

MŰHOLDADATOK ALKALMAZÁSA A HIDROLÓGIÁBAN ÉS AZ ÉGHAJLATKUTATÁSBAN



LÁBÓ ESZTER
Országos Meteorológiai Szolgálat





BEVEZETÉS

Meteorológiai műholdak alkalmazása sokrétű. Az időjárás-előrejelzés támogatás az egyik fő cél.

Másik , nagy múltra visszatekintő terület az éghajlati paraméterek meghatározása.

Európa meteorológiai célú műholdjait az EUMETSAT építi, üzemelteti. Nemzetközi szervezet, amelynek mi is tagjai vagyunk.

Kutatócsoportokat hozott létre, hogy a különböző területeken való felhasználást elősegítse.

Ezek közül kettőről lesz szó az előadásban:

Hidrológia & Klímakutatás



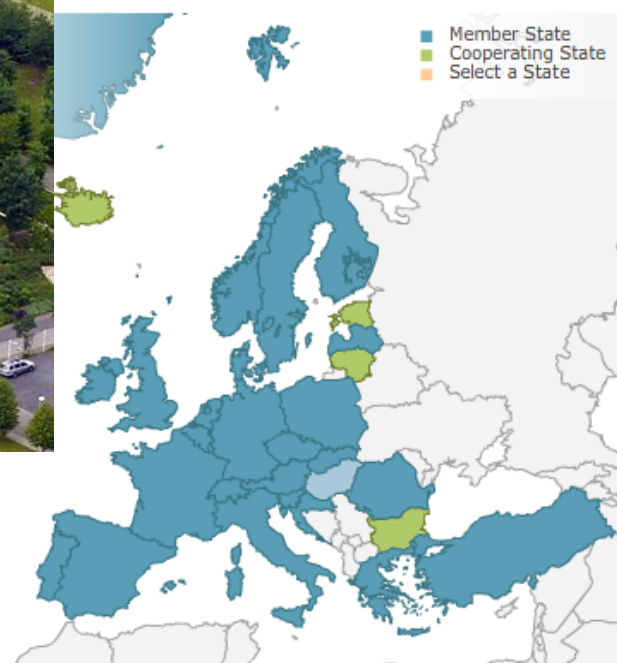
AZ ELŐADÁS VÁZLATA

- ❖ Európa meteorológiai célú műholdjai és az EUMETSAT
 - ❖ Az EUMETSAT, mint nemzetközi ernyőszervezet
 - ❖ Meteosat-8, 9: GERB műszer
 - ❖ MetOp-A: AMSU műszer
 - ❖ Satellite Application Facilities
- ❖ Klíma SAF
 - ❖ Éghajlati jellemzők megfigyelése műholddal: hosszú történet
 - ❖ Produktumok, felhasználás
- ❖ Hidrológiai SAF
 - ❖ Célok, produktumok
 - ❖ A csapadékadatok fejlesztésének módszerei
 - ❖ Magyarország részvétele a validációs csoport tagjaként
 - ❖ Eredmények bemutatása
 - ❖ Hidrológiai modellezés műholdadatokkal

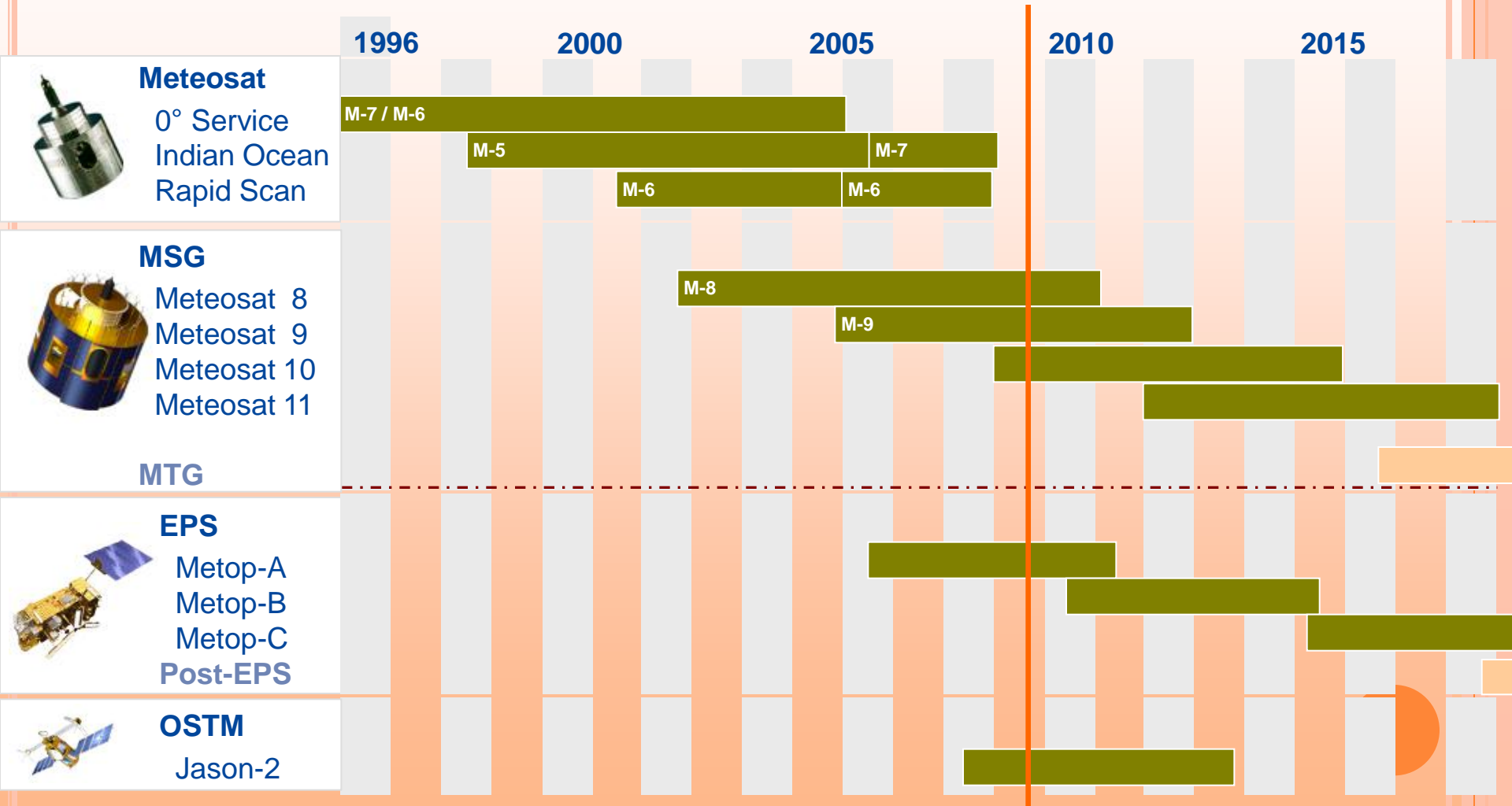
AZ EUMETSAT-RÓL



- Darmstadt-i székhellyel rendelkező európai nemzetközi szervezet
- célja az európai meteorológiai műholdak üzemeltetése, és hasznosítása
- szakmai és stratégiai szerepe van a környezeti megfigyelések – és döntéshozatalban



EUMETSAT-projektek



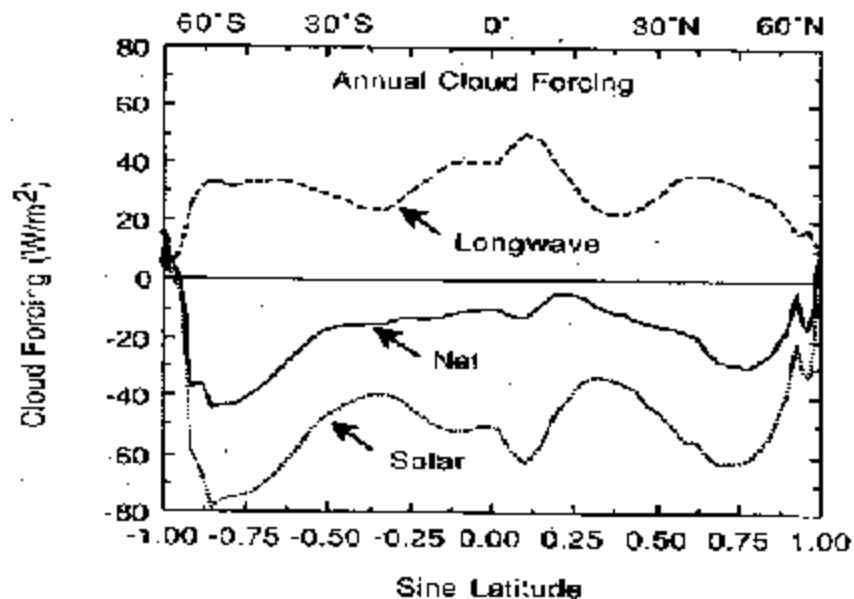
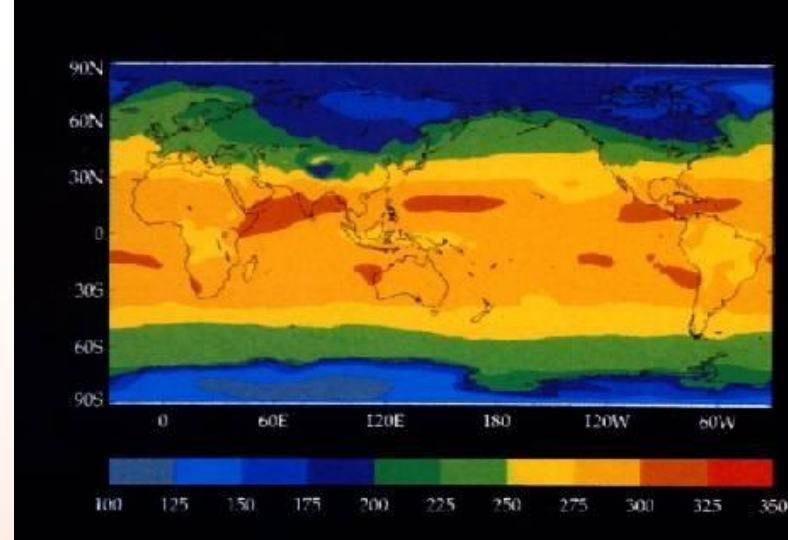
GERB (GEOSTATIONARY EARTH RADIATION BUDGET)

A műszer

- A detektor 256 pixelből álló tömb, melyet fekete színű anyaggal vontak be.
- A nadir-ban a pixel mérete 44.6*39.3 km.

Éghajlati kutatások

- Napállandó meghatározása
- Nettó fluxus az atmoszféra tetején: TOA – hűlési vagy melegedési karakterisztika – mérések nélkül 0-nak feltételezik.



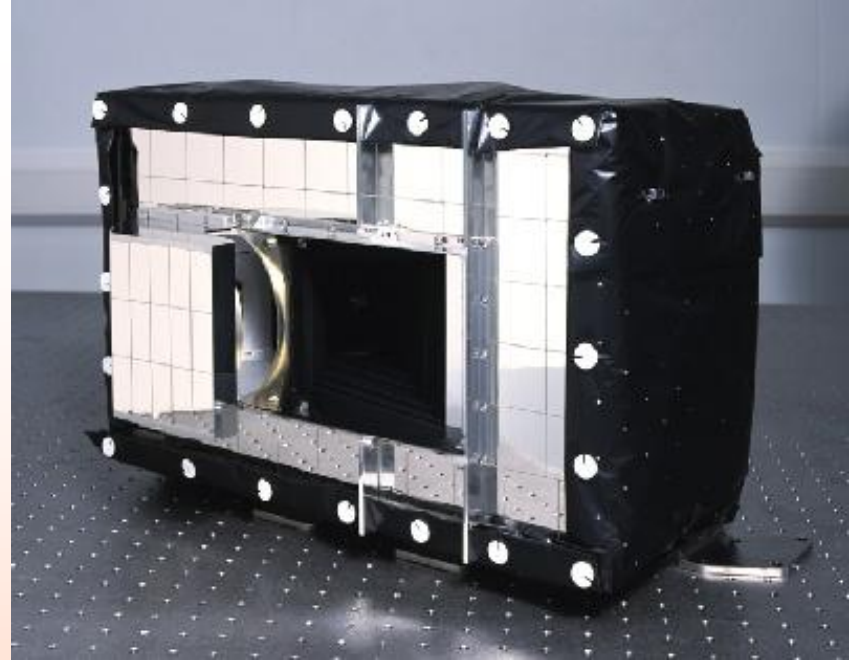
Légkörfizika és meteorológia

Légköri látens hő – energiamérleg -
légkördinamika

- Az éghajlati rendszer változékonysága, melyet a vízgőz és a felhők okoznak, megismerhető a GERB és a SEVIRI műszerek segítségével
- Earth's Radiation Budget (ERB) – Földi Sugárzásháztartás megismerése; pontossága $\sim 1 Wm^{-2}$.

GERB (GEOSTATIONARY EARTH RADIATION BUDGET)

- méret: 45 x 20 x 15 cm
- súly: 40 kg
- mérési tartomány: 0.32 - 30 μ m

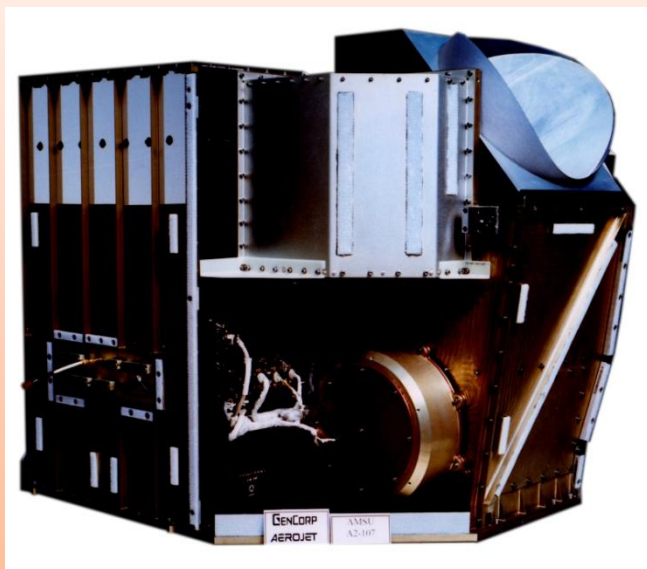


- Comer, RE; Slingo, A; Allan, RP., Observations of the **diurnal cycle of outgoing longwave radiation** from the Geostationary Earth Radiation Budget instrument, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 34 (2): Art. No. L02823 JAN 30 2007.
- Slingo, A., Ackerman, T. P., Allan, R. P., Kassianov, E. I., McFarlane, S. A., Robinson, G. J., Barnard, J. C., Miller, M. A., **Harries, J. E., Russell Russell, J. E.**, Dewitte, S. Observations of the **impact of a major Saharan dust storm on the atmospheric radiation balance**, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 33 (24): Art. No. L24817 DEC 30 2006.
- Bertrand, C., **Futyán, J.**, Ipe, A., Gonzalez, L., Clrbaux, N., **Diurnal asymmetry in the GERB SW fluxes**, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING 44 (12): 3585-3600 DEC 2006.



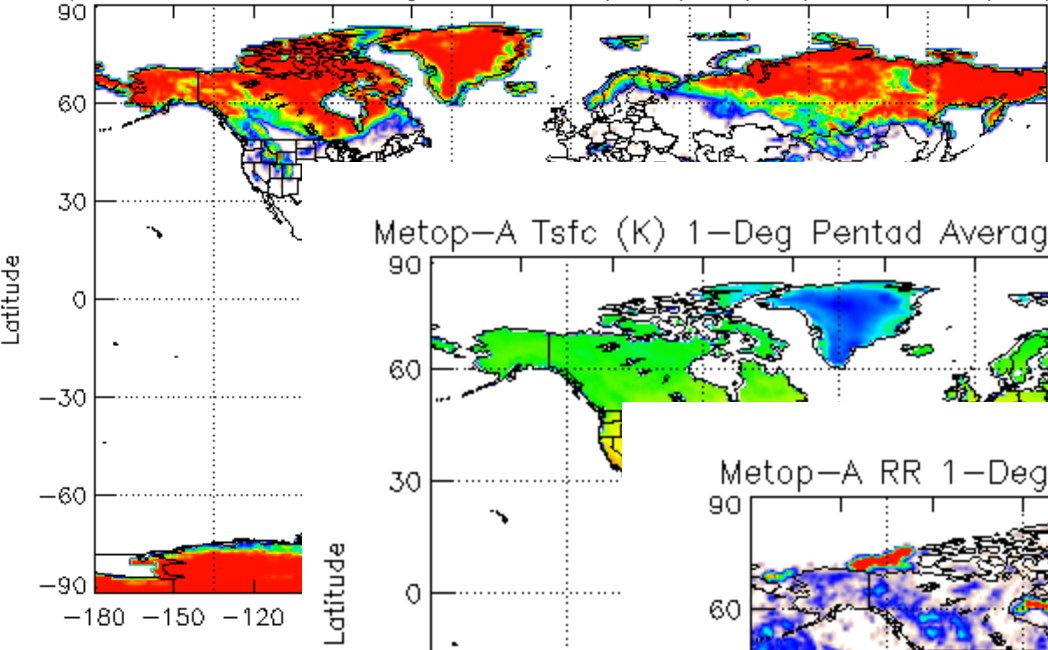
METOP-A AMSU-2

- The Advanced Microwave Sounding Unit – A2 (AMSU-A2) a NOAA műholdakon található AMSU műszerek testvére.
- Mikrohullámú mérések. A High-resolution Infrared Sounder (HIRS) műszerrel együttesen alkalmazva hőmérsékleti- és nedvességprofilok számítása 2-millibar magasságig(48 km).

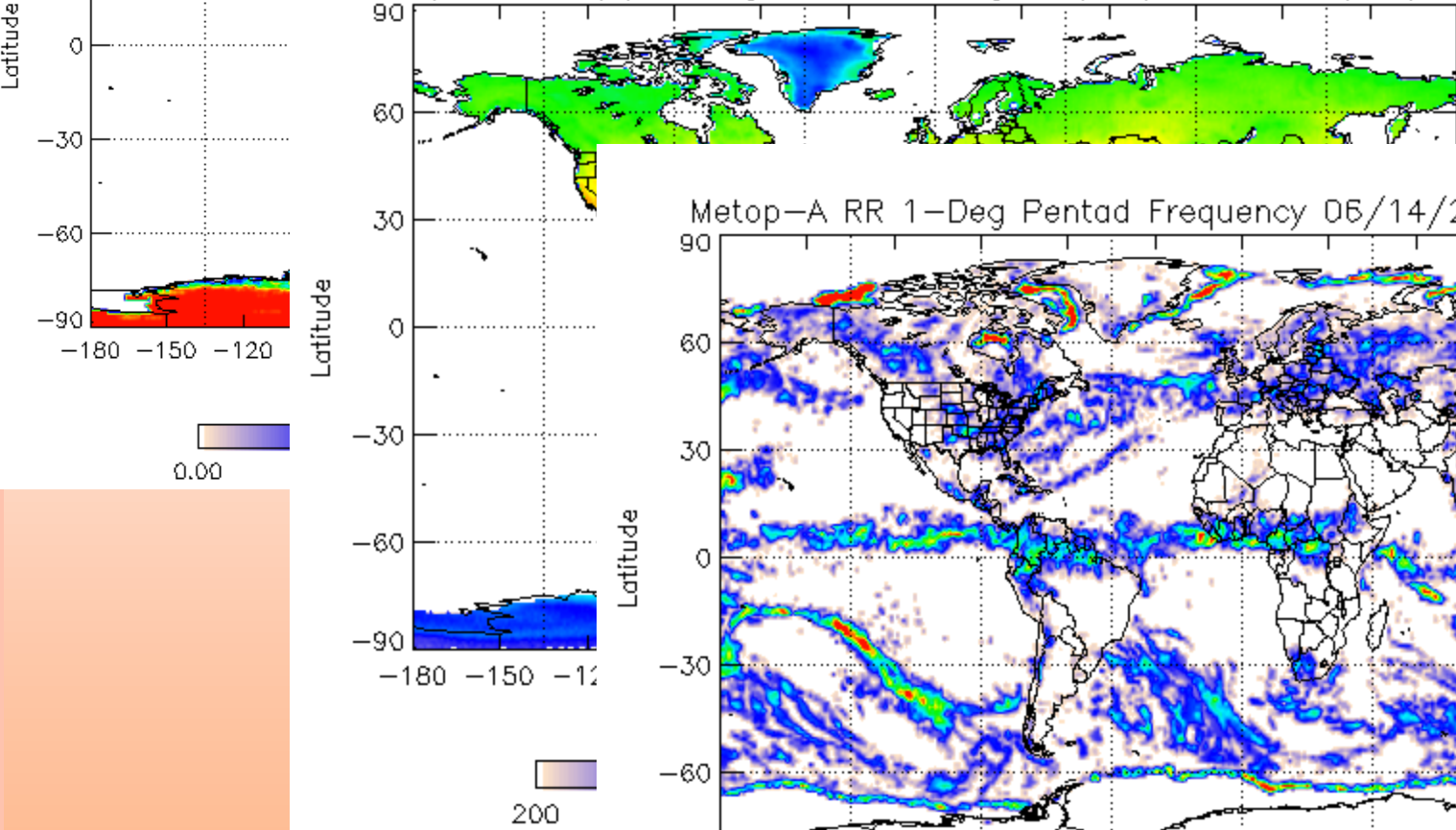


AMSU ÉGHAJLATI PRODUKTUMOK

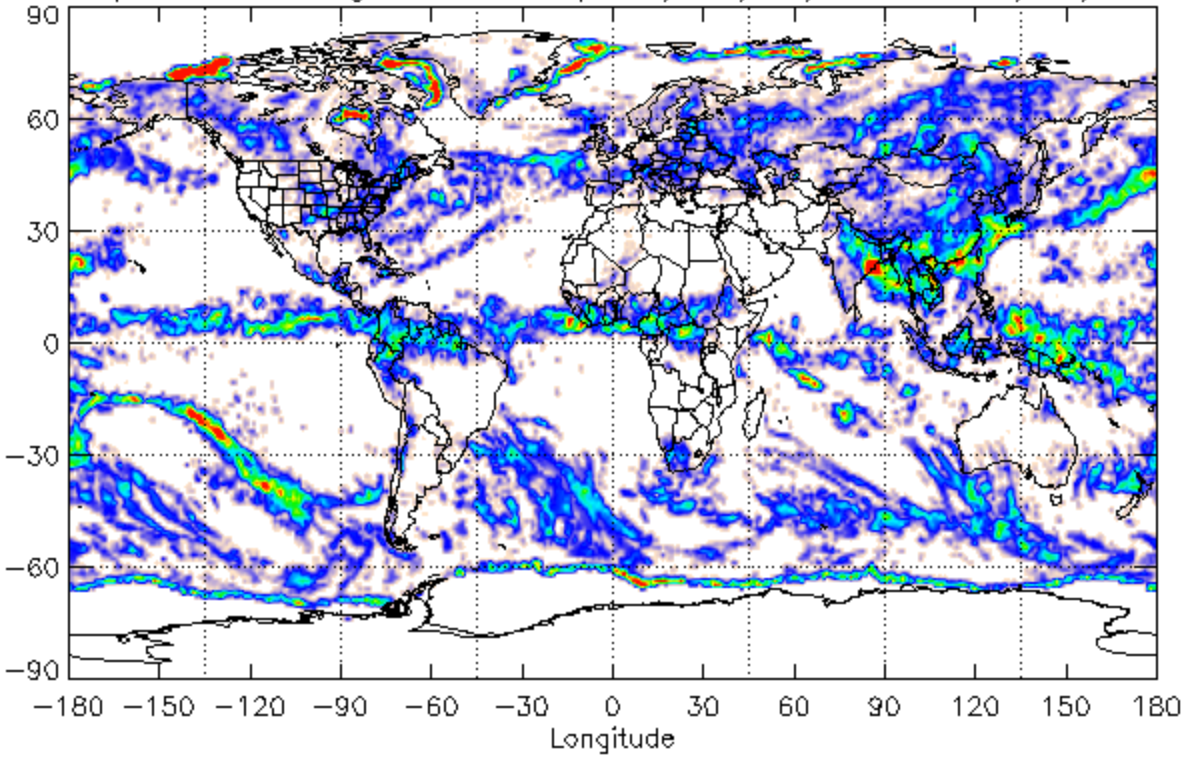
Metop-A Snow Cover 1-Deg Pentad Frequency 04/05/2008 - 04/09/20



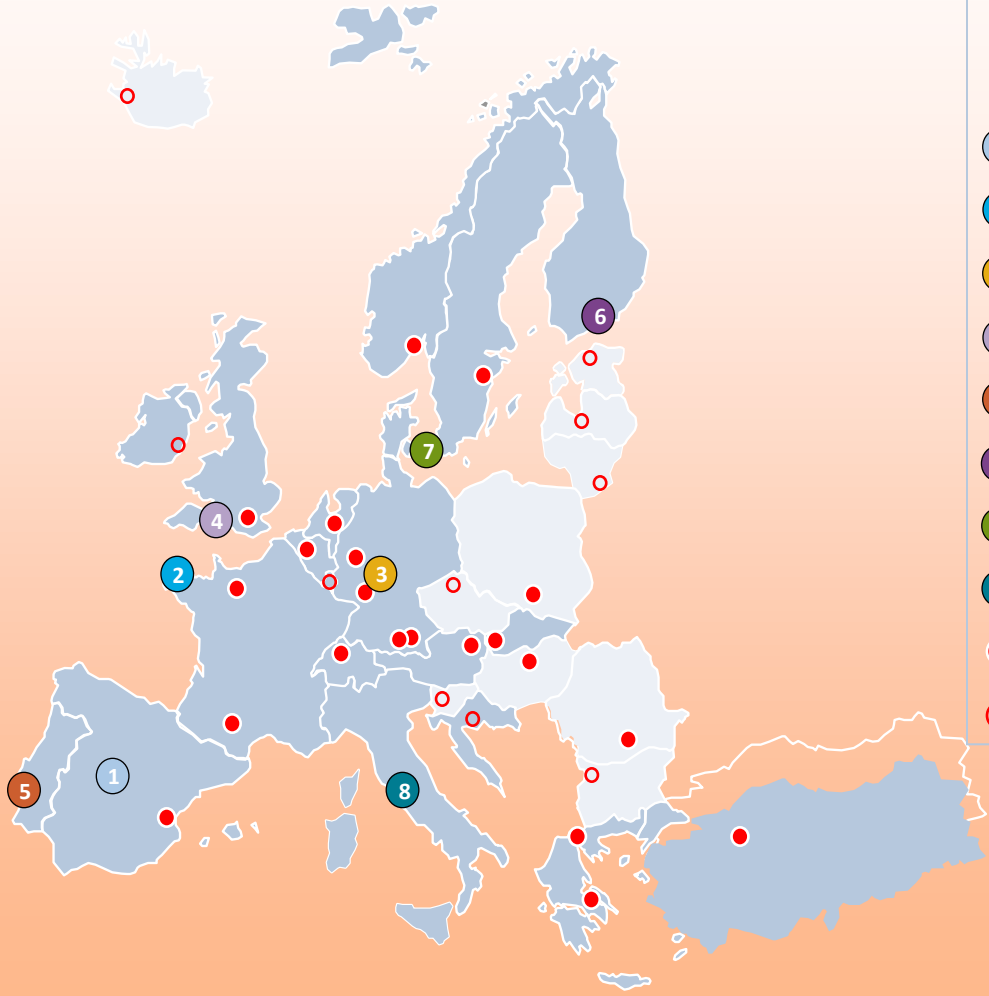
Metop-A Tssc (K) 1-Deg Pentad Average 08/28/2008 - 09/01/2008



Metop-A RR 1-Deg Pentad Frequency 06/14/2008 - 06/18/2008



A SAF KUTATÓI HÁLÓZAT EURÓPÁBAN



- 1 Nowcasting és Ultra Rövid Távú Előrejelzés
- 2 Óceán és Tengeri Jég
- 3 Éghajlati megfigyelések
- 4 Numerikus Előrejelzés
- 5 Szárazföldi felszíni analízis
- 6 Ózon- és Levegőkémiai Megfigyelések
- 7 GRAS Meteorológia
- 8 Hidrológia és Vízgazdálkodás
- SAF Konzorciumi Tag
- Közreműködő Meteorológiai Felhasználók



KLÍMA-SAF

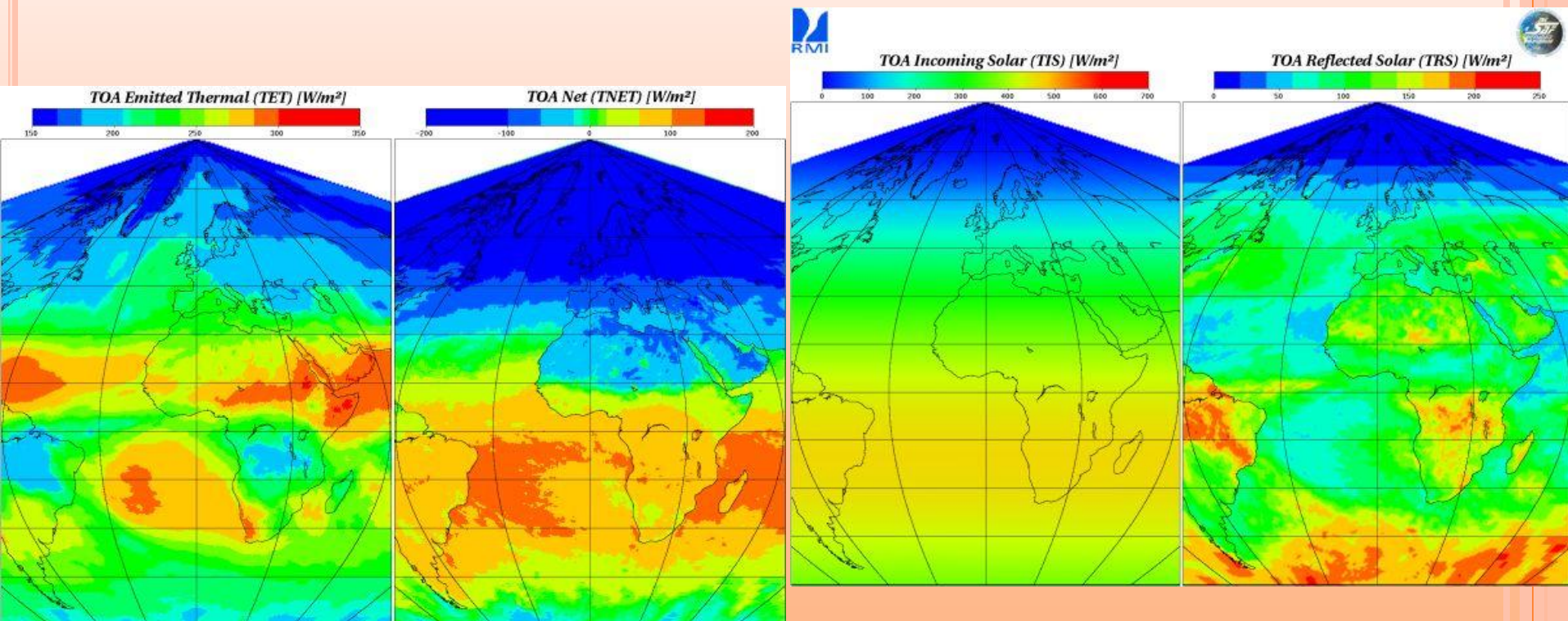
- Essential Climate Variables (ECV) – Alapvető Éghajlati Változók, amelyeket a Global Climate Observing System (GCOS) definiált
- Évenkénti változékonyság, trendek csak akkor becsülhetőek, ha a műszerek egymáshoz vannak kalibrálva az egymást követő műholdakon
- Csak az űrből történő megfigyelések szolgáltatnak globális lefedettséget, illetve megfelelő minőséget és gyorsan elérhető adatokat.
- Évtizedekre visszamenőleg elemezhetőek a vízgőztartalommal összefüggő üvegházhatás; esetleges nedvességvesztés a légkörben
- Részleteiben vizsgálható a felhők hatása a sugárzási viszonyokra: egyrészt melegítik a felszínt az elnyelt, majd kibocsátott hosszuhullám lévén, másrészt a beeső Napsugárzást jelentős mértékben visszaverik



Product group (CDR class)	Product	Sensor, area and length of record	Spatial and Temporal Resolution
Cloud parameter (I)	CFC	AVHRR: Baseline / 01.11.2004 –	AVHRR: (15 km) ² , M, D
	CTY	AVHRR: Arctic / 01.01.2009 –	
	CTP	SEVIRI: Meteosat disc / 01.09.2005 –	SEVIRI: (15 km) ² , M, D, MDC
	CTH		
	CTT		
	CPH		
	COT		
CWP			
Humidity products (I)	HTW	ATOVS: global / 01.01.2004 –	(90 km) ² , M, D
	HLW		
	HSH		
Humidity products (II)	HTW	SSM/I: global (ice free ocean) / 01.08.1987 – 31.08.2006	(0.5°) ² , M, D
Surface radiation (I)	SIS	AVHRR: Baseline / 01.11.2004 –	AVHRR: (15 km) ² , M, D
	SAL	AVHRR: Arctic (only SAL) / 01.01.2009 –	
	SNS	SEVIRI: Meteosat disc / 01.09.2005 –	SEVIRI: (15 km) ² , M, D, MDC AVHRR-SEVIRI: (15 km) ² , M
	SDL	AVHRR-SEVIRI merged product:	
	SOL	Baseline and Meteosat disc / 01.05.2007 –	
	SNL		
	SRB		
Top of atm. radiation (I)	TIS	DIARAD/VIRGO / 01.02.2004 – GERB and CERES (merged dataset) Meteosat disc, 01.02.2004 –	(45 km) ² , M, D, MDC
	TRS		
	TET		

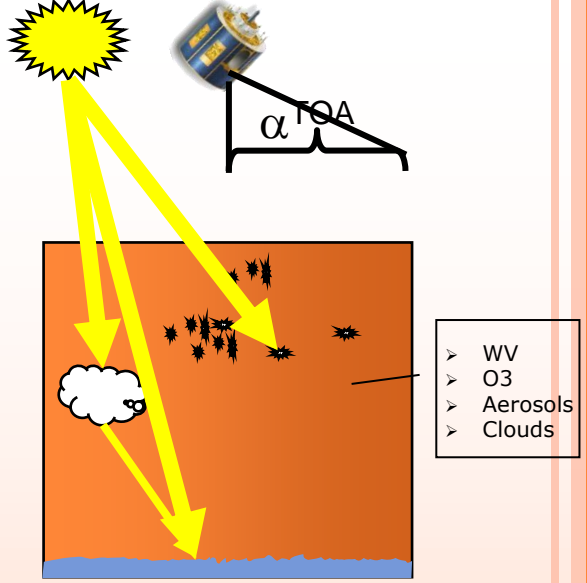
LÉGKÖR TETEJÉN A SUGÁRZÁSI KOMPONENSEK

- GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) és CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy System) műszerek segítségével határozzák meg a légkör tetején a sugárzási komponenseket.
- A légkör alján számítják azokat: MSG (SEVIRI) és MetOp (AVHRR) mérésekből is származtatják.
- A légkör tetejére érkező napsugárzás (Incoming solar radiative flux at the top of the atmosphere, TIS)
- Visszavert napsugárzás a légkör tetején (Reflected solar radiative flux at the top of the atmosphere, TRS)
- Kibocsátott hosszuhullámú sugárzás a légkör tetején (Emitted thermal radiative flux at the top of the atmosphere, TET)

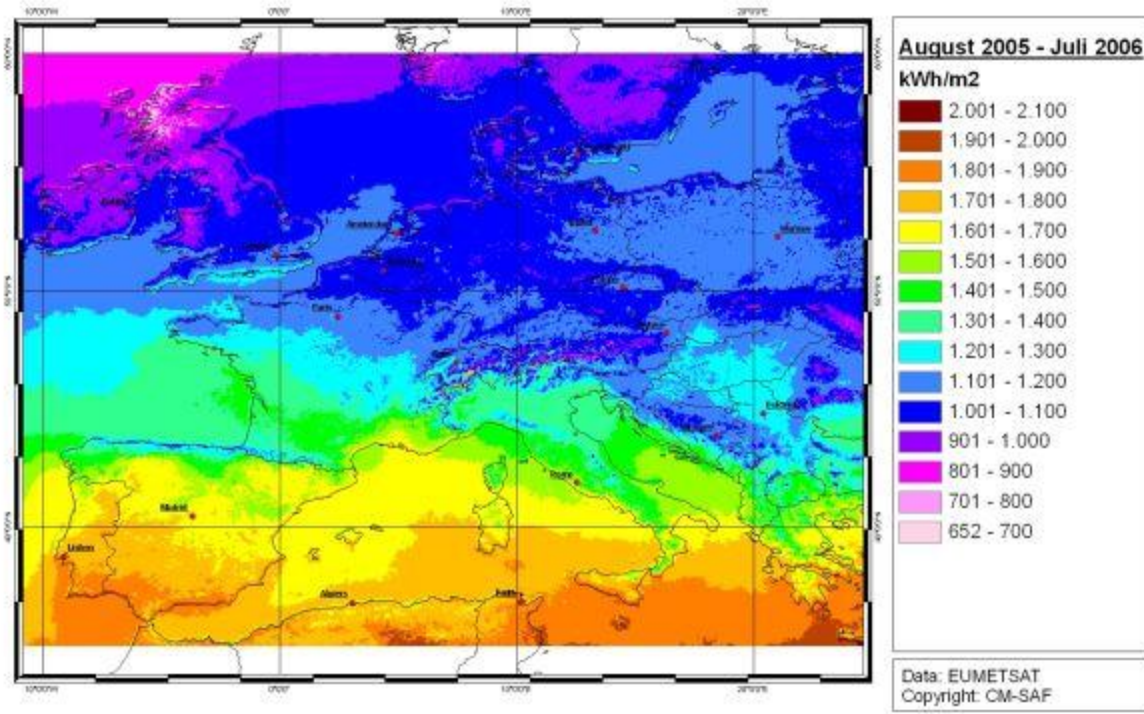


FELSZÍNI SUGÁRZÁSI KOMPONENSEK

- Felszínre érkező rövidhullámú sugárzás
(Surface Incoming Shortwave Radiation, SIS)
- Felszíni albedó (SAL)
- Felszínre érkező hosszúhullámú sugárzás
(Surface downward longwave radiation, SDL)
- Felszínről kilépő hosszúhullámú sugárzás
(Surface outgoing longwave radiation, SOL)
- Felszíni nettó rövidhullámú sugárzás
(Surface net shortwave radiation, SNS)
- Felszíni nettó hosszúhullámú sugárzás
(Surface net longwave radiation, SNL)
- Felszíni sugárzási egyenleg
(Surface radiation budget, SRB)

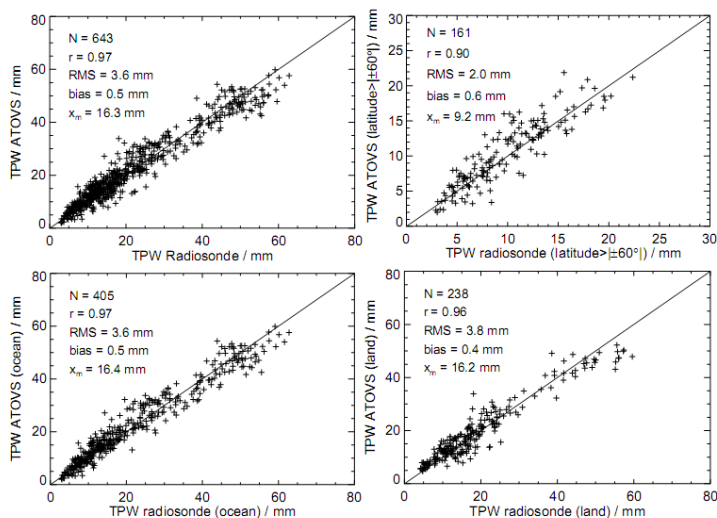


Annual Solar Energy Europe

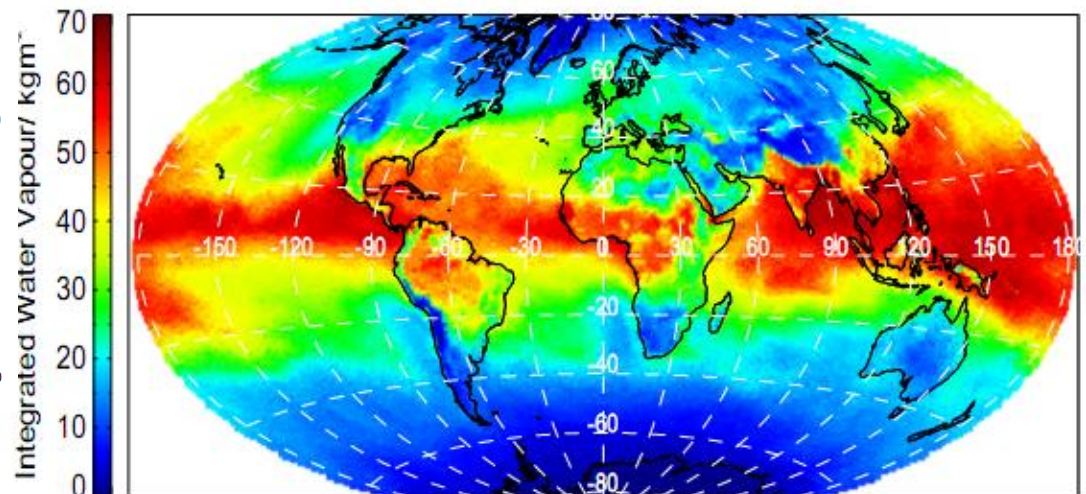


NEDVESSÉG PRODUKTUMOK

- Advanced TIROS Operational Vertical Sounder (ATOVS) MŰSZER ADATAIBÓL
- Ez a NOAA és a MetOp műholdakon található
- Globális lefedettség: $\pm 180^\circ$ hoészúság és $\pm 80^\circ$ szélesség között
- A területi felbontás 90 km x 90 km.
- Független légoszlop vízgőztartalma (HTW).
- A vertikális légoszlop 5 rétegében a vízgőztartalom (hőmérséklet és átlagos relatív nedvesség (HLW)
- Hőmérséklet és a keverési arány hat nyomási szinten (HSH).



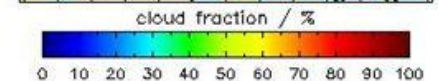
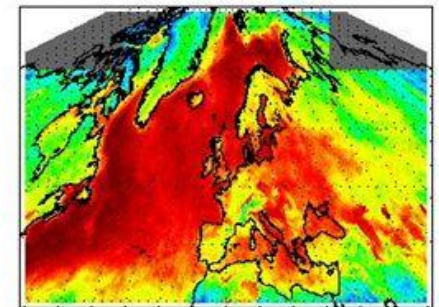
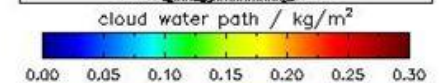
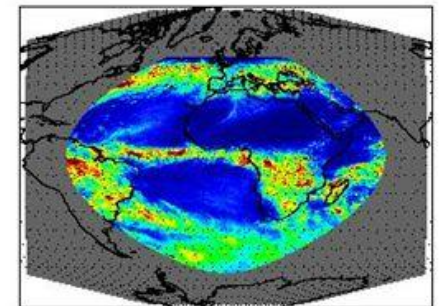
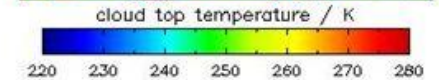
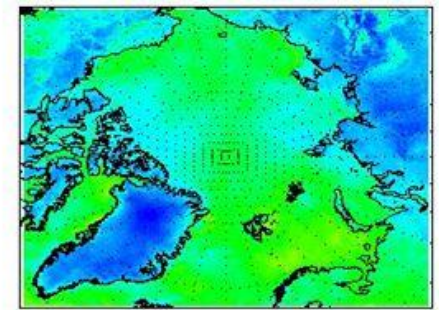
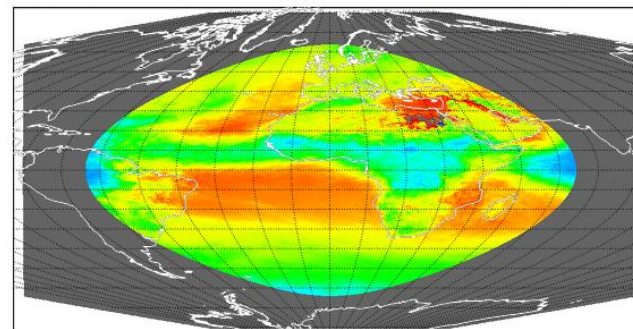
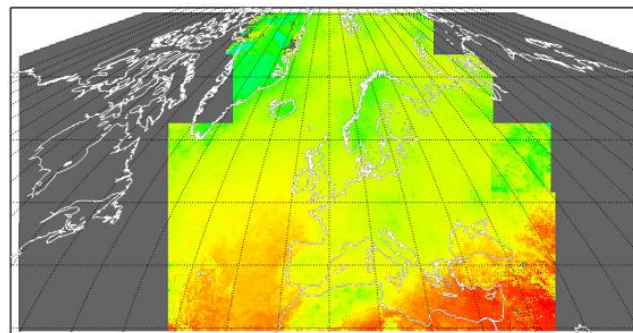
ATOVS Water Vapour Column 200609



FELHŐ KARAKTERISZTIKÁK

- A felhőfedettség (CFC), felhőtípus (CTY), felhőtető hőmérséklet, magasság, nyomás (CTT, CTH, CTP) produktumok számítási algoritmusát a NWCSAF fejleszti, ott nagyobb felbontással állnak elő, itt egy-egy nagyobb területre és időtartamra kiátlagolják őket.
- Felhő optikai vastagság (COT)
- Függőleges légoszlop víz/jég tartalma (Cloud Water Path, CWP)
- Felhőtetőn a felhőelemek halmazállapota (CPH)

2007 szeptemberére vonatkoztatott felhőtető hőmérsékleti átlag AVHRR (felül), és Meteosat9/SEVIRI (alul) adatokból számolva.



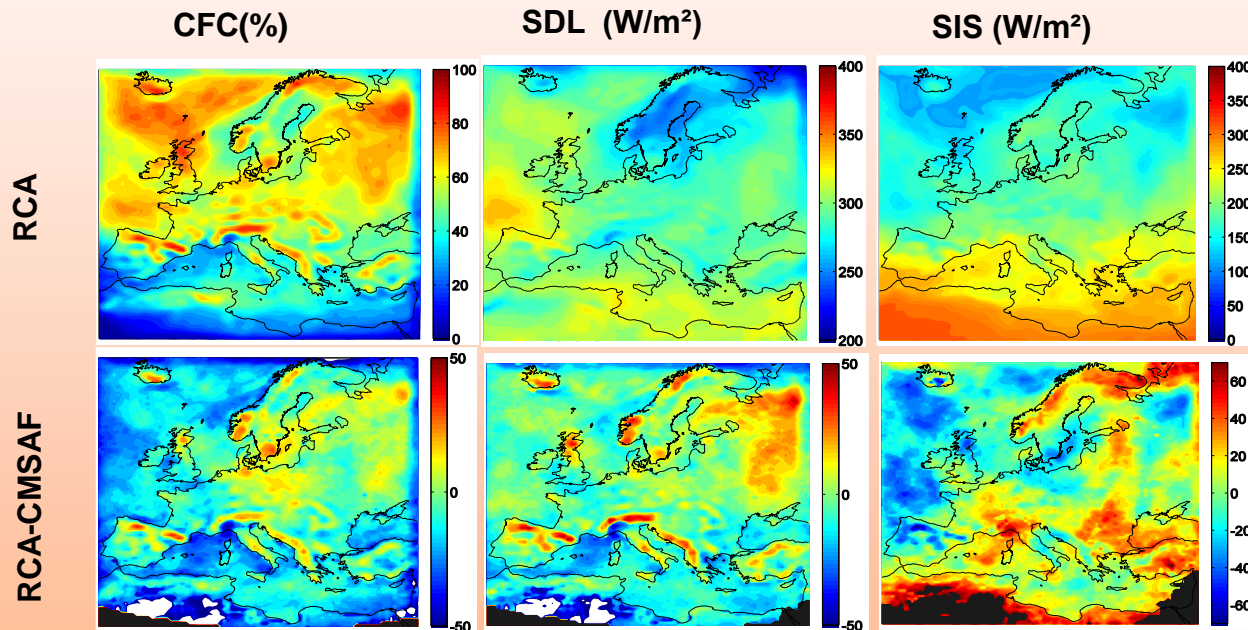
Example of cloud fraction in % for the baseline area based on NOAA AVHRR data (top), cloud water path in kg/m² for the SEVIRI full disk (middle) and loud top temperature in K based on NOAA AVHRR for the Inner Arctic area (bottom).

All products show the monthly means for January 2009.

ALKALMAZÁSI TERÜLET

Klímamodellek verifikálása CM-SAF adatokkal

Comparison with Rossby Center Climate Simulations



RCA modellfuttatások és CMSAF produktumok összehasonlítása
2005 áprilisra. K-G. Karlsson, SMHI

HIDROLÓGIAI SAF PROJEKT

Code	Acronym	Product name	Responsible of algorithm
H-01	PR-OBS-1	Precipitation rate at ground by MW conical scanners (with indication of phase)	Italy, CNR-ISAC
H-02	PR-OBS-2	Precipitation rate at ground by MW cross-track scanners (with indication of phase)	Italy, CNR-ISAC
H-03	PR-OBS-3	Precipitation rate at ground by GEO/IR supported by LEO/MW	Italy, CNR-ISAC
H-04	PR-OBS-4	Precipitation rate at ground by LEO/MW supported by GEO/IR (with flag for phase)	Italy, CNR-ISAC
H-05	PR-OBS-5	Accumulated precipitation at ground by MW+IR and MW only	Italy, CNMCA
H-06	PR-ASS-1	Instantaneous and accumulated precipitation at ground computed by a NWP model	Italy, CNMCA
H-07	SM-OBS-1	Global surface soil moisture by radar scatterometer	Austria, TUWien
H-08	SM-OBS-2	Regional surface soil moisture by radar scatterometer	Austria, TUWien
H-09	SM-ASS-1	Volumetric soil moisture (roots region) by scatterometer assimilation in NWP model	ECMWF
H-10	SN-OBS-1	Snow detection (snow mask) by VIS/IR radiometry	Finland, FMI; and Turkey, METU
H-11	SN-OBS-2	Snow status (dry/wet) by MW radiometry	Finland, TKK
H-12	SN-OBS-3	Effective snow cover by VIS/IR radiometry	Finland, SYKE; and Turkey, METU
H-13	SN-OBS-4	Snow water equivalent by MW radiometry	Finland, TKK; and Turkey, METU



Satellite Application Facility on support to Operational Hydrology and Water Management

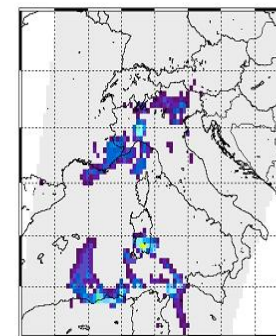
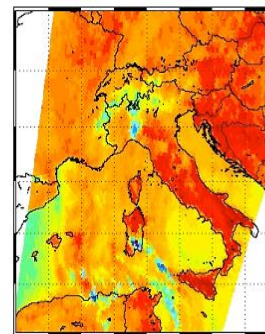


PR-OBS-01

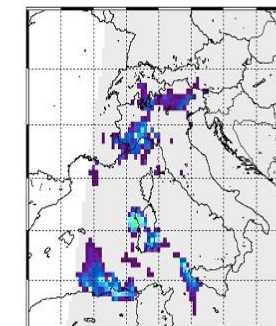
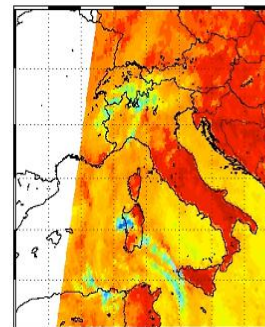
- Légköri ablakokban történő mérések (SSM/I, TMI, AMSR-E, AMSR-2). A fényességi hőmérséklet és a csapadék közötti kapcsolat nagyon bonyolult.
- Sugárzási – felhő/csapadék adatokat tartalmazó adatbázis használata szükséges
- A műhold mozgásának irányában a pixel mérete állandó, 12.5 km (műhold sebesség).
- Erre merőlegesen frekvenciától függ.

EXAMPLE OF PRECIPITATION RETRIEVAL FROM SSM/I OBSERVATIONS

26 Nov. 2002
06:10 UTC



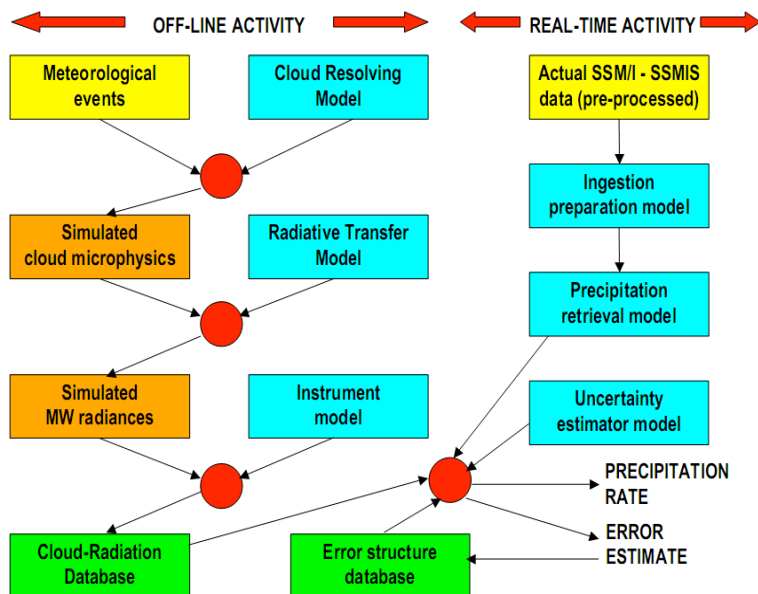
26 Nov. 2002
07:40 UTC



TB (85v) [K] 210 250 285

RR [mm/h] 0 10 20 30 >35

SSM/I – SSMIS PRECIPITATION RATE PROCESSING CHAIN



SSM/I	Special Sensor Microwave - IMAGER
Satellites	DMSP F 8, 10, 11, 13, 14 and 15
Status (May 2008)	Operational – Utilisation period: 1987 to ~ 2010
Mission	Multi-purpose MW imager
Instrument type	4-frequency, 7-channel MW radiometer
Scanning technique	Conical: 53.1° zenith angle, swath 1400 km – Scan rate: 31.9 scan/min = 12.5 km/scan
Coverage/cycle	Global coverage once/day
Resolution (constant)	Changing with frequency, consistent with an antenna diameter of 61 x 66 cm
Resources	Mass: 48.5 kg - Power: 45 W - Data rate: 6.0 kbps

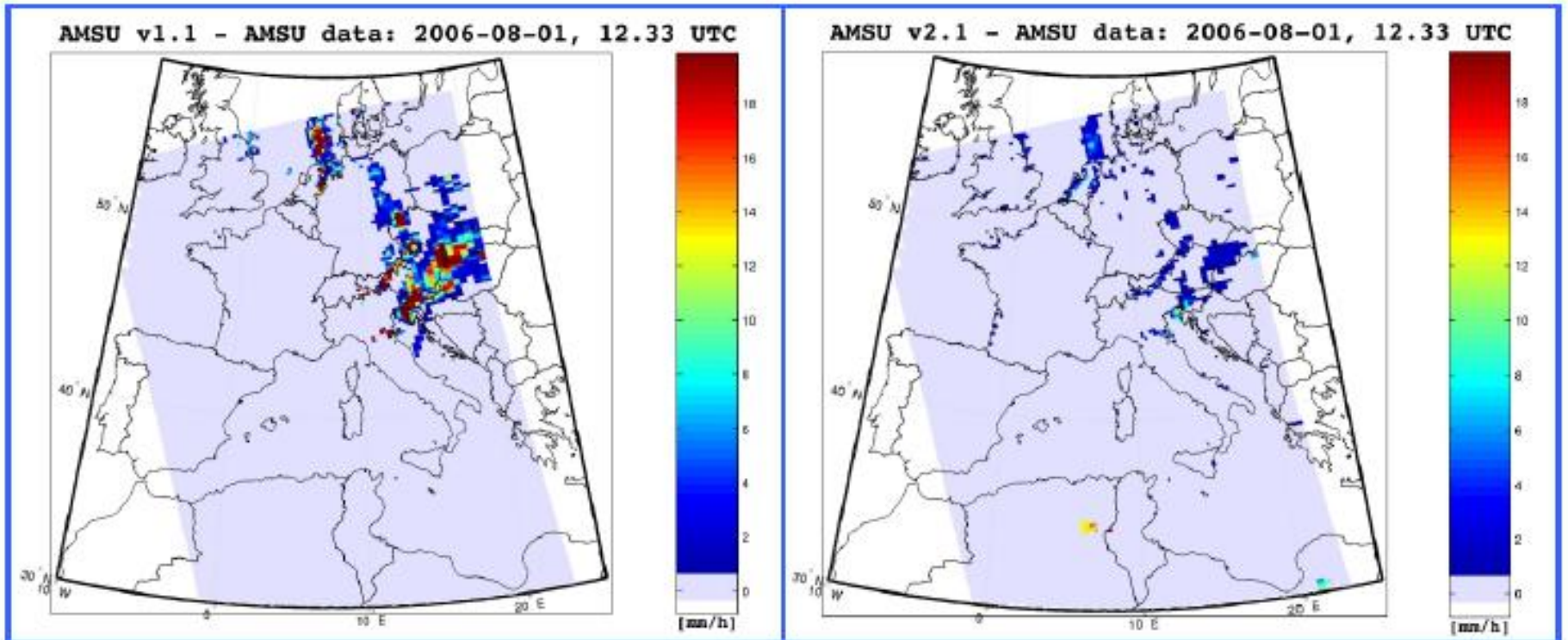
PR-OBS-2

- A hőmérsékleti szondázásra használt elnyelési sávok (54 GHz : AMSU-A) vagy a vízgőz profilok meghatározására használt sávok (183 GHz AMSU-B ; és MHS)
- Csak részben fizikai összefüggésekkel leírható algoritmus. Itt is szükség van tanuló hálózatokra.
- A PR-OBS-01 –hez képest a PR-OBS-02 tengerek felett és intenzív csapadék esetén rosszabb, viszont szárazföld felett és gyengébb csapadék ill. hó esetében jobb.

A két különböző tanuló algoritmus alkalmazásával kapott eredmények.

NEXRAD

MM5



PR-OBS-03 ÉS PR-OBS-04

PR-OBS-03: Precipitation rate at ground by GEO/IR supported by LEO/MW

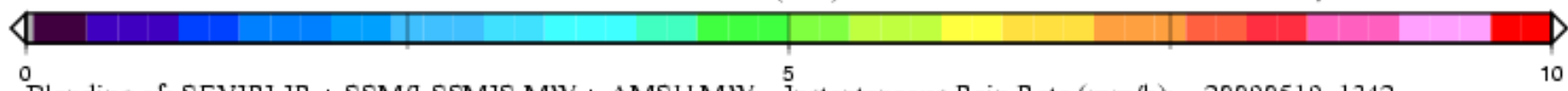
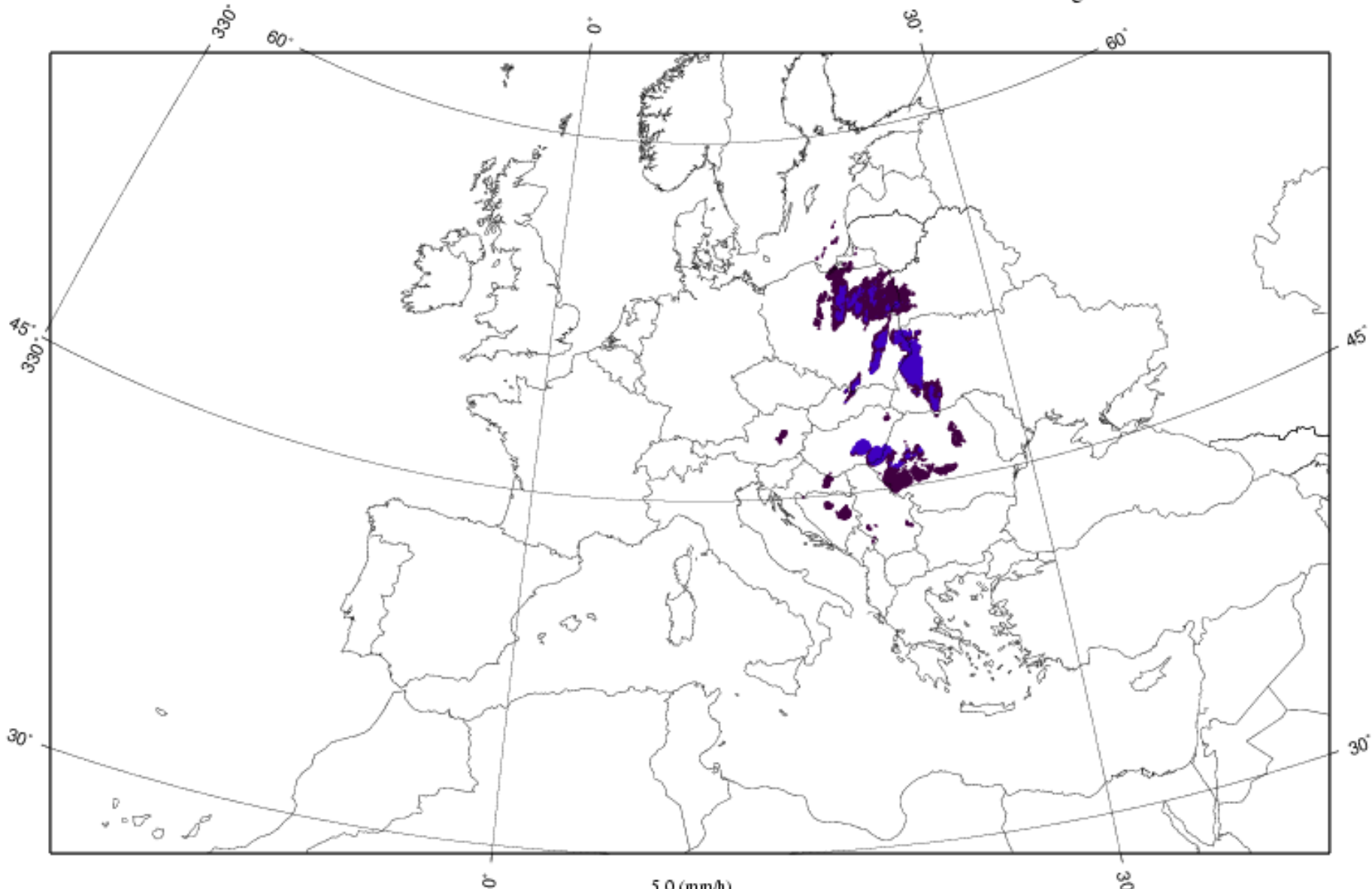
PR-OBS-04: Precipitation rate at ground by LEO/MW supported by GEO/IR (with flag for phase)

- **Az IR fényességi hőmérséklet a felhőtető karakterisztikáit tükrözi. Leginkább konvektív esetekben van kapcsolat a csapadék és az IR között.**
- **Statisztikai összefüggéseket keresnek.**
- **“Rapid-update” módszer**
- **Jelentős eltérések lehetnek a módszer pontosságában a konvektív/nem-konvektív csapadék között**

- **Másik módszer a MW mérésekből származtatott csapadékmező interpolálása térben (CMORPHING)**
- **Visszafelé is követik a mozgást.**

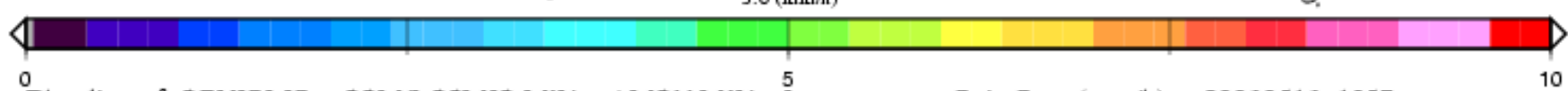
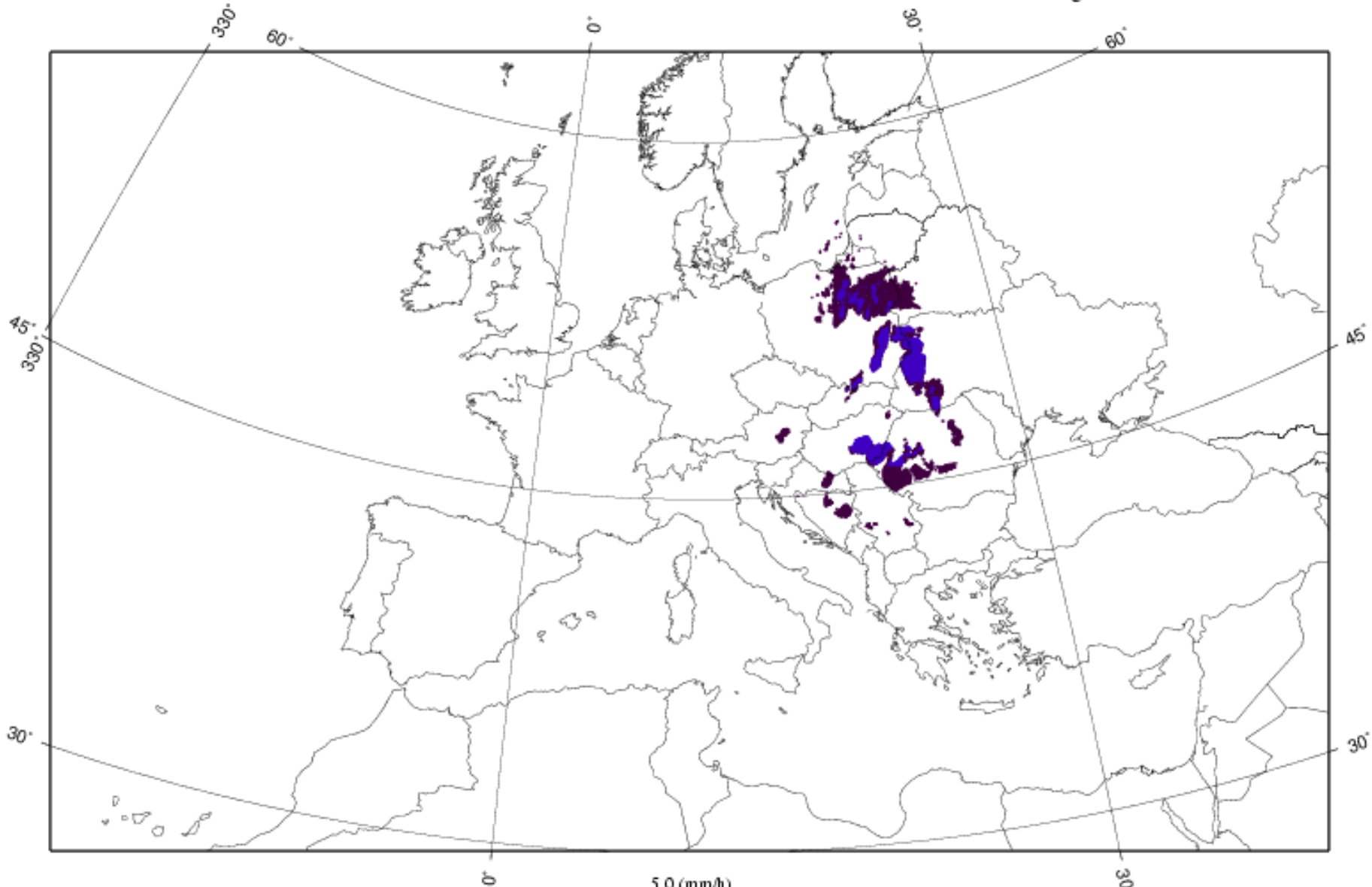


EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



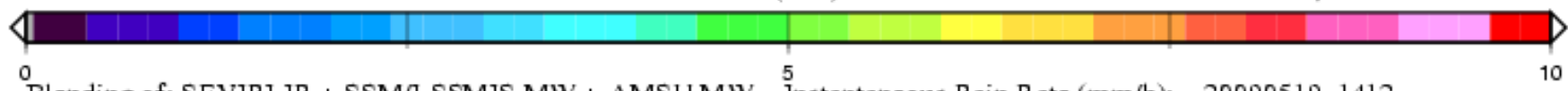
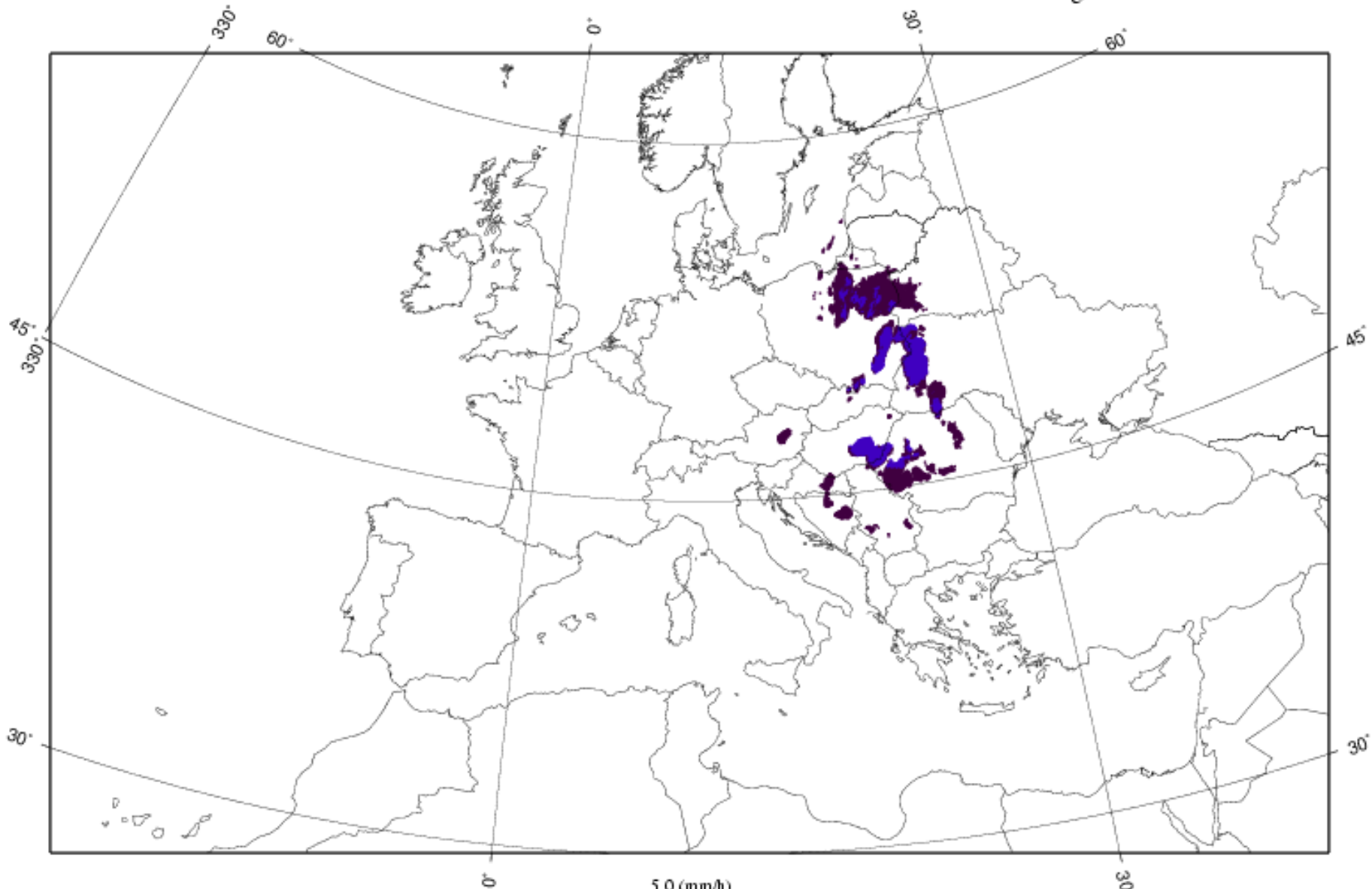
Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1342

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



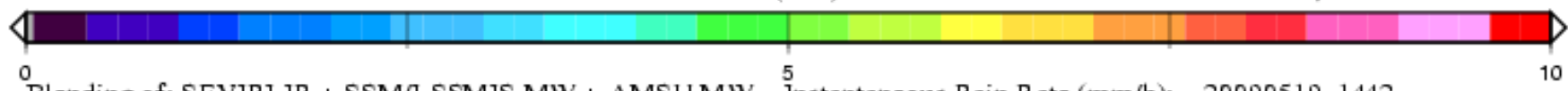
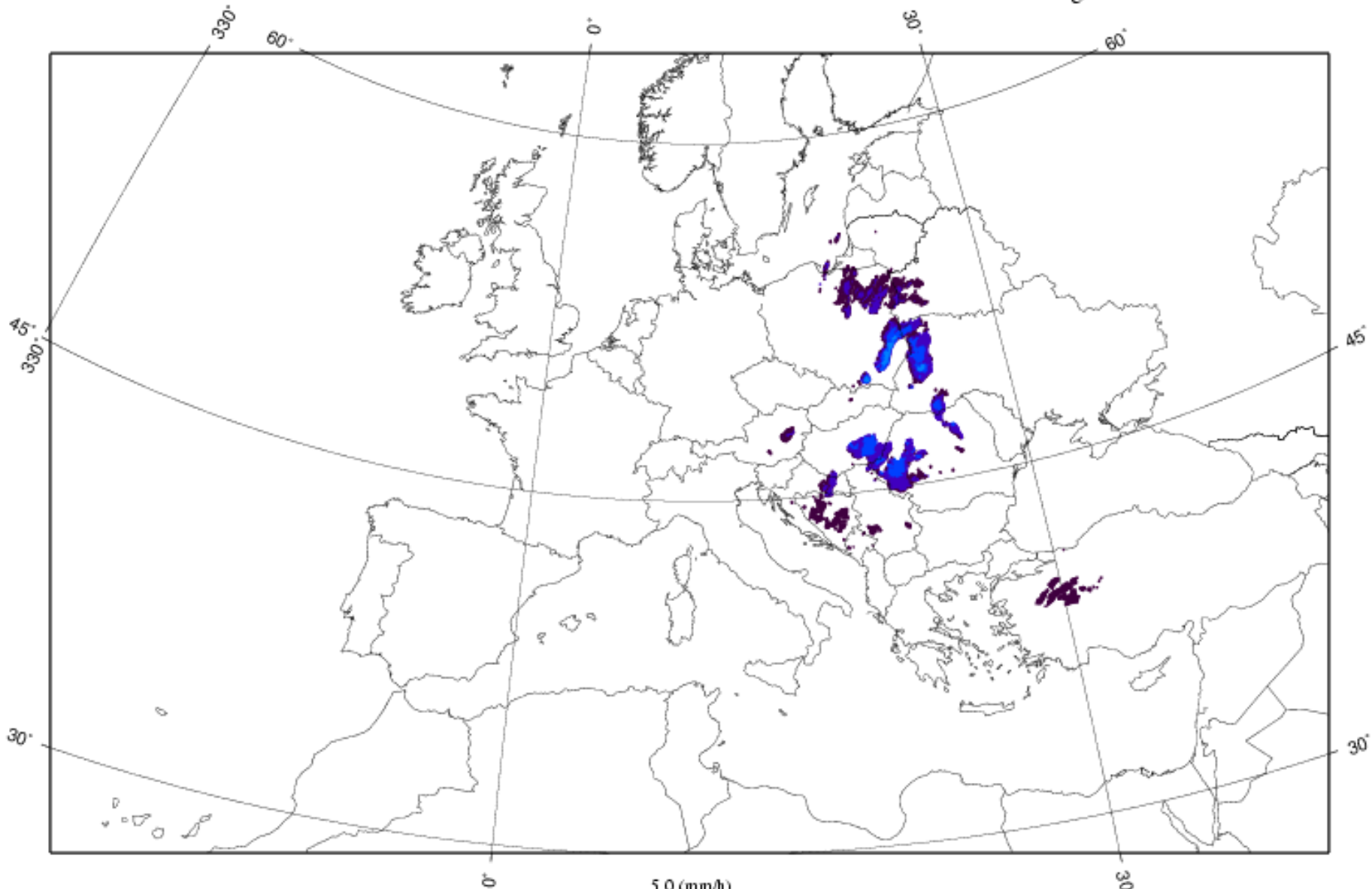
Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1357

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



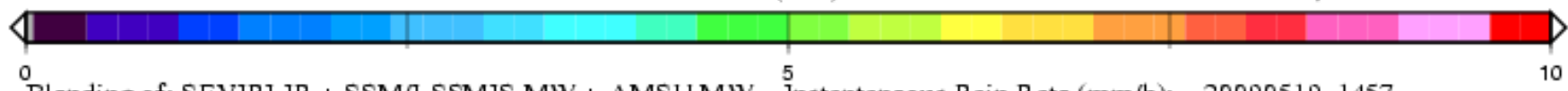
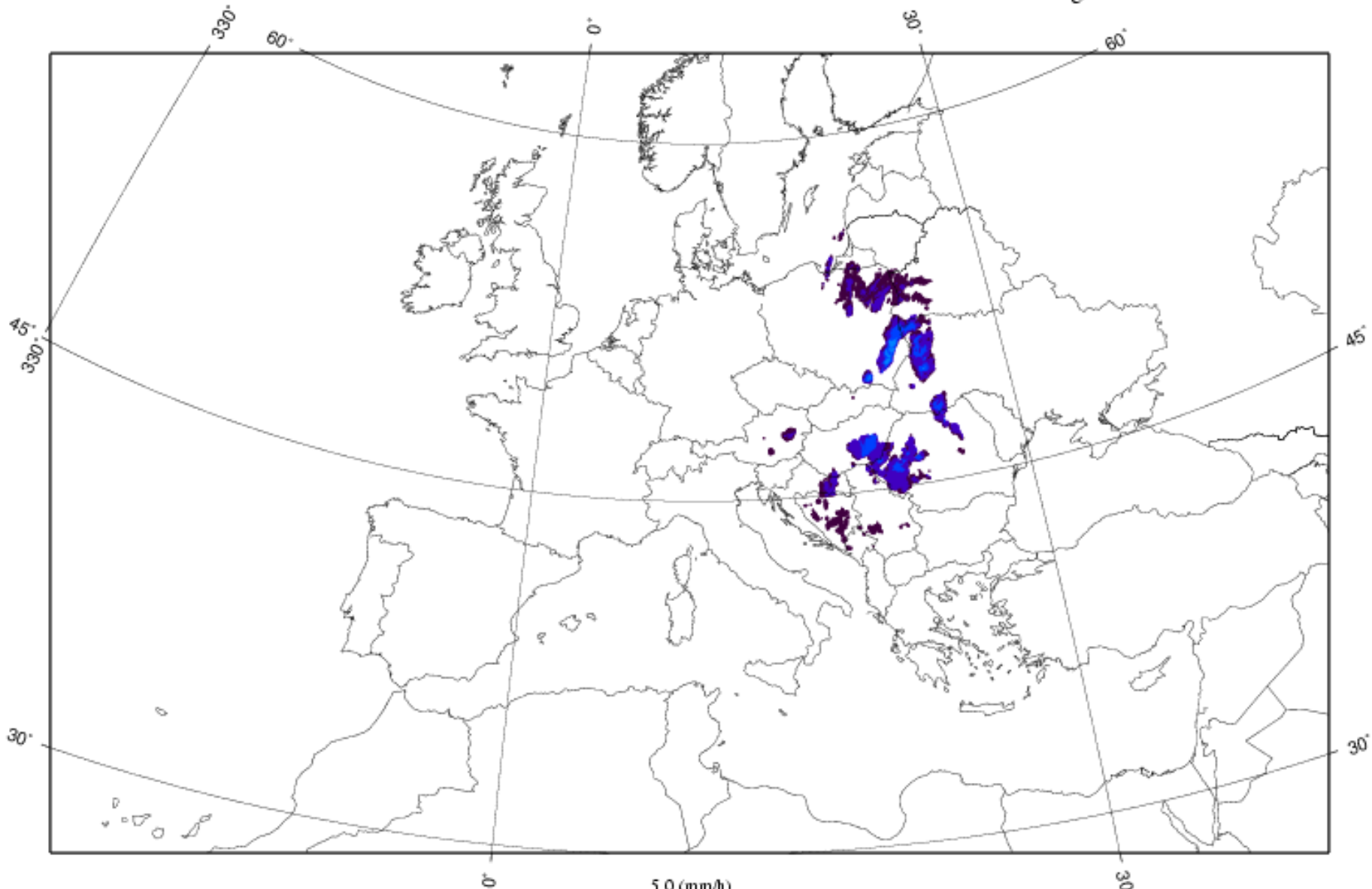
Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1412

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



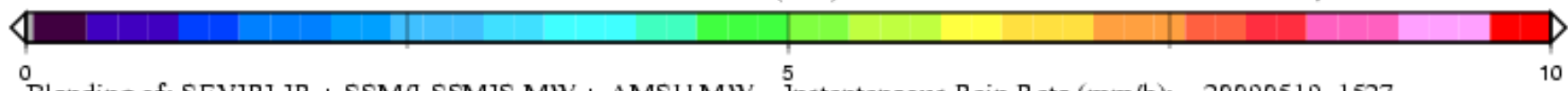
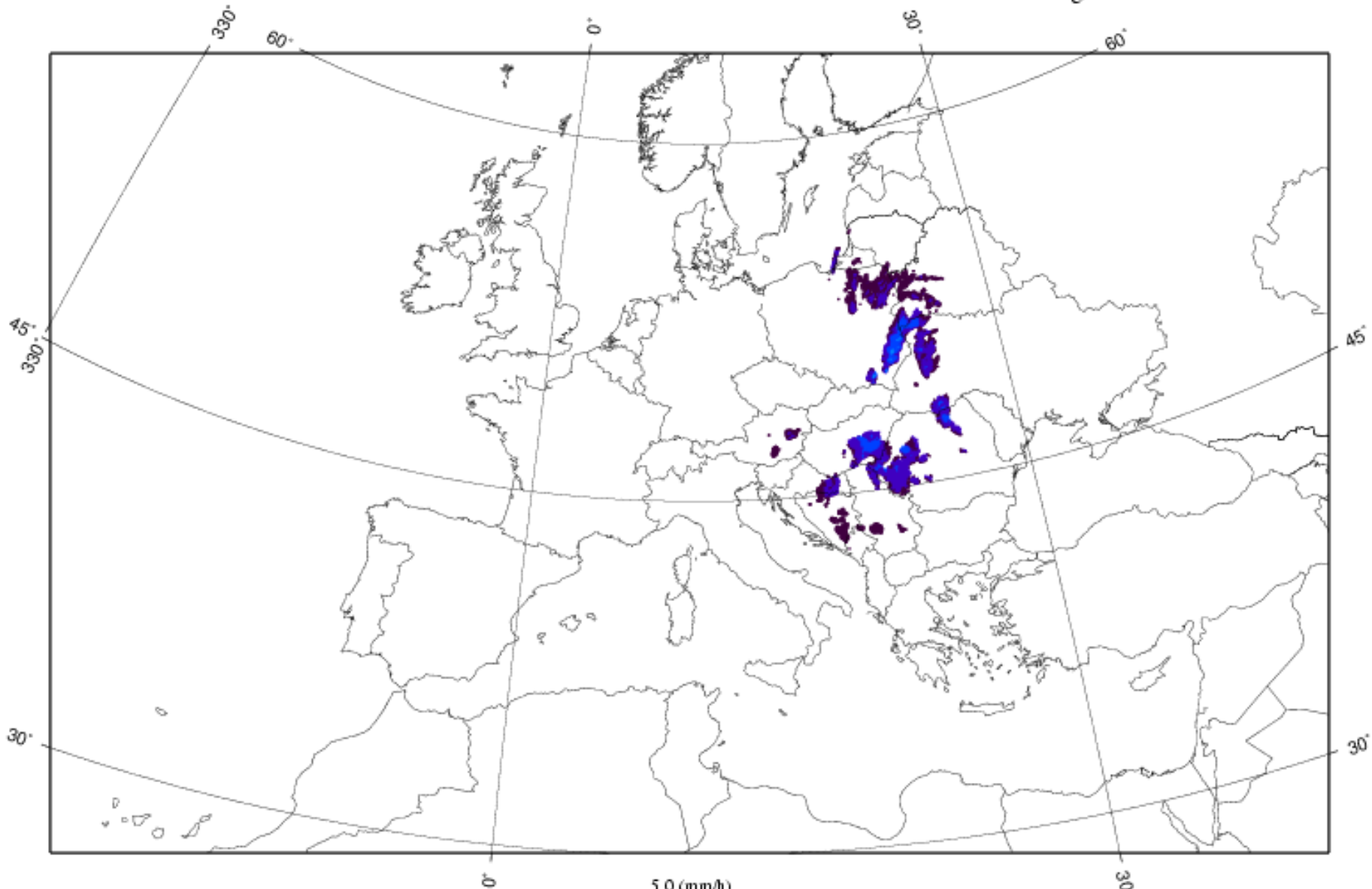
Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1442

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



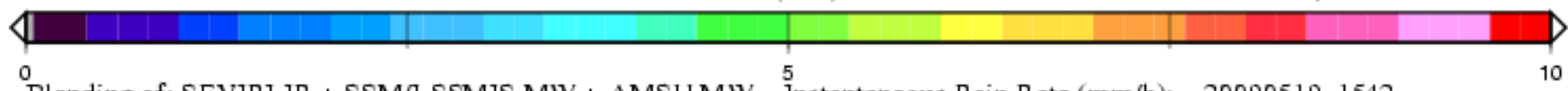
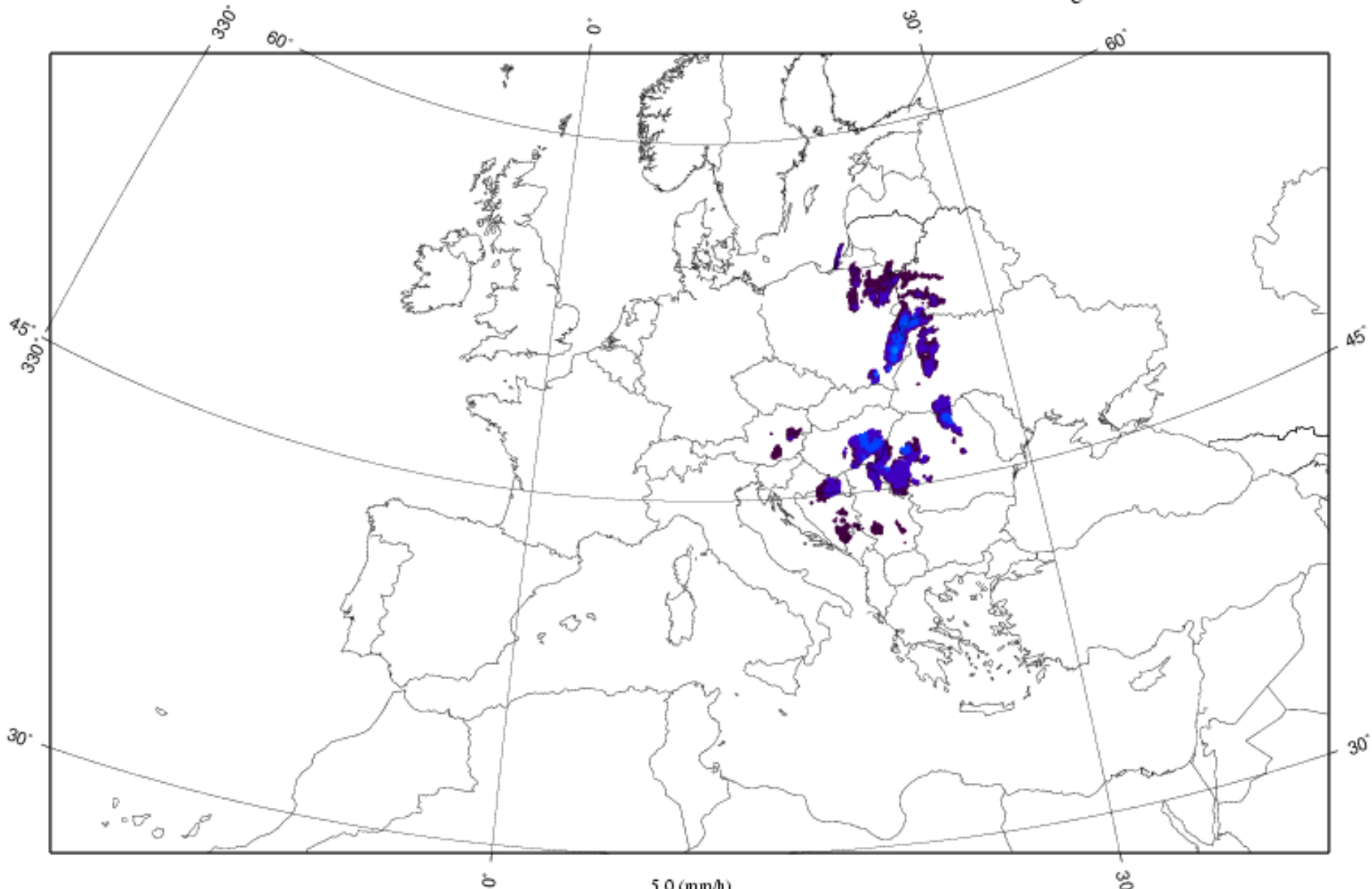
Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1457

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



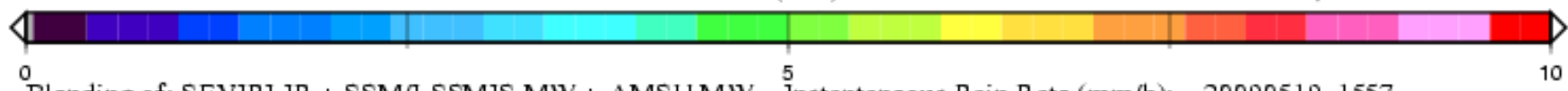
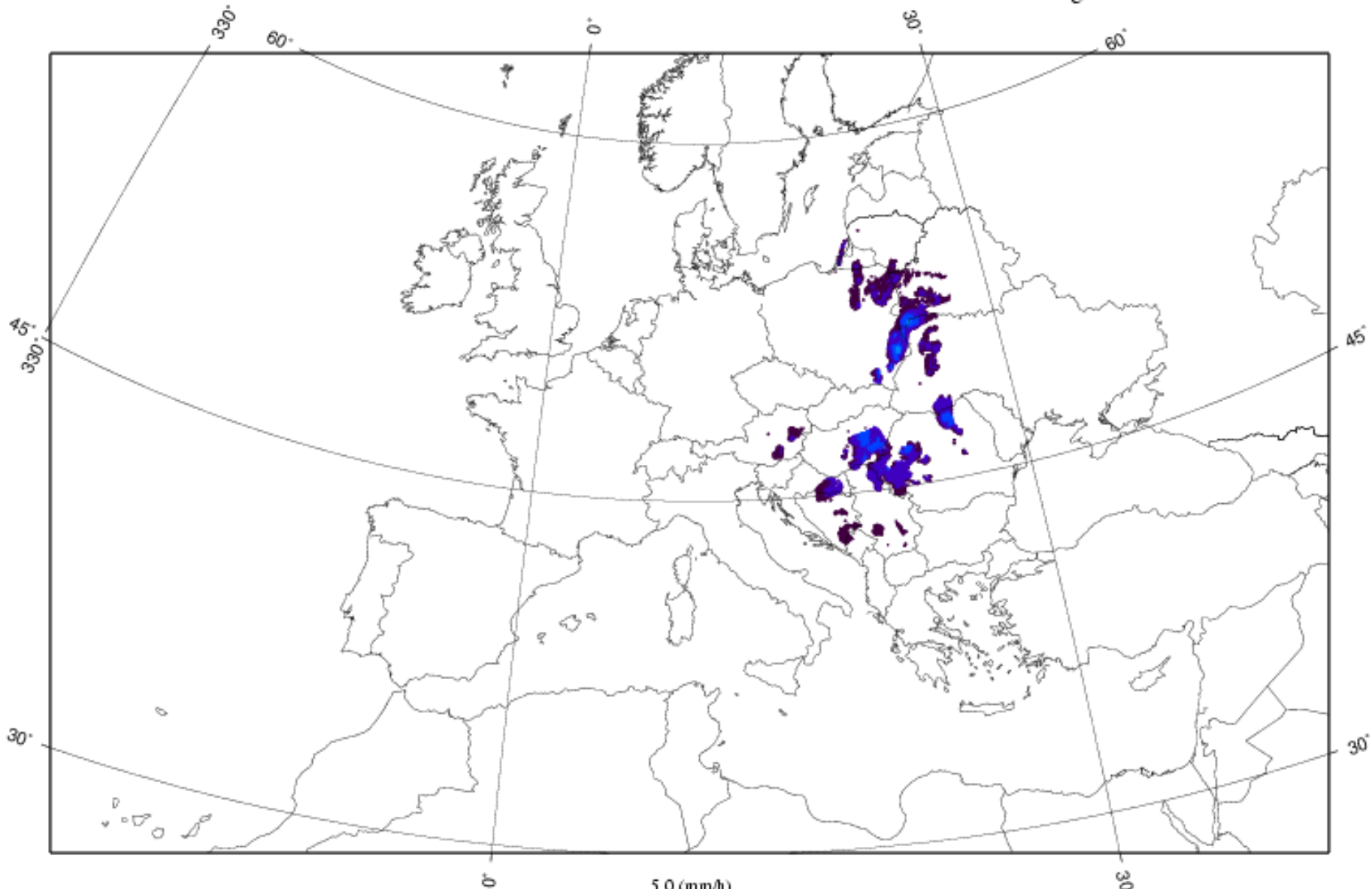
Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1527

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data



Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1542

EUMETSAT H-SAF PR-OBS-3 Instantaneous Rain Rate retrieved from IR-MW blending data

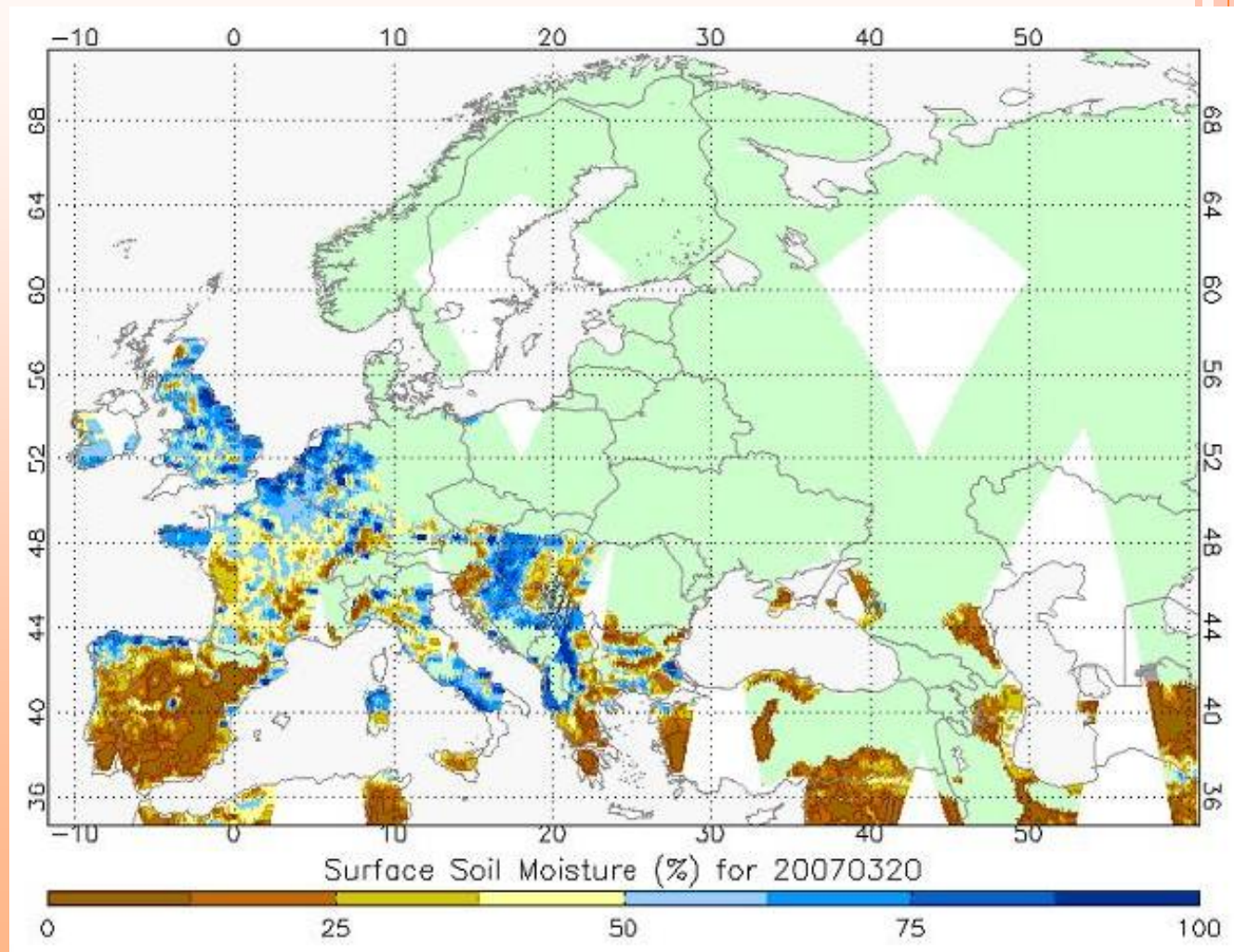


Blending of: SEVIRI IR + SSM/I-SSMIS MW + AMSU MW. Instantaneous Rain Rate (mm/h): 20090519 1557

SM-OBS-01

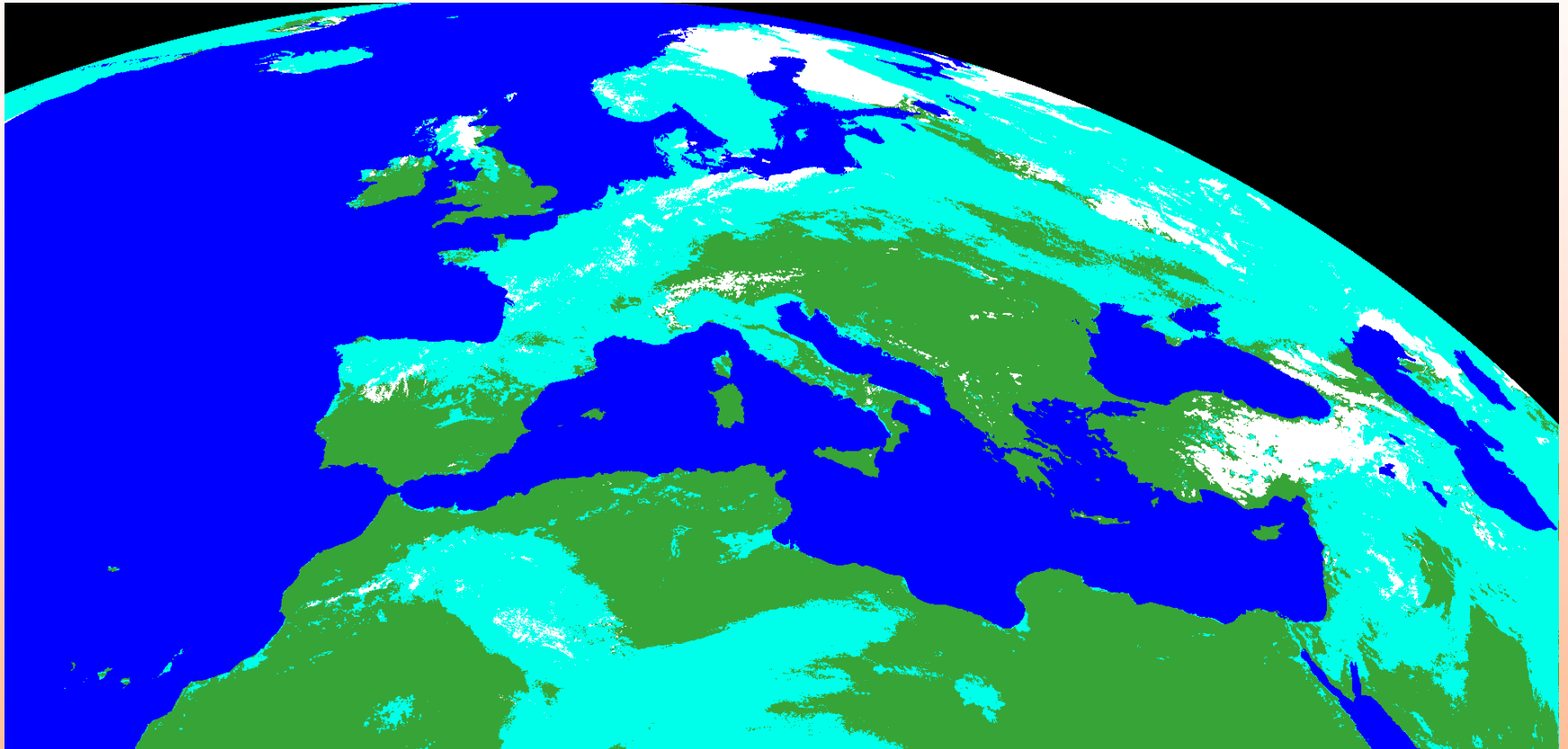
ASCAT	Advanced Scatterometer
Satellites	MetOp 1 to 3
Status (May 2008)	Operational - To be utilised in the period: 2006 to ~ 2020
Mission	Sea surface wind vector. Also large-scale soil moisture
Instrument type	C-band radar scatterometer (5.255 GHz), side looking both left and right. 3 antennas on each side
Scanning technique	Two 550-km swaths separated by a 700-km gap along-track. 3 looks each pixel (45, 90 and 135° azimuth)
Coverage/cycle	Global coverage in 1.5 days
Resolution	Nominal: 50 km (25 km sampling). Demonstrational: 25 km (12.5 km sampling)
Resources	Mass: 260 kg - Power: 215 W - Data rate: 42 kbps

- Az SM-OBS-1 radarméréseken alapul – a MetOp-on található ASCAT műszer segítségével.
- Teljes Európát a műszer méréseivel ~ 1.5 nap alatt lehet lefedni.
- talajmodellezés az ECMWF modell segítségével
- ez az SM-OBS-3 produktum



SN-OBS-01

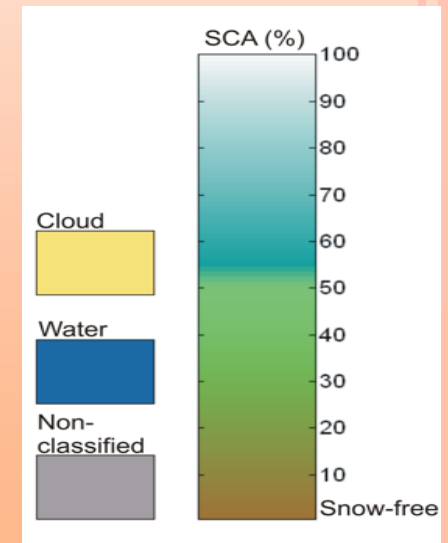
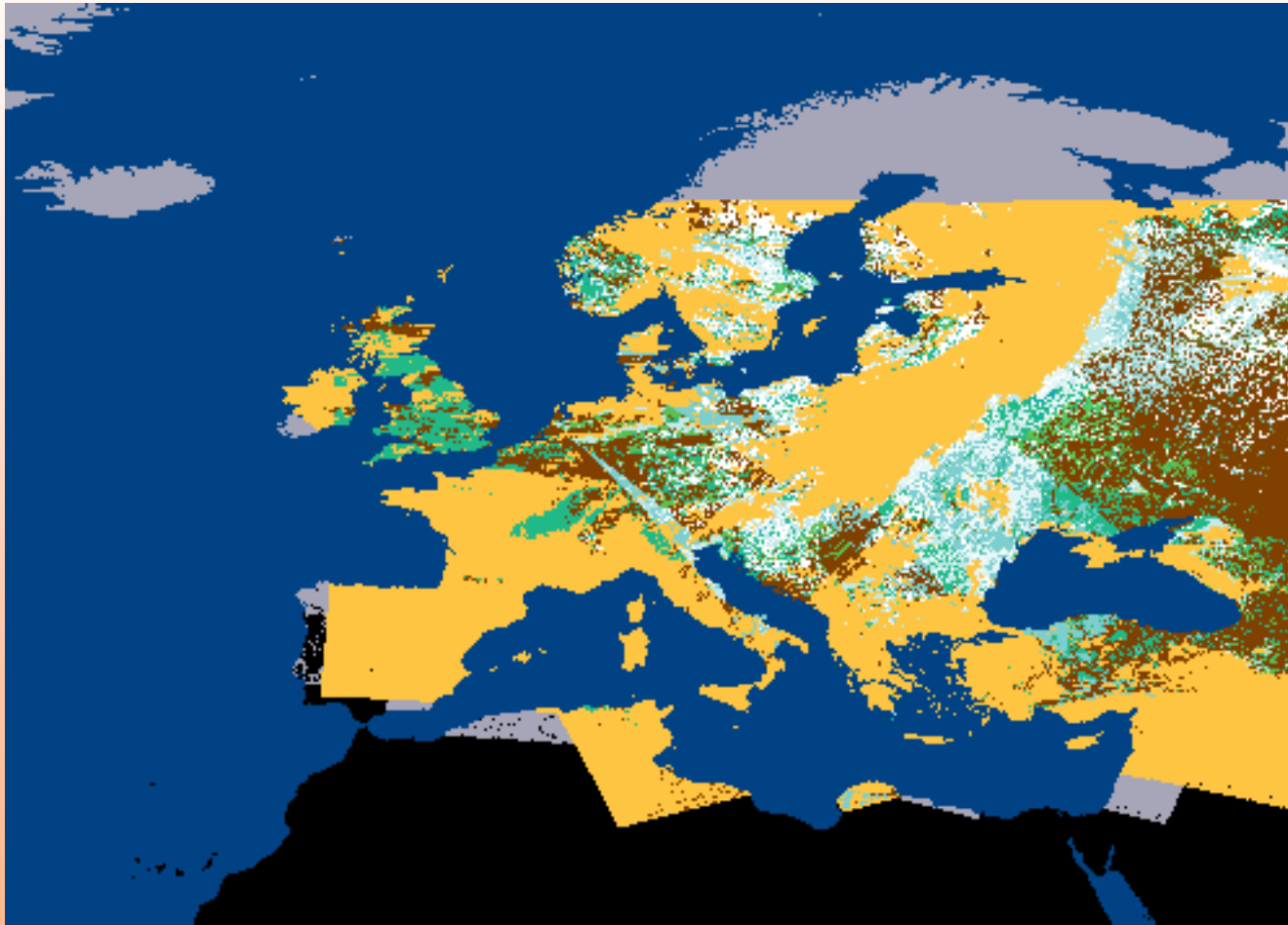
Többcsatornás módszerrel számolva a SEVIRI műszer adataiból. sík- és hegyvidéki területekre különböző algoritmusok.



Hó maszk a SEVIRI segítségével. Előállítja: FMI. Hó: fehér; felhők: cyan, talaj: zöld; tenger: kék. A Meteosat-9 24 óra alatt szolgáltatott adataiból összesített kép, 2008 február 26.

SN-OBS-03

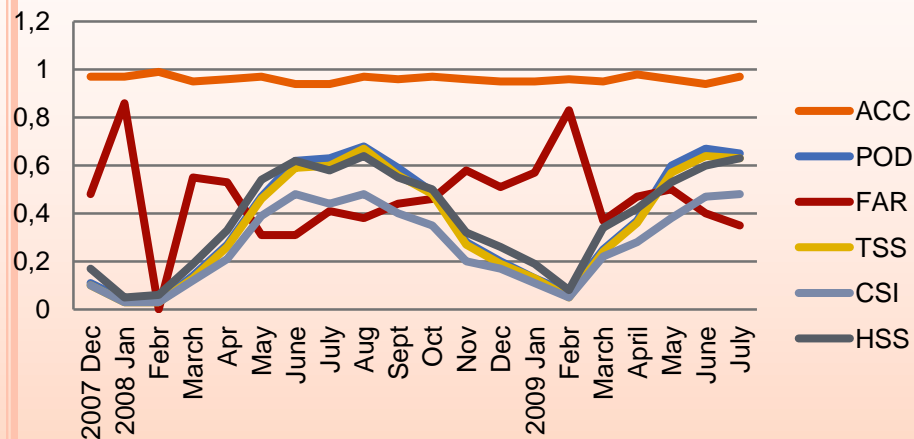
Az SN-OBS-3 produktum a NOAA és a MetOp AVHRR műszereinek mérésein alapul. Hegyvidékre és síkságra, valamint erdővel borított nem túl nagy szintkülönbséggel rendelkező területekre más-más algoritmus vonatkozik.



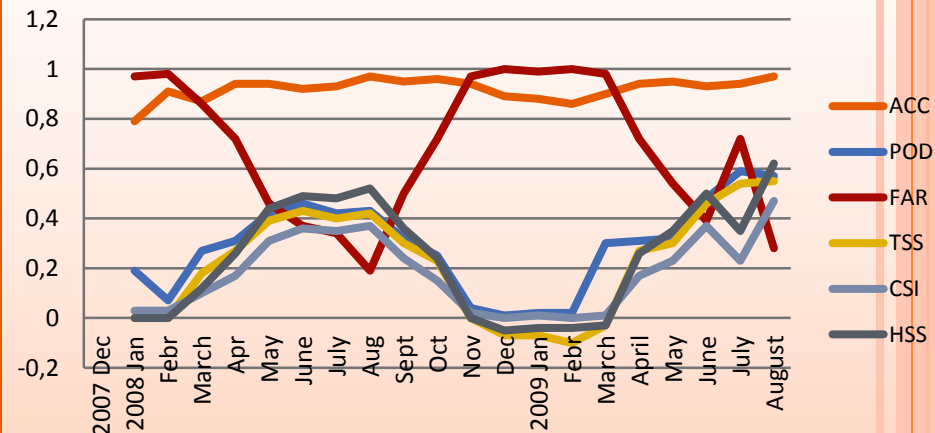
Előállítja: TSMS

MAGYAR VALIDÁCIÓS EREDMÉNYEK A HSAF-BAN

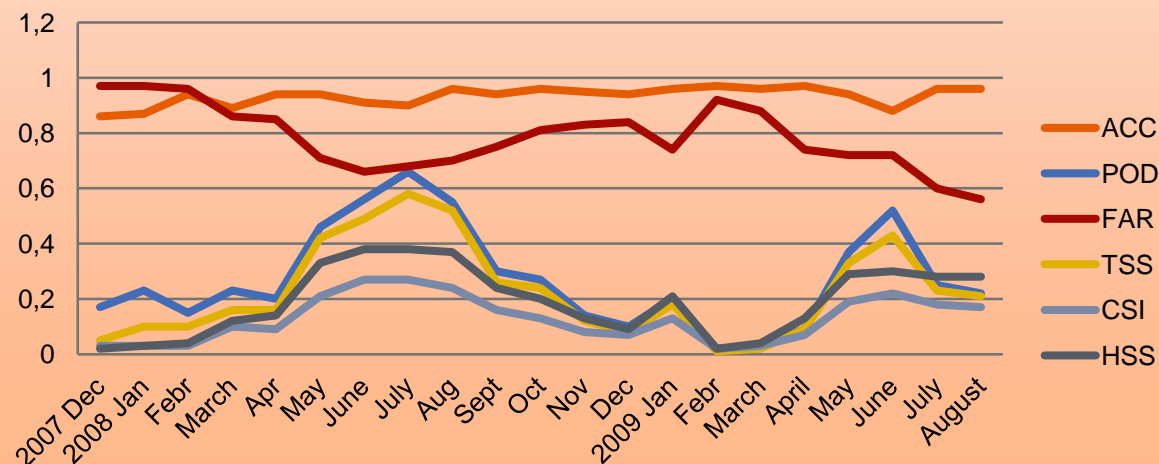
Scores H02



Scores H01



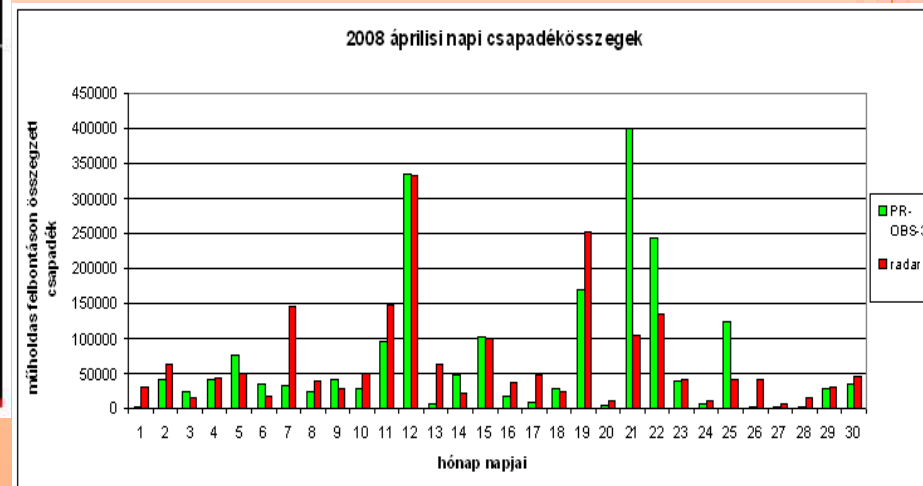
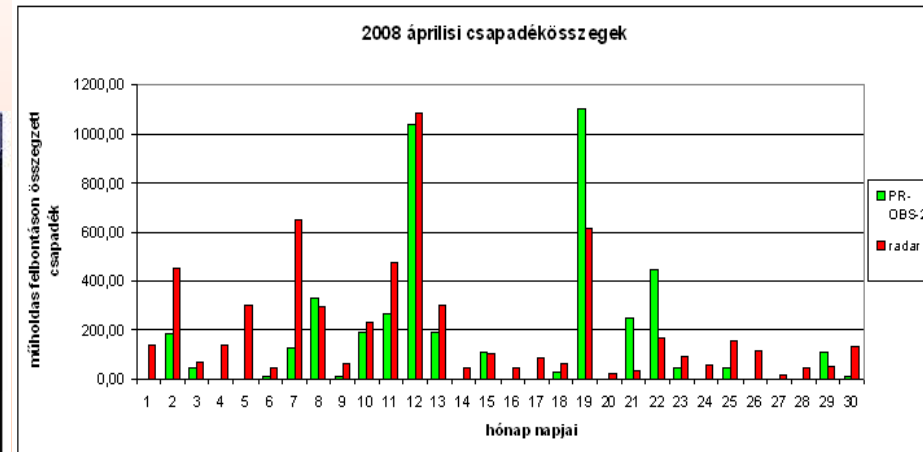
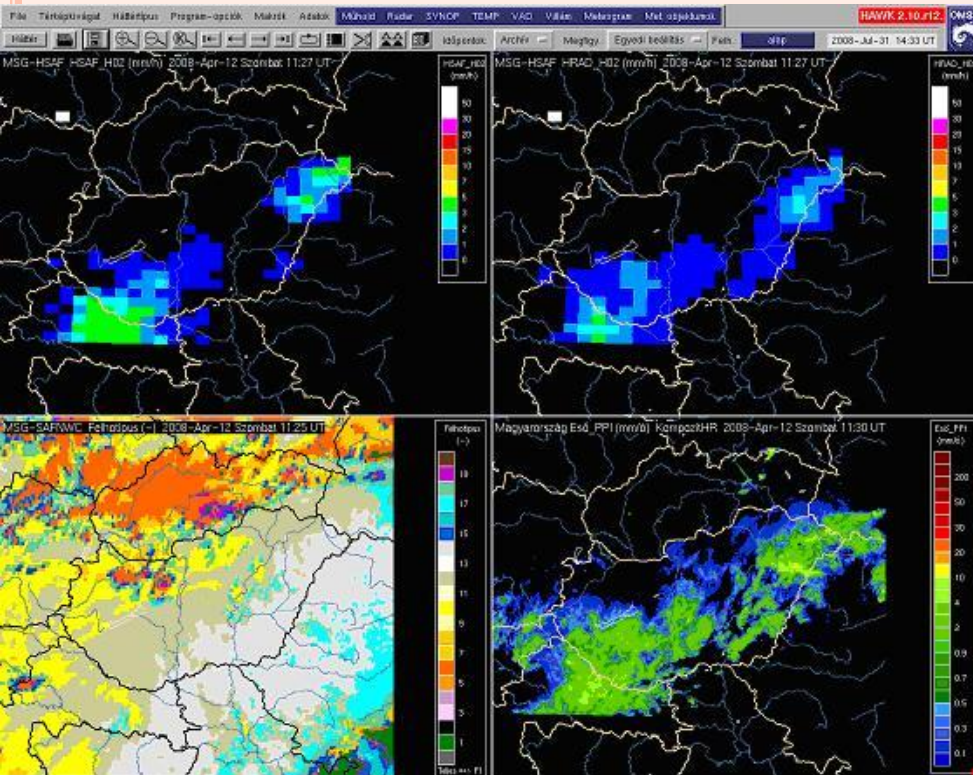
Scores H03



Esettanulmány PR-OBS-02 és PR-OBS-03

2008. április 12 11:27 UTC

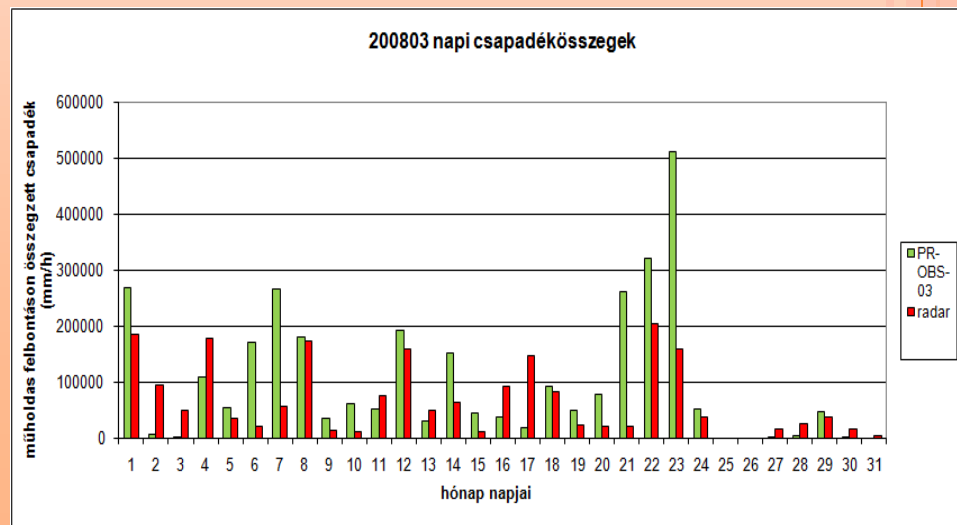
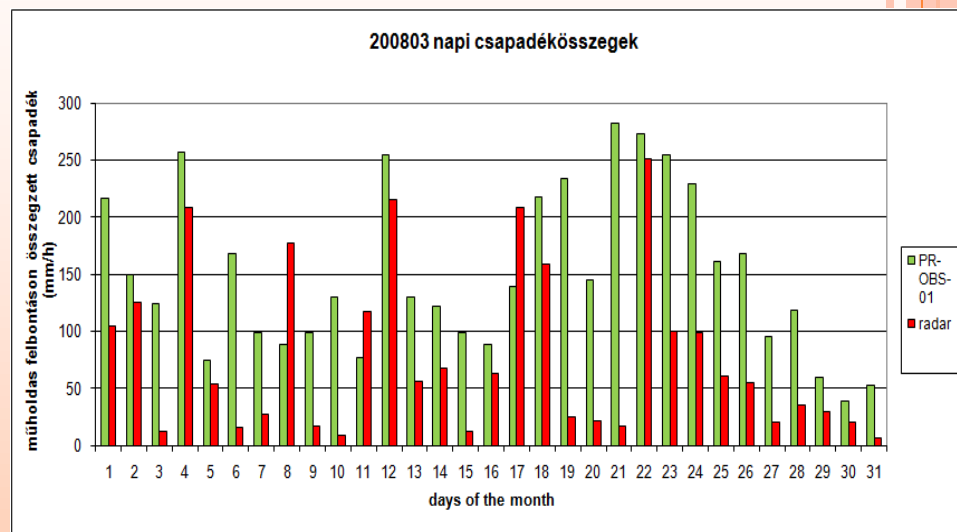
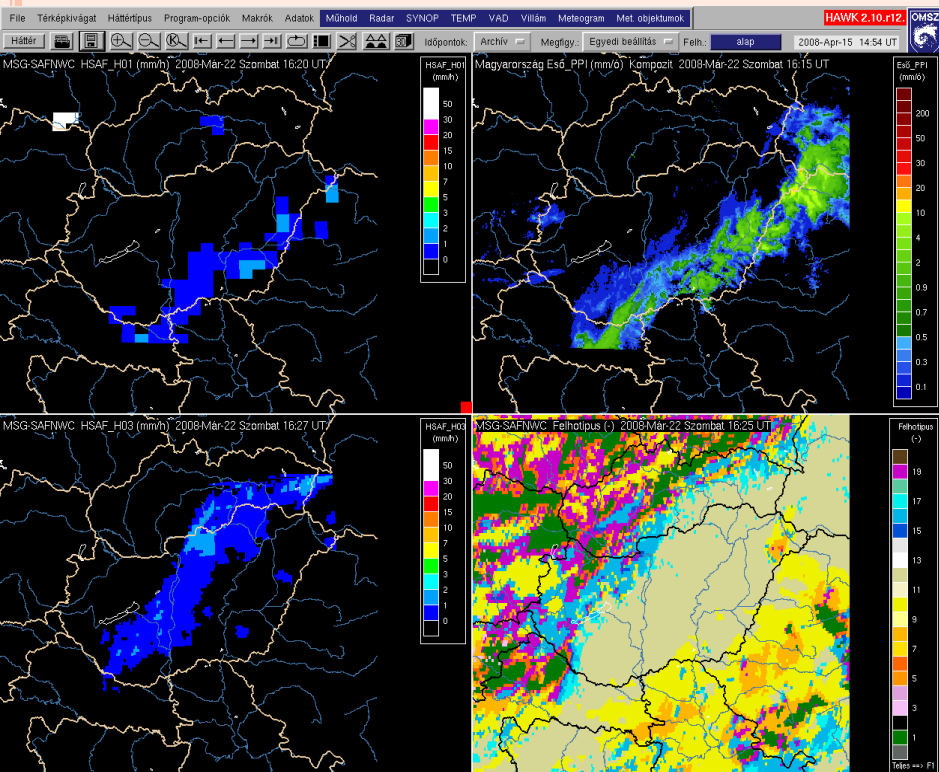
A Balti-tenger felett található az Európa időjárását befolyásoló ciklon középpontja. Ennek a ciklonnak a hidegfrontja húzódott Magyarország felett. A front mentén többnyire erősen felhős volt az ég, és többfelé fordult elő eső, zápor, néhol zivatarok is kialakultak.



Esettanulmány PR-OBS-01 és PR-OBS-03

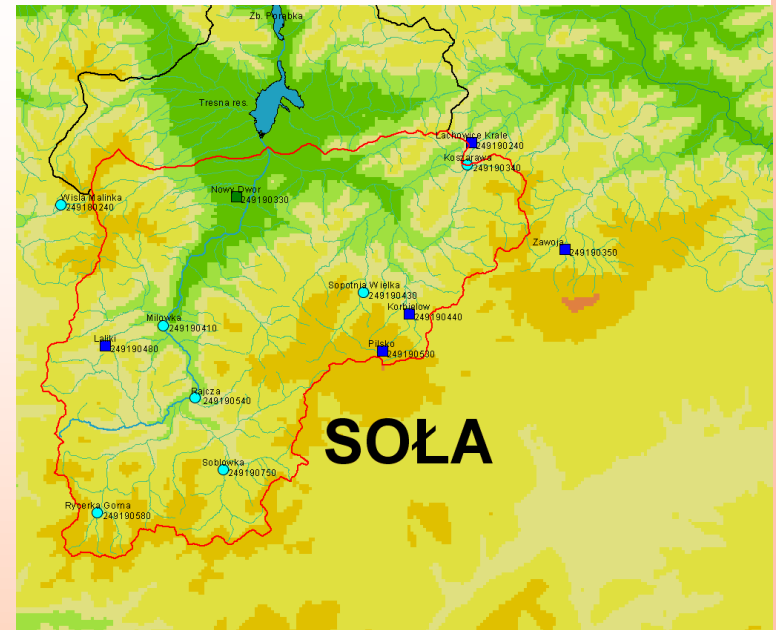
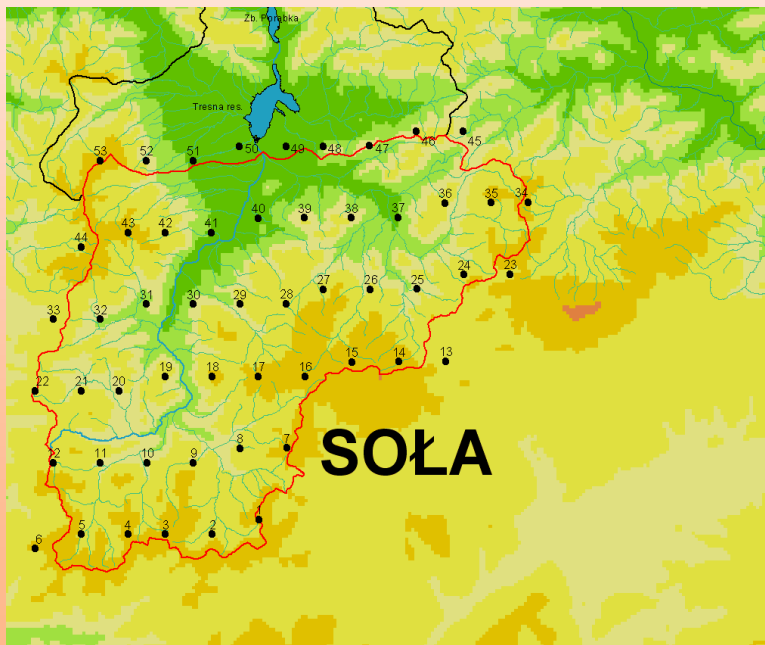
2008. március 22 16:20 UTC

Nagyrészt felhős időjárás, amely a Németország felett húzódó erőteljes ciklon hatására alakult ki. Egész nap nagy mennyiségű csapadék hullott Magyarország területén.

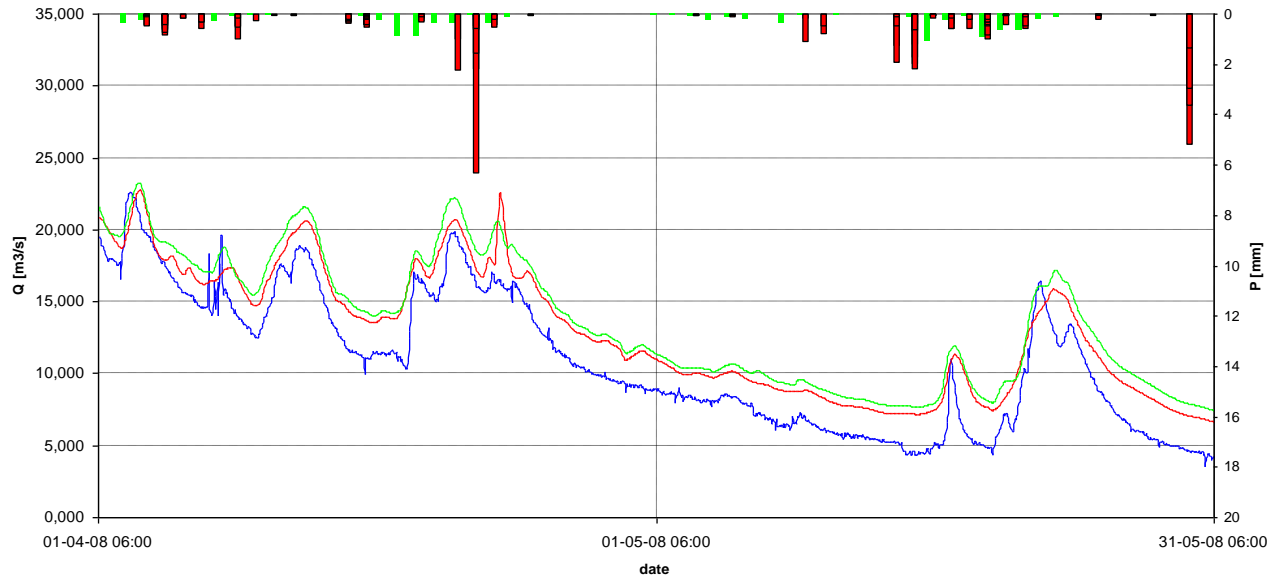


HIDROLÓGIAI MODELLEZÉS

- ❖ Sola vízgyűjtő területén 13 csapadékmérő (RG)
- ❖ PR-OBS-03 (SAT) adatok a vízgyűjtő területén:
53 „virtuális” állomás



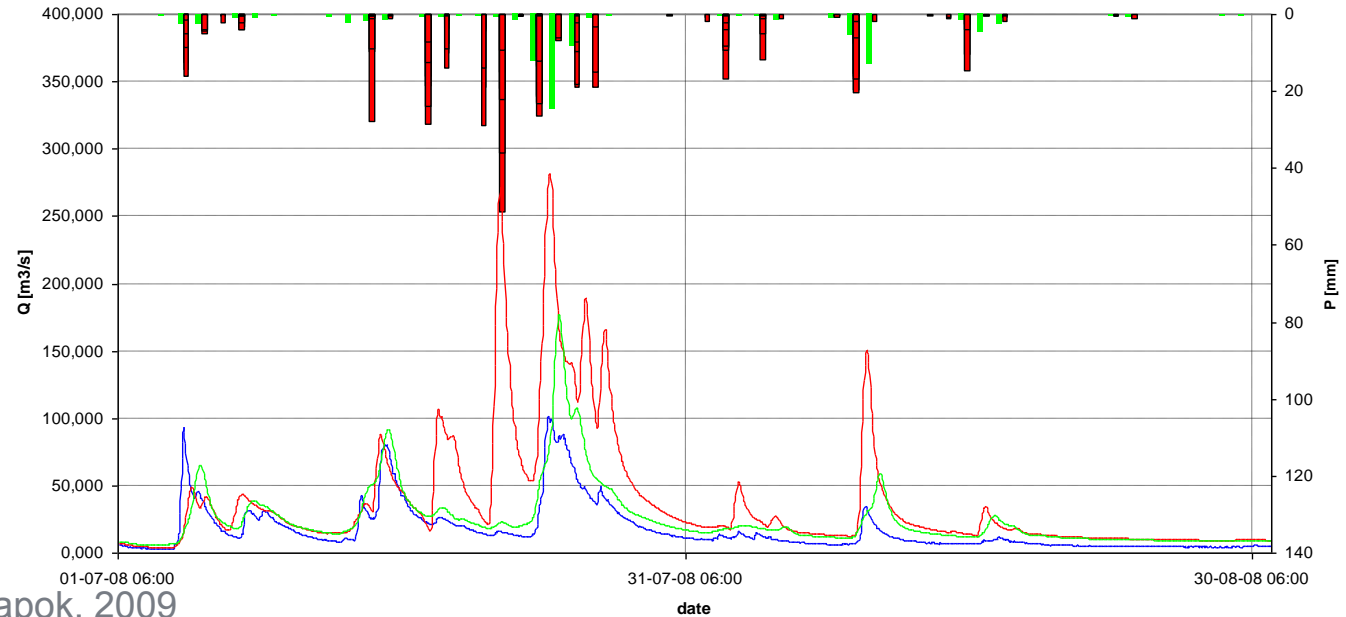
Results of SOL_ZYW model spring (04 - 05 2008)



HIDROLÓGAI MODELLEZÉS: TAVASZ, NYÁR

**Sola folyó , MP
modell**

Results of SOL_ZYW model summer (07 - 08 2008)



folyón mért

H-03 - mal

modellezett

csapadékmérővel

modellezett

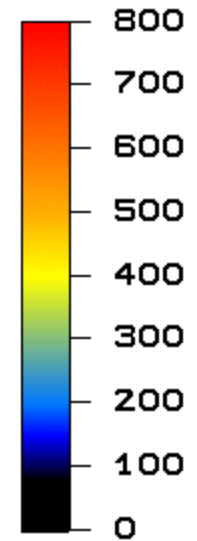
AZ ELŐADÁS RÖVID ÖSSZEFOGLALÓJA

- A műholdmeteorológia jelen van a légkörtudomány minden ágában.
- A műszerek különböző felhasználási területre készülnek.
- Európai összefogás az EUMETSAT segítségével.
- Az éghajlati ismereteinket a műholdas mérések alapozzák meg, illetve folyamatosan bővítik.
- A legfiatalabb terület a Hidrológiai SAF, melynek első eredményeit már láthatjuk.
- Az OMSZ részvételével, radar adatokkal történő validálással támogatja a HSAF munkáját.





Reflected Solar Flux (W/m^2)



20091116 001036

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Lábó Eszter

labo.e@met.hu

Meteorológiai Tudományos Napok, 2009

