



# MŰHOLDAKRÓL TÖRTÉNŐ LEVEGŐKÉMIAI MÉRÉSEK

Kocsis Zsófia, Országos Meteorológiai Szolgálat

35. Meteorológiai Tudományos Napok

Budapest, 2009. november 19-20.



# VÁZLAT

- Bevezetés
- Légköri gázok és a műholdak
- Műholdas levegőkémiai mérések elvei, néhány mérés/műszer bemutatása példákon keresztül
- Európai mérések – EUMETSAT O3MSAF
- Összegzés

# BEVEZETÉS

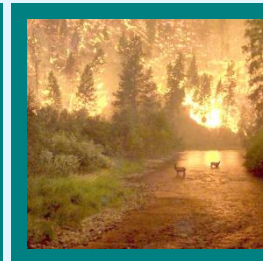
- A légköri összetevők rövid és hosszú távú változása befolyásolja a környezetünket és az éghajlatot:
  - CFC gázok hatása ➡ a sarkok feletti sztratoszférikus ózon csökkenése (WMO, 2003)
  - Troposzférikus ózon ➡ levegőminőség (WMO, 1995)
  - Troposzférikus üvegházgázok növekedése ➡ klímaváltozás (IPCC, 2007)
- A változások, hatások becsléséhez a légkörben lejátszódó fizikai és kémiai folyamatokat meg kell érteni ➡ a légköri nyomgázok térbeli és időbeli viselkedésének nyomon követése lokális és globális skálán ➡ műholdak

Instrument	Name	Measurement Height <sup>1</sup>			Target Species	Observation Geometry <sup>2</sup>				
		TR	ST	ME		N	L	SO	LO	STO
BUV	Backscatter Ultraviolet Ozone Experiment		X		O <sub>3</sub>	X				
GOME-1	Global Ozone Monitoring Experiment	X	X		O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, BrO, OCIO, SO <sub>2</sub> , HCHO; clouds and aerosol	X				
GOME-2	Global Ozone Monitoring Experiment	X	X		O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, BrO, OCIO, SO <sub>2</sub> , HCHO; clouds and aerosol	X				
GOMOS	Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars	X <sup>3</sup>	X	X	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, NO <sub>3</sub> ; aerosol, T					X
HALOE	Halogen Occultation Experiment		X		CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , HF, HCl, CH <sub>4</sub> , NO			X		
IASI	Infrared Atmospheric Sounding Interferometer	X <sup>3</sup>	X		O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, CO, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O; T	X				
ILAS I, II	Improved Limb Atmospheric Spectrometer		X		O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O, CFC11, CH <sub>4</sub> ; aerosol			X		
IMG	Interferometric Monitor for Greenhouse Gases	X	X		O <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , CO, CO <sub>2</sub>	X				
MIPAS	Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding		X	X	O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , ClONO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CFCs, HNO <sub>3</sub> , etc.; T and P		X			
MLS	Microwave Limb Sounder		X	X	ClO, O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, HNO <sub>3</sub> ; T and P		X			
MLS-2	Microwave Limb Sounder		X	X	CO, HCl, ClO, O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, BrO, N <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub> , HCN, CH <sub>3</sub> CN		X			
MOPITT	Measurement of Pollution in the Troposphere	X			CO, CH <sub>4</sub>	X				
OMI	Ozone Monitoring Instrument	X	X		O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , HCHO; aerosol	X				
OSIRIS	Optical Spectrograph and Infrared Imager System		X	X	NO, OCIO, O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> ; aerosol		X			
POLDER	Polarisation and Directionality of the Earth's Radiance	X			H <sub>2</sub> O; polarisation, aerosol, clouds	X				
SAGE I	Stratospheric Aerosol and Gas Experiment		X		O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> ; aerosol			X		
SAGE II	Stratospheric Aerosol and Gas Experiment		X		O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O; aerosol			X		
SAGE III	Stratospheric Aerosol and Gas Experiment		X		O <sub>3</sub> , OCIO, H <sub>2</sub> O, BrO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> ; aerosol			X	X	
SAM II	Stratospheric Aerosol Measurement		X		aerosol			X		
SBUV	Solar Backscatter Ultraviolet Ozone Experiment	X	X		O <sub>3</sub>	X				
SBUV-2	Solar Backscatter Ultraviolet Ozone Experiment	X	X		O <sub>3</sub>	X				
SCIAMACHY	Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography	X	X	X	O <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> ( <sup>1</sup> Δ), O <sub>4</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, BrO, OCIO, CO, H <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub> , HCHO, CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ; cloud, aerosol	X	X	X	X	
SFM-2	Spectrophotometer		X		O <sub>3</sub> ; aerosol			X		
SME	Solar Mesospheric Explorer		X	X	O <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> ( <sup>1</sup> Δ), NO <sub>2</sub>		X			
TES	Tropospheric Emission Spectrometer	X	X		HNO <sub>3</sub> , O <sub>3</sub> , NO, H <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , CO, SO <sub>2</sub>	X	X			
TOMS	Total Ozone Monitoring Spectrometer	X	X		O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> ; aerosol	X				

<sup>1</sup>ME = mesosphere, ST = stratosphere, TR = troposphere / <sup>2</sup>N = nadir, L = limb, SO = solar occultation, LO = lunar occultation, STO = stellar occultation / <sup>3</sup>upper troposphere

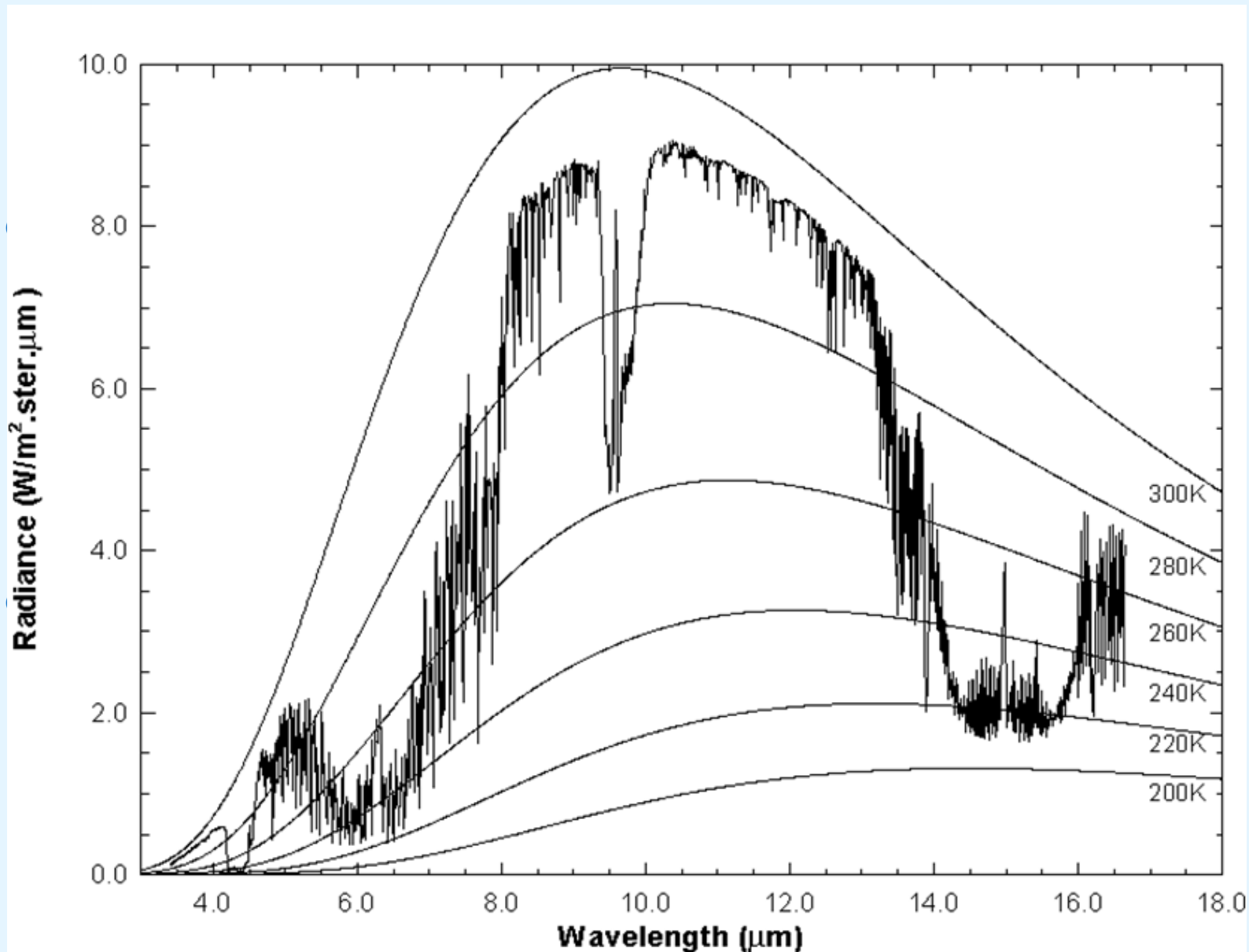
Table 1-1: The different passive satellite instruments designed to determine trace gas distributions in the atmosphere, coverage of their measurements, species measured and the satellite platform. The list of sensors refers to fig.1-1.

- Üvegházgázok megfigyelése: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CFC-k
- Ózonréteg változásai
- Levegőminőség: NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>
- Vulkánkitörések: SO<sub>2</sub>, hamu
- Biomassza égetés: NH<sub>3</sub>, VOC, PAN

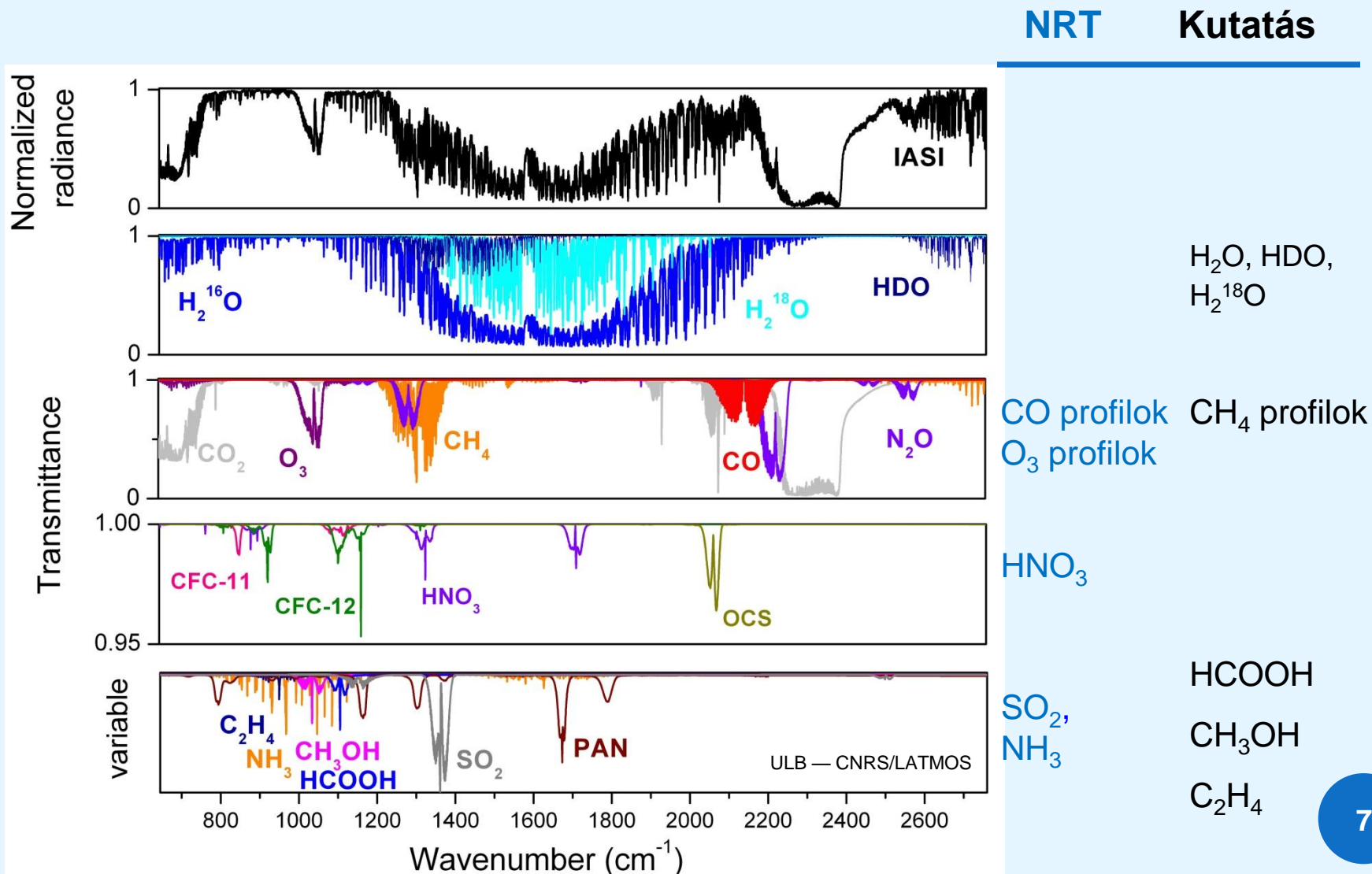


# KÉMIAI ANYAGOK MÉRÉSE - PASSZÍV LÉGKÖRI SZONDÁZÁS

- Abszorpciós vagy emissziós spektrum elemzése → az abszorpció és az emisszió hatására olyan spektrum alakul ki a légkörben, amely az adott elnyelő/kibocsátó atomra, molekulára jellemző
- Mindkét módszerhez a légkör tetején távozó sugárzás pontos ismerete szükséges
- Stellar Occultation: a csillagok segítségével történő légköri szondázás

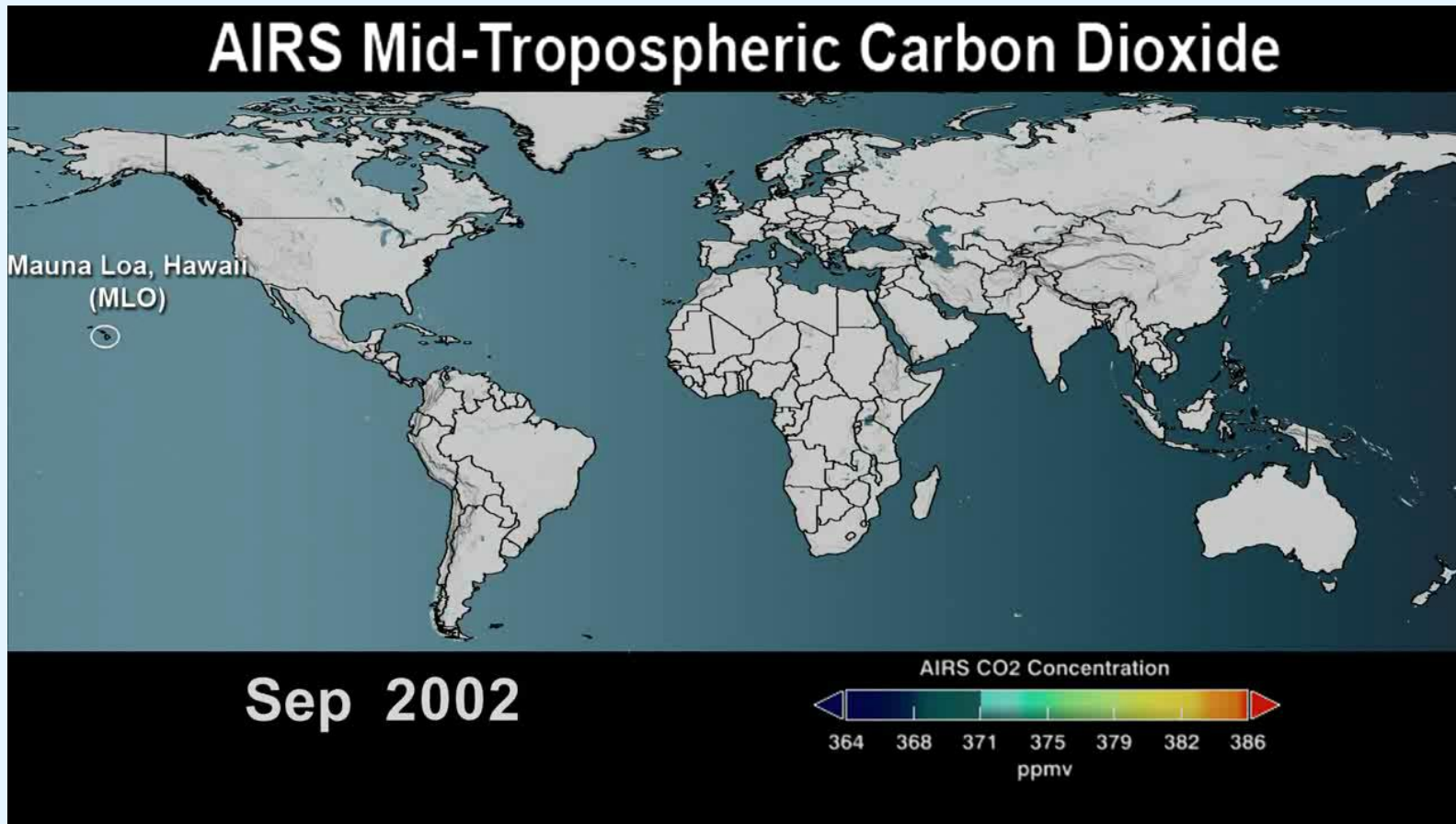


# IASI ÁLTAL DETEKTÁLT GÁZOK



(Clerbaux et al., 2009)

# CO<sub>2</sub> MÉRÉSEK - AIRS



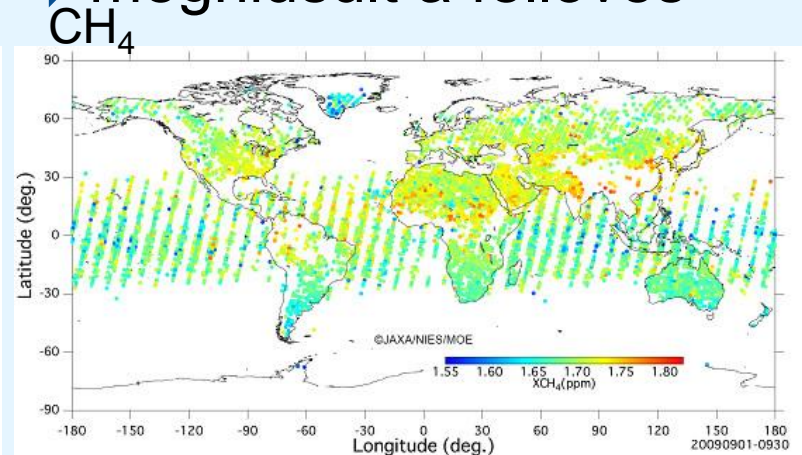
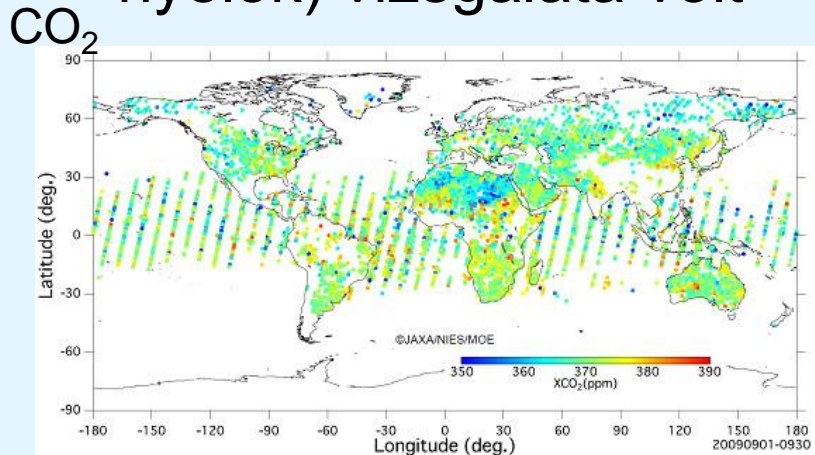
A film elindul magától, kicsit várni kell.

(Perkins et al., 2008)



# GOSAT (GREENHOUSE GASES OBSERVING SATELLITE) - IBUKI

- 2009. január 23-án bocsátották az űrbe
- CO<sub>2</sub> és CH<sub>4</sub> mérése a fő cél → pontosabb megfigyelések várhatóak
- Jól kiegészítették volna egymást a NASA OCO (Orbiting Carbon Observatory) műholdjával, melynek célja a légköri szén tartalom (források, nyelők) vizsgálata volt → meghiúsult a fellövés

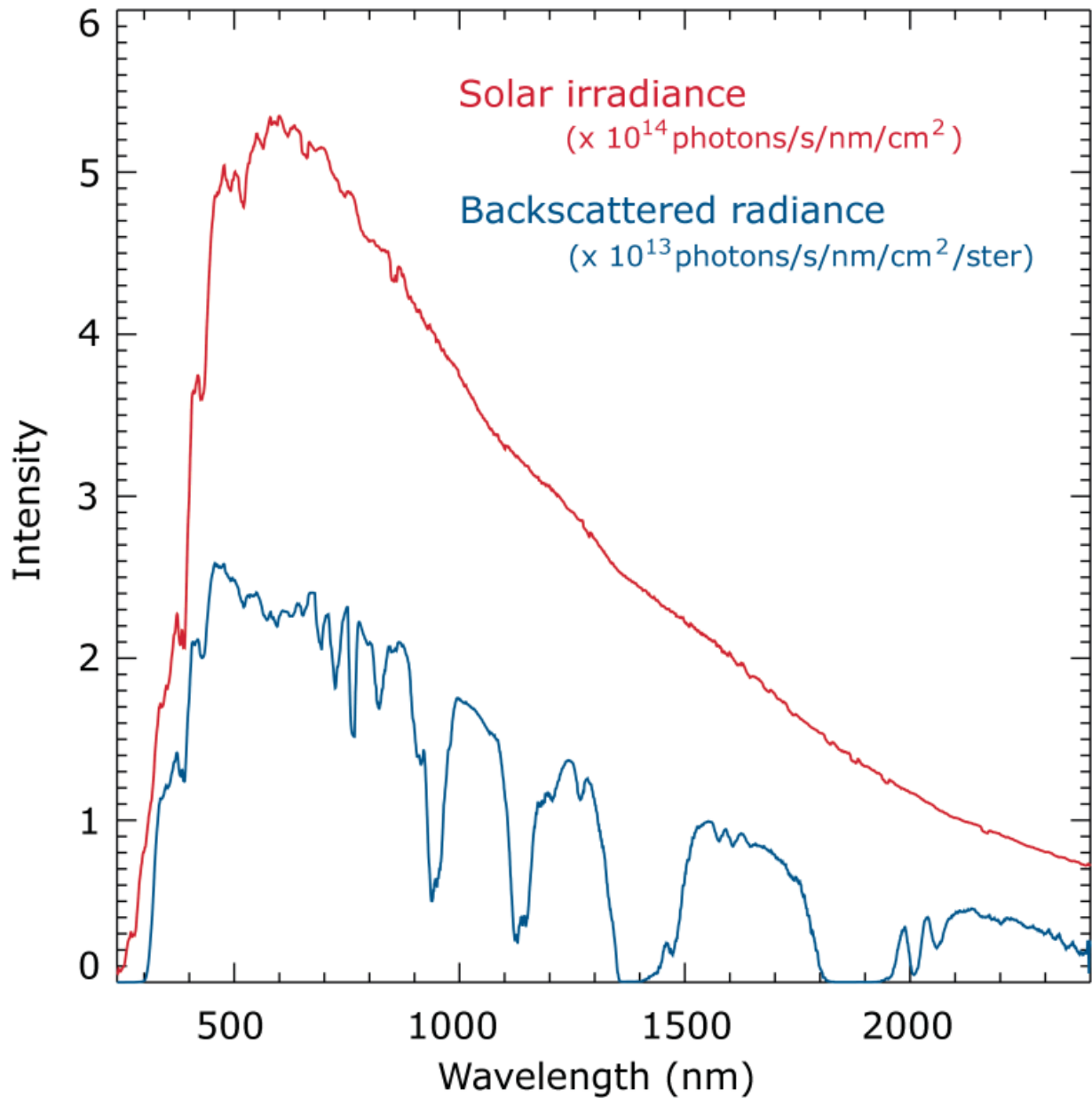


2009 szeptember, elsődleges, nem validált adatok

(Forrás: JAXA)

# NAPS ELEMZÉS

- Atomok és molekulák elektromágneses szórása
- A légkör megfigyelésének szórásos extrinéz (Föld felől) megfigyelésének
- UV, VIZS



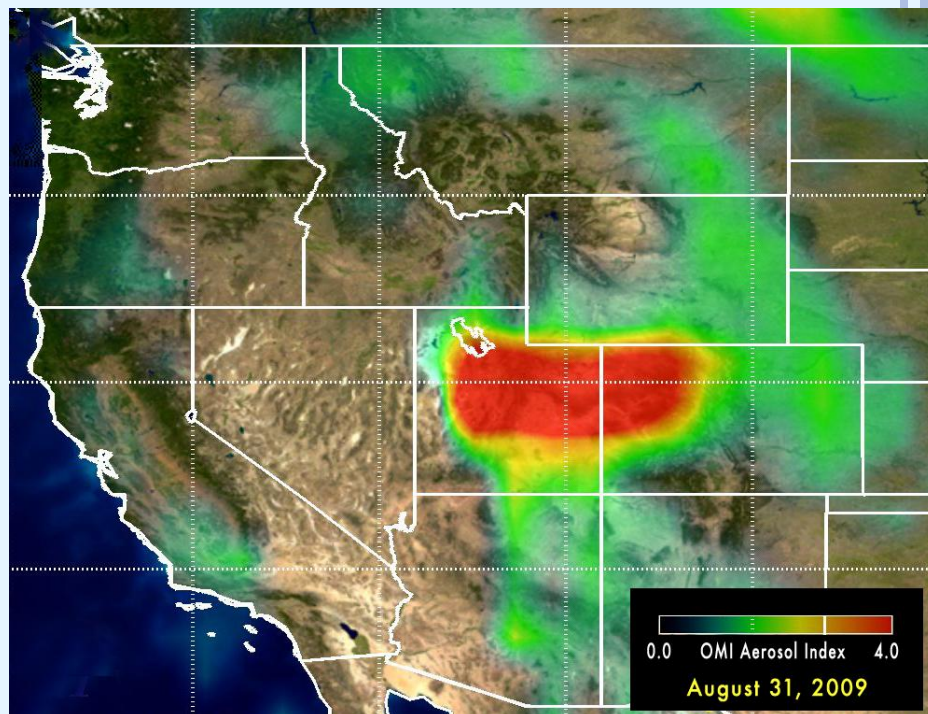
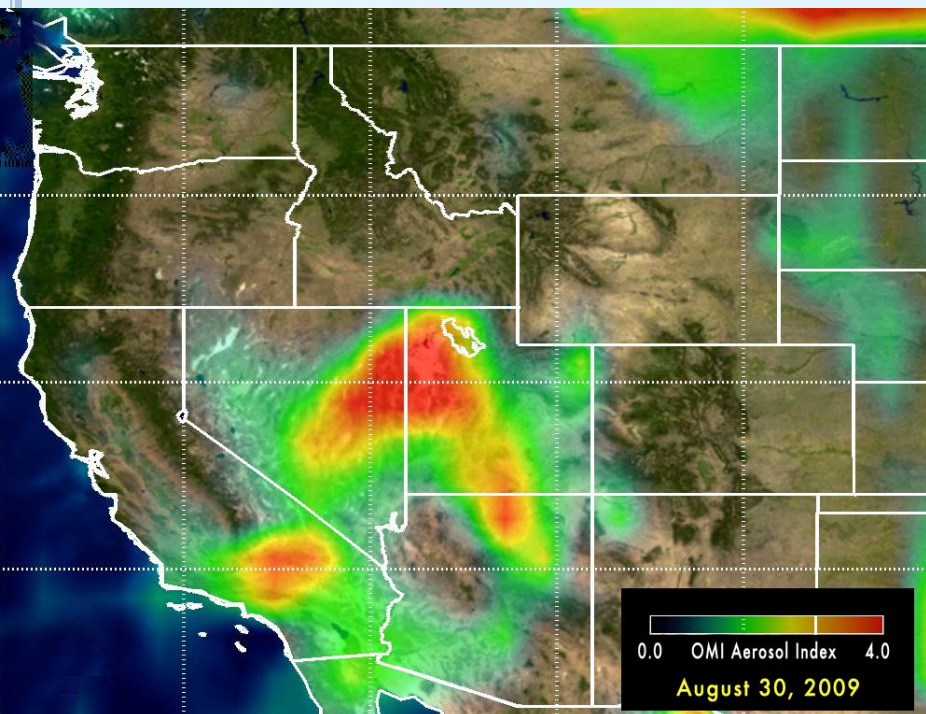
K

SI

# KALIFORNIAI ERDŐTÜZEK OMI



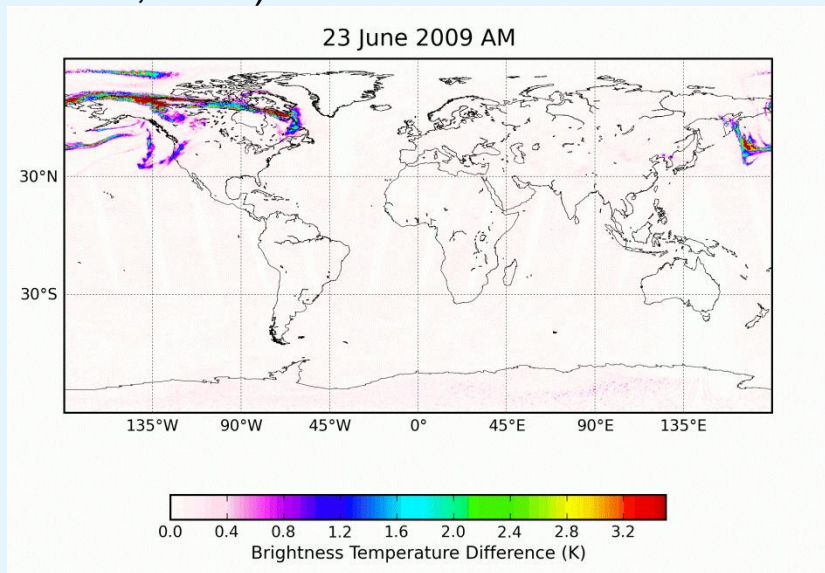
(mohdshaquib.blogspot.com)



(Forrás: NASA)

# VULKÁN KITÖRÉSEK, SO<sub>2</sub> DETEKTÁLÁS

(Clerbaux, 2009)



Sarychev kitörés,  
2009. június 11  
IASI

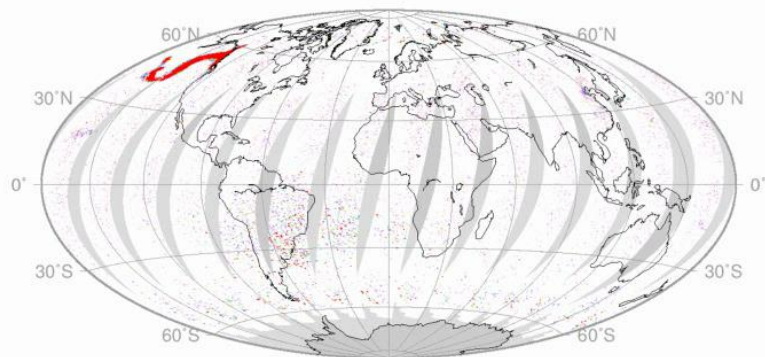
Kasatochi kitörés,  
2008. augusztus 7  
GOME-2

Etna kitörés,  
2002. október  
SCIAMACHY/  
MERIS

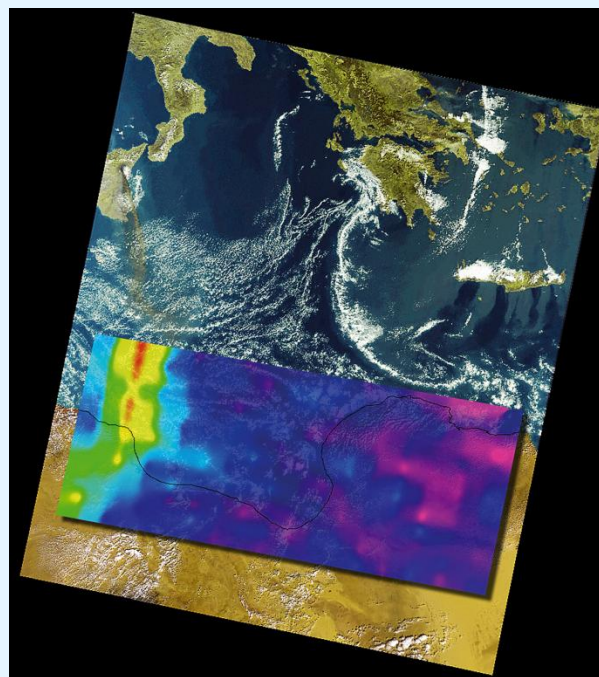
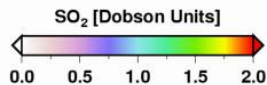
GOME-2 / MetOp

SO<sub>2</sub> Vertical Column Density

Aug 10, 2008

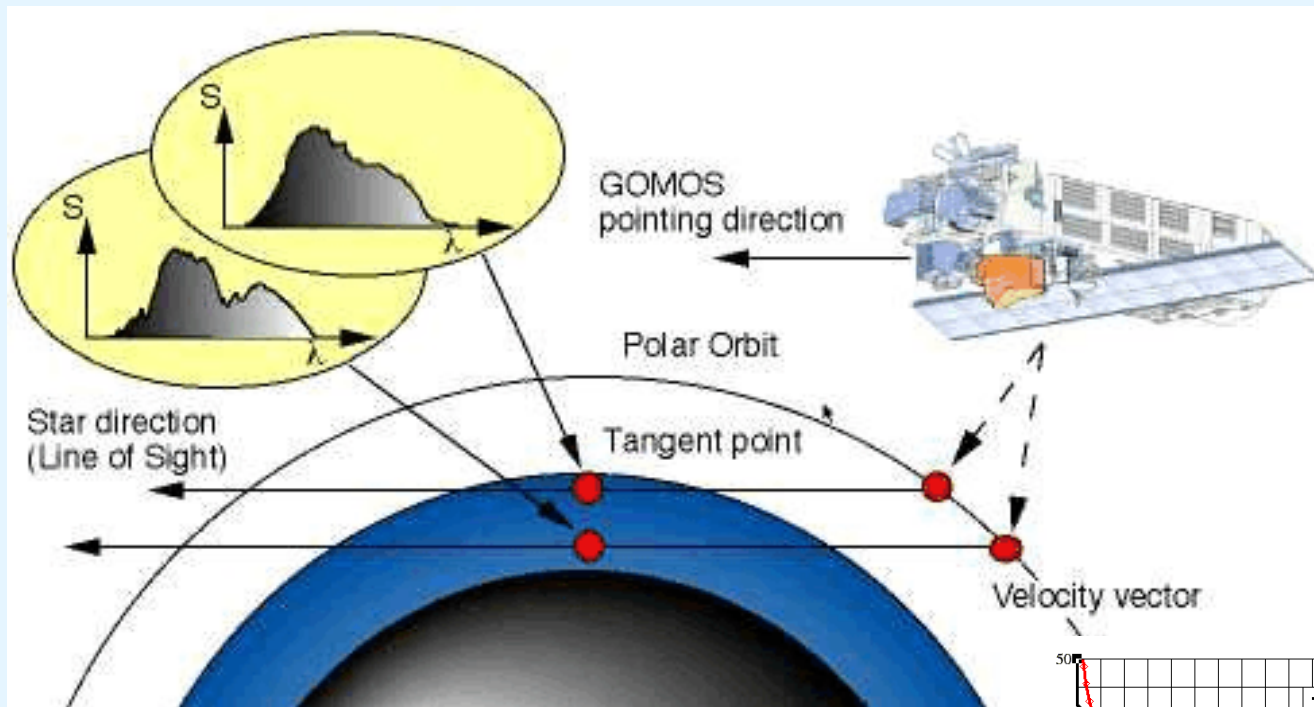


One-day Composite  
Lv2 Version: GDP-4.2  
<http://wdc.dlr.de>

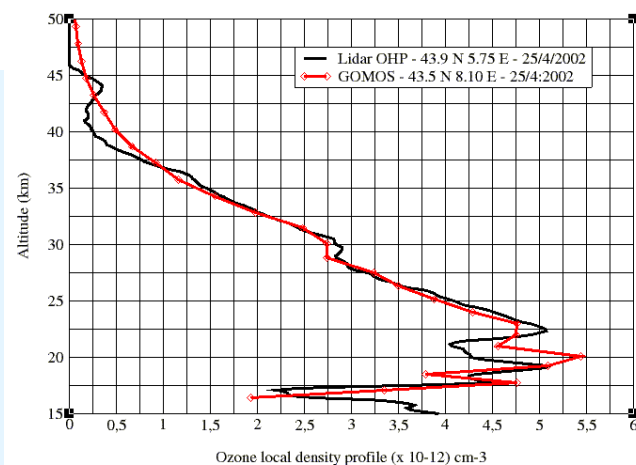
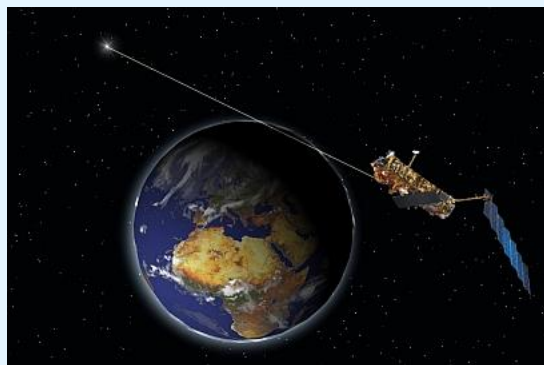


(Forrás: DLR-IMF)

# STELLAR OCCULTATION – GOMOS/ENVISAT

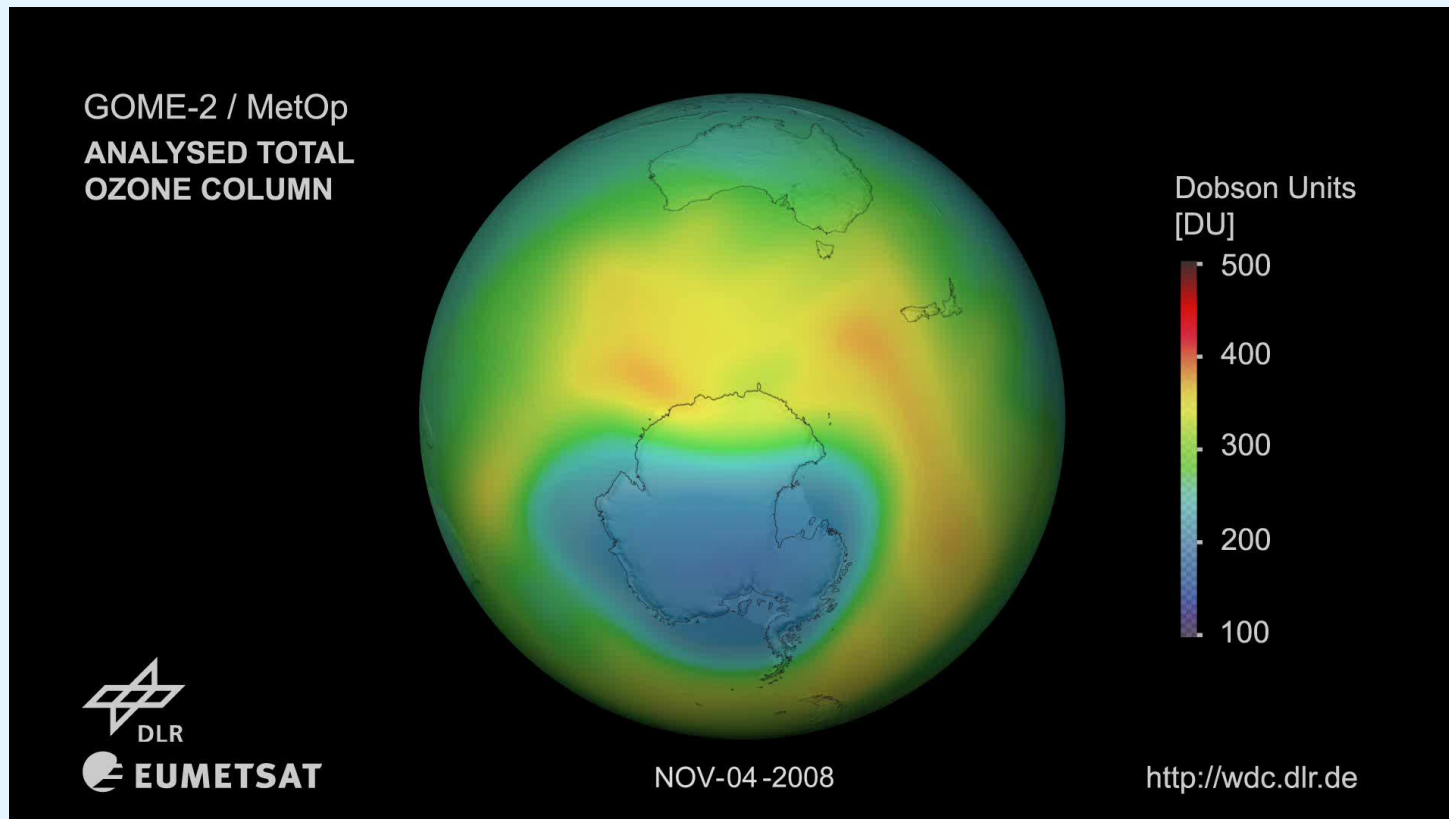


Ózon profil



# EUMETSAT - O3M SAF MUNKÁJA

- A GOME-2 adatokból származtatott, függőlegesen integrált nyomgázok mennyiségei:
  - „near-real time”:  $O_3$ ,  $NO_2$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$

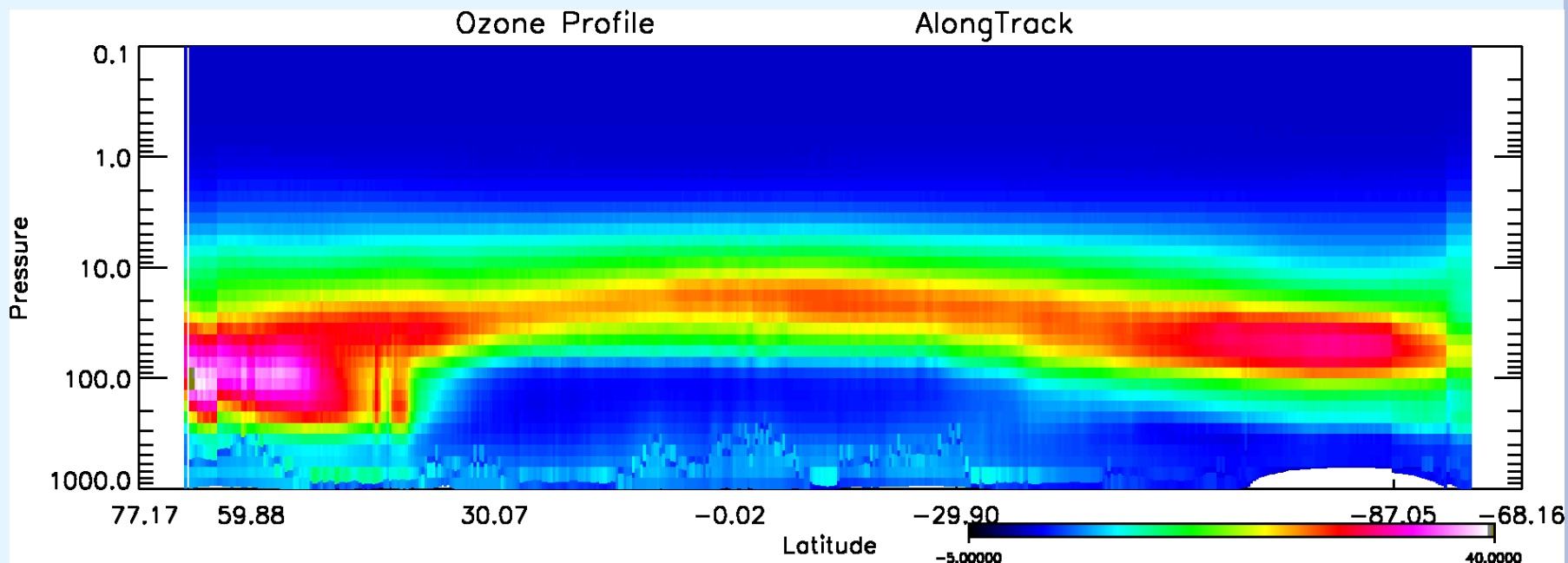


# O3M SAF PRODUKTUMOK

- A GOME-2 adatokból származtatott, függőlegesen integrált nyomgázok mennyiségei :
  - „near-real time”:  $O_3$ ,  $NO_2$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$
  - „offline”:  $O_3$ ,  $NO_2$ , **BrO**, **SO<sub>2</sub>**, HCHO, OCIO,  $H_2O$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$



2008. február 2. Térbeli metszet Szibéria, Japán, Fülöp-szigetek, Indonézia, Ausztrália és az Antarktisz felett.



○ A GOME-2 adatokból származtatott **Ózon Profil**

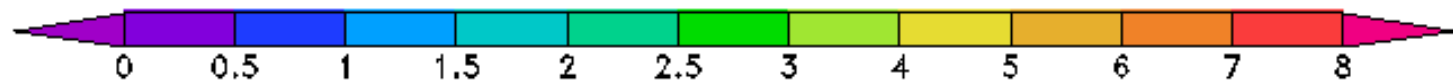
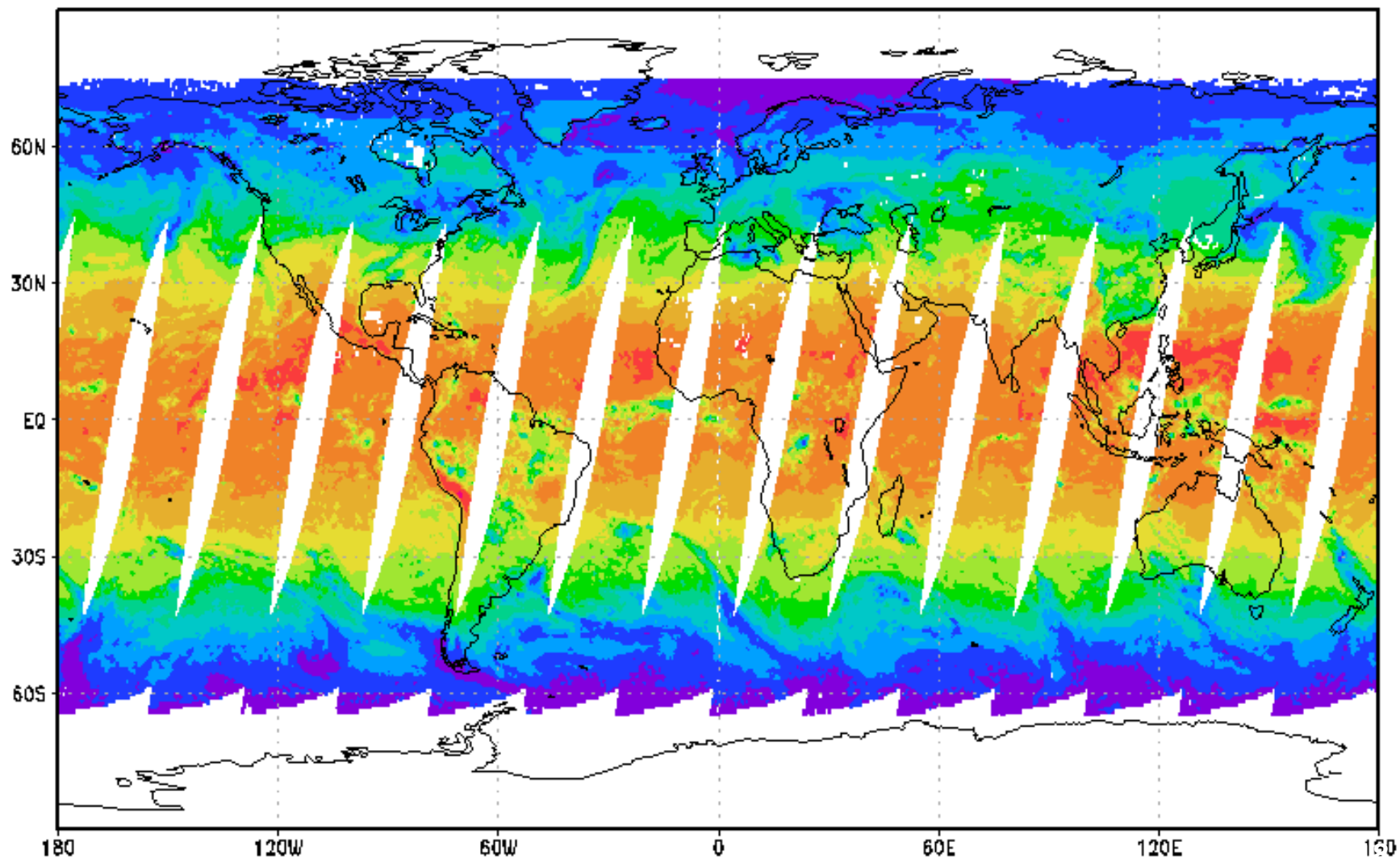
- „near-real time”
- „offline”
- GOME-2 és IASI adatokból számolt ózon profil



# O3M SAF PRODUKTUMOK

- A GOME-2 adatokból származtatott, függőlegesen integrált nyomgázok mennyiségei :
  - „near-real time”:  $O_3$ ,  $NO_2$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$
  - „offline”:  $O_3$ ,  $NO_2$ , BrO,  $SO_2$ , HCHO, OCIO,  $H_2O$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$
- Függőleges légoszlop ózon tartalma HIRS adatokból származtatva
- A GOME-2 adatokból származtatott Ózon Profil
  - „near-real time”
  - „offline”
  - GOME-2 és IASI adatokból számolt ózon profil
- NEAR REAL TIME UV INDEX:
  - felhőzet mellett
  - tiszta égboltra
- „Offline” felszíni UV sugárzási dózisosok

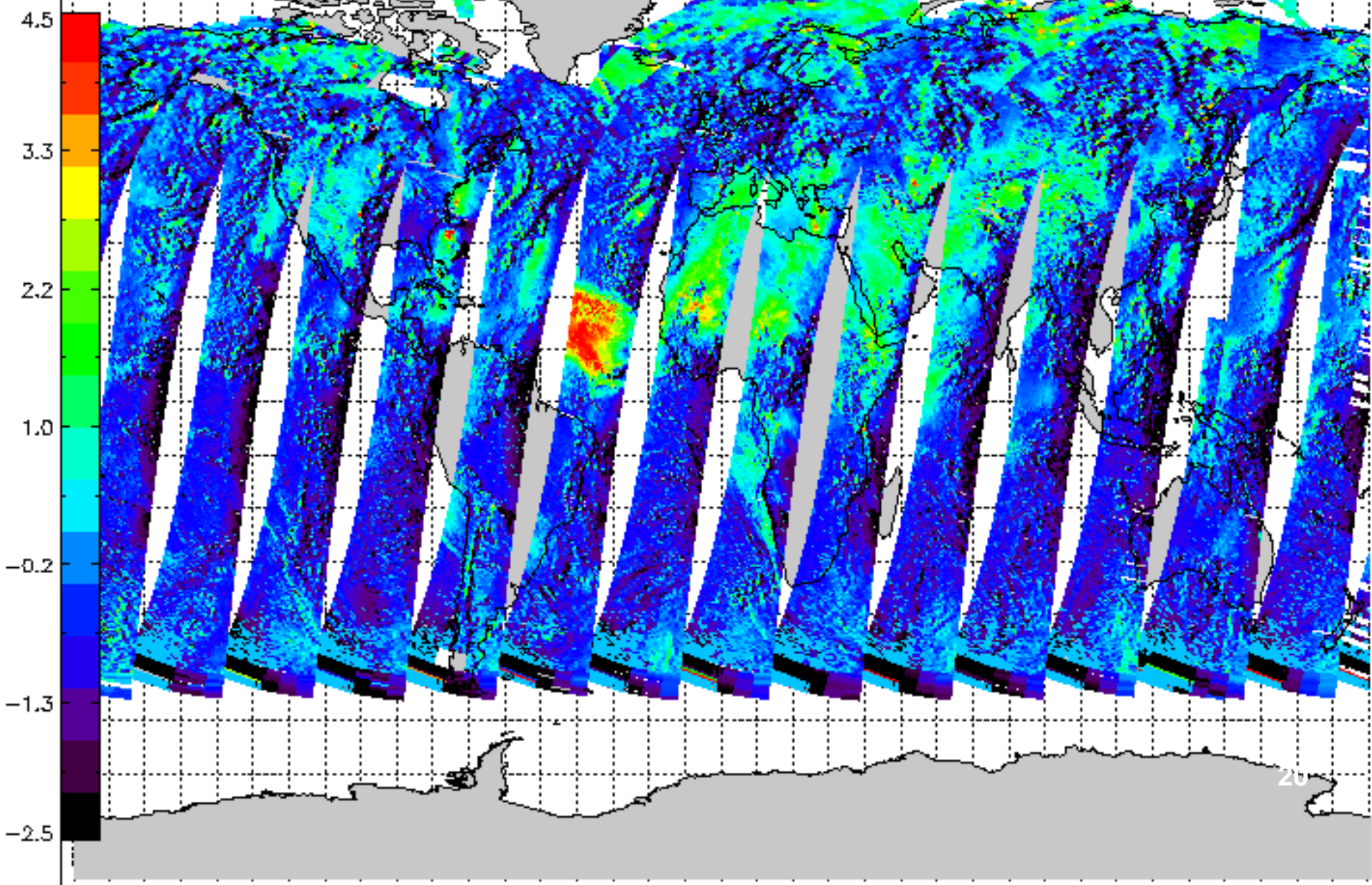
# CIE daily dose [kJ/m<sup>2</sup>] on 1 April 2008



# O3M SAF PRODUKTUMOK

- A GOME-2 adatokból származtatott, függőlegesen integrált nyomgázok mennyiségei :
  - „near-real time”:  $O_3$ ,  $NO_2$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$
  - „offline”:  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $BrO$ ,  $SO_2$ ,  $HCHO$ ,  $OCIO$ ,  $H_2O$ , troposzférikus  $O_3$  és  $NO_2$
- Függőleges légoszlop ózon tartalma HIRS adatokból származtatva
- A GOME-2 adatokból származtatott Ózon Profil
  - „near-real time”
  - „offline”
  - GOME-2 és IASI adatokból számolt ózon profil
- NEAR REAL TIME UV INDEX:
  - felhőzet mellett
  - tiszta égboltra
- „Offline” felszíni UV sugárzási dózisek
- GOME-2 adatokból származtatott aeroszol mennyiségek (elnyelési index, optikai vastagság, egyszeres szórási albedó)

KNMI / EUMETSAT

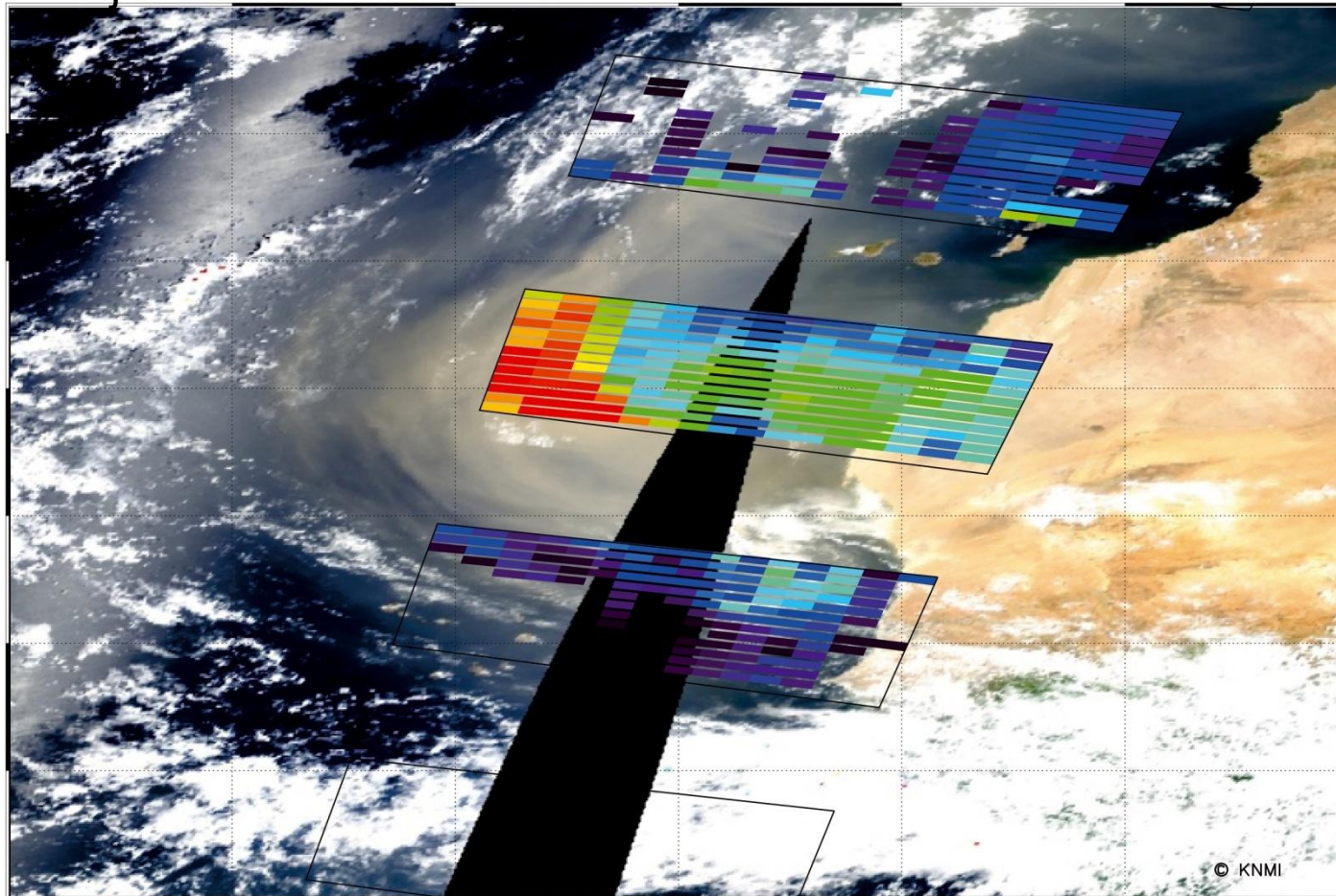


# ÖSSZEGZÉS

- Számos műhold/műszer alkalmas levegőkémiai mérésekre ➡ emissziós vagy abszorpciós spektrum elemzése
- A légköri összetevők széles skálája megfigyelhető
- Lehetőség nyílik a légkörben lejátszódó folyamatok pontosabb megismerésére
- O3MSAF munkája
- Jövőbeli új műholdak egyre több lehetőséget hordoznak

# KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!

2004. július 25.



AAI