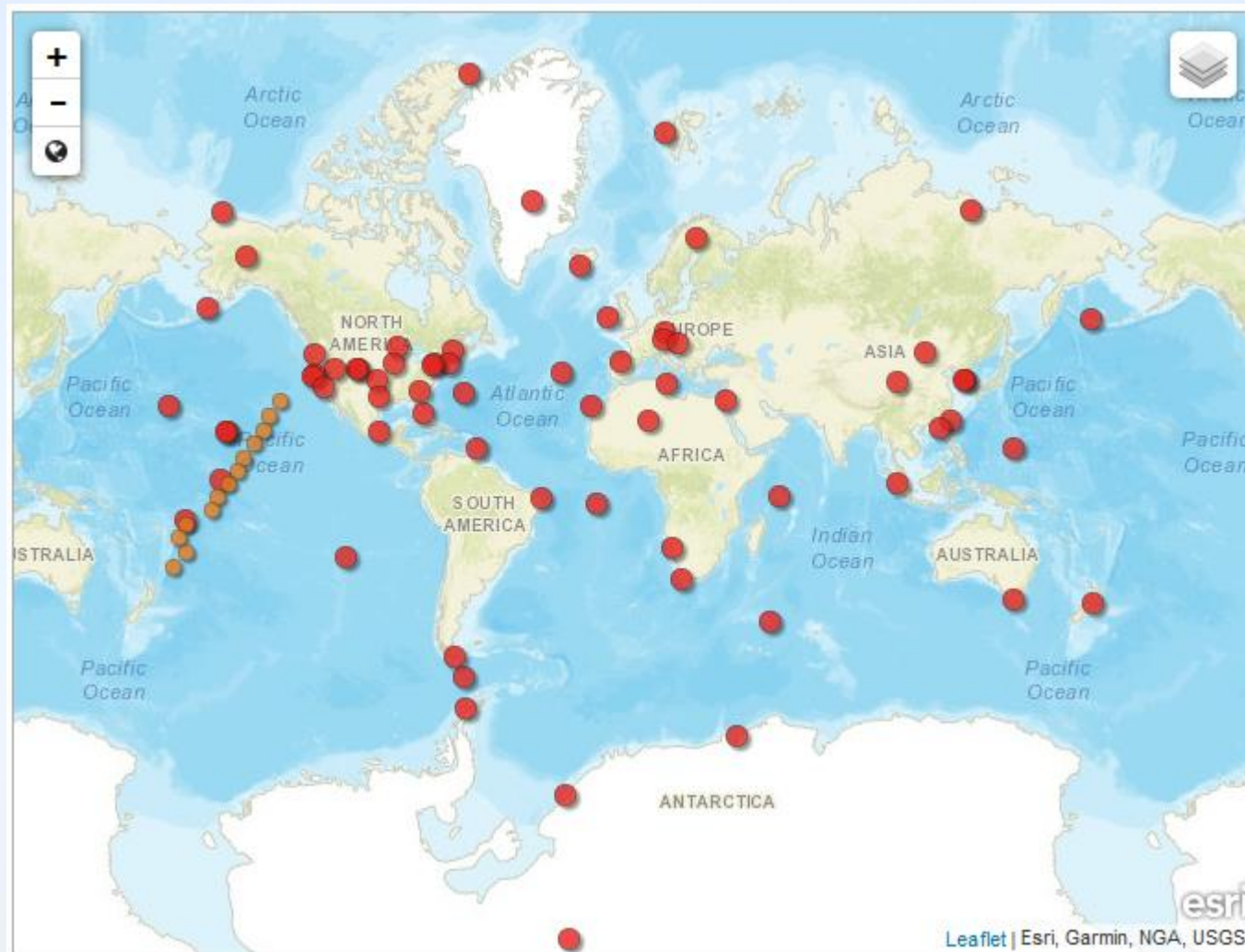
(ha nem tudsz biztosan jó adatot küldeni, akkor inkább ne küldj semmit!)

1990: 6. WMO CO₂ szakértői értekezéslet

a kontinentális területeken magas tornyokon kell mérni a megfelelő területi reprezentativitás eléréséhez

NOAA Globális Üvegházgáz Referencia Mérőhálózat (2017)

(NOAA Global Greenhouse Gas Reference Network)



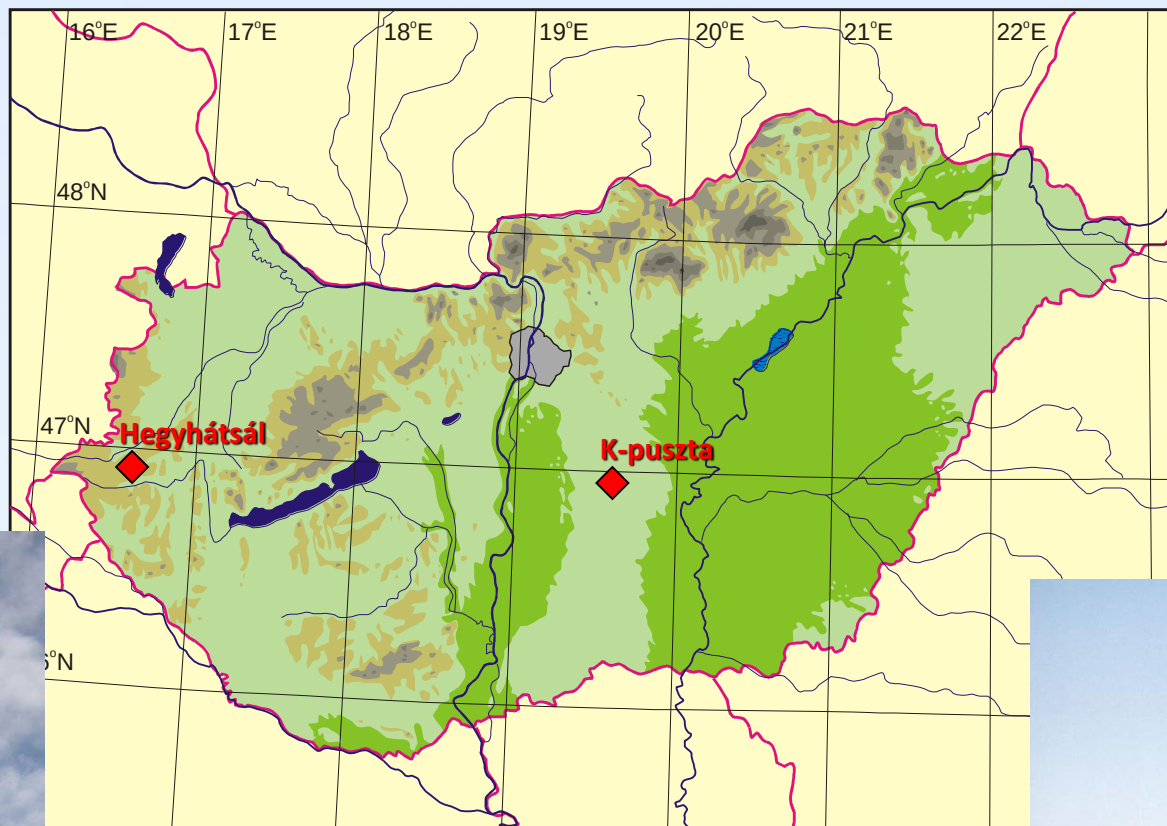
Hegyhátsál

levegőmintavételek

1993. márc. 2-től

folyamatos CO₂
mérések

1994. szept. 29-től



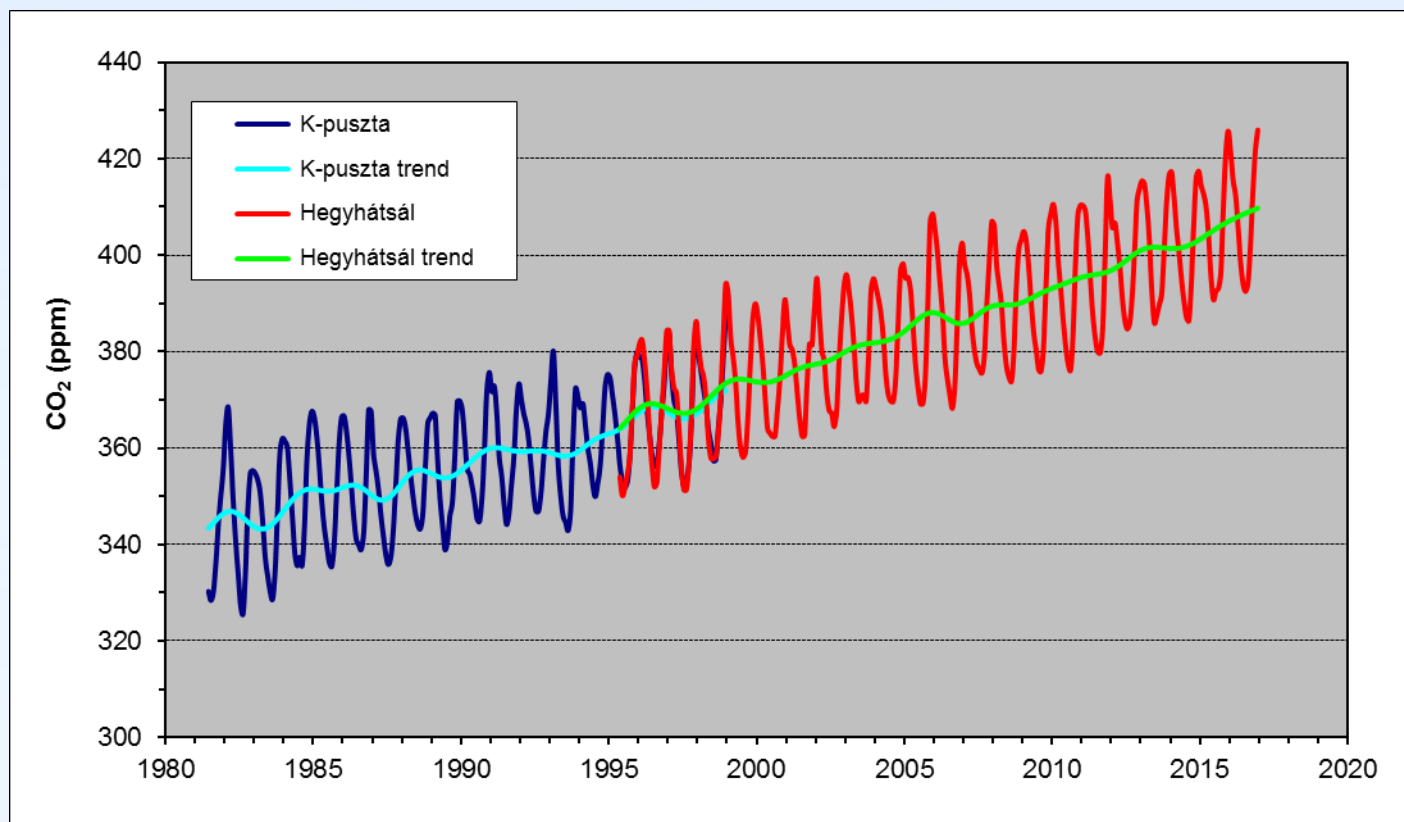
K-pusztá

1981. jún. 5.

—
1999. jún. 30.



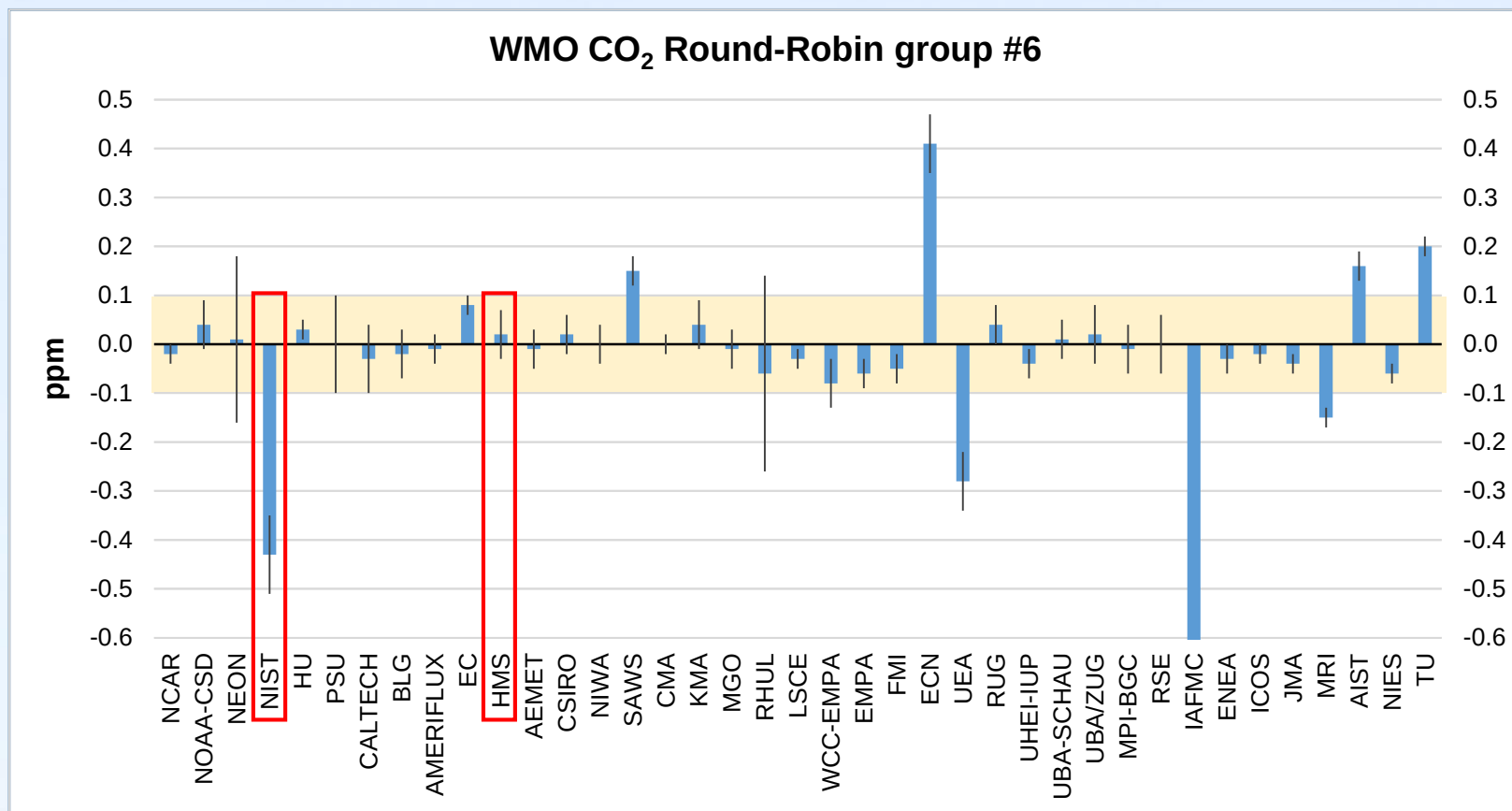
A légköri szén-dioxid koncentráció alakulása a K-pusztán (1981-1999) és a Hegyhátsálon (1994-től) 10 m-es magasságban koradélután (12-16 h) végzett mérések szerint



344,3 ppm (1982) → 408,0 ppm (2016) (18,5 %)

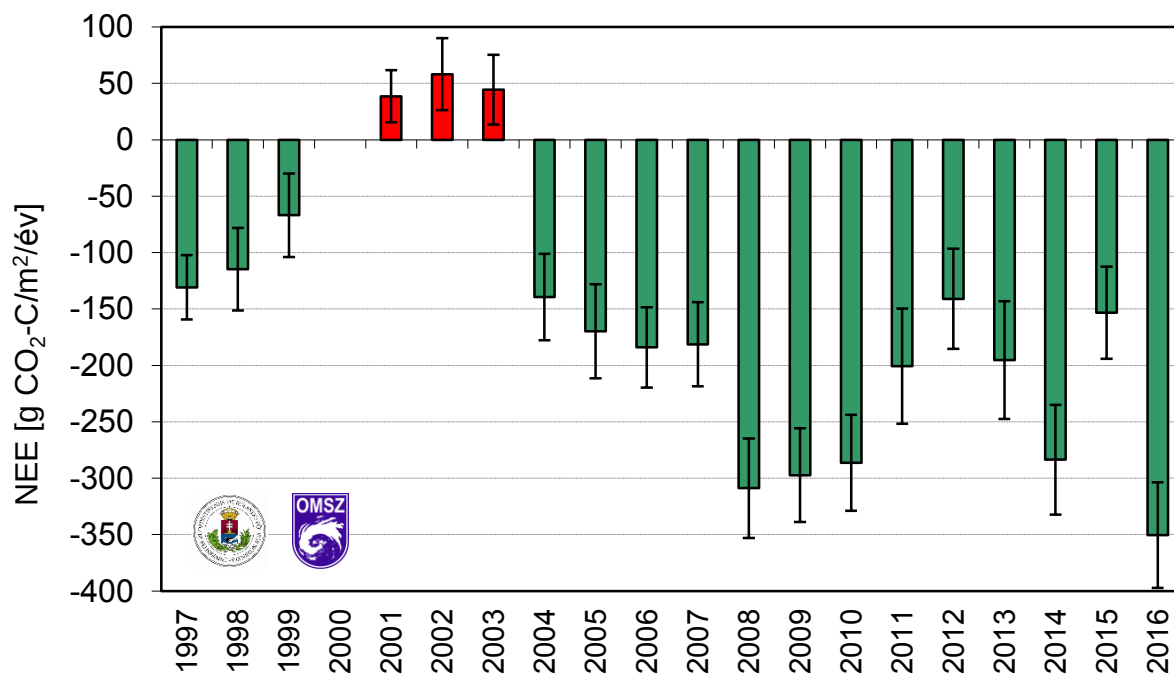
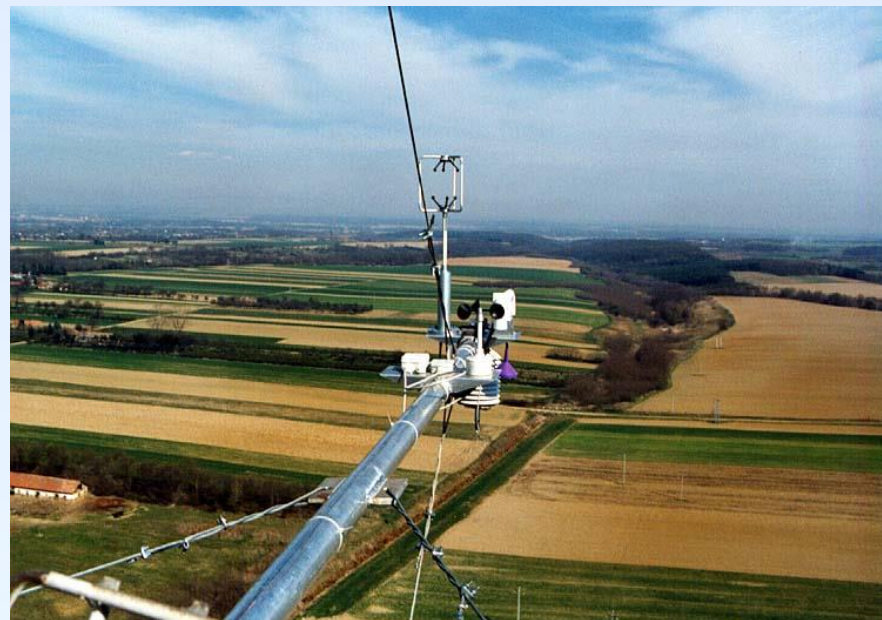
$[\text{CO}_2]_{\text{Hegyhátsál}} - [\text{CO}_2]_{\text{Mauna Loa}} \approx 4 \text{ ppm}$ (1 %)

WMO mérésösszehasonlítás (2015), 6. csoport

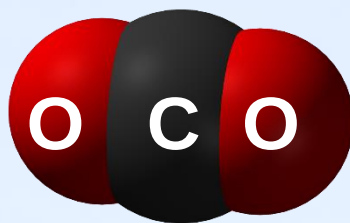


**A mérések célja a források és nyelők azonosítása,
a légköri folyamatok tisztázása**

A hegyhátsági mérőtornyt
övező vegyes
mezőgazdasági terület
nettó szén-dioxid
kibocsátása/felvétele



Szén-dioxid (CO₂)

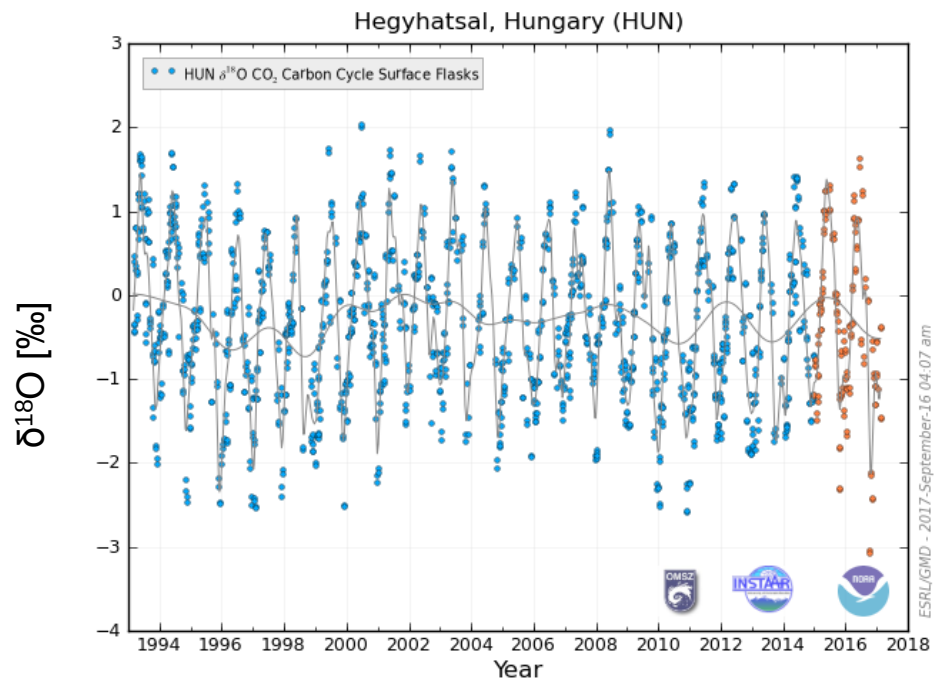
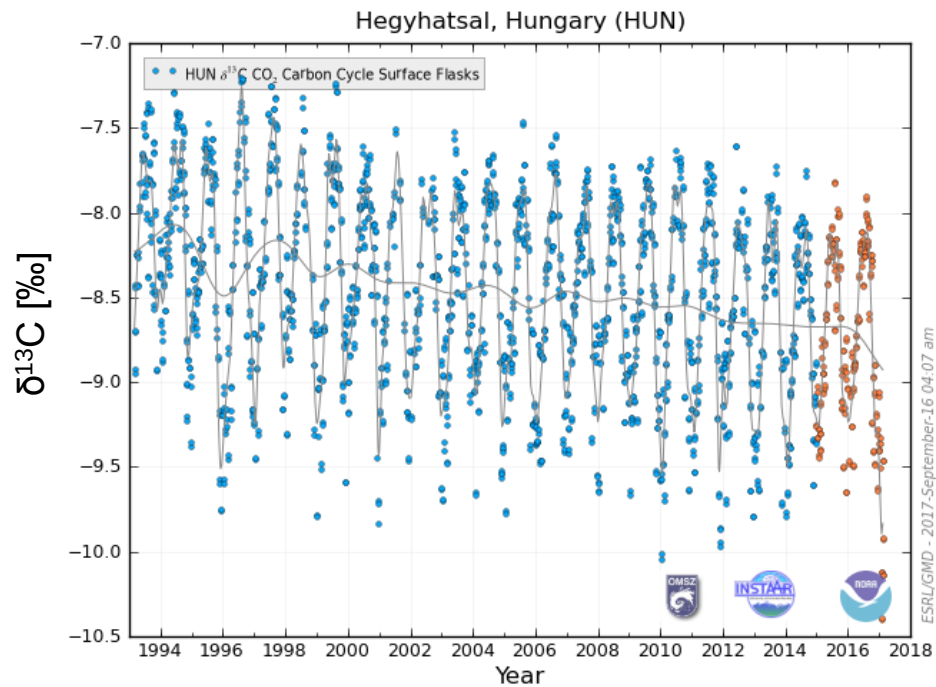


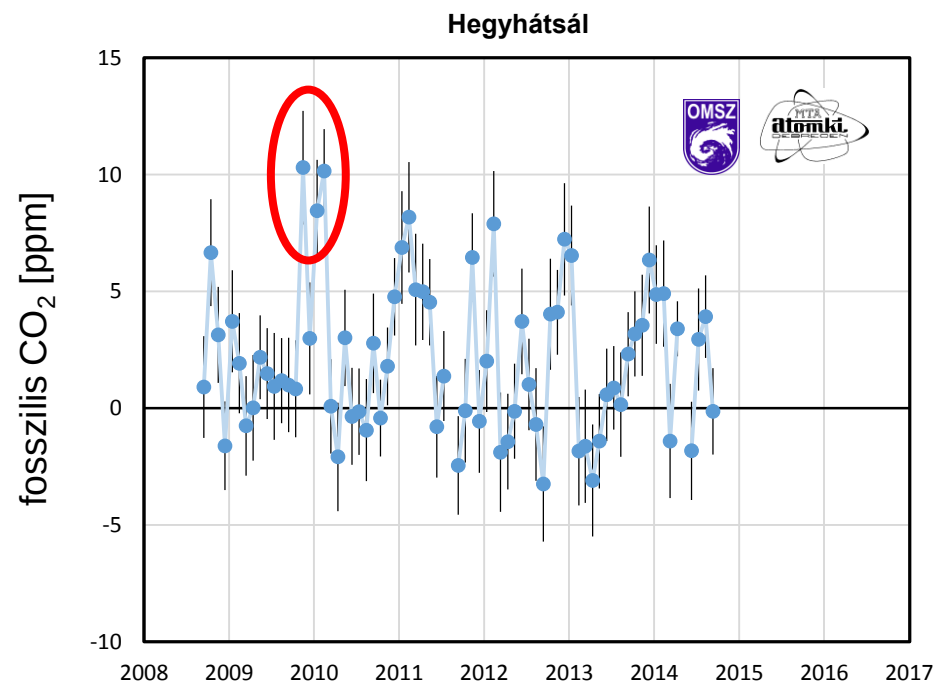
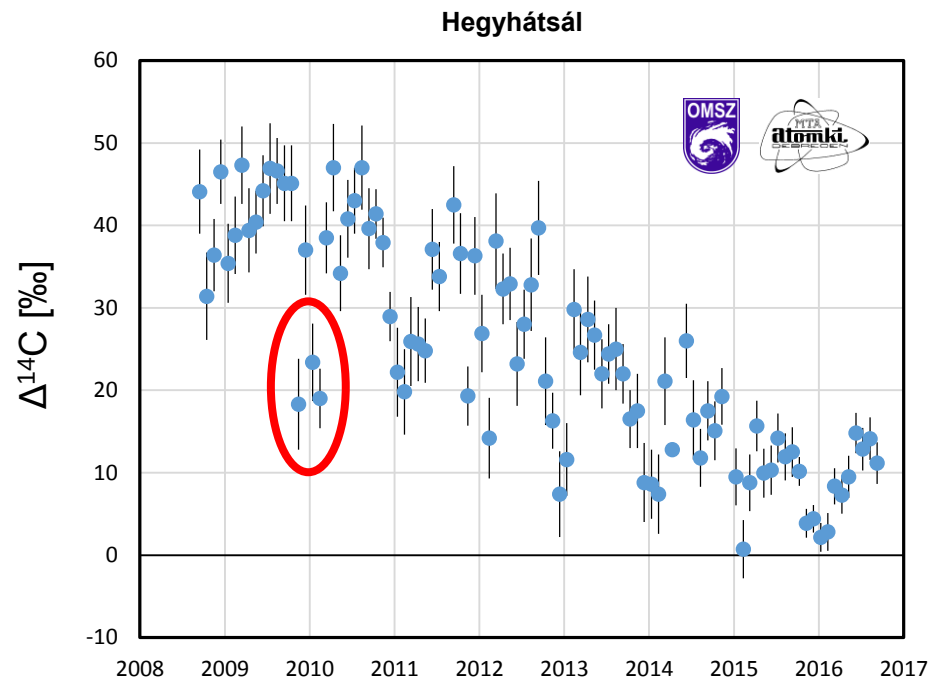
$^{16}\text{O} \ ^{12}\text{C} \ ^{16}\text{O}$	$\sim 98,4 \%$	$^{16}\text{O} \ ^{13}\text{C} \ ^{16}\text{O}$	$\sim 1,19 \%$	$^{16}\text{O} \ ^{14}\text{C} \ ^{16}\text{O}$	$\sim 10^{-10} \%$
$^{16}\text{O} \ ^{12}\text{C} \ ^{18}\text{O}$	$\sim 0,41 \%$	$^{16}\text{O} \ ^{13}\text{C} \ ^{17}\text{O}$	$\sim 10^{-3} \%$	$^{16}\text{O} \ ^{14}\text{C} \ ^{18}\text{O}$	
$^{16}\text{O} \ ^{12}\text{C} \ ^{17}\text{O}$	$\sim 0,075 \%$	$^{16}\text{O} \ ^{13}\text{C} \ ^{18}\text{O}$		$^{16}\text{O} \ ^{14}\text{C} \ ^{17}\text{O}$	
$^{17}\text{O} \ ^{12}\text{C} \ ^{17}\text{O}$	$\sim 10^{-5} \%$	$^{18}\text{O} \ ^{13}\text{C} \ ^{18}\text{O}$		$^{18}\text{O} \ ^{14}\text{C} \ ^{18}\text{O}$	
$^{18}\text{O} \ ^{12}\text{C} \ ^{18}\text{O}$		$^{17}\text{O} \ ^{13}\text{C} \ ^{18}\text{O}$		$^{17}\text{O} \ ^{14}\text{C} \ ^{18}\text{O}$	
$^{17}\text{O} \ ^{12}\text{C} \ ^{18}\text{O}$		$^{17}\text{O} \ ^{13}\text{C} \ ^{17}\text{O}$		$^{17}\text{O} \ ^{14}\text{C} \ ^{17}\text{O}$	

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ – bioszférikus/óceáni eredet meghatározása

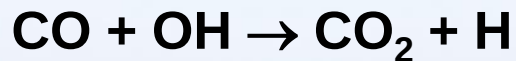
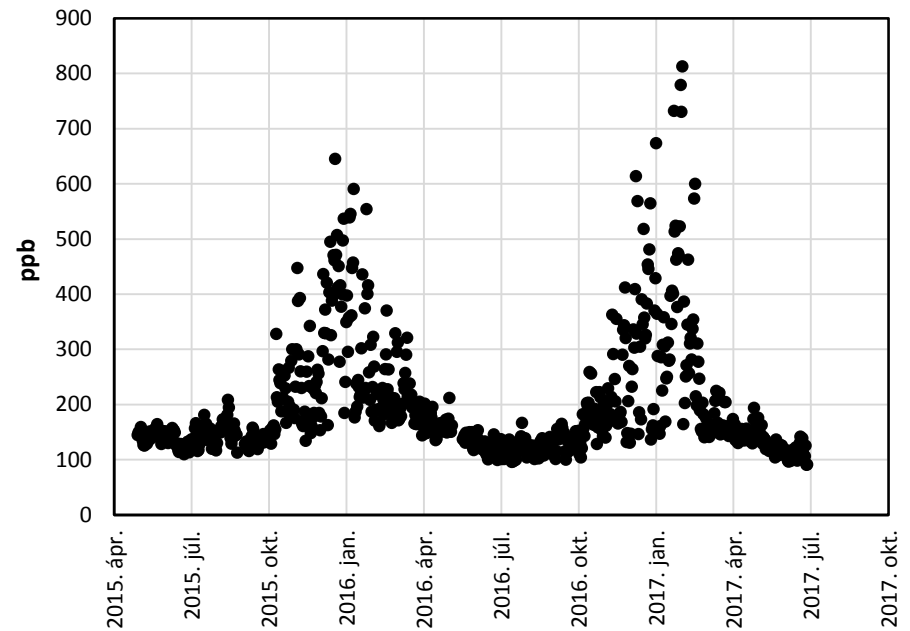
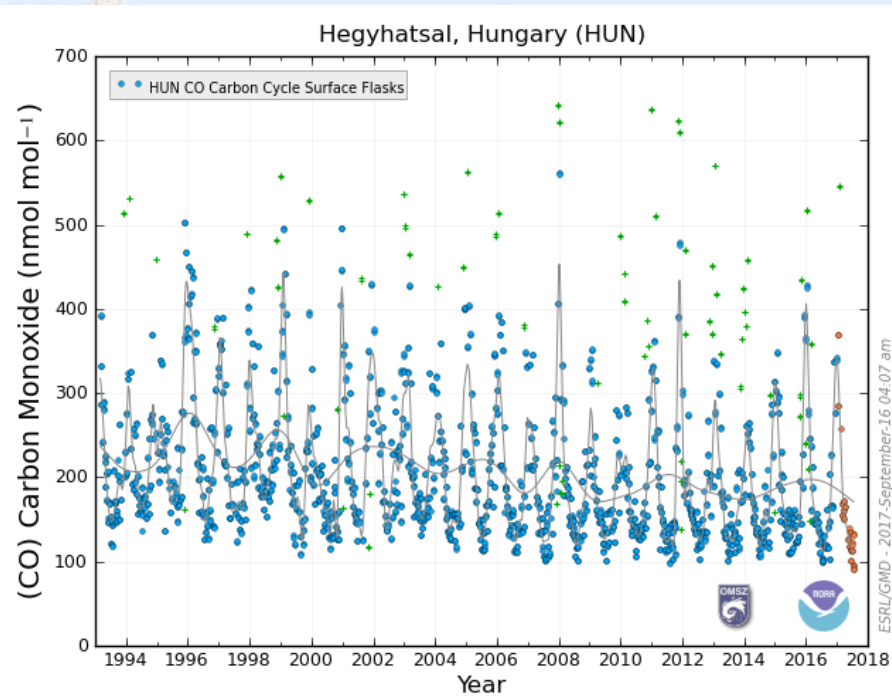
^{14}C – fosszilis eredet indikátora

$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ – bioszférikus/óceáni/fosszilis eredet meghatározása

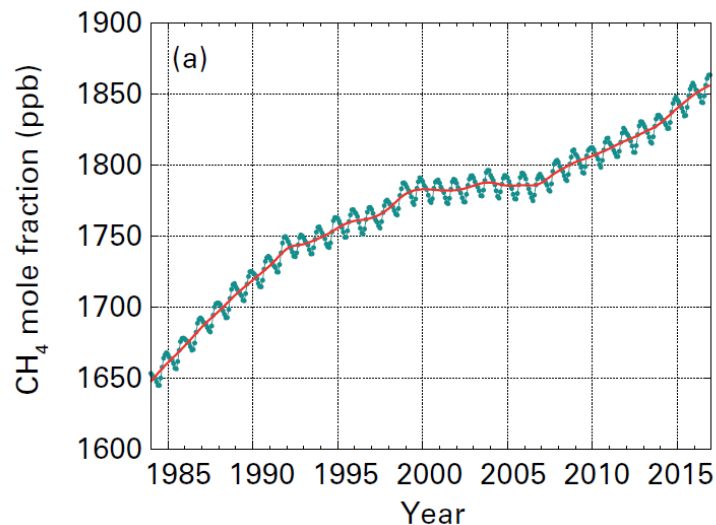




Szén-monoxid (CO)



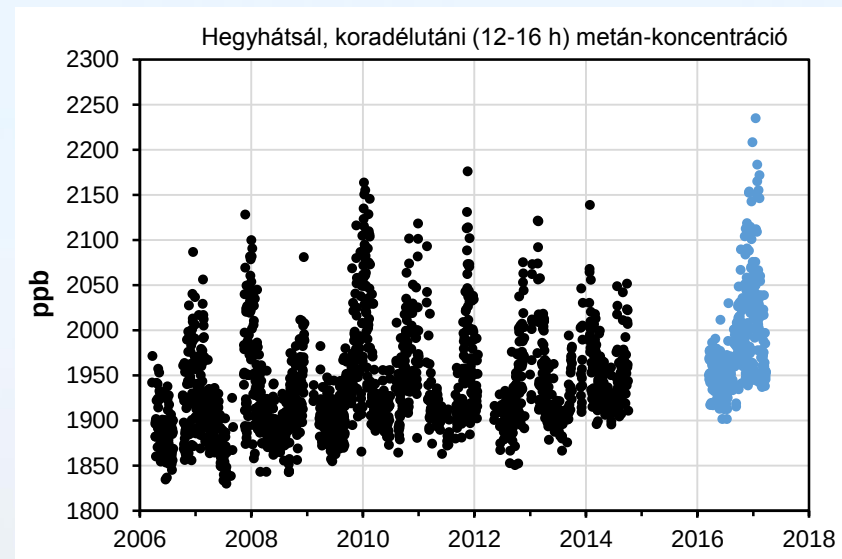
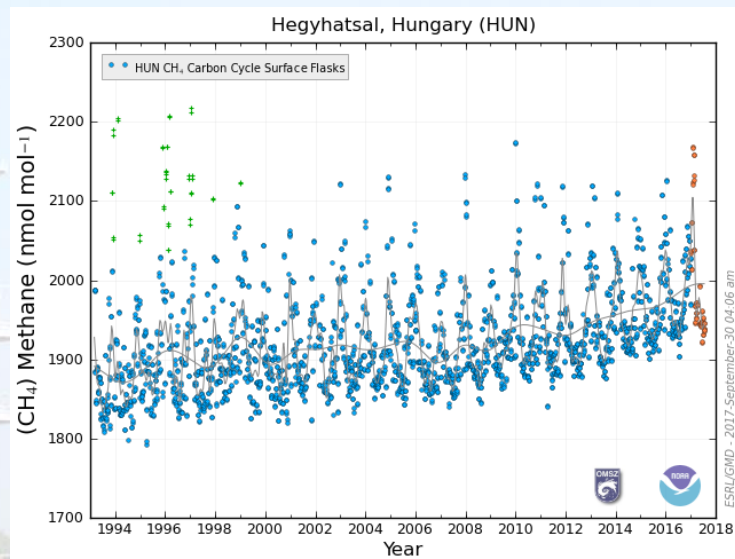
Metán (CH₄)

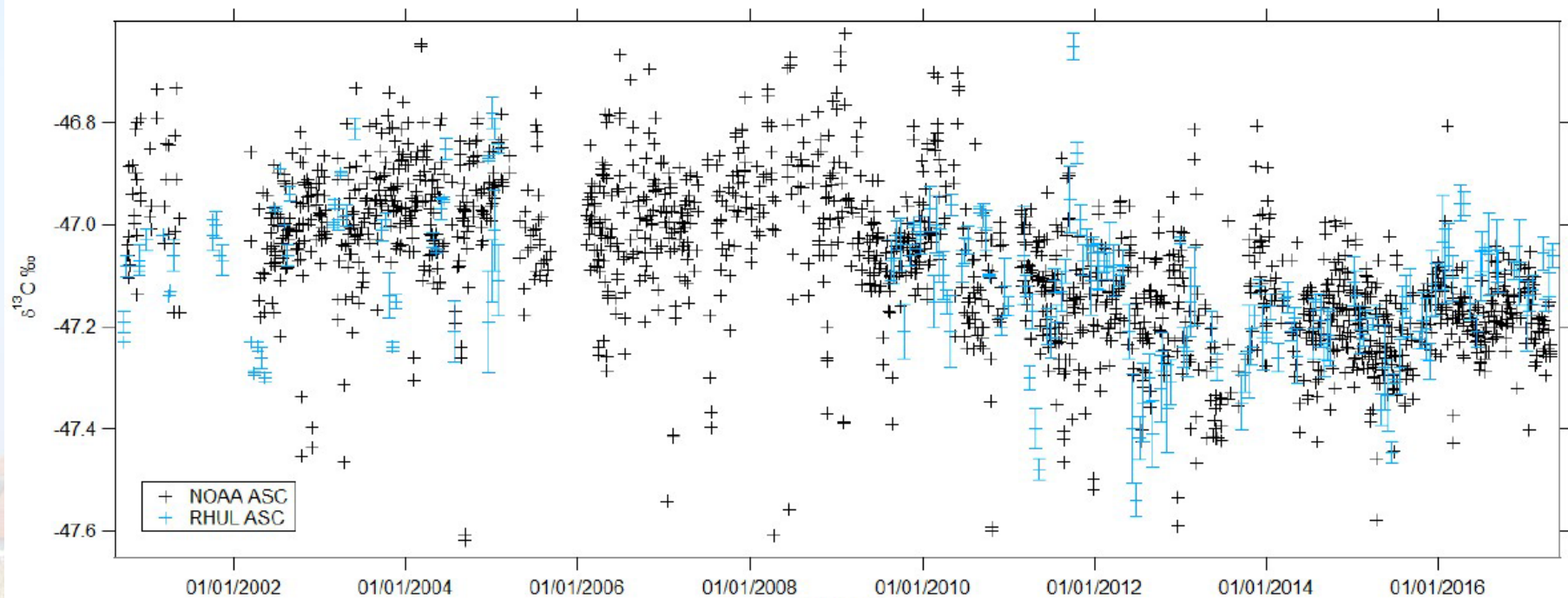
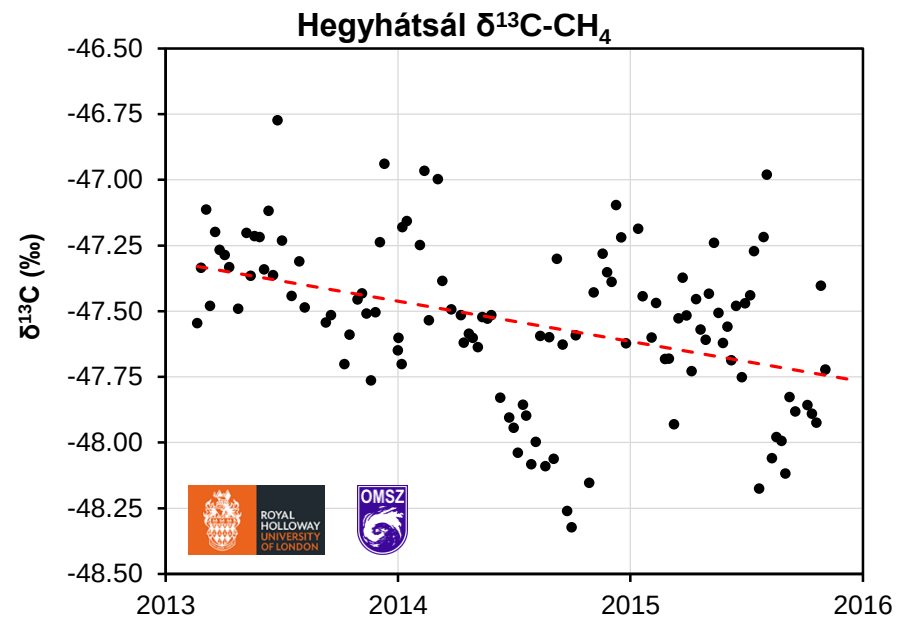
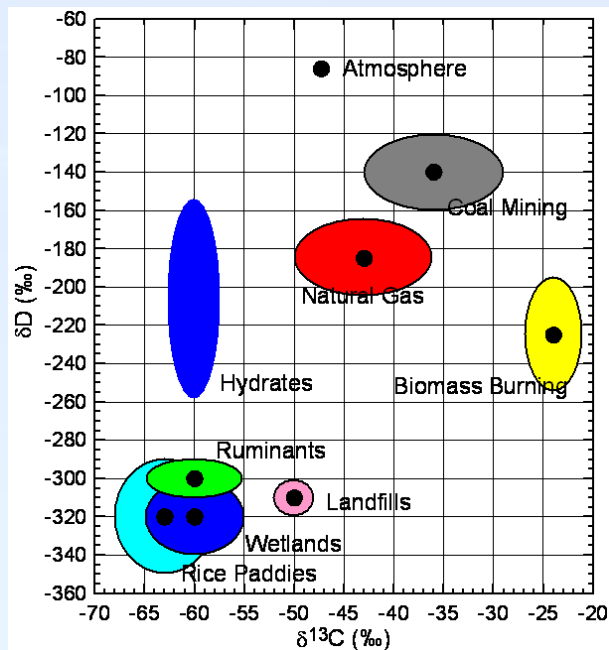


GC (2006-2014)

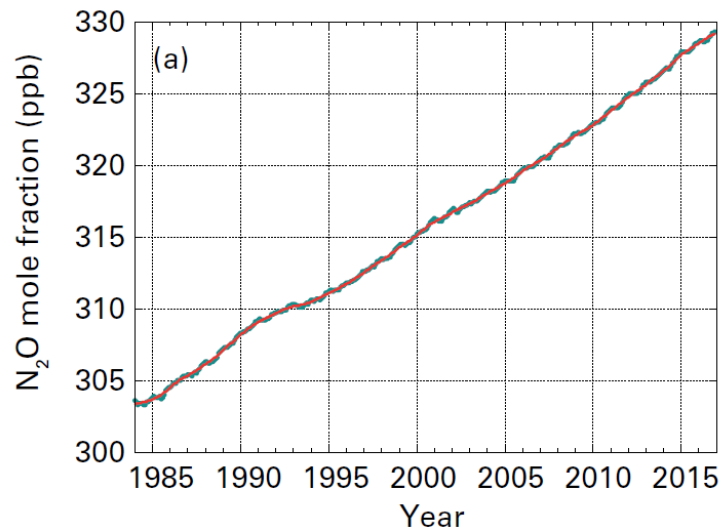


CRDS (2016-)





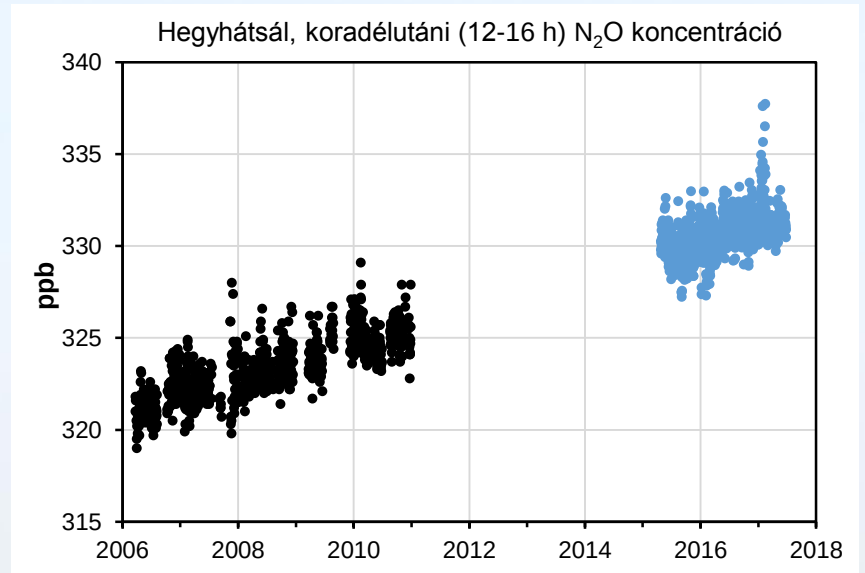
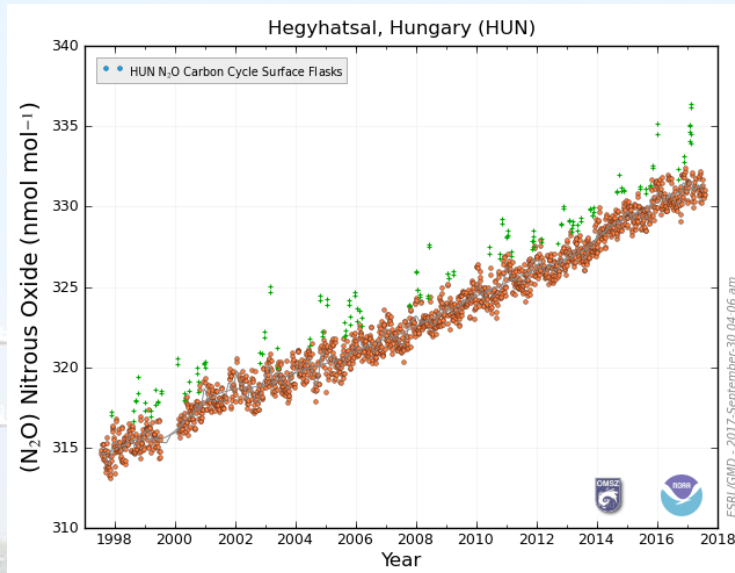
Dinitrogén-oxid (N_2O)



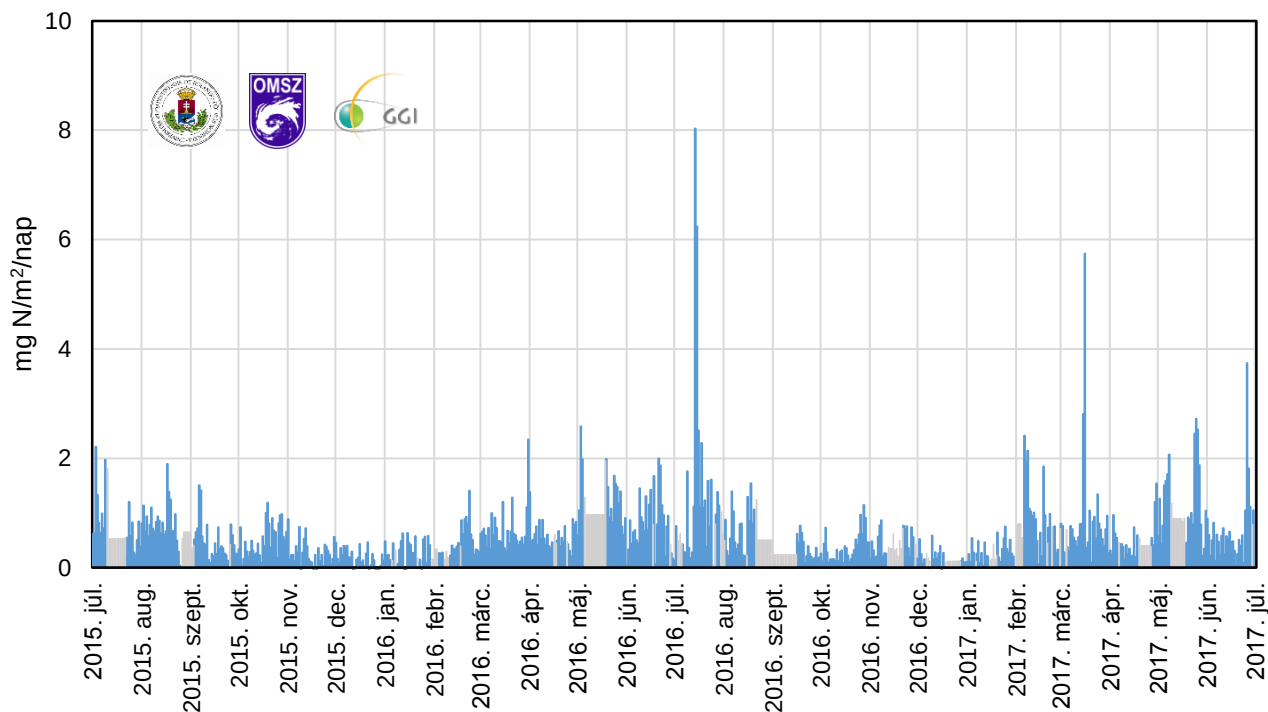
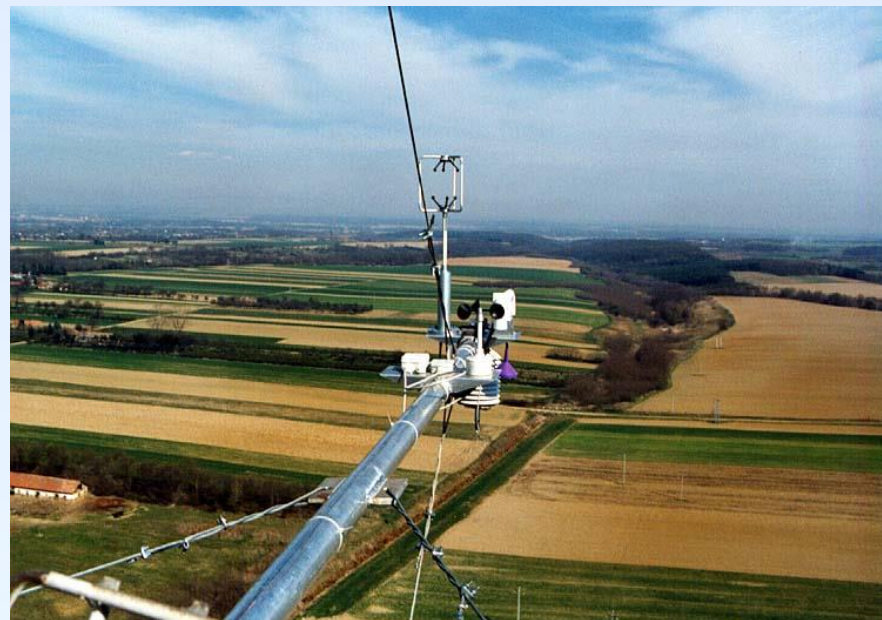
GC (2006-2010)



OA-ICOS (2015-)

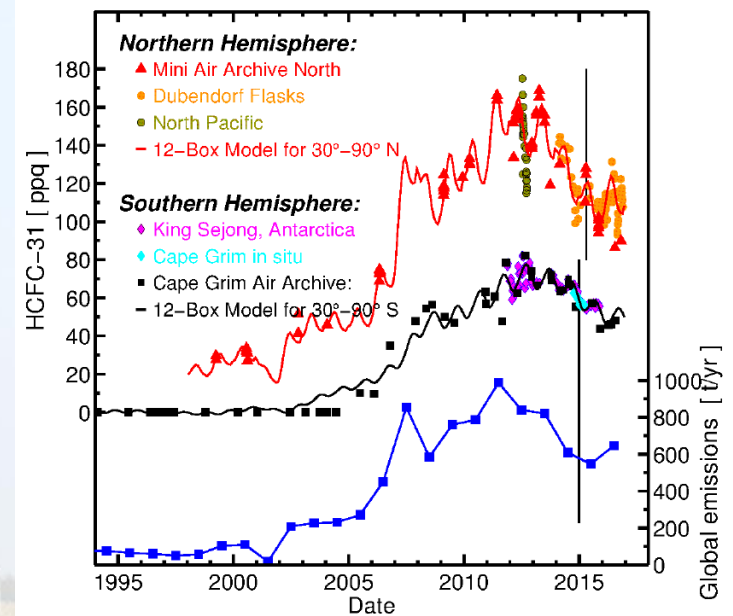
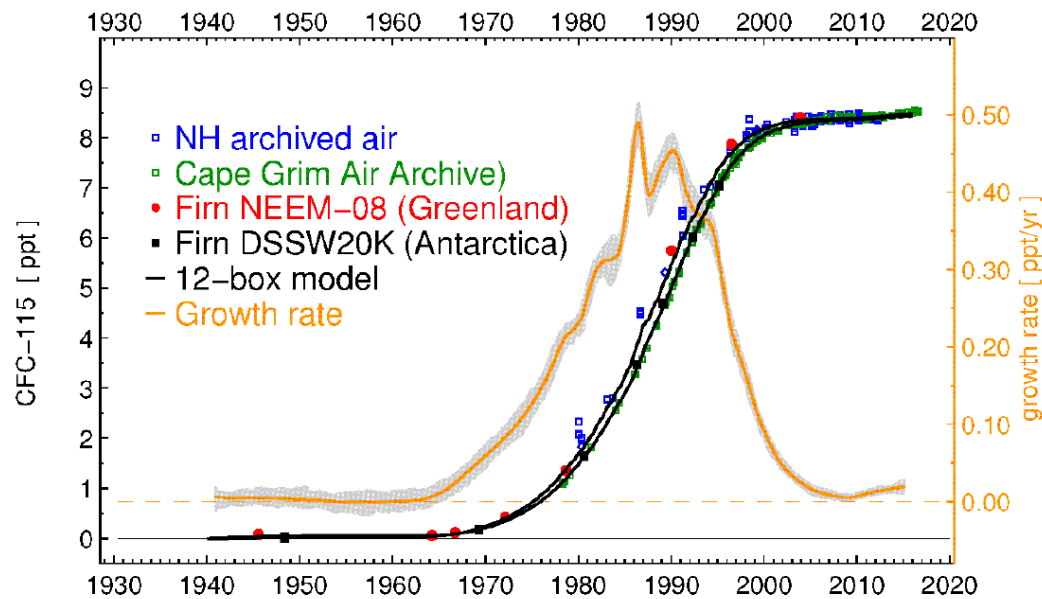
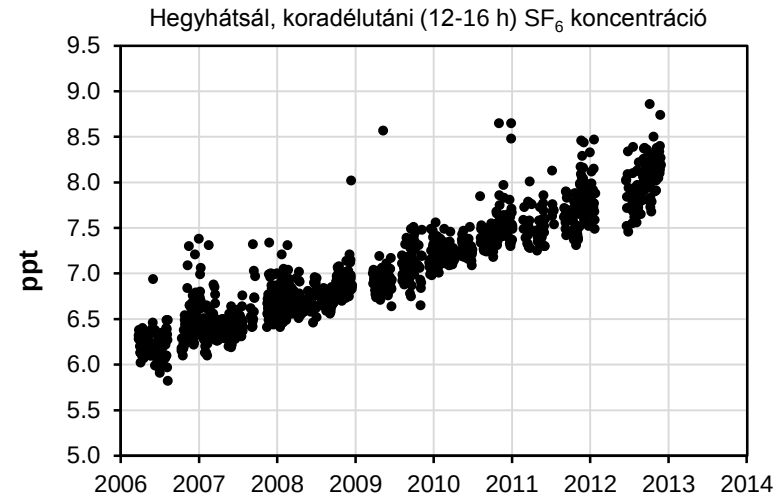
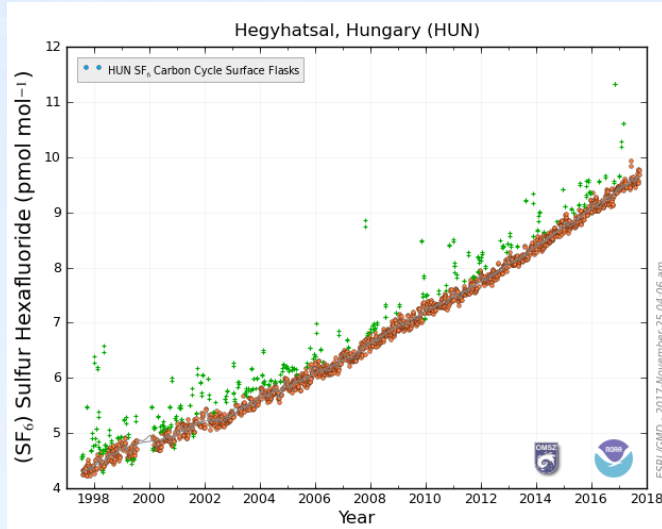


Nemzetközileg is egyedi
mérőrendszer a hegyhátsági
tornyot övező vegyes
mezőgazdasági terület nettó
dinitrogén-oxid kibocsátásának
meghatározására



220 mg N/m²/év
(=350 mg N₂O/m²/év)

Halogéntartalmú vegyületek

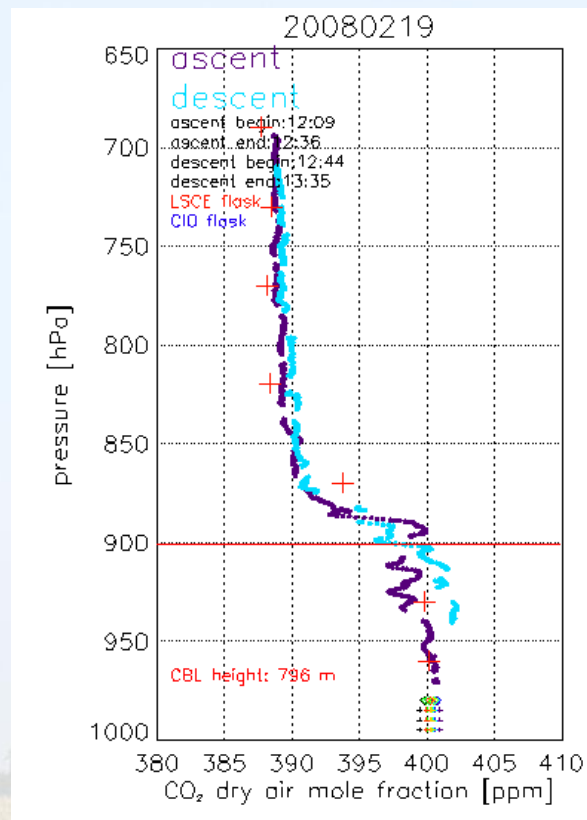
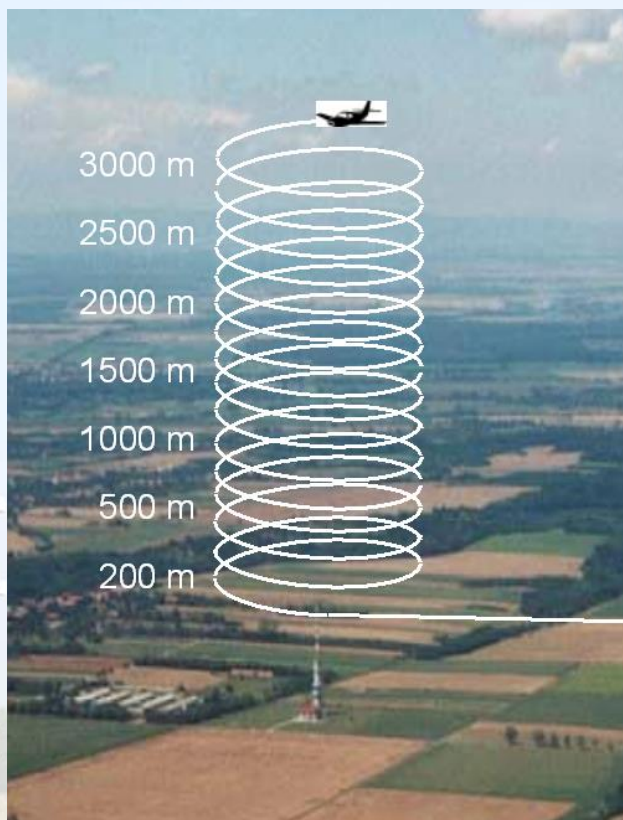


2001-2009:

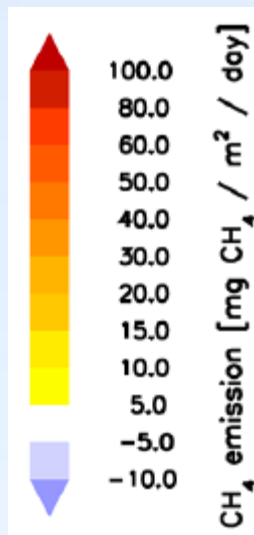
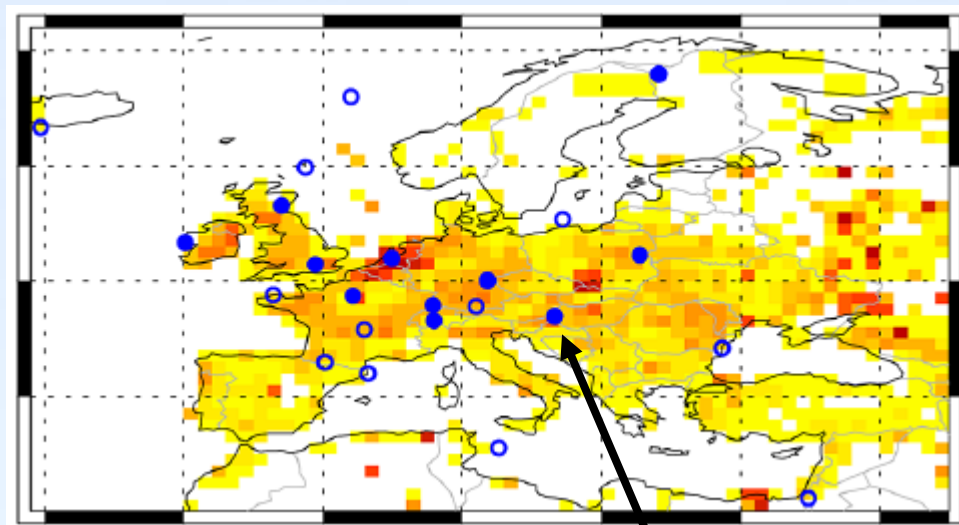
~3 hetenként palackos mintavétel
 CO_2 , CH_4 , CO , N_2O , SF_6 mérésekre

2006-2009:

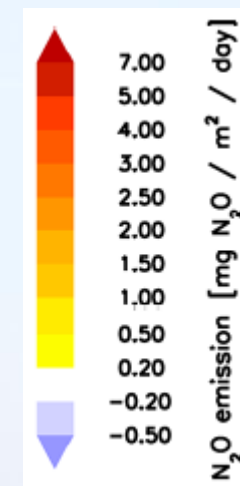
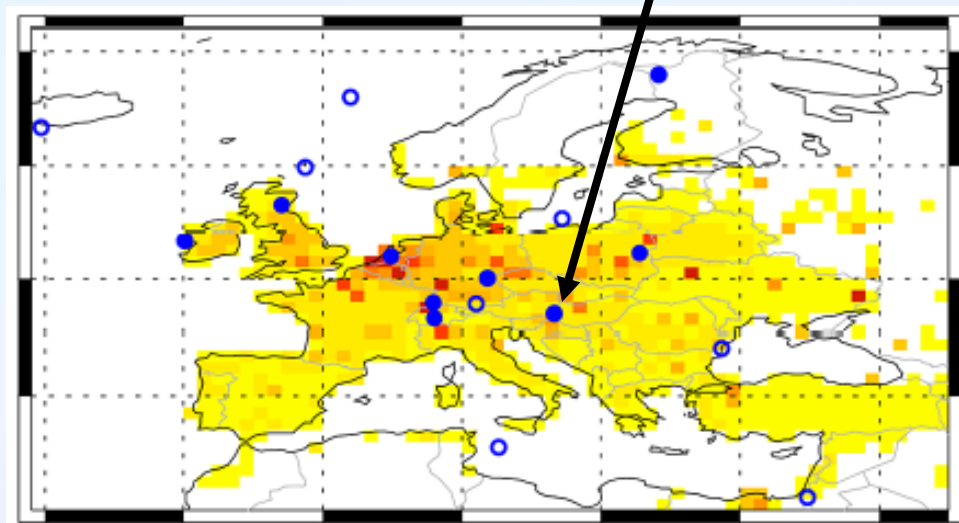
3-5 naponkénti repülőgépes in situ
folyamatos CO_2 mérés



metán



dinitrogén-oxid



Hegyhátsál

● torony

○ felszíni mérőállomás

ÖSSZEFOGLALÁS

- a légkör üvegházhatásának erősödése nehezen felbecsülhető, súlyos következményekkel fenyegeti az emberiséget
- az üvegházhatású gázok légköri koncentráció-mérésének célja, a változások nyomon követésén túlmenően, a források/nyelők helyének és hozamának felderítése és a légköri anyagmérleg alakításában részt vevő folyamatok megismerése a jövőre vonatkozó előrejelzések érdekében
- környezetpolitikai cél a statisztikai módszerekkel meghatározott országos/regionális kibocsátás légköri mérésekkel való ellenőrzése, illetve a kibocsátás légköri mérésekkel való meghatározása
- a cél csak nagypontosságú, garantált minőségű mérési adatokkal érhető el, melynek kulcsa a globálisan összehangolt mérési skála és az adatok rendszeres, kutatási célú felhasználása
- az elkövetkező években a leghasznosabb információk az üvegházhatású gázok izotopológjainak mérésétől várhatók
- a megbízható, nagy területi felbontású kibocsátás-bebecslésekhez a mérőhálózatokat sűríteni kell és minél több helyen függőleges koncentráció-profil méréseket is végezni kell



Köszönöm a figyelmet!