



Εργαστήριο Συνοπτικής Μετεωρολογίας

Μετεωρολογικοί Δορυφόροι και Προϊόντα

Ιωάννης Σάμος

john.samos@gmail.com

ioannis.samos@phys.uoa.gr

ioannis.samos@hnms.gr

Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές

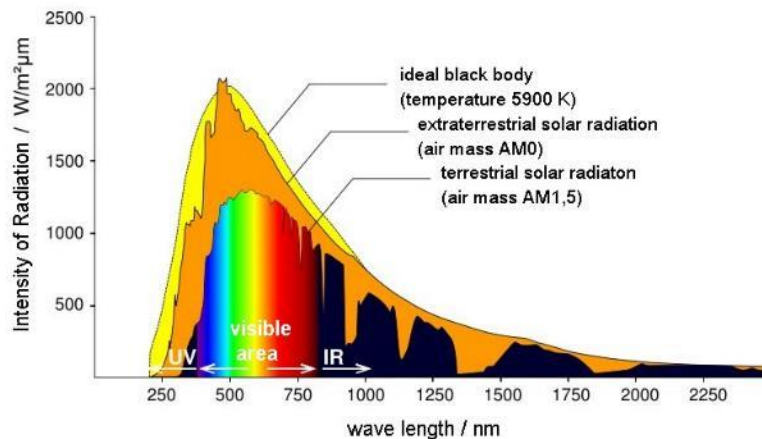


EPS Contributes to the Global Operational Satellite Observation System



Δορυφόροι

- Οι δορυφορικοί αισθητήρες καταγράφουν την ηλιακή H/M ακτινοβολία που ανακλάται από μία γήινη επιφάνεια και σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα ή την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα στη γη. Η H/M ακτινοβολία καθορίζεται ποσοτικά από την ένταση (I), το μήκος κύματος (λ) και τη συχνότητα του H/M κύματος. Η H/M ακτινοβολία διαιρείται σε περιοχές με βάση το μήκος κύματος (λ)



Δορυφόροι

- Οι δορυφόροι τοποθετούνται σε τροχιές κατάλληλες για τους σκοπούς της κάθε αποστολής.
- Το ύψος της τροχιάς που τίθενται οι δορυφόροι είναι μεταξύ 800 και 1500 km **(δορυφόροι χαμηλής τροχιάς)**.
- Υπάρχουν δορυφόροι και σε μεγαλύτερο ύψος περίπου 36000 km **(δορυφόροι υψηλής τροχιάς ή γεωστάσιμοι)**

Δορυφόροι

$$G \frac{mM_E}{r^2} = ma_c = \frac{mu_c^2}{r}$$

$$u_{orbit} = \frac{2\pi r}{T}$$

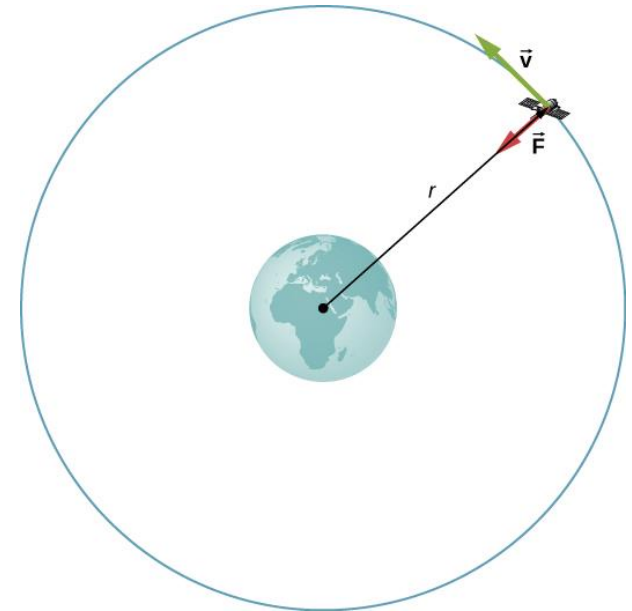
$$r_{orbit} = \sqrt[3]{\frac{GM_E T^2}{4\pi^2}}$$

$$T=86.400s \text{ (24h)}$$

$$r_{orbit} = 42.164km$$

$$r_{orbit} = \left(\frac{(6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2})(5.972 \times 10^{24} \text{ kg})(86400 \text{ s})^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$H = 42.164km - 6.371km \approx 35.793km$$



Δορυφόροι

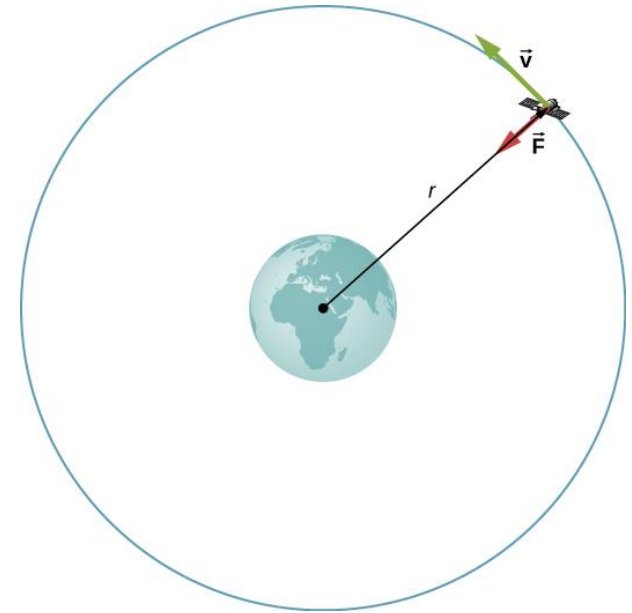
$$G \frac{mM_E}{r^2} = ma_c = \frac{mu_c^2}{r}$$

$$u_{orbit} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$r_{orbit} = \sqrt[3]{\frac{GM_E T^2}{4\pi^2}}$$

$$r_{orbit} = 800\text{km} > T \approx 6040\text{s} \approx 1,68\text{h} \approx 14 \text{ περιστροφές/24h}$$

$$r_{orbit} = 1500\text{km} > T \approx 6951\text{s} \approx 1,93\text{h} \approx 12 \text{ περιστροφές/24h}$$

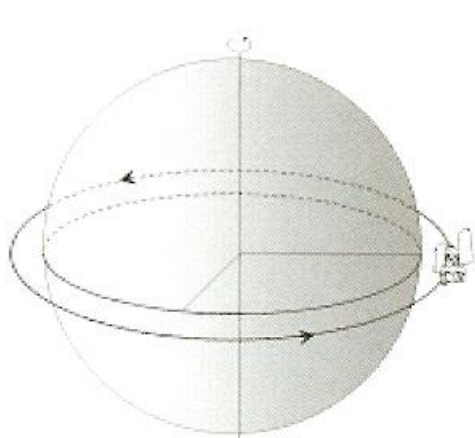


Δομή Παρουσίασης

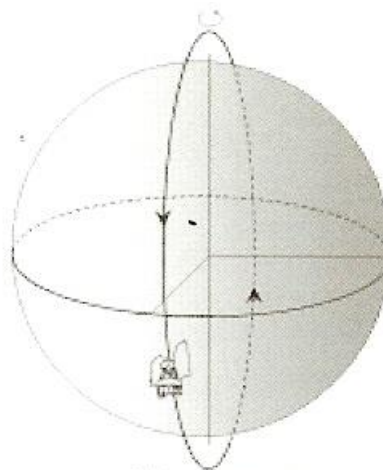
- Δορυφόροι
 - Τροχιάς
 - Γεωστάσιμοι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



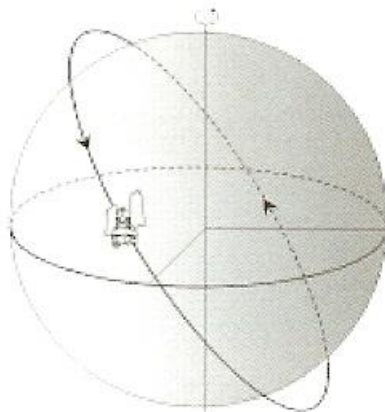
Μετεωρολογικοί Δορυφόροι Τροχιάς



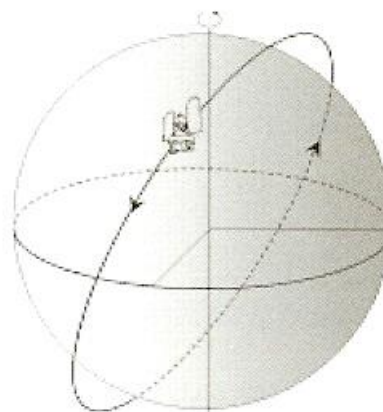
Ισημερινή τροχιά



Πολική τροχιά



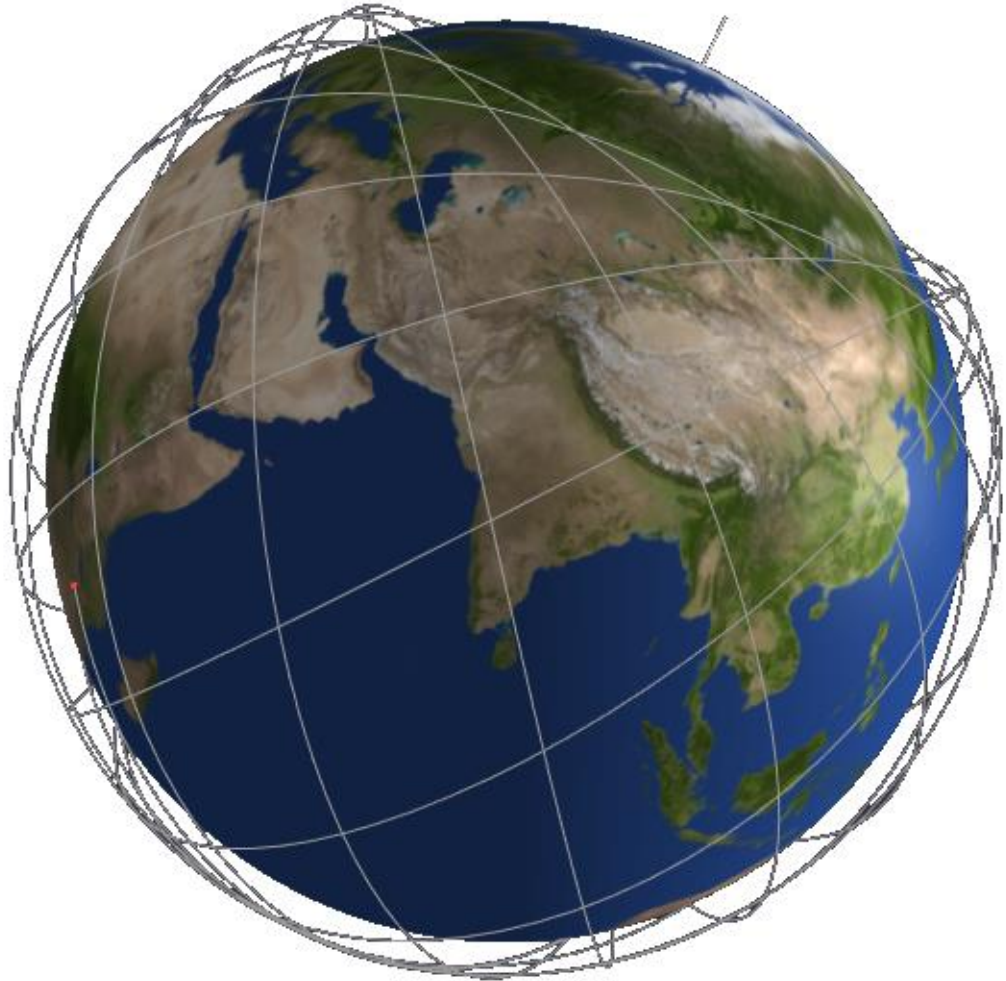
Πλάγια πρόδρομη τροχιά



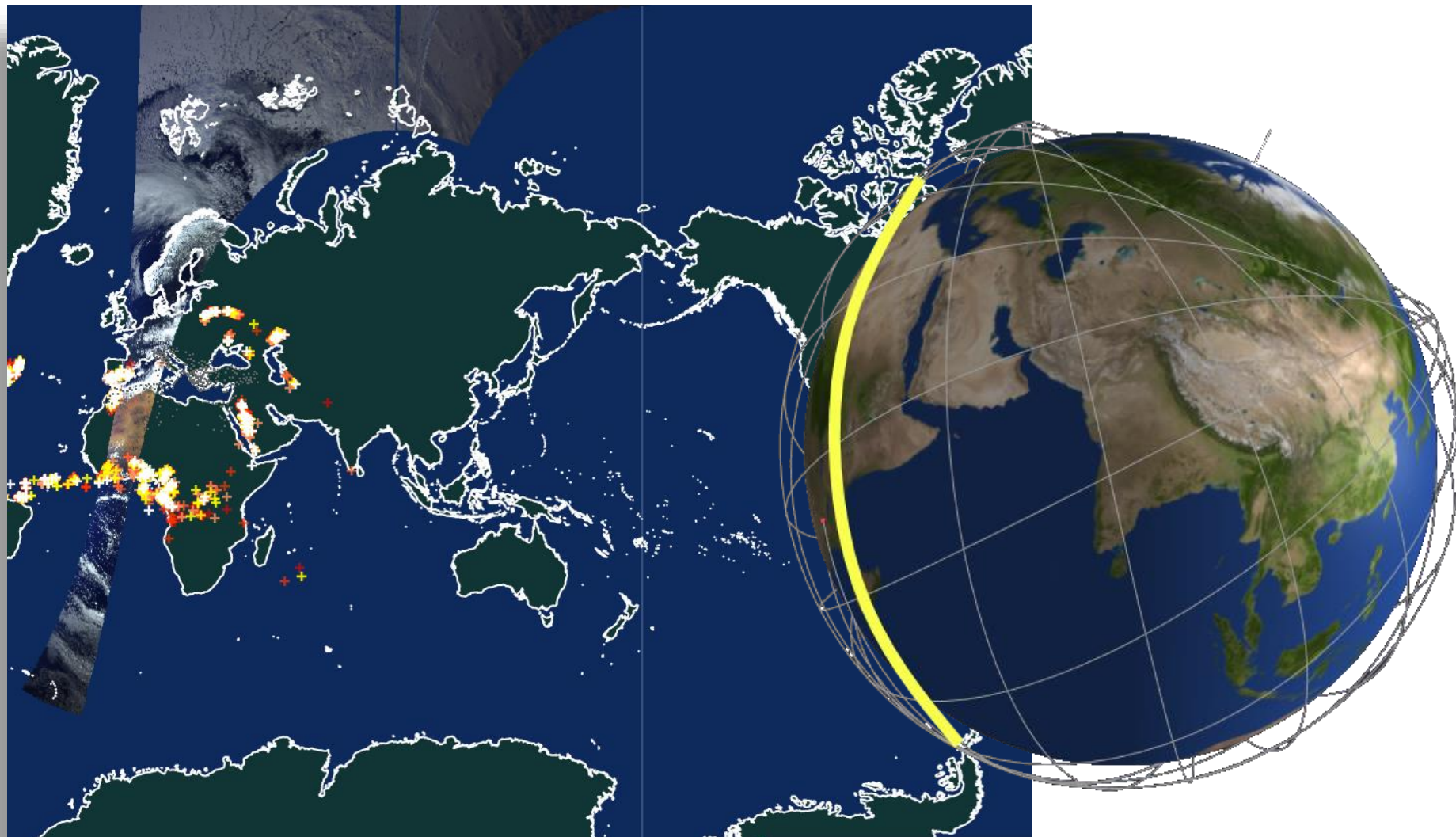
Πλάγια ανάδρομη τροχιά

Μετεωρολογικοί Δορυφόροι Πολικής Τροχιάς

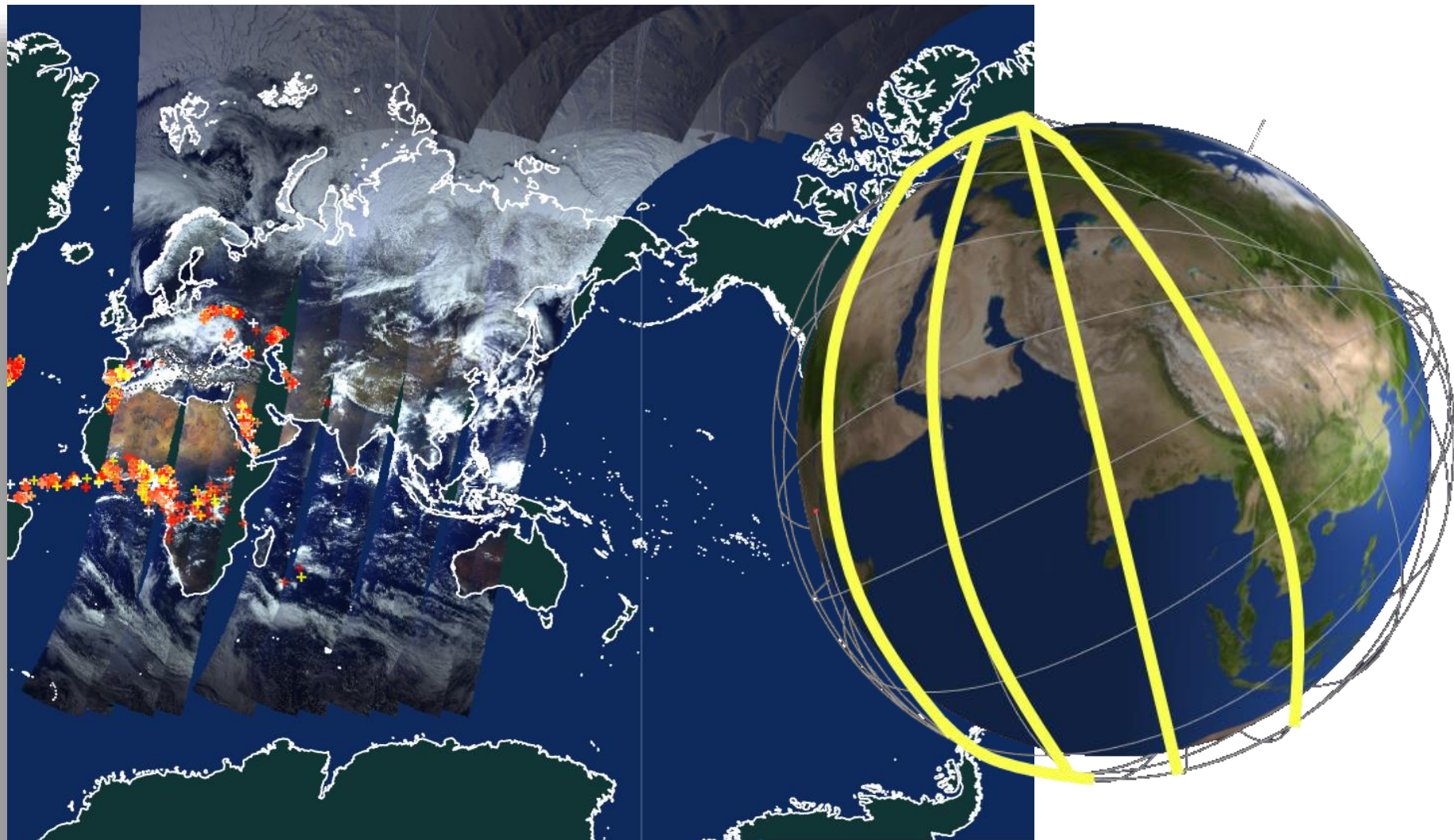
Κατά προσέγγιση
αποτυπωμένες
τροχιές γύρω από τη
Γη δορυφόρου
πολικής τροχιάς



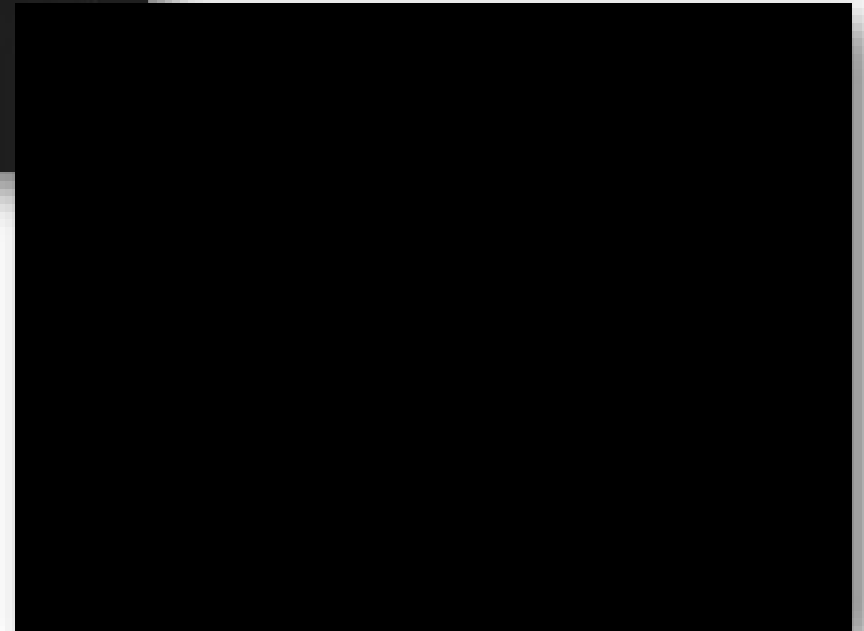
Μετεωρολογικοί Δορυφόροι Πολικής Τροχιάς



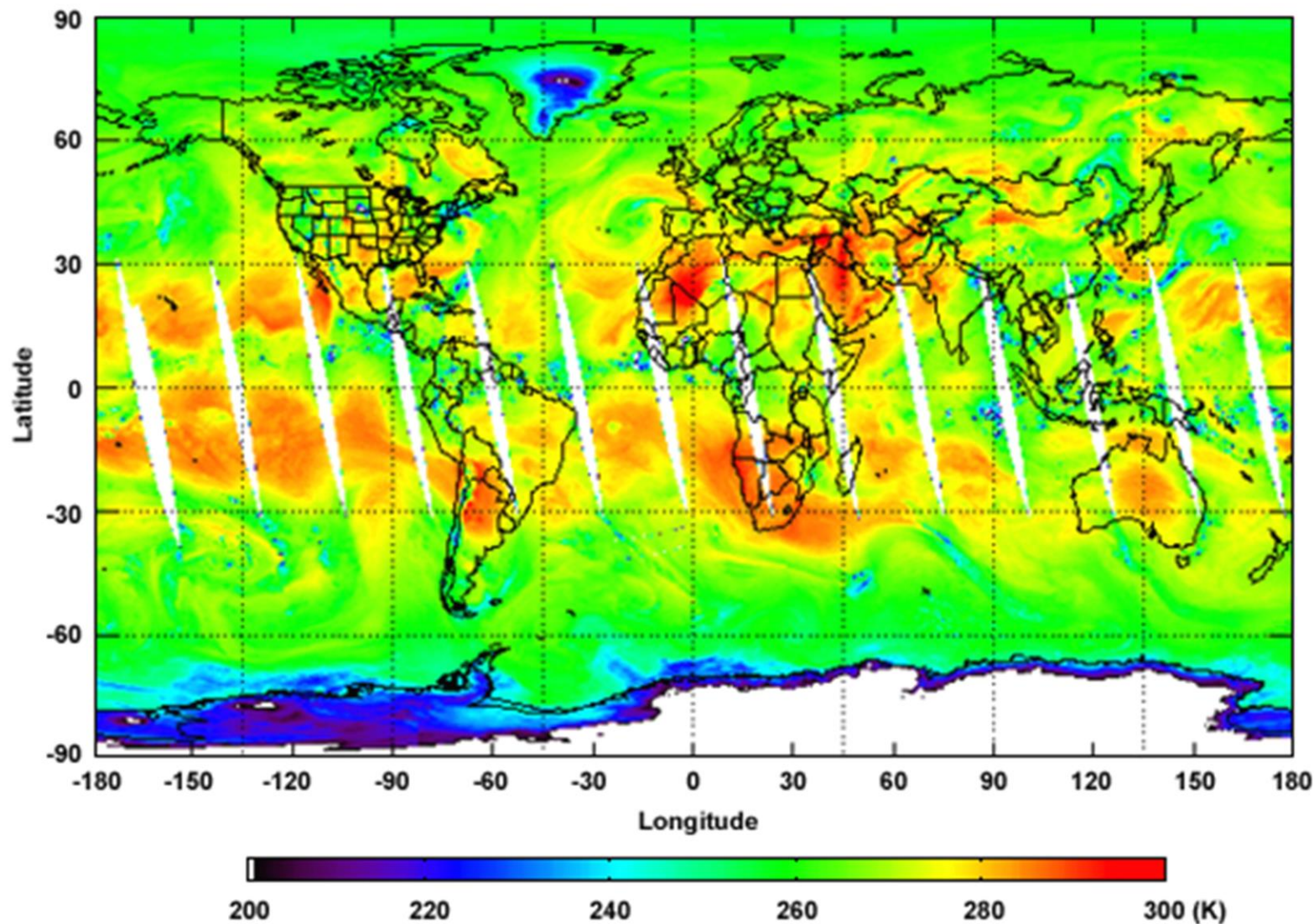
Μετεωρολογικοί Δορυφόροι Πολικής Τροχιάς



Μετεωρολογικοί Δορυφόροι Πολικής Τροχιάς



NOAA-18 Microwave Humidity Sounder Image Channel 5
Low-level Moisture and Surface Features 7 Jun 2006



NOAA

Δορυφόροι Τροχιάς NOAA

- Οι δορυφόροι NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) αποτελούν τη δεύτερη γενιά της σειράς περιβαλλοντικών/μετεωρολογικών δορυφόρων πολικής τροχιάς της NASA που έχουν σκοπό τη μελέτη των ωκεανών και της ατμόσφαιρας.
- Οι δορυφόροι που βρίσκονται σήμερα σε επιχειρησιακή λειτουργία είναι οι NOAA-15, 16, 17, 18 και 19.
- Οι δορυφόροι NOAA μεταφέρουν μια σειρά από όργανα, μεταξύ των οποίων και το προηγμένο ραδιόμετρο πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) για τον καθορισμό μετεωρολογικών παραμέτρων (όπως είδη νεφών), τη μελέτη του ενεργειακού ισοζυγίου, τον υπολογισμό της συγκέντρωσης όζοντος και της ηλιακής ακτινοβολίας, και τη λήψη εικόνων επιφάνειας.

Δορυφόροι Τροχιάς NOAA

Αισθητήρας	Κανάλι	Μήκη κύματος (μm)	Φασματική Περιοχή	Χωρ. Διακ. Ικανότητα (m)
AVHRR-1	1	0.58-0.68	Κόκκινο	1100
	2	0.725-1.10	Εγγύς IR	
	3	3.44-3.93	Μέσο IR	
	4	10.50-11.30	Θερμικό IR	
AVHRR-2	1	0.58-0.68	Κόκκινο	1100
	2	0.725-1.10	Εγγύς IR	
	3	3.44-3.93	Μέσο IR	
	4	10.50-11.30	Θερμικό IR	
	5	11.50-12.50	Θερμικό IR	
AVHRR-3	1	0.58-0.68	Κόκκινο	1100
	2	0.72-1.10	Εγγύς IR	
	3A (ΗΜΕΡΑ)	1.58-1.64	Μέσο IR	
	3B (ΝΥΧΤΑ)	3.55-3.93	Μέσο IR	
	4	10.30-11.30	Θερμικό IR	
	5	11.50-12.50	Θερμικό IR	

Δορυφόροι Πολικής Τροχιάς EUMETSAT

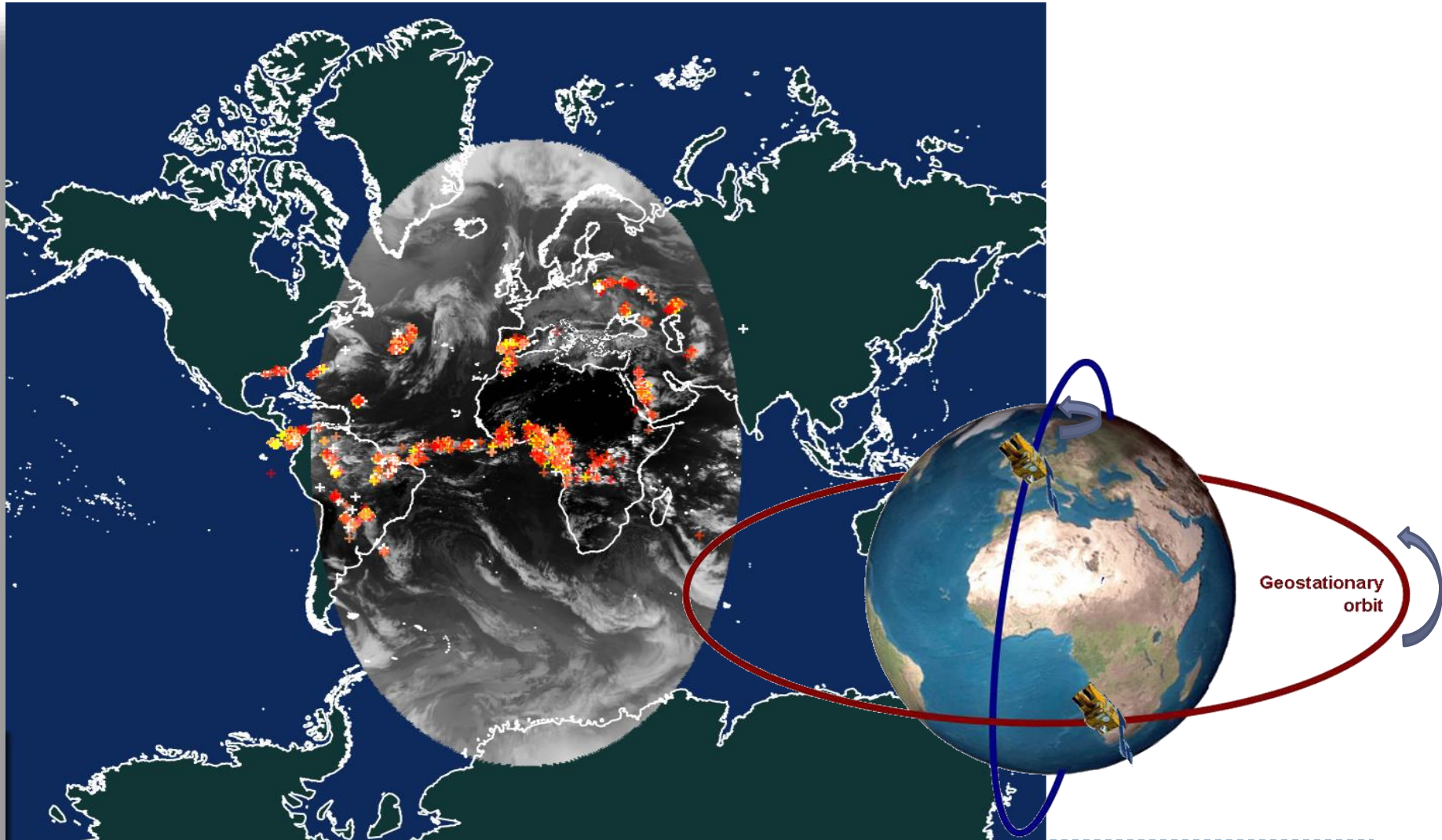
- Αντίστοιχα υπό την αιγίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT) λειτουργούν οι πολικής τροχιάς METOP A&B (EUMETSAT Polar System programme).

Δομή Παρουσίασης

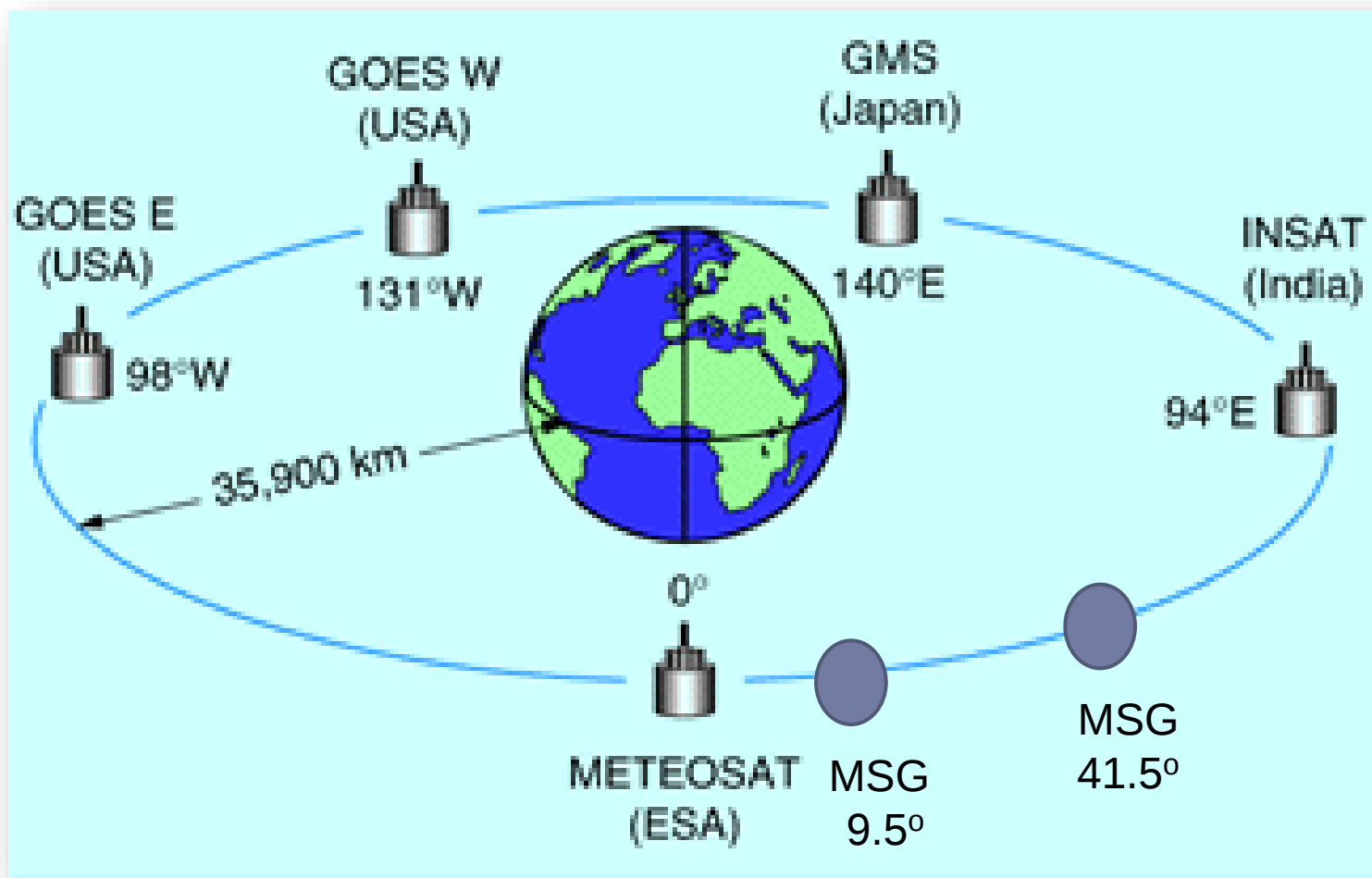
- Δορυφόροι
 - Τροχιάς
 - Γεωστάσιμοι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



Γεωστάσιμοι Μετεωρολογικοί Δορυφόροι



Γεωστάσιμοι Μετεωρολογικοί Δορυφόροι



Γεωστάσιμοι και Πολικής Τροχιάς Μετεωρολογικοί Δορυφόροι



Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
 - Τροχιάς
 - Γεωστάσιμοι
 - NASA
 - EUMETSAT
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **NASA**

Κανάλι	Μήκος κύματος (μm)	Φασματική περιοχή	Χωρ. Διακρ. Ικαν. (km)
1	0.55 - 0.75	ορατό	1
2	3.80-4.00	μέσο υπέρυθρο	2
3	6.50-7.00	θερμικό υπέρυθρο (H_2O)	8
4	10.20- 11.20	θερμικό υπέρυθρο	4
5	11.50- 12.50	θερμικό υπέρυθρο	4

Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
 - Τροχιάς
 - Γεωστάσιμοι
 - NASA
 - **EUMETSAT**
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



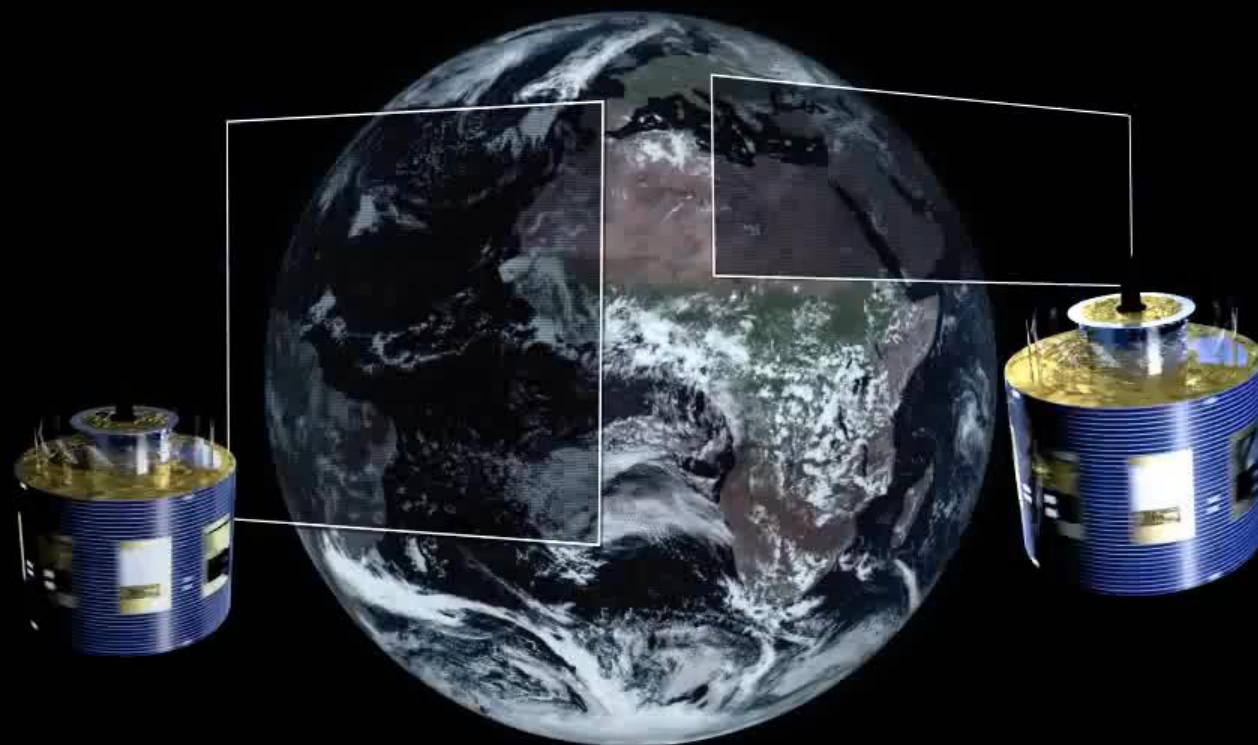
Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **EUMETSAT**

- Από τους πιο σημαντικούς μετεωρολογικούς δορυφόρους είναι οι Meteosat (Meteorological Satellite), οι οποίοι λειτουργούν υπό την αιγίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT).
- Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι αποτελούν σήμερα απαραίτητο εργαλείο για την παρατήρηση και την πρόγνωση του καιρού. Παρέχοντας κάλυψη του συνόλου σχεδόν της γήινης επιφάνειας, επιτρέπουν την παρατήρηση με μεγάλη χωρική ανάλυση (3km & 1km) σε γεωγραφικές περιοχές όπου οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις είναι δύσκολες ή αδύνατες (ερημικές περιοχές, ωκεανοί κλπ.).

Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **EUMETSAT**

- Το 2002 τέθηκε σε τροχιά ο πρώτος δορυφόρος της νέας γενιάς δορυφόρων Meteosat MSG (Meteosat Second Generation) με την ονομασία Meteosat-8 ο οποίος φέρει το ραδιόμετρο SEVIRI με αυξημένη φασματική, χωρική και χρονική διακριτική ικανότητα.
- Το κύριο όργανο που διαθέτουν οι παρόντες Meteosat δεύτερης γενιάς είναι ο απεικονιστής με την ονομασία SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager). Το όργανο αυτό παρακολουθεί τη γη σε 12 διαφορετικές φασματικές περιοχές ενώ καταγράφει και στέλνει τα δεδομένα κάθε **15 min παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα παρακολούθησης με μεγάλη χρονική ανάλυση δυναμικών φαινομένων που εξελίσσονται γρήγορα χρονικά.**

Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **EUMETSAT**



Time-lapse
00:00

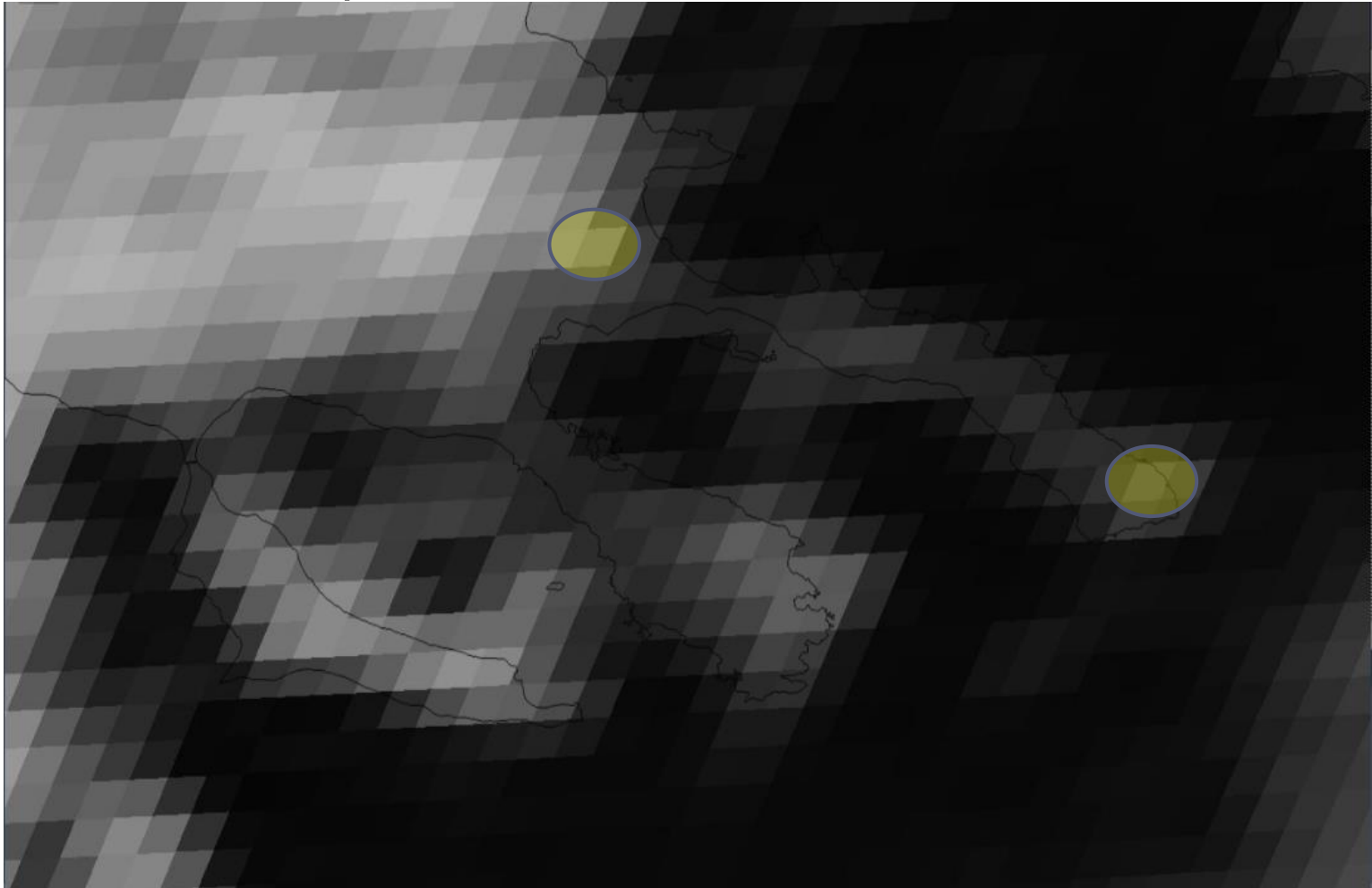
Animated representation

Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **EUMETSAT**

- Από τους νέους δορυφόρους, ο MTG-I1 (Meteosat Third Generation – Imager 1), εκτοξεύτηκε τον Δεκέμβριο του 2022.
- Παρακολουθεί τη γη σε 60 διαφορετικές φασματικές περιοχές ενώ καταγράφει και στέλνει τα δεδομένα κάθε **10 min** σε ανάλυση 0.5-2 km.
- Ανιχνεύει επίσης ηλεκτρικές εκκενώσεις της ατμόσφαιρας.

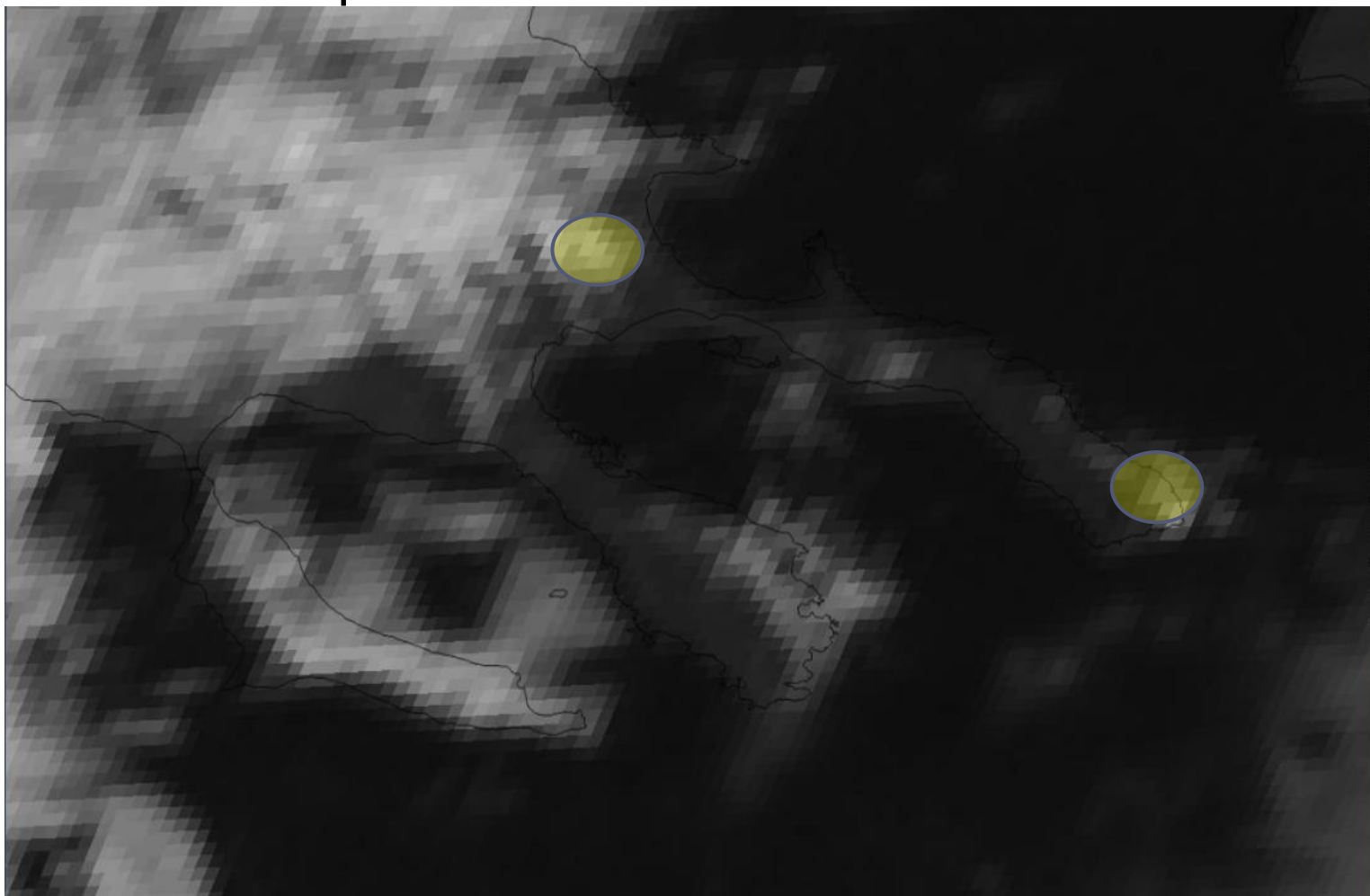
Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **EUMETSAT**

- 3 km Ανάλυση



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι - **EUMETSAT**

- 1 km Ανάλυση



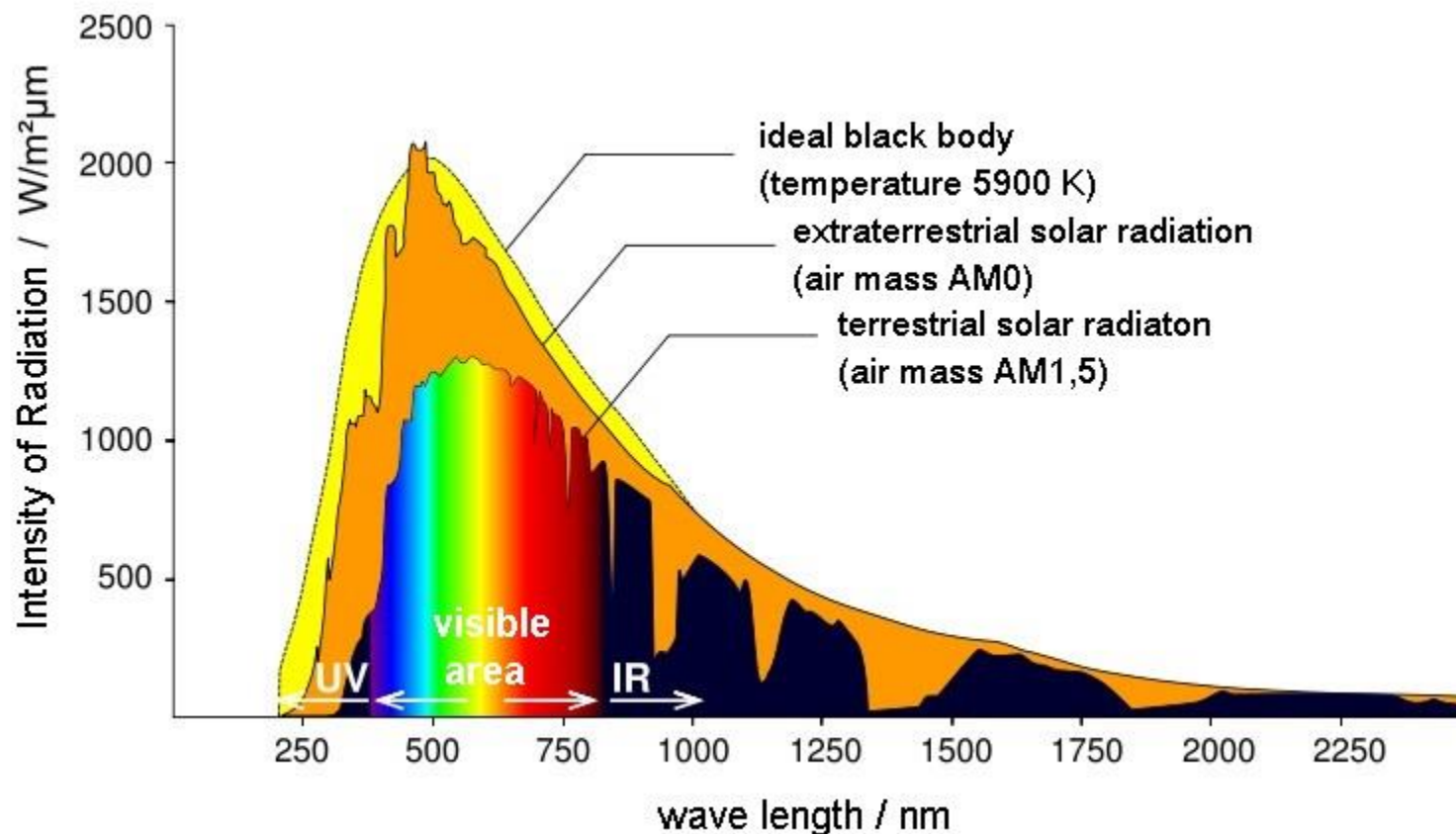
Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



Εφαρμογή φυσικής

➤ Μέλαν σώμα

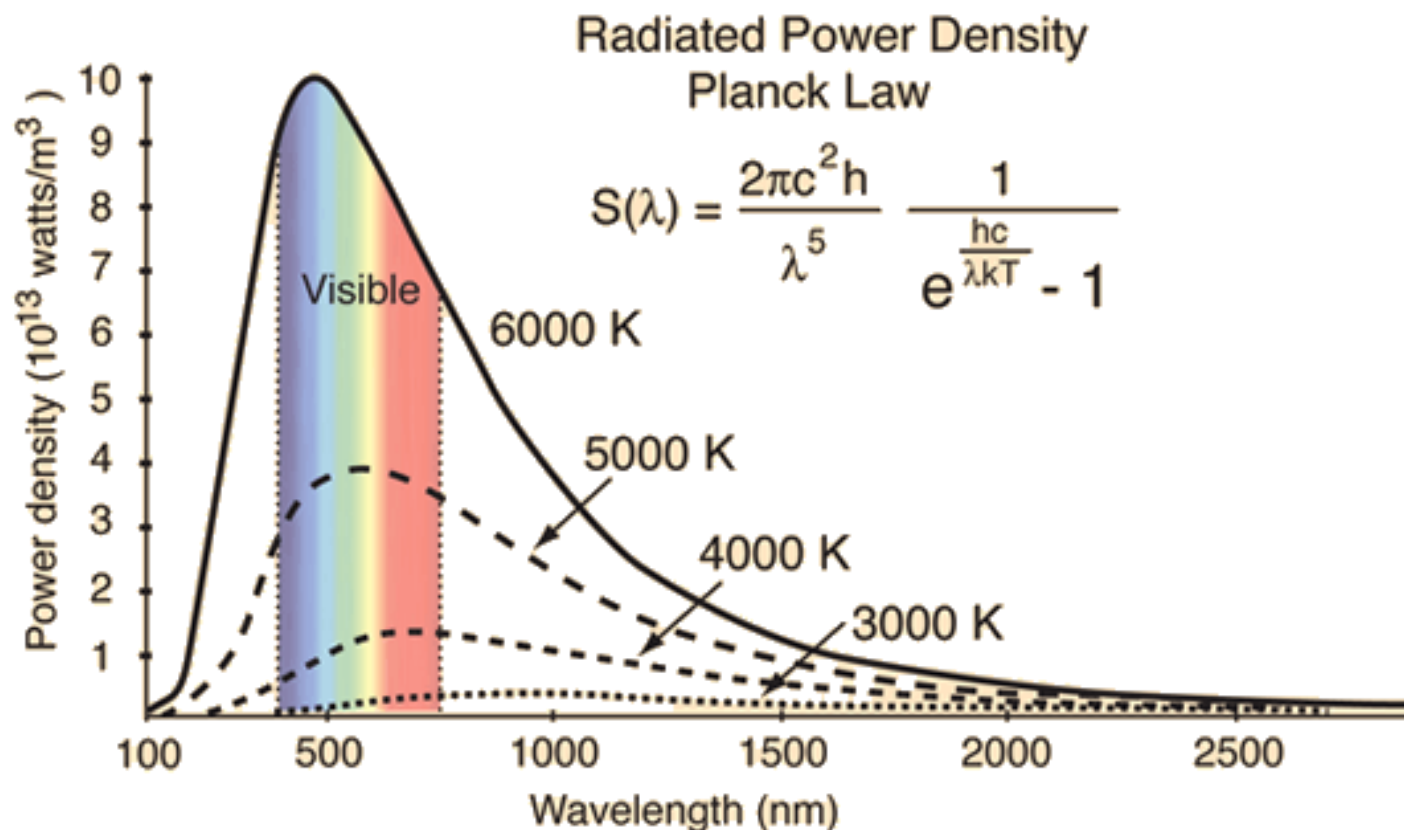


Εφαρμογή φυσικής – ροή ακτινοβολίας



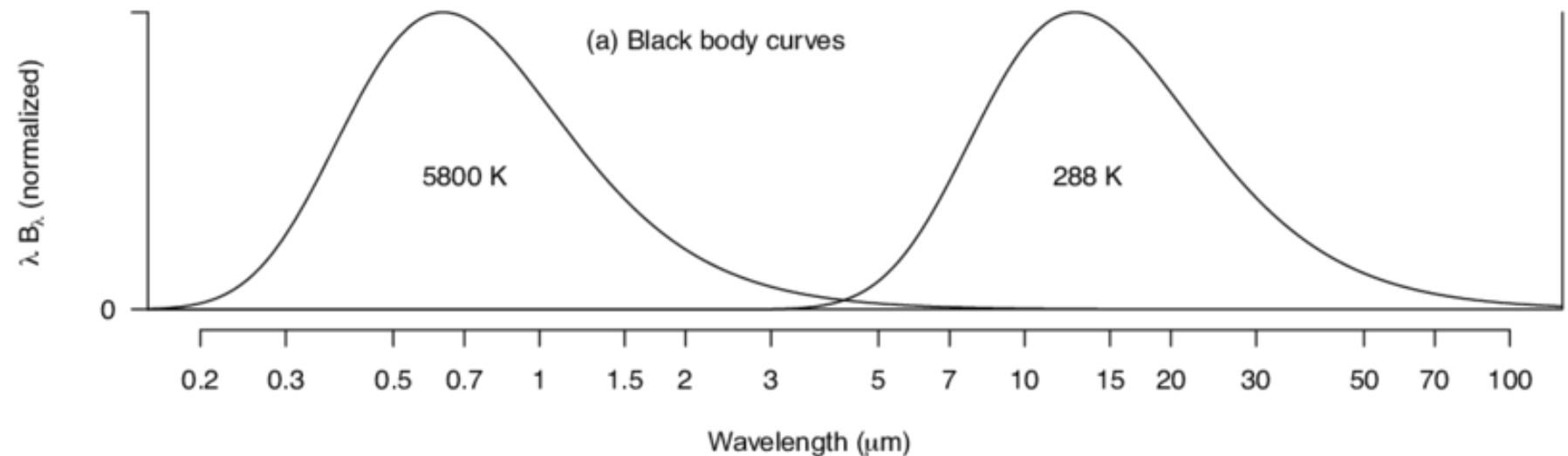
Εφαρμογή φυσικής

➤ Μέλαν σώμα



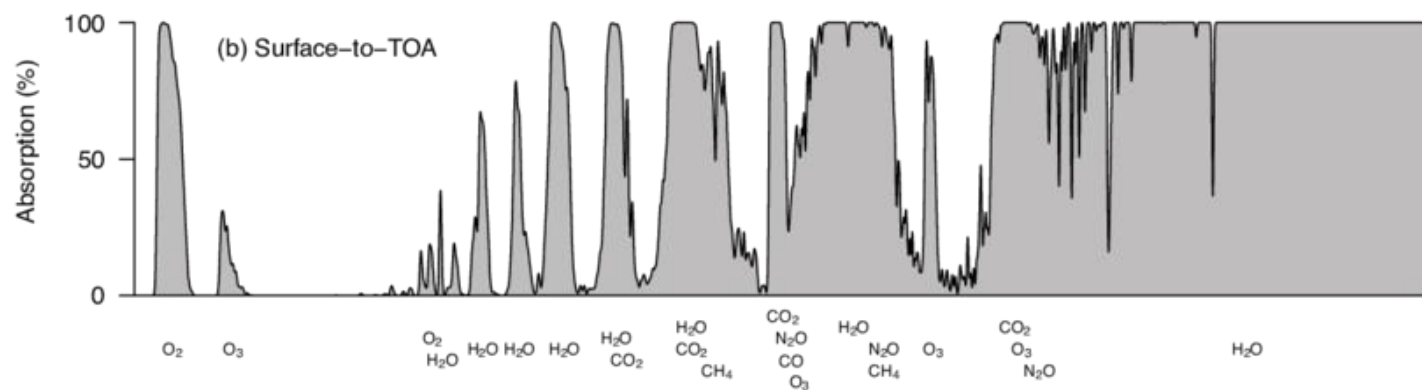
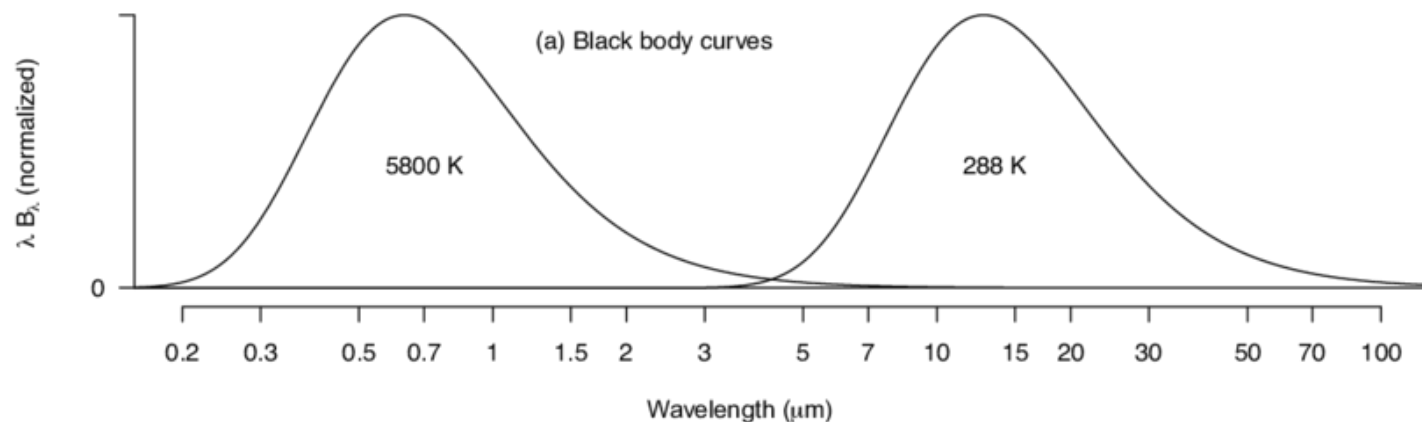
Εφαρμογή φυσικής

➤ Μέλαν σώμα



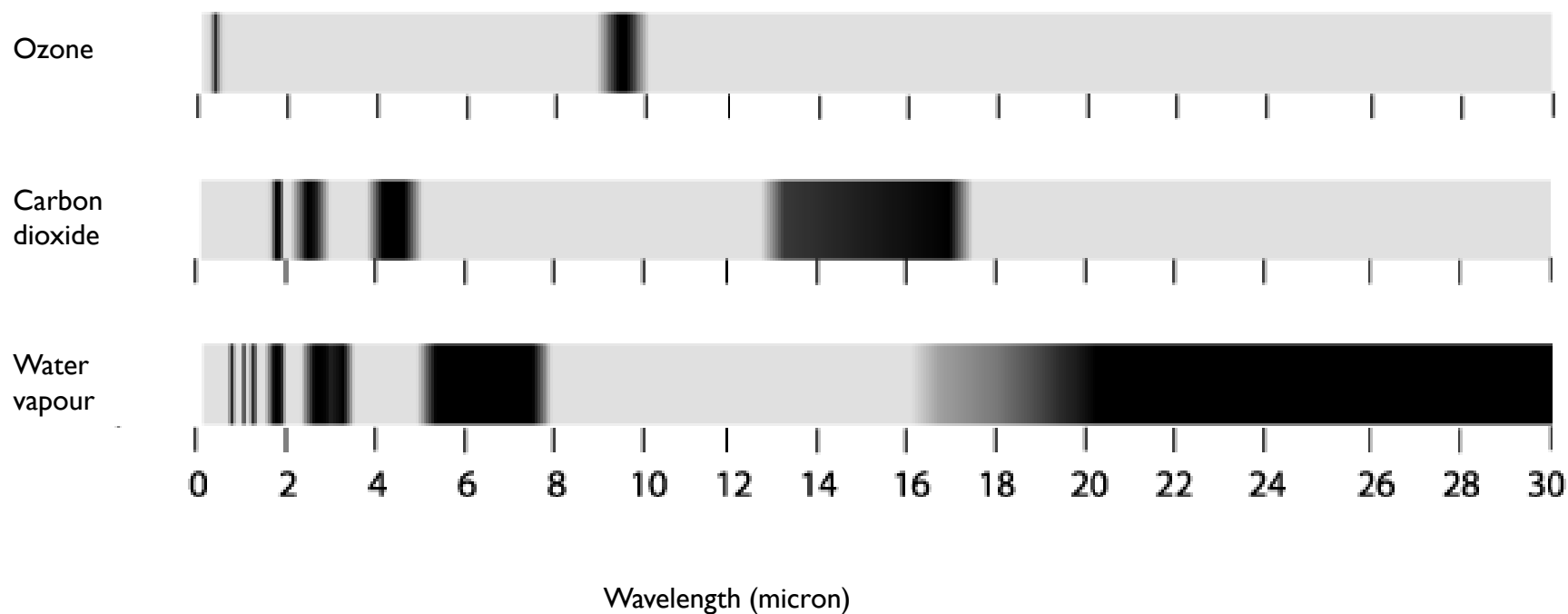
Εφαρμογή φυσικής

➤ Φάσματα Ακτινοβολίας



Εφαρμογή φυσικής

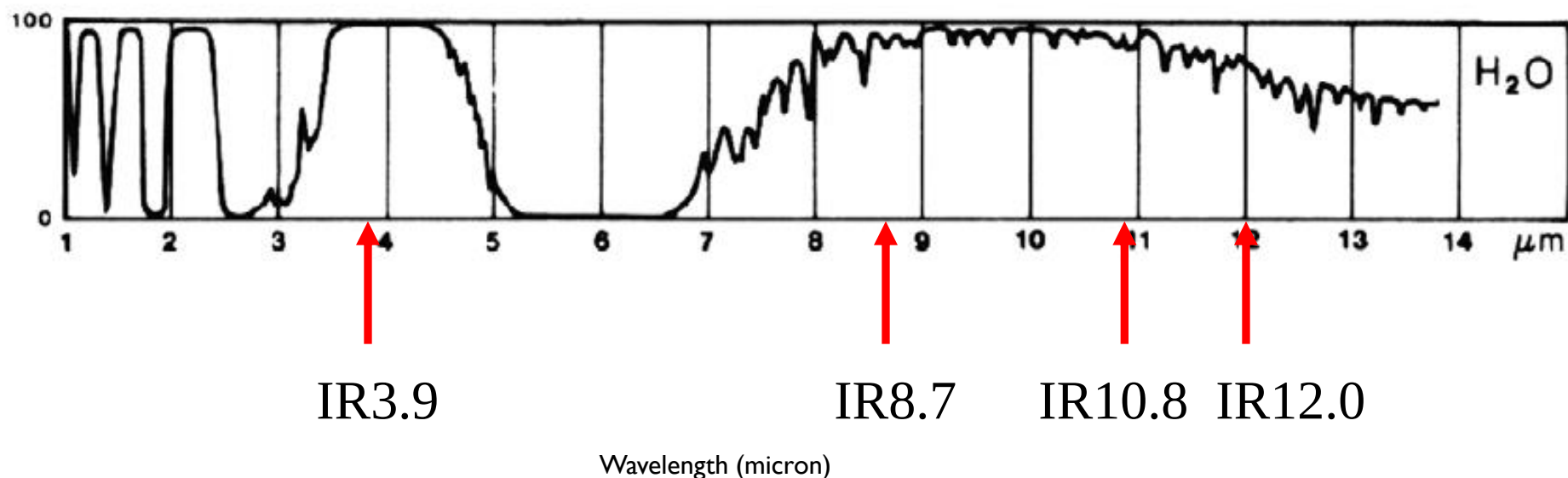
➤ Φάσματα Ακτινοβολίας - Απορρόφησης



Εφαρμογή φυσικής

➤ Φάσματα Ακτινοβολίας – Απορρόφησης

WV Absorption Bands in the IR Region



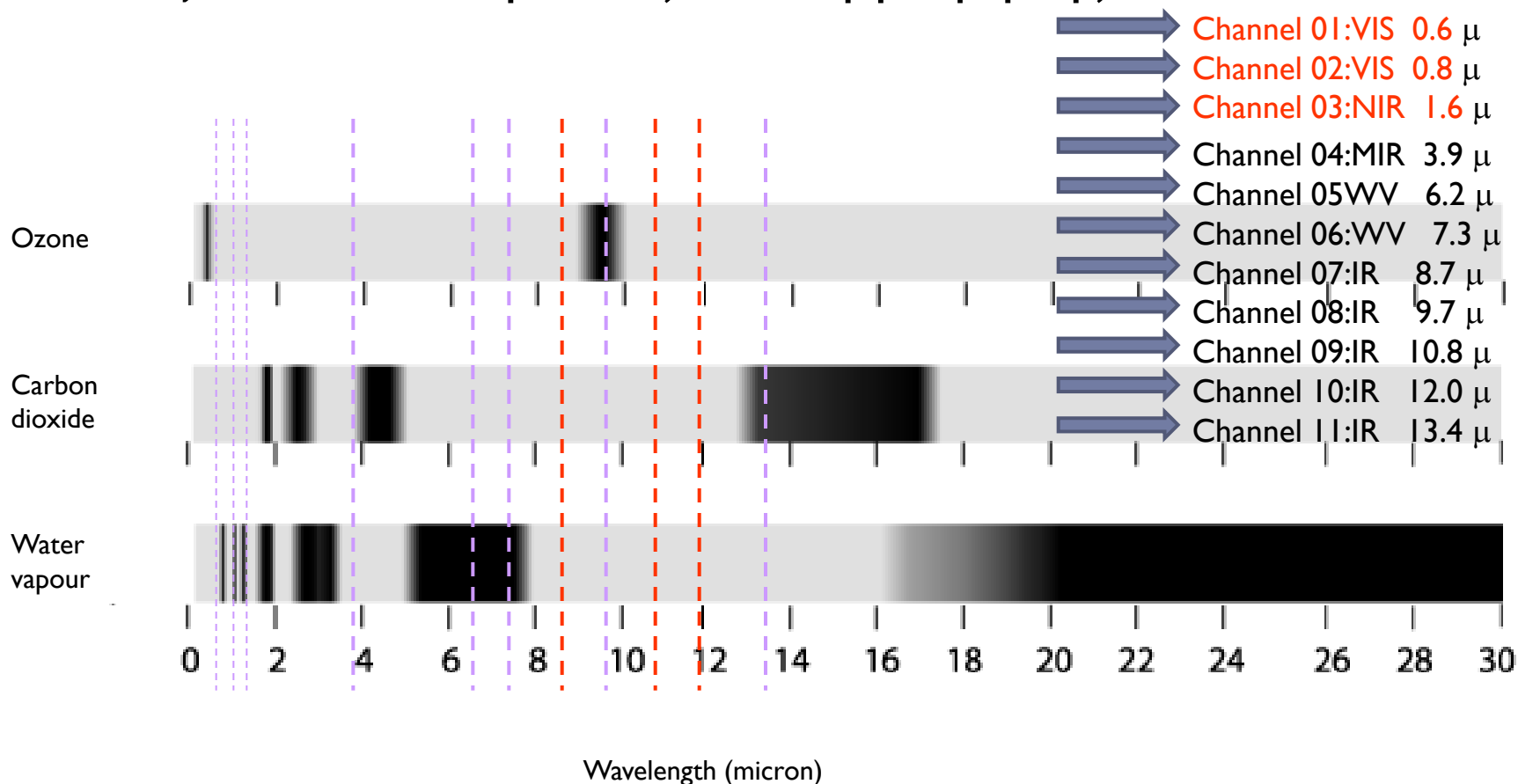
Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
 - Τροχιάς
 - Γεωστάσιμοι
 - NASA
 - **EUMETSAT**
 - **MSG**
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG**

➤ Φάσματα Ακτινοβολίας - Απορρόφησης



All MSG channels

• Channel 01:VIS 0.6 μ	0.56-0.71
• Channel 02:VIS 0.8 μ	0.71-0.95
• Channel 03:NIR 1.6 μ	1.44-1.79
• Channel 04:MIR 3.9 μ	3.40-4.20
• Channel 05 WV 6.2 μ	5.35-7.15
• Channel 06:WV 7.3 μ	6.85-7.85
• Channel 07:IR 8.7 μ	8.30-9.10
• Channel 07:IR 8.7 μ	9.46-9.94
• Channel 08:IR 9.7 μ („Ozon“)	9.80-11.80
• Channel 09:IR 10.8 μ	11.0-13.0
• Channel 10:IR 12.0 μ	13.04-13.76
• Channel 11:IR 13.4 μ („CO ₂ “)	0.50-0.90
• Channel 12: HRV (High Resolution Visible)	

Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG**

Σχέση μεταξύ brightness temperatures (T_b) και ακτινοβολίες από τον αισθητήρα SEVIRI (R):

$$T_b = \left[C_2 \nu_c / \log \left(\frac{C_1 \nu_c^3}{R} + 1 \right) - B \right] / A$$

$$R(\nu_c) = C_1 \nu_c^3 / \{ \exp [C_2 \nu_c / (A T_b + B)] - 1 \}$$

$$C_1 = 1.19104 \cdot 10^{-5} \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1} (\text{cm}^{-1})^{-4}$$

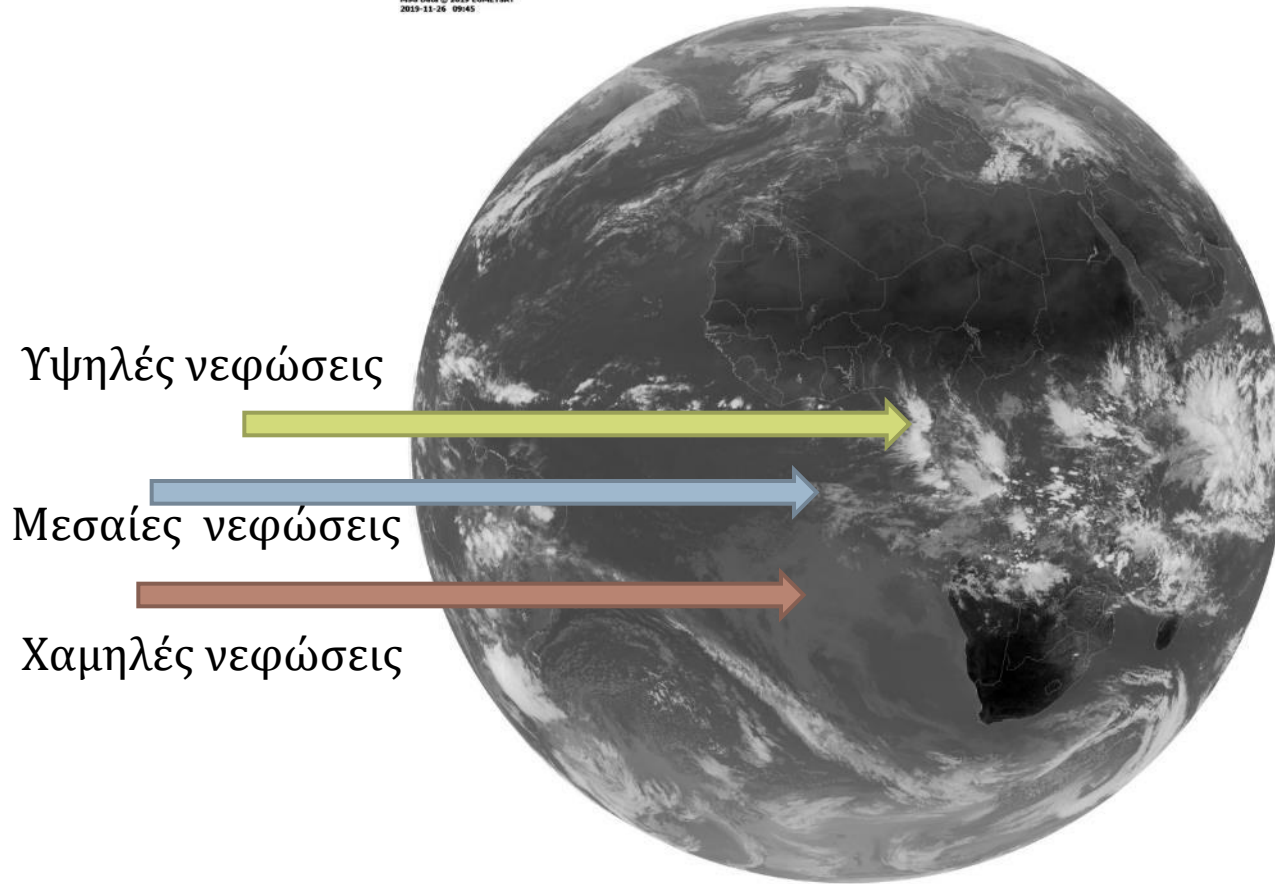
$$C_2 = 1.43877 \text{ K} (\text{cm}^{-1})^{-1}$$

ν_c = central wavenumber of the channel

A, B coefficients

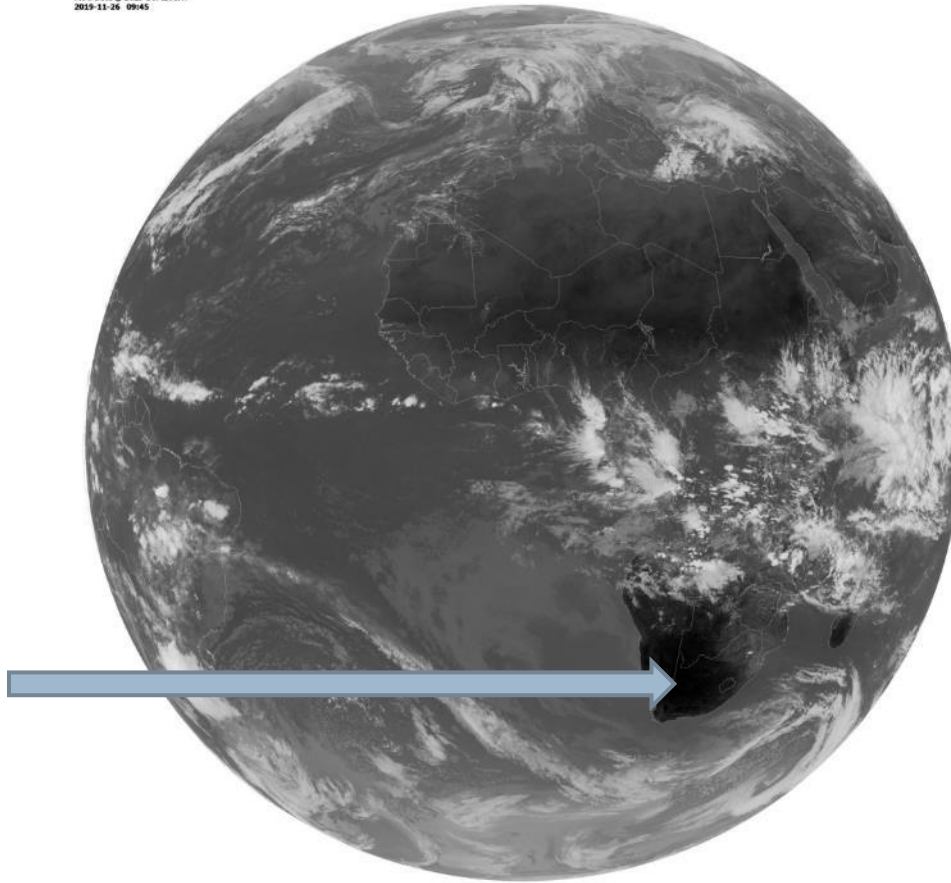
Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG** μικροφυσική νεφών - Νέφη

MSG Data © 2019 EUMETSAT
2019-11-26 09:45



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG** μικροφυσική νεφών - Έδαφος

MSG Data © 2019 EUMETSAT
2019-11-26 09:45



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG**

μικροφυσική νεφών - Έδαφος

- Σε μία IR εικόνα μετεωρολογικού δορυφόρου μπορεί να διακριθούν οι ακτογραμμές, οι λίμνες, οι ποταμοί, το χιόνι, ο πάγος και τα ωκεάνια ρεύματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας στα όρια των περιοχών αυτών τόσο περισσότερο διακριτά είναι αυτά. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας αλλάζουν με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή και την ώρα της ημέρας. Για παράδειγμα, οι ακτογραμμές διακρίνονται με μεγαλύτερη ευκρίνεια κατά την διάρκεια μιας καλοκαιρινής ημέρας, όταν η διαφορά στη θερμοκρασία εδάφους- θάλασσας είναι μέγιστη.

Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG**

μικροφυσική νεφών - Έδαφος

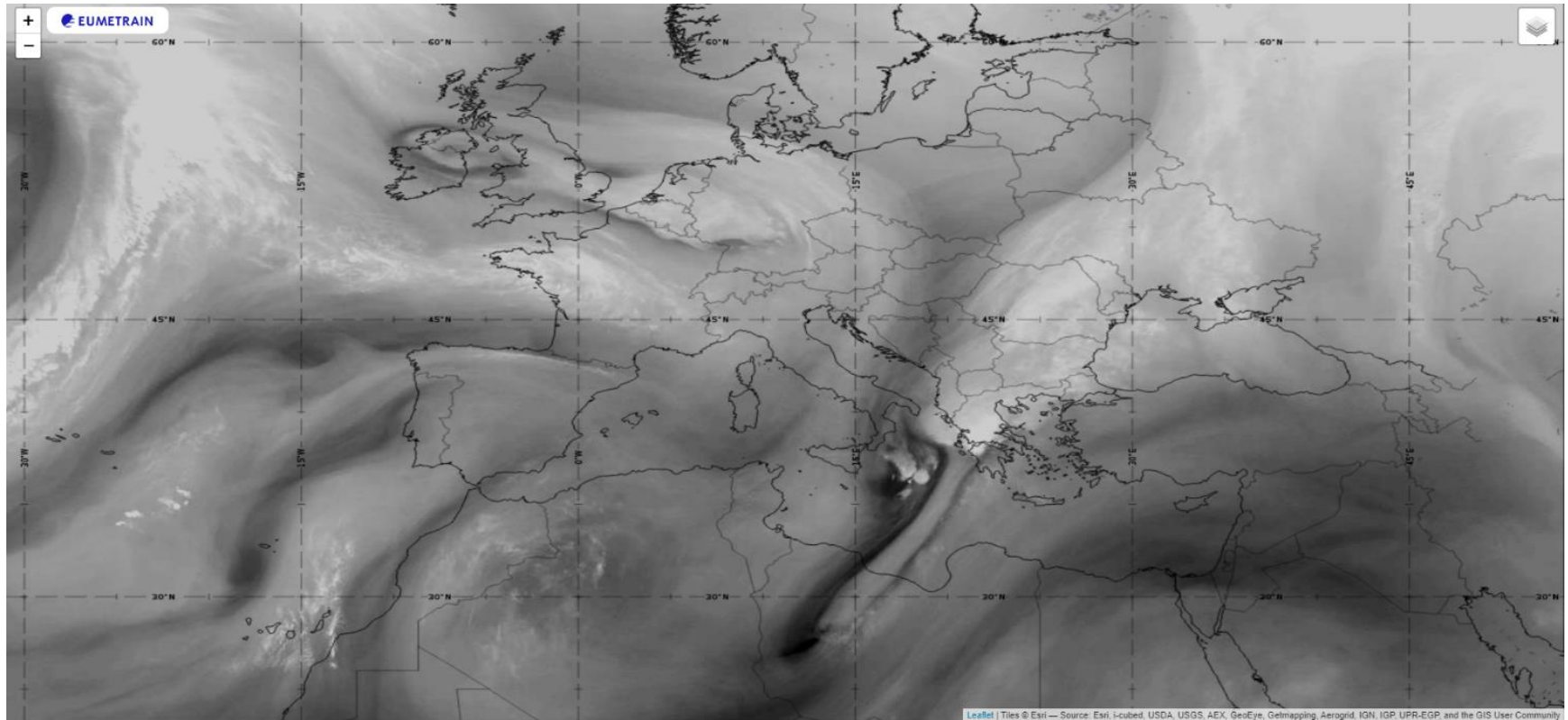
- Την ημέρα το έδαφος εμφανίζεται πιο σκούρο από τη γειτονική θάλασσα, ενώ τη νύχτα, αν και το νερό διατηρεί την απόχρωση του, εμφανίζεται πιο σκούρο από το έδαφος το οποίο ψύχθηκε λόγω ακτινοβολίας. Μία χιονοσκεπής περιοχή συνήθως εμφανίζεται πιο λευκή από τις γύρω περιοχές. Η λαμπρότητα εξαρτάται από τον τύπο της βλάστησης στην περιοχή. Η ορεινή χιονοκάλυψη είναι περισσότερο ορατή στο VIS από ότι στο IR, διότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της ψυχρής ξηράς και του χιονιού είναι μικρή, ενώ η διαφορά στη λευκαύγεια είναι μεγάλη.

Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG**

μικροφυσική νεφών - WV

- Το WV κανάλι είναι το πιο κατάλληλο για τον εντοπισμό των αεροχειμάρων και των μεγίστων στροβιλισμού, οι οποίοι δημιουργούν μεγάλη θερμοβαθμίδα και συνεπώς μεγάλες αντιθέσεις στην κατανομή των υδρατμών.
- Συγκεκριμένα, ένας αεροχείμαρος διακρίνεται από την απότομη μεταβολή στην υγρασία του αέρα, με τον ξηρό αέρα να βρίσκεται στην πλευρά του αεροχειμάρου που "βλέπει" προς τους πόλους.
- Επειδή τα νέφη εκπέμπουν ακτινοβολία στα μήκη κύματος απορρόφησης των υδρατμών, οι κορυφές των υψηλών νεφών διακρίνονται ως τα πιο λευκά στοιχεία στην εικόνα. Ιδιαίτερα, υψηλά νέφη όπως τα cumulonimbus (Cb) ξεχωρίζουν από την υψηλή λαμπρότητα των κορυφών τους τόσο στις εικόνες WV όσο και στις IR.

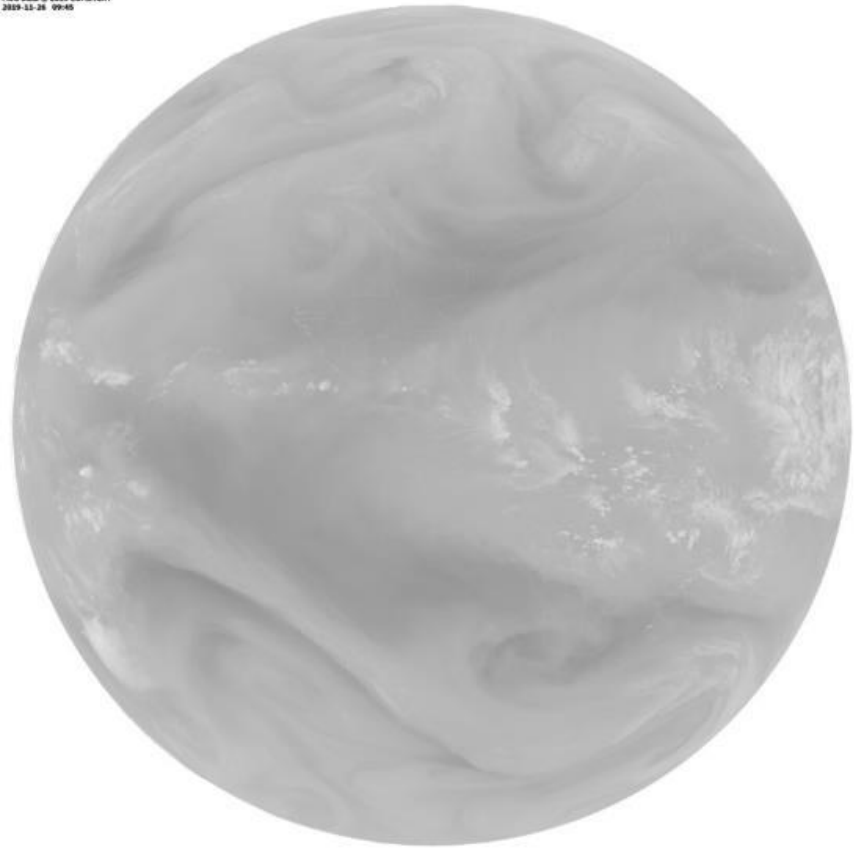
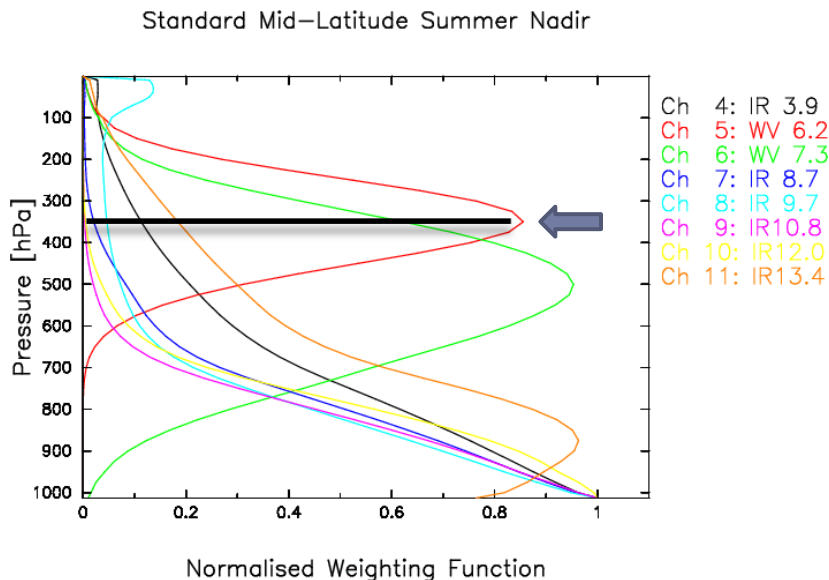
Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG** μικροφυσική νεφών - WV



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG** μικροφυσική νεφών – **WV 6,2**

- Το WV 6,2μ κανάλι είναι ενδεικτικό για την υγρασία στα 300hPa.

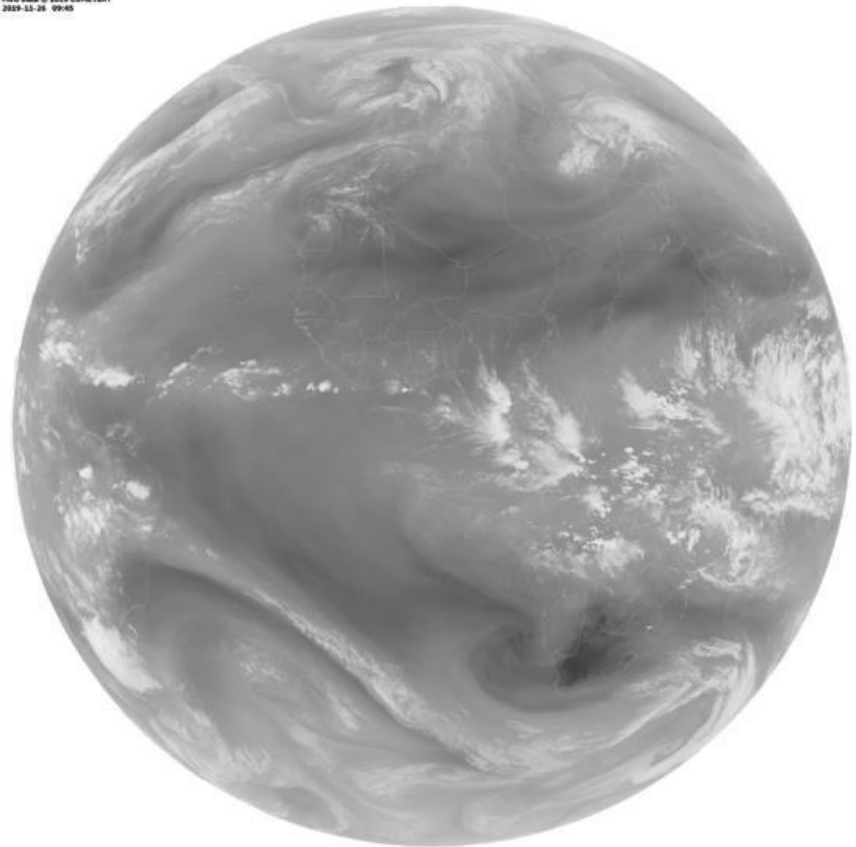
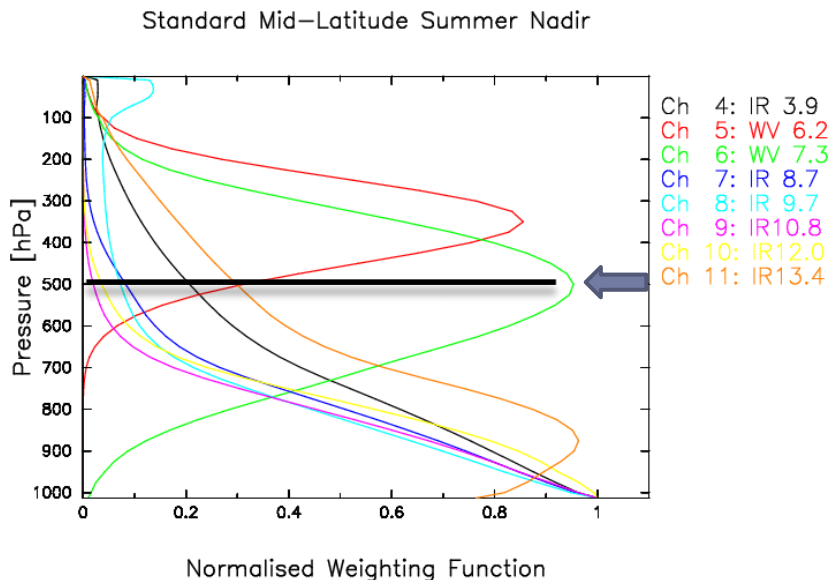
MSG Data © 2018 EUMETSAT
2019-11-26 09:45



Δορυφόροι Γεωστάσιμοι – **MSG** μικροφυσική νεφών – WV 7,3

- Το WV 7,3μ κανάλι είναι ενδεικτικό για την υγρασία στα 500hPa.

MSG Data © 2018 EUMETSAT
2019-11-26 09:45



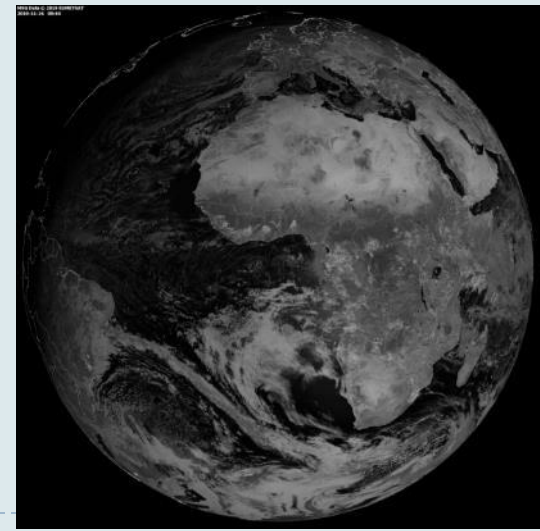
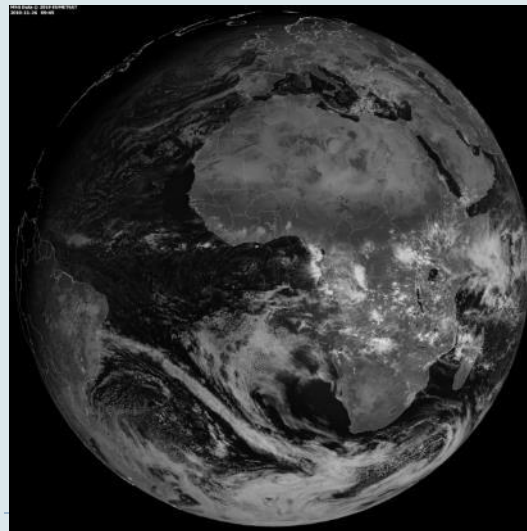
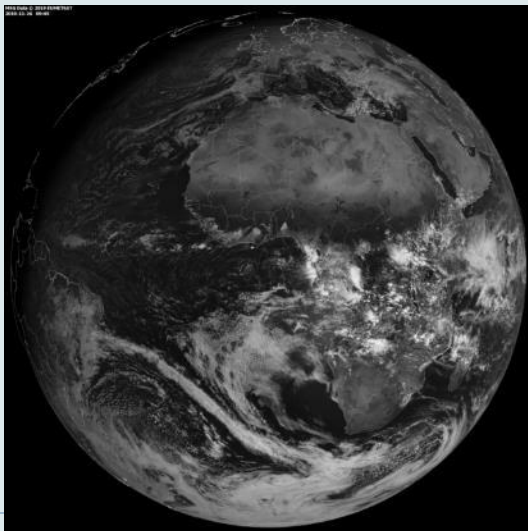
Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



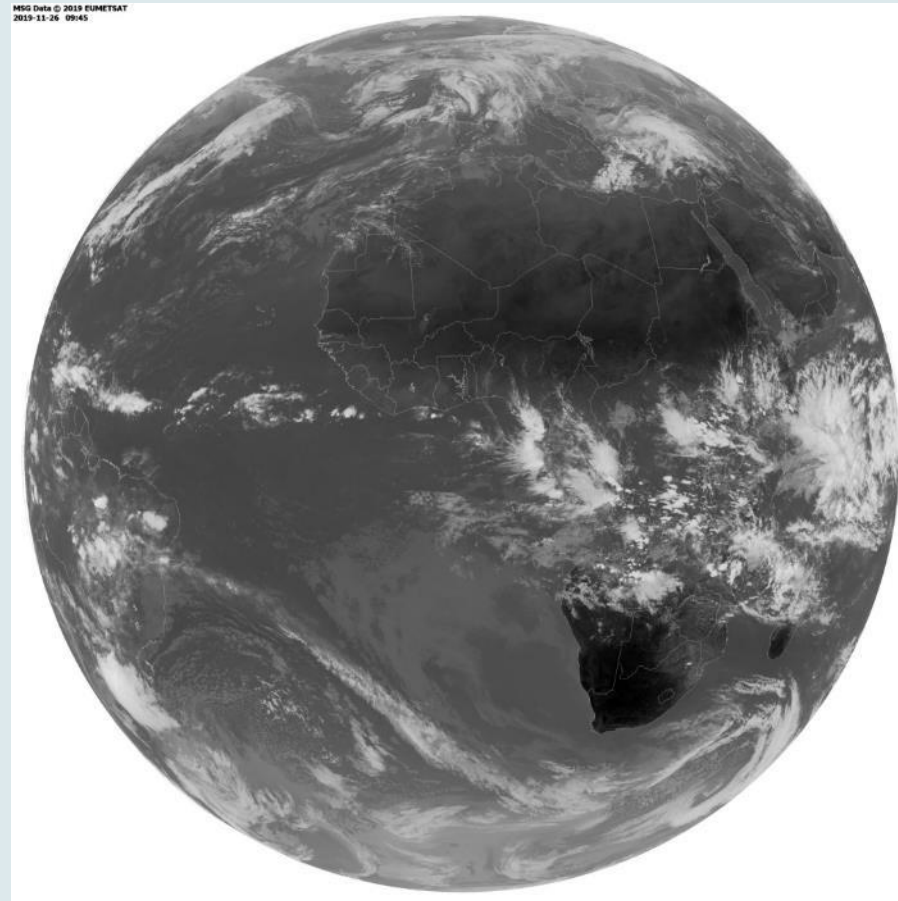
Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις
 - Ορατό (**VIS**)
 - Υπέρυθρο (IR)
 - Υδρατμών (WV)
 - RGB (συνδυασμός καναλιών)



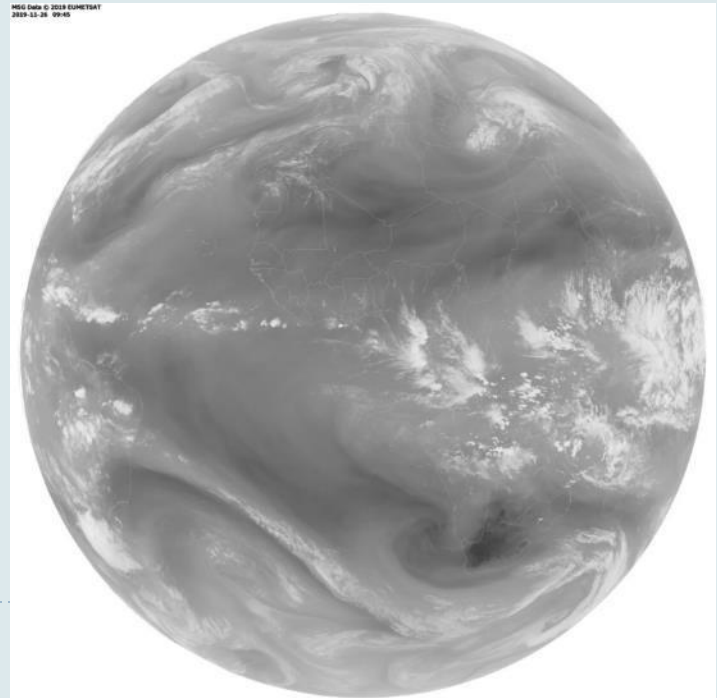
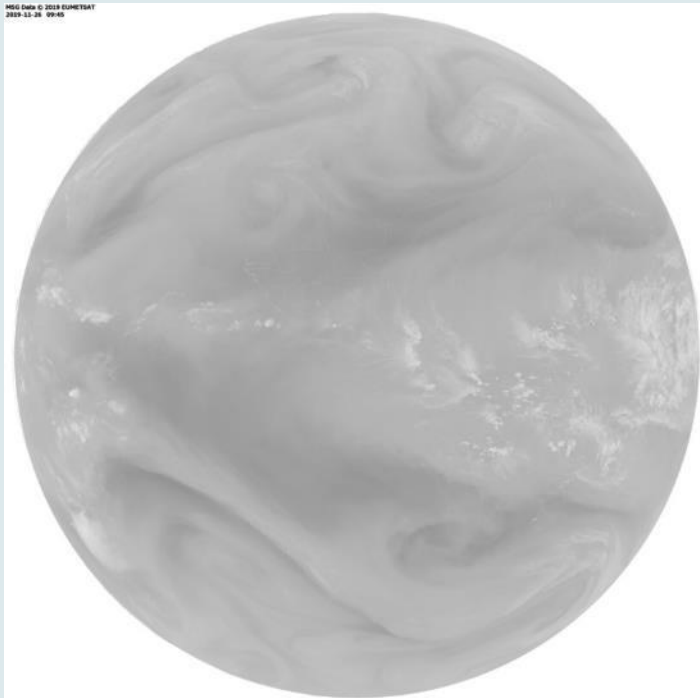
Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις
 - Ορατό (VIS)
 - Υπέρυθρο (IR)
 - Υδρατμών (WV)
 - RGB (συνδυασμός καναλιών)



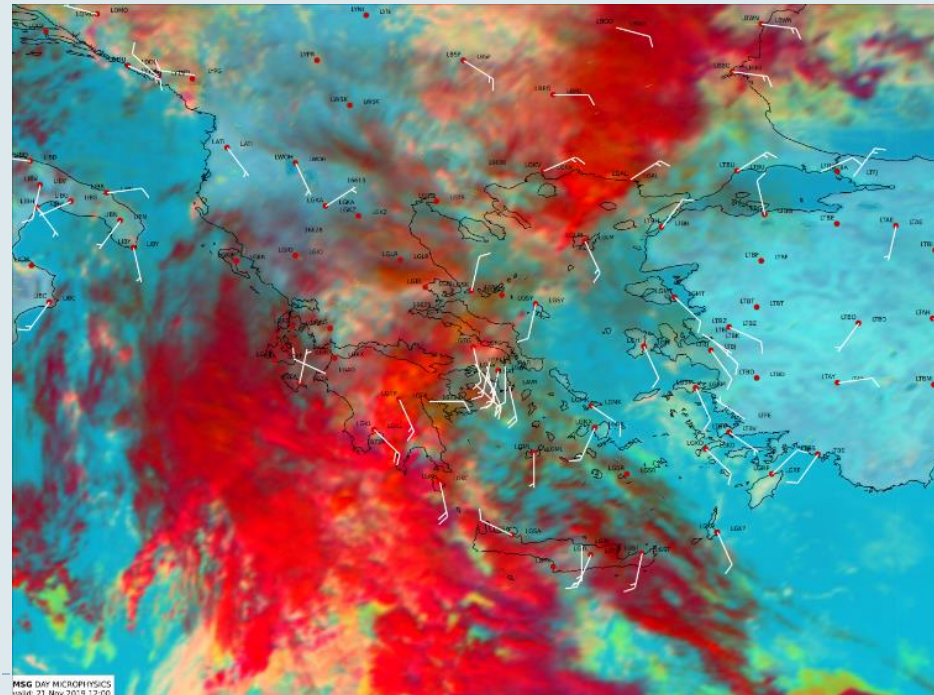
Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις
 - Ορατό (VIS)
 - Υπέρυθρο (IR)
 - Υδρατμών (WV)
 - RGB (συνδυασμός καναλιών)



Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις
 - Ορατό (VIS)
 - Υπέρυθρο (IR)
 - Υδρατμών (WV)
 - **RGB**
(συνδυασμός καναλιών)



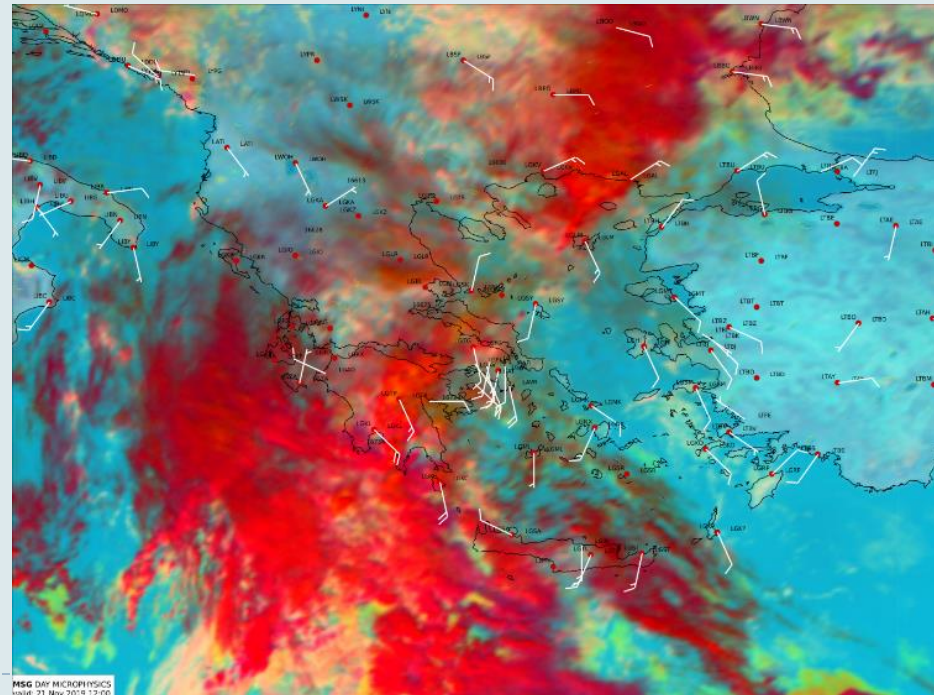
Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις

- Ορατό (VIS)
- Υπέρυθρο (IR)
- Υδρατμών (WV)
- **RGB**

(συνδυασμός καναλιών)

Day Microphysics



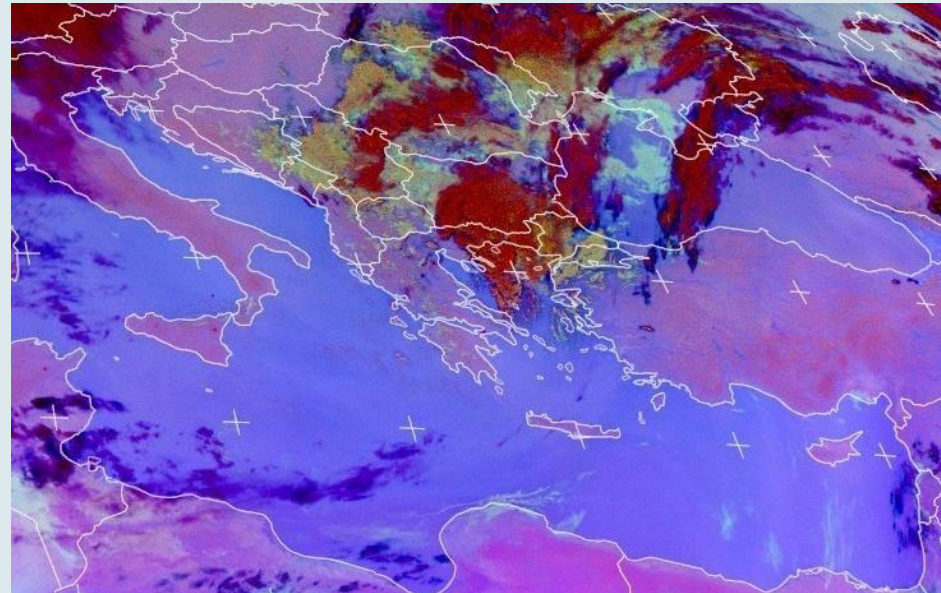
Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις

- Ορατό (VIS)
- Υπέρυθρο (IR)
- Υδρατμών (WV)
- **RGB**

(συνδυασμός καναλιών)

Night Microphysics - Fog



Προϊόντα τηλεπισκόπησης

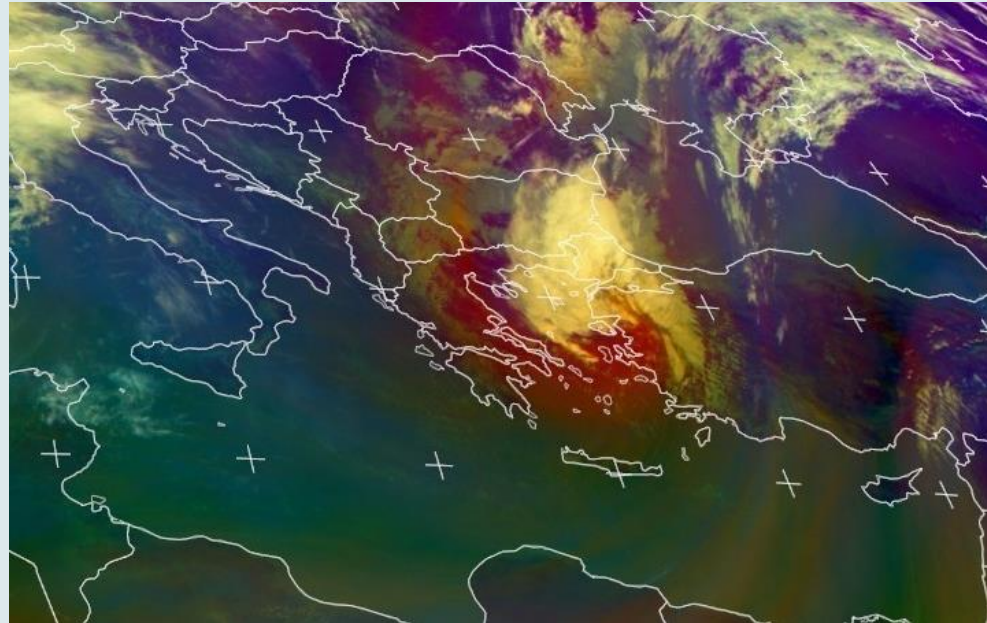
- Δορυφορικές απεικονίσεις

- Ορατό (VIS)
- Υπέρυθρο (IR)
- Υδρατμών (WV)

- **RGB**

(συνδυασμός καναλιών)

Airmass



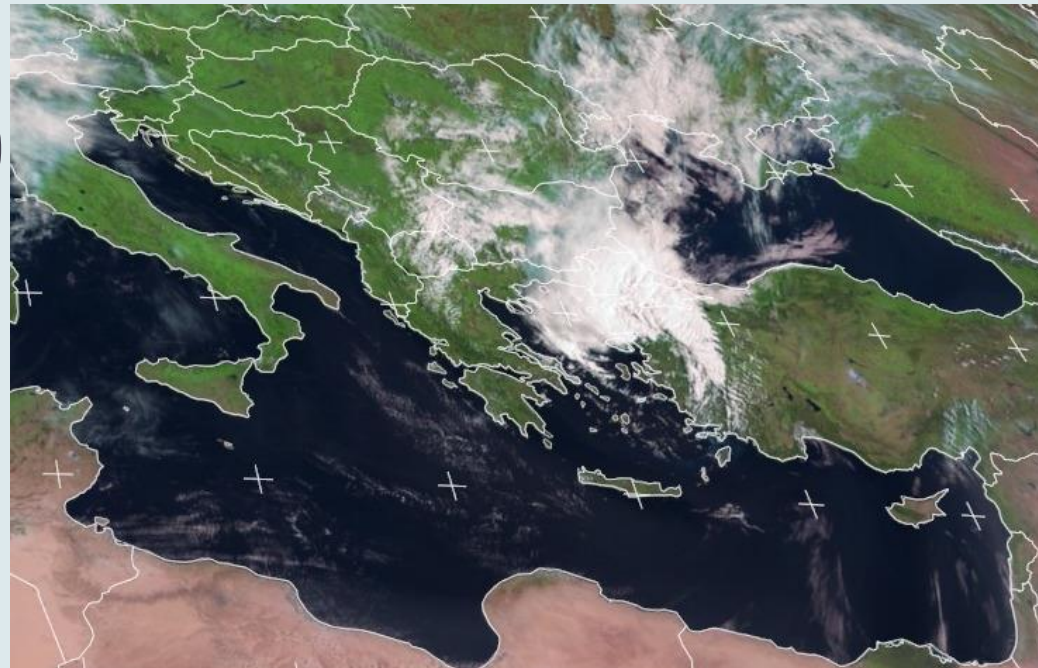
Προϊόντα τηλεπισκόπησης

- Δορυφορικές απεικονίσεις

- Ορατό (VIS)
- Υπέρυθρο (IR)
- Υδρατμών (WV)
- **RGB**

(συνδυασμός καναλιών)

**Natural Colour
(Enhanced)**



Δομή Παρουσίασης

- Δορυφόροι
- Εφαρμογή φυσικής
- Προϊόντα τηλεπισκόπησης
- Μετεωρολογικές Εφαρμογές



Μετεωρολογικές Εφαρμογές

➤ **Nowcasting**

- Δορυφορικές εφαρμογές

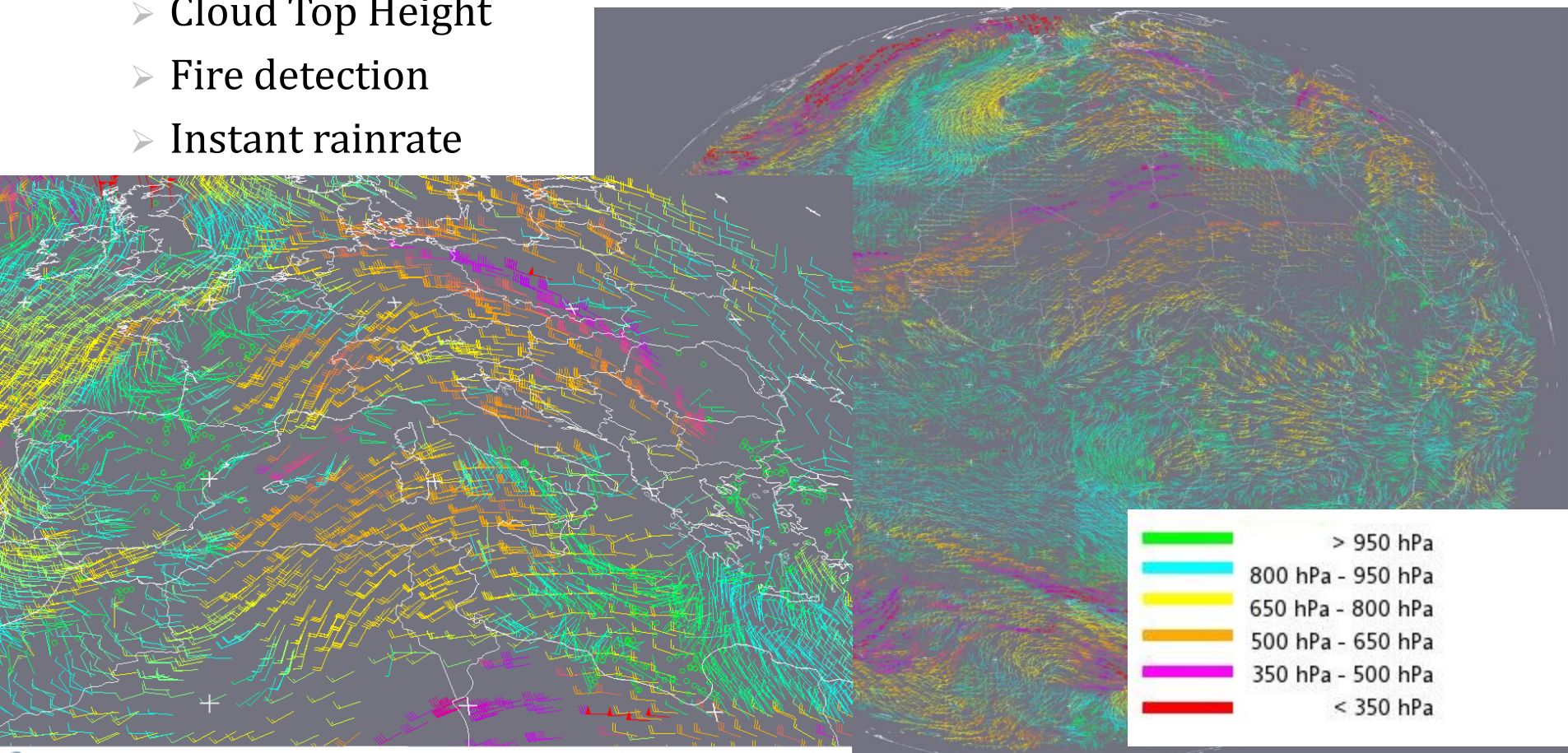
➤ **Forecasting**

- Ενσωμάτωση δεδομένων
- Επαλήθευση προγνωστικών αποτελεσμάτων

Μετεωρολογικές Εφαρμογές

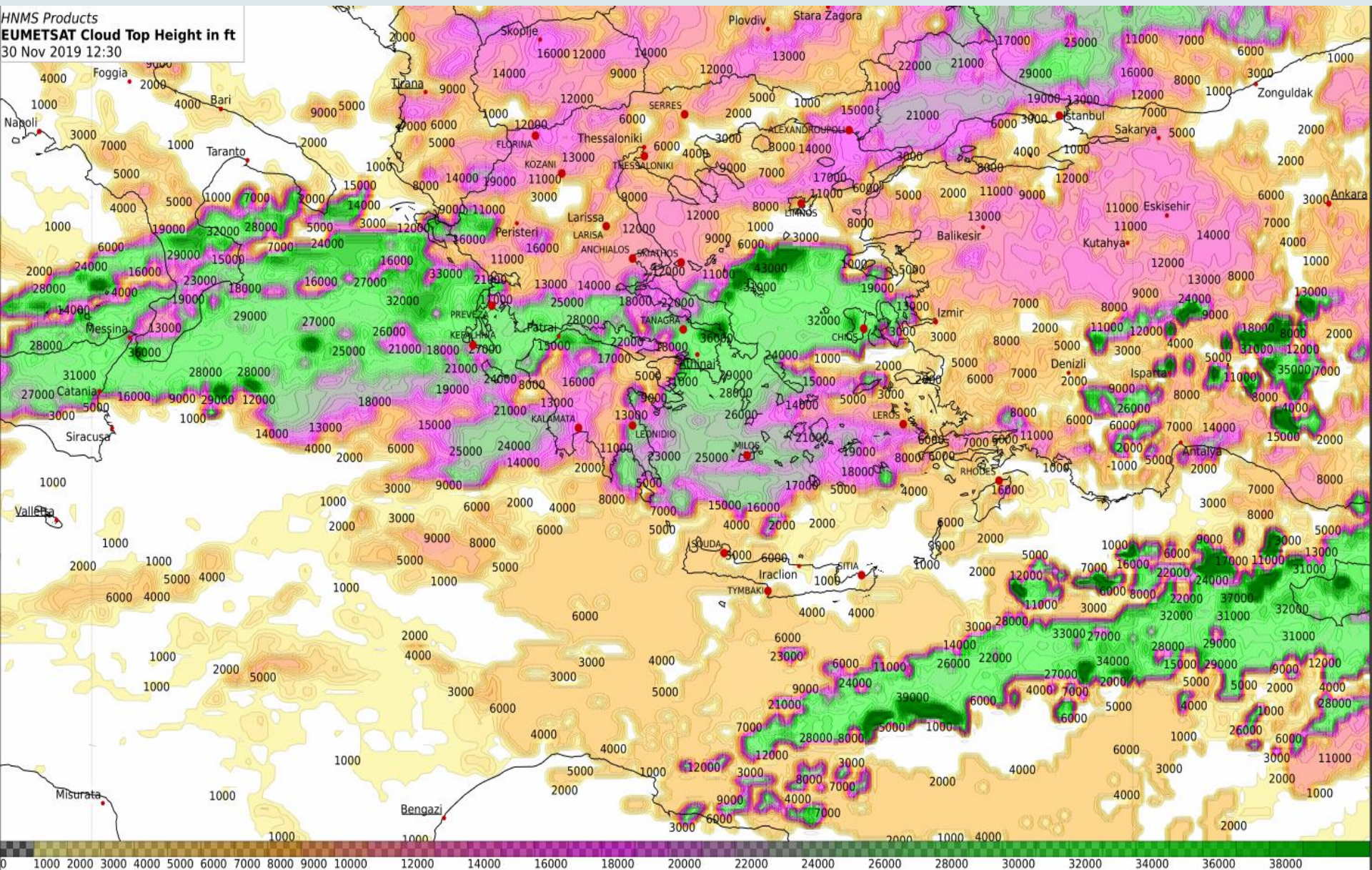
➤ Nowcasting

- Δορυφορικές εφαρμογές
 - **Atmospheric motion vectors**
 - Cloud Top Height
 - Fire detection
 - Instant rainrate



Μετεωρολογικές Εφαρμογές

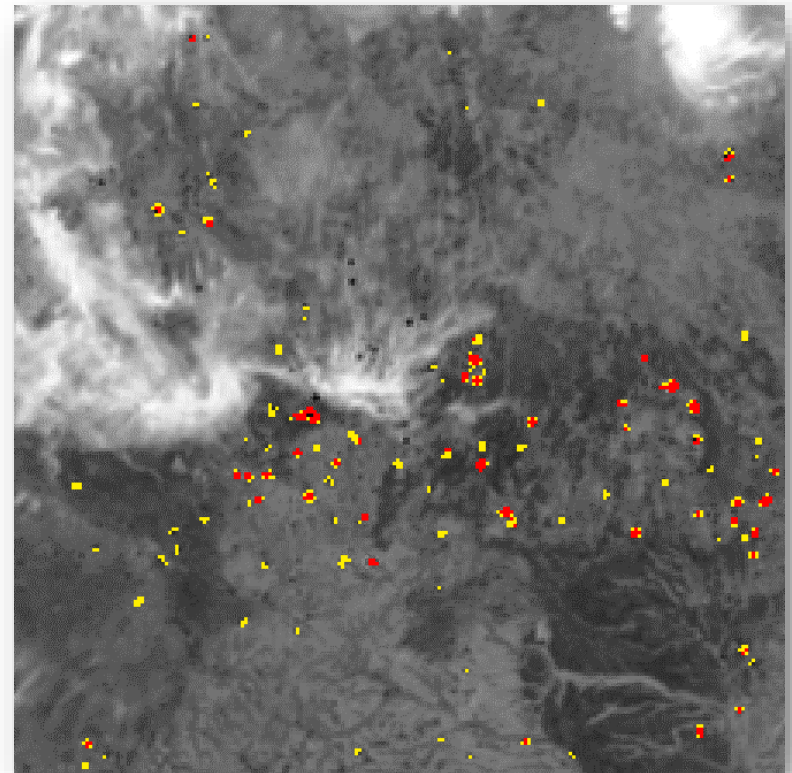
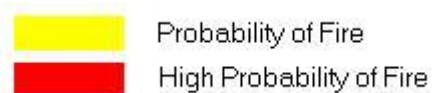
HNMS Products
EUMETSAT Cloud Top Height in ft
30 Nov 2019 12:30



Μετεωρολογικές Εφαρμογές

➤ **Nowcasting**

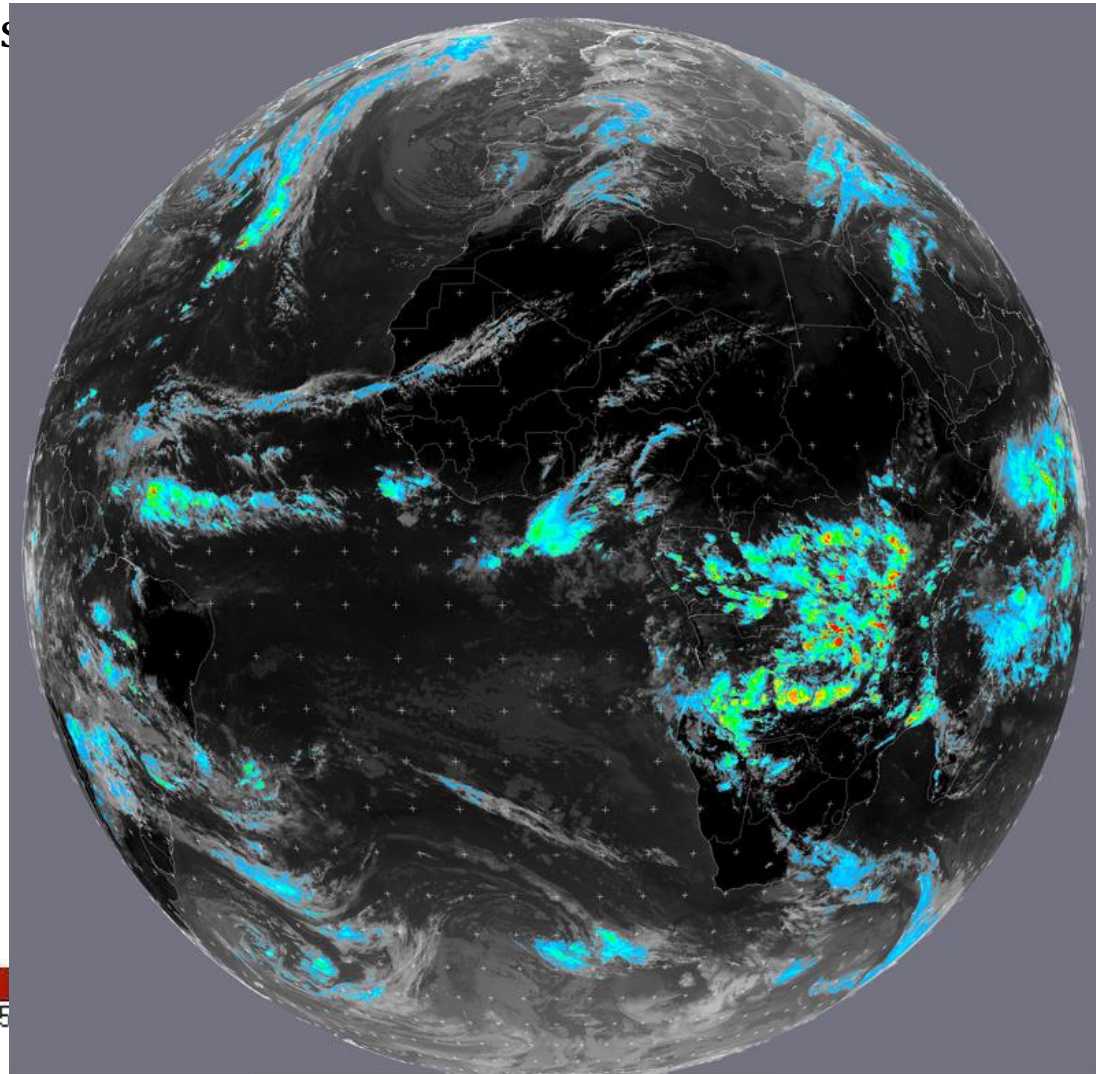
- Δορυφορικές εφαρμογές
 - Atmospheric motion vectors
 - Cloud Top Height
 - **Fire detection**
 - Instant rainrate



Μετεωρολογικές Εφαρμογές

➤ Nowcasting

- Δορυφορικές εφαρμογές
 - Atmospheric motion vectors
 - Cloud Top Height
 - Fire detection
 - **Instant rain rate**



Μετεωρολογικές Εφαρμογές

➤ **Forecasting**

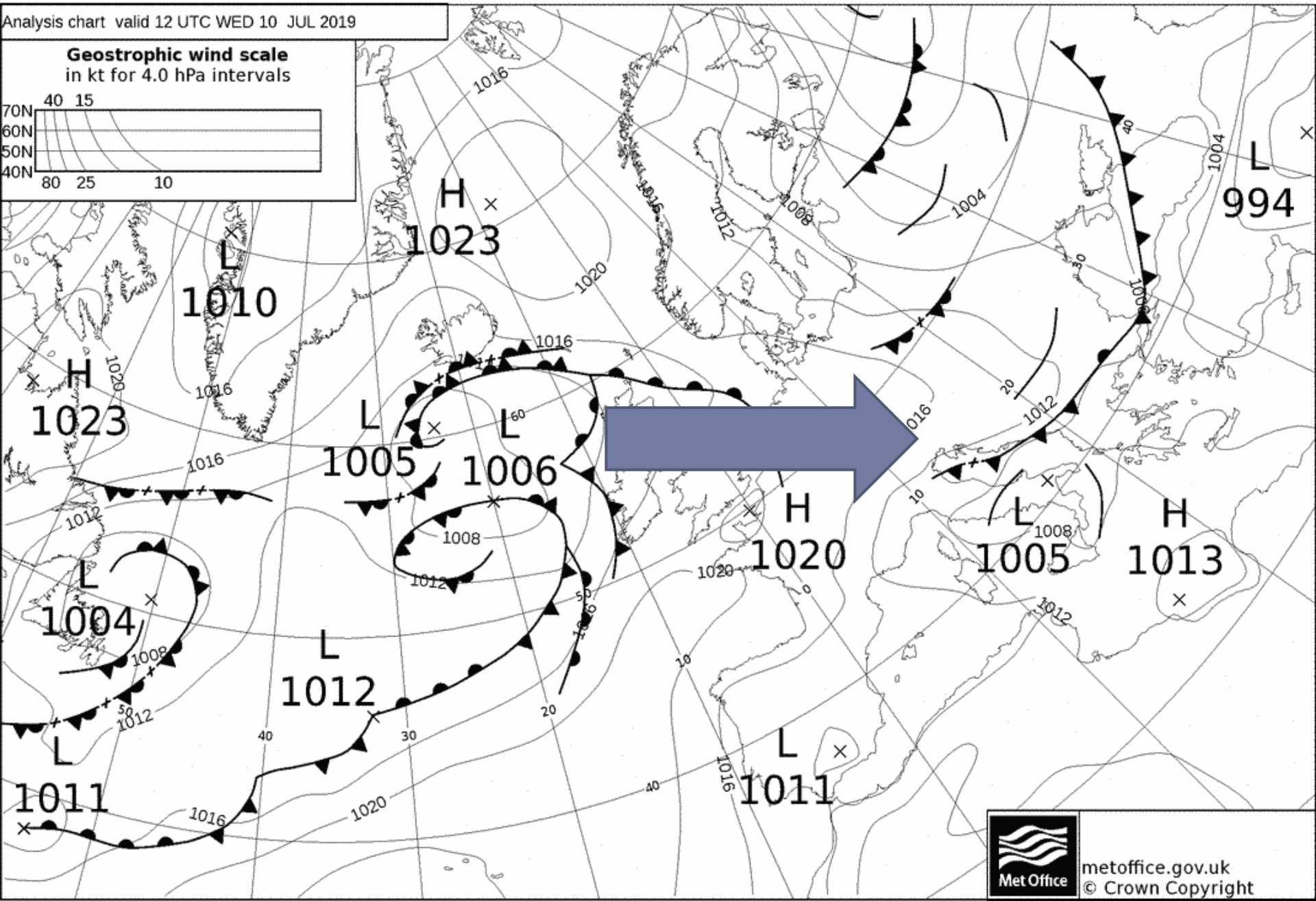
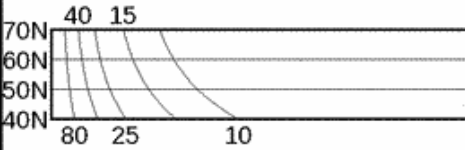
- Ενσωμάτωση δεδομένων
 - Data Assimilation σε προγνωστικά μοντέλα καιρού
- Επαλήθευση προγνωστικών αποτελεσμάτων

Παραδείγματα Μετεωρολογικών Εφαρμογών

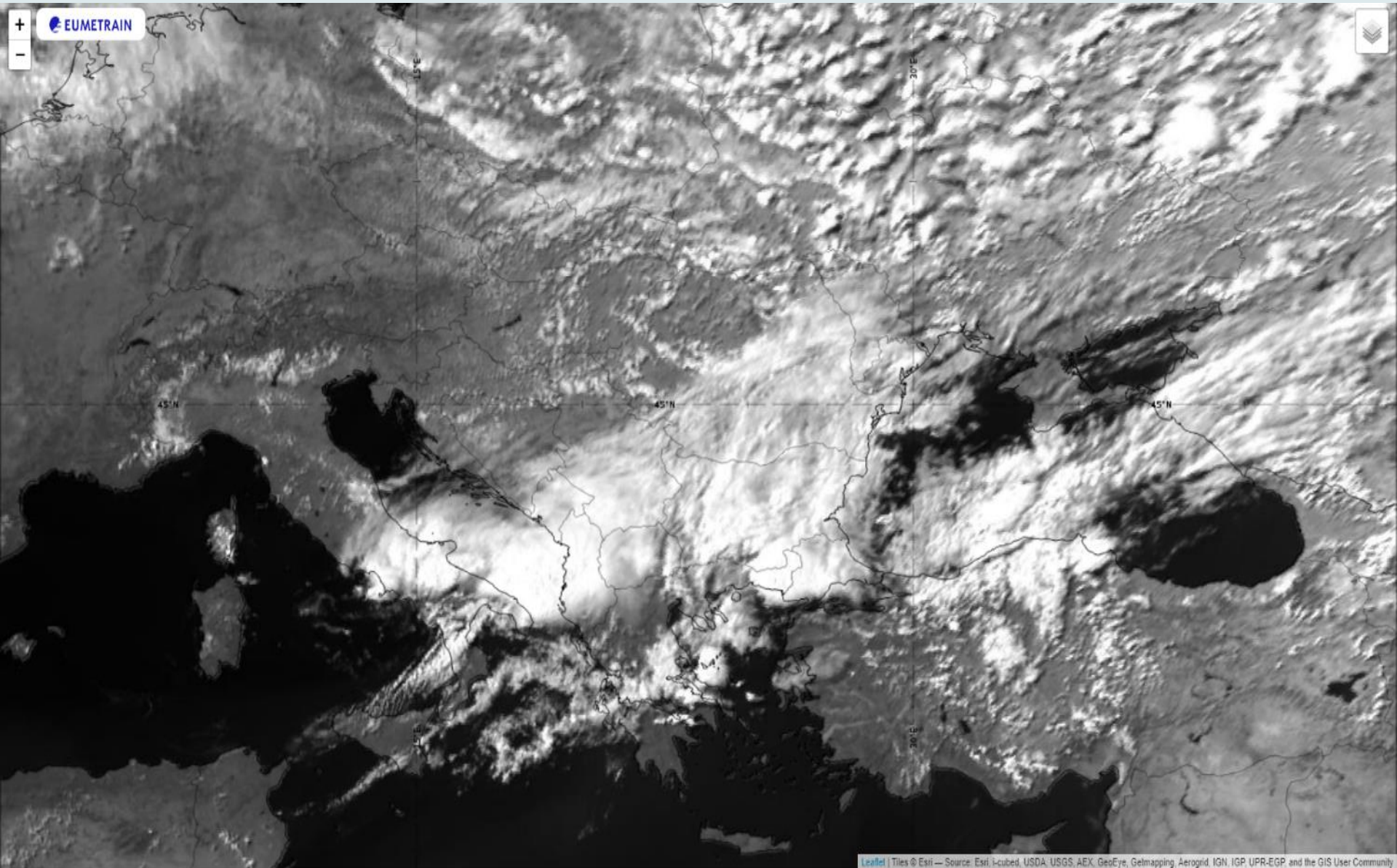
Παράδειγμα #1

Analysis chart valid 12 UTC WED 10 JUL 2019

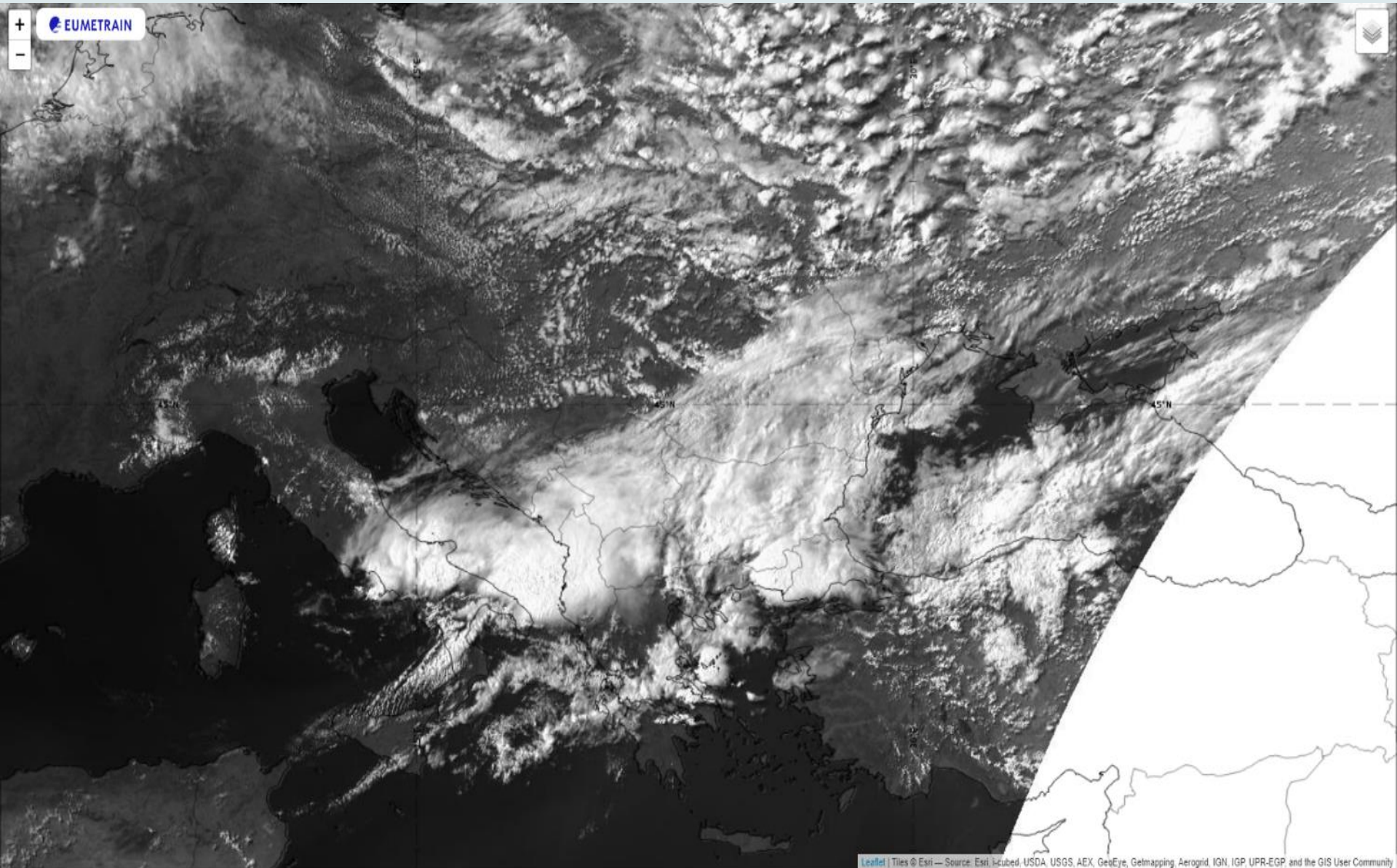
Geostrophic wind scale
in kt for 4.0 hPa intervals



10-7-19 15:00 **VIS 0.8**

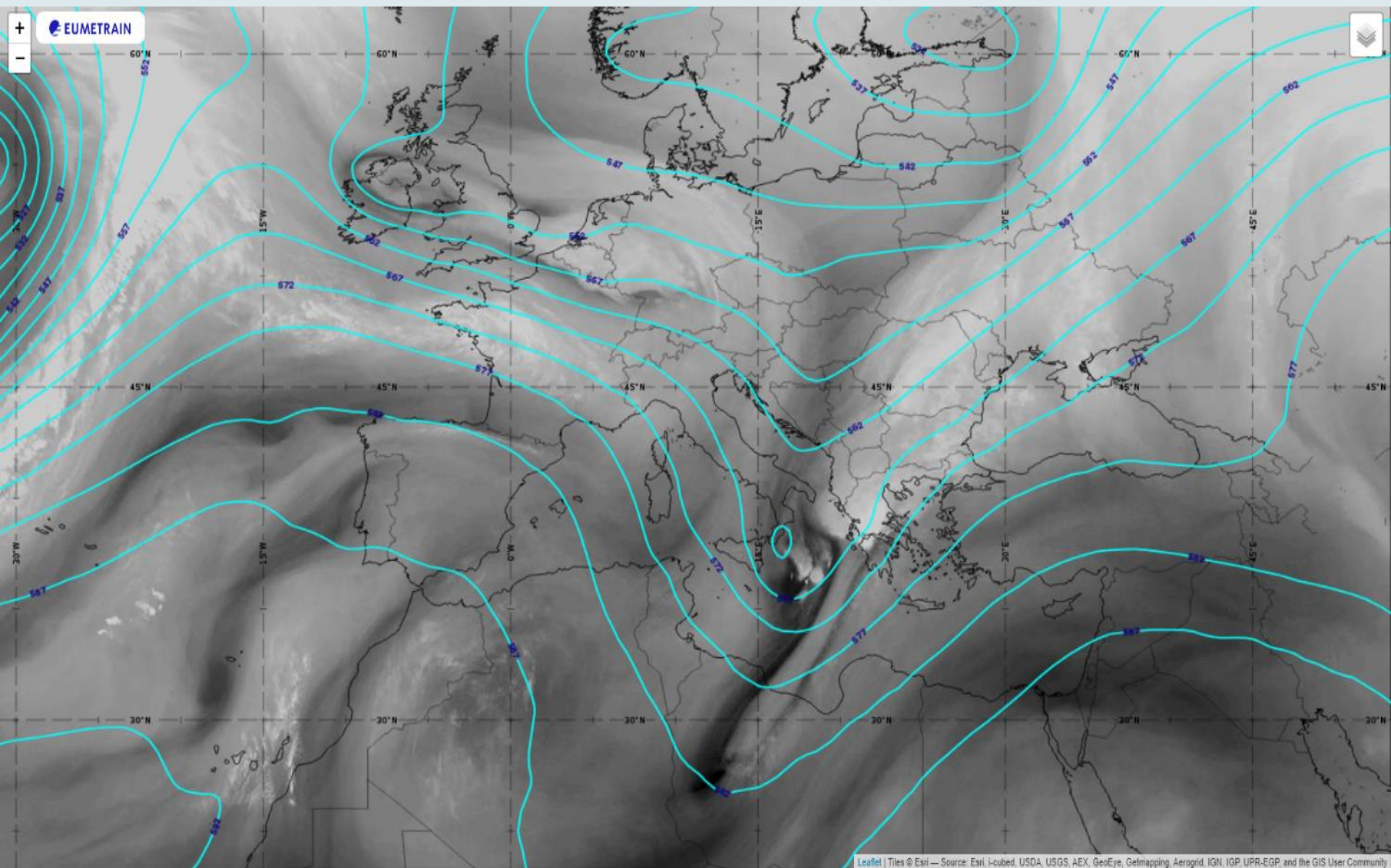


10-7-19 15:00 **HRV**

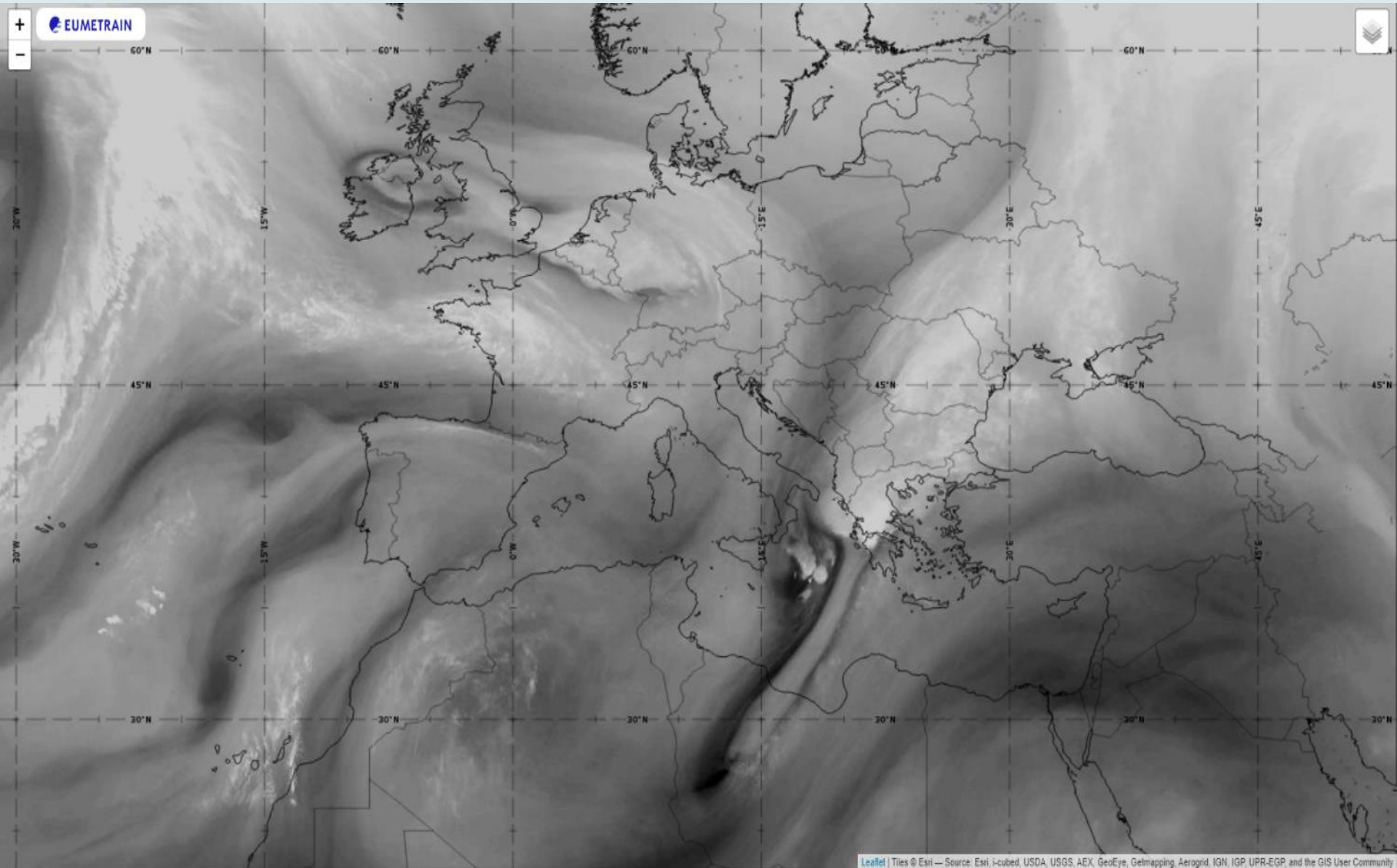


Παράδειγμα #2

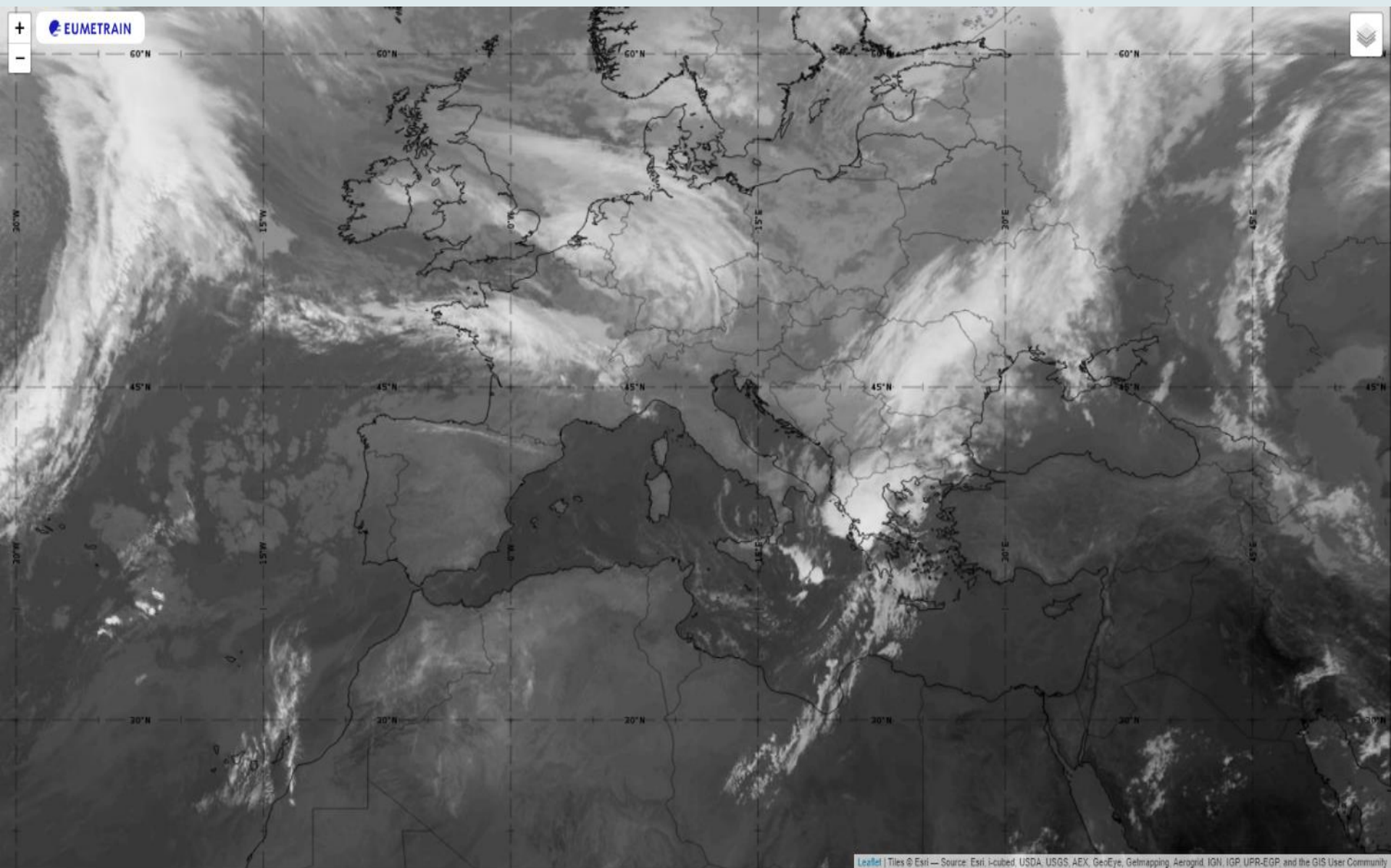
4-10-19 06:00 WV 6.2 GH 500hPa



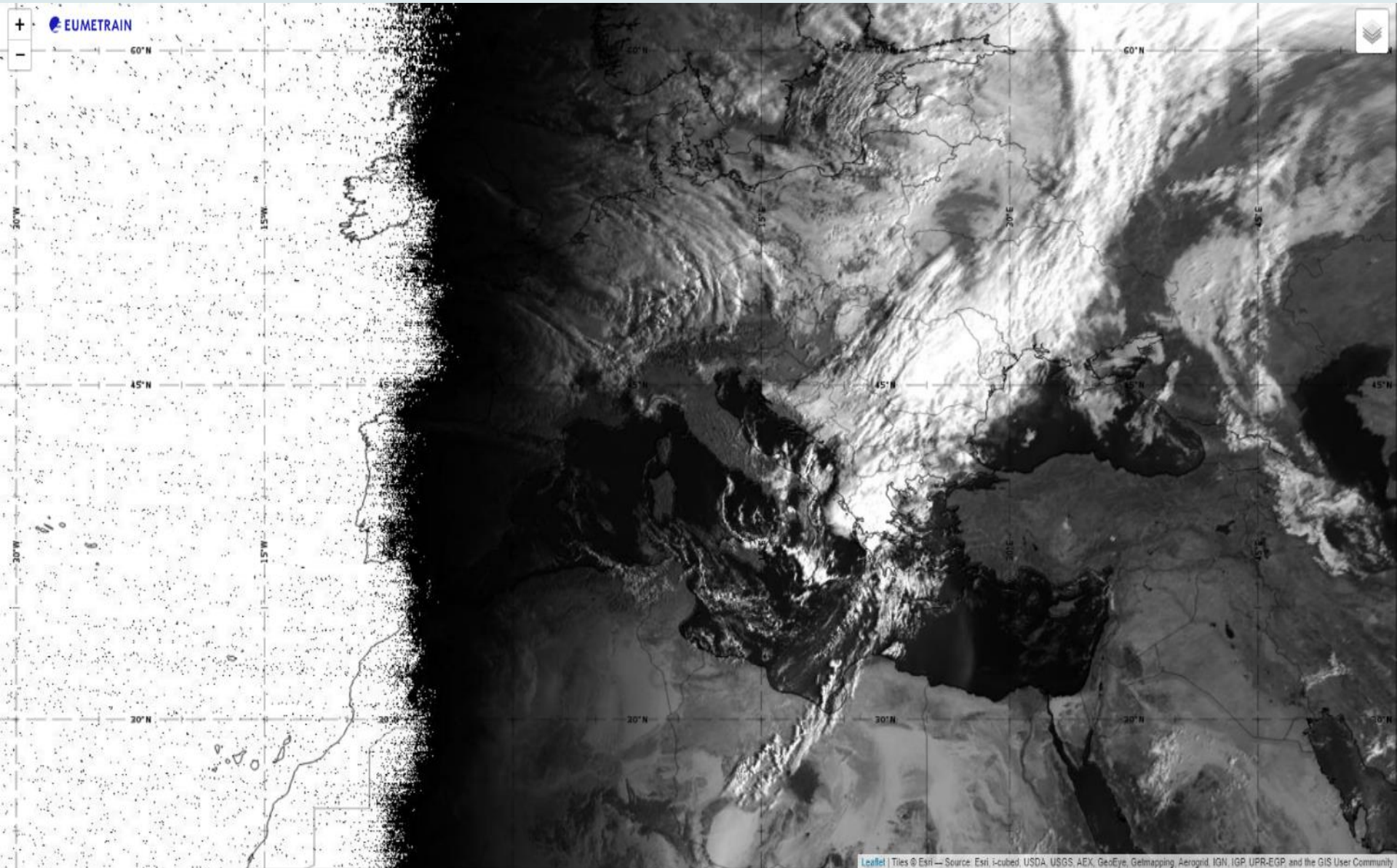
4-10-19 06:00 WV 6.2



4-10-19 06:00 IR 10.8

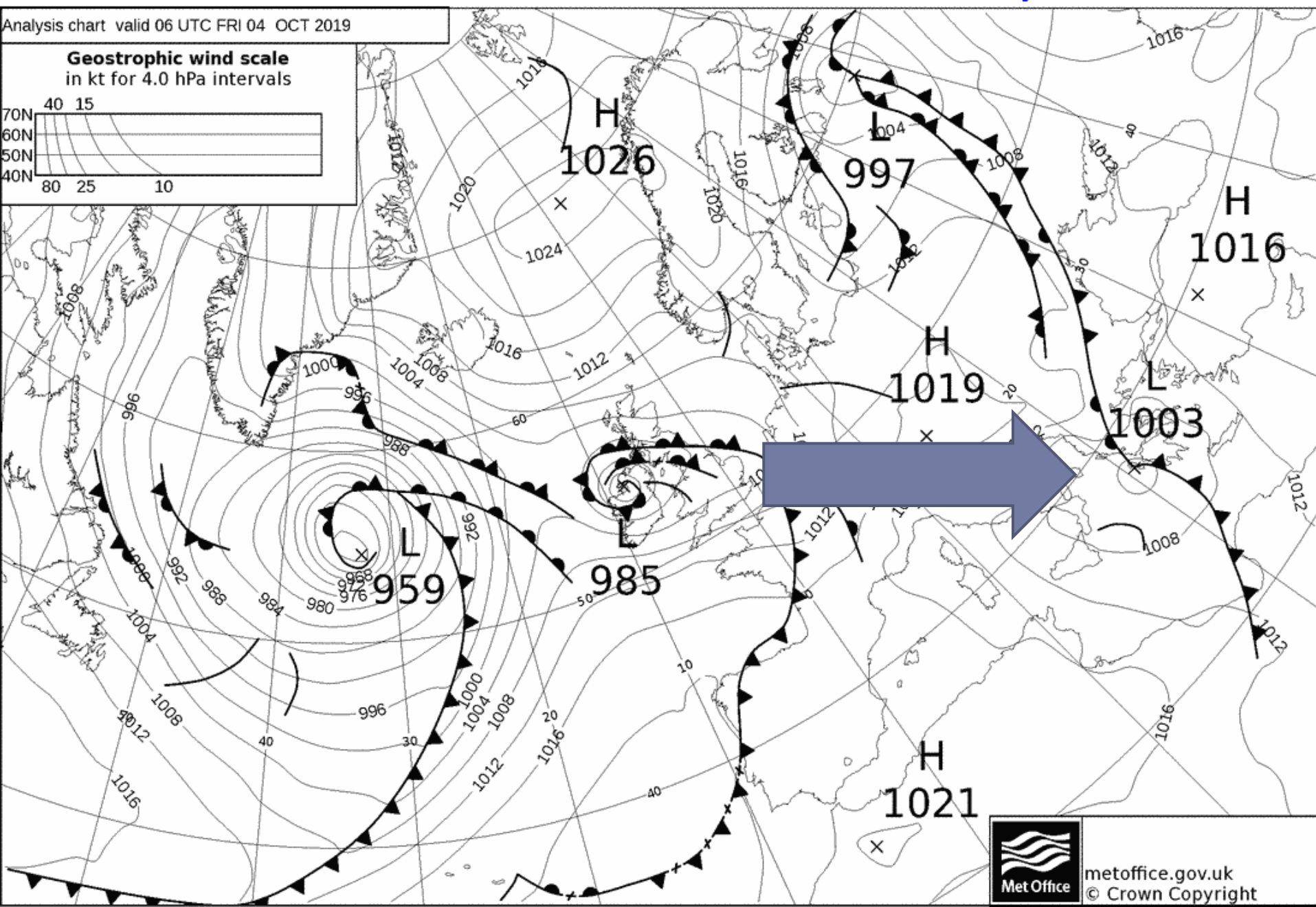
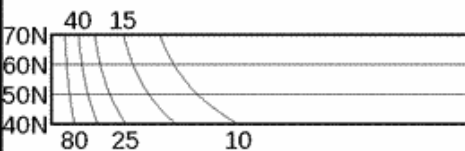


4-10-19 06:00 **VIS 0.8**

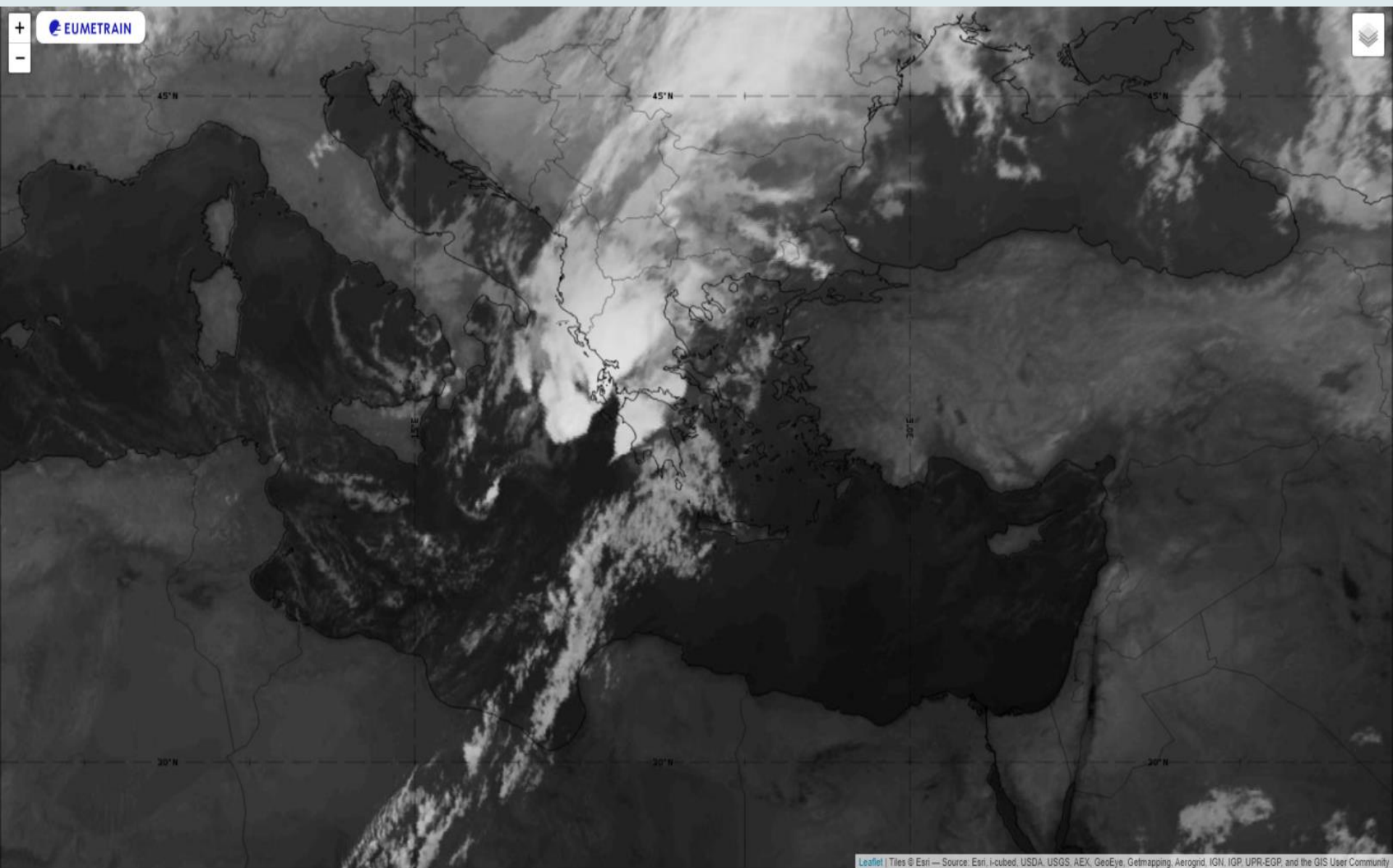


Analysis chart valid 06 UTC FRI 04 OCT 2019

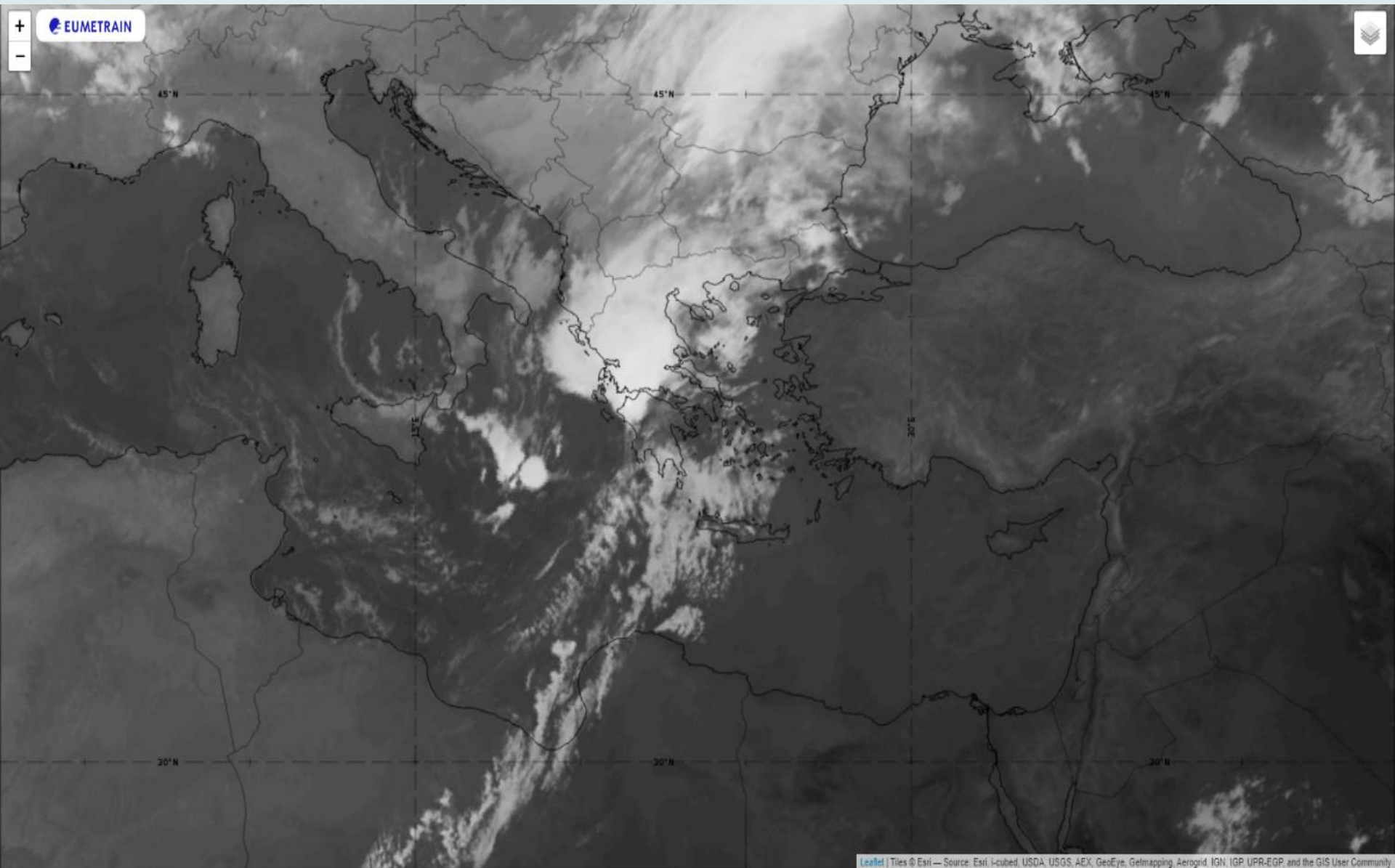
Geostrophic wind scale
in kt for 4.0 hPa intervals



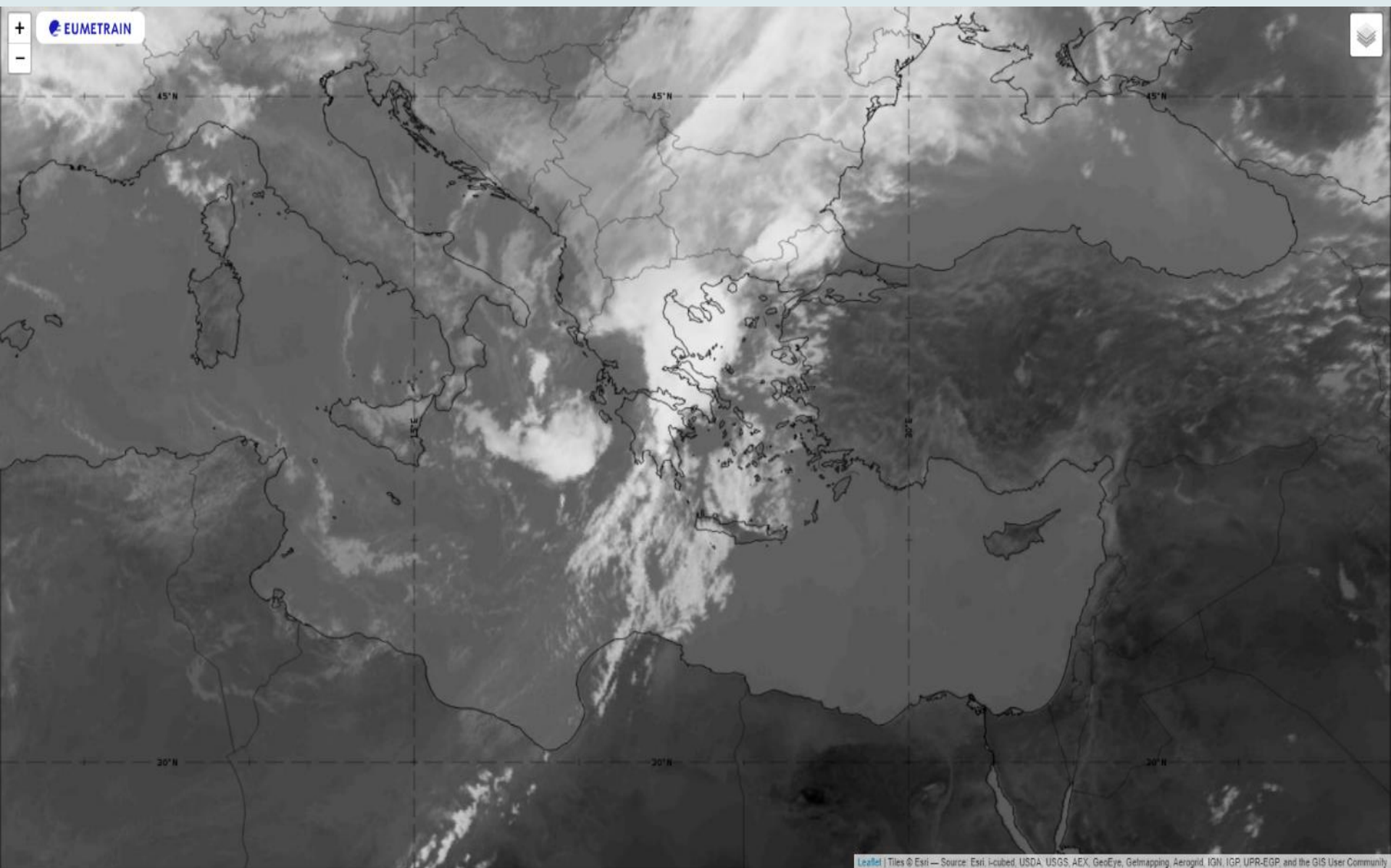
4-10-19 03:00 **IR 10.8**



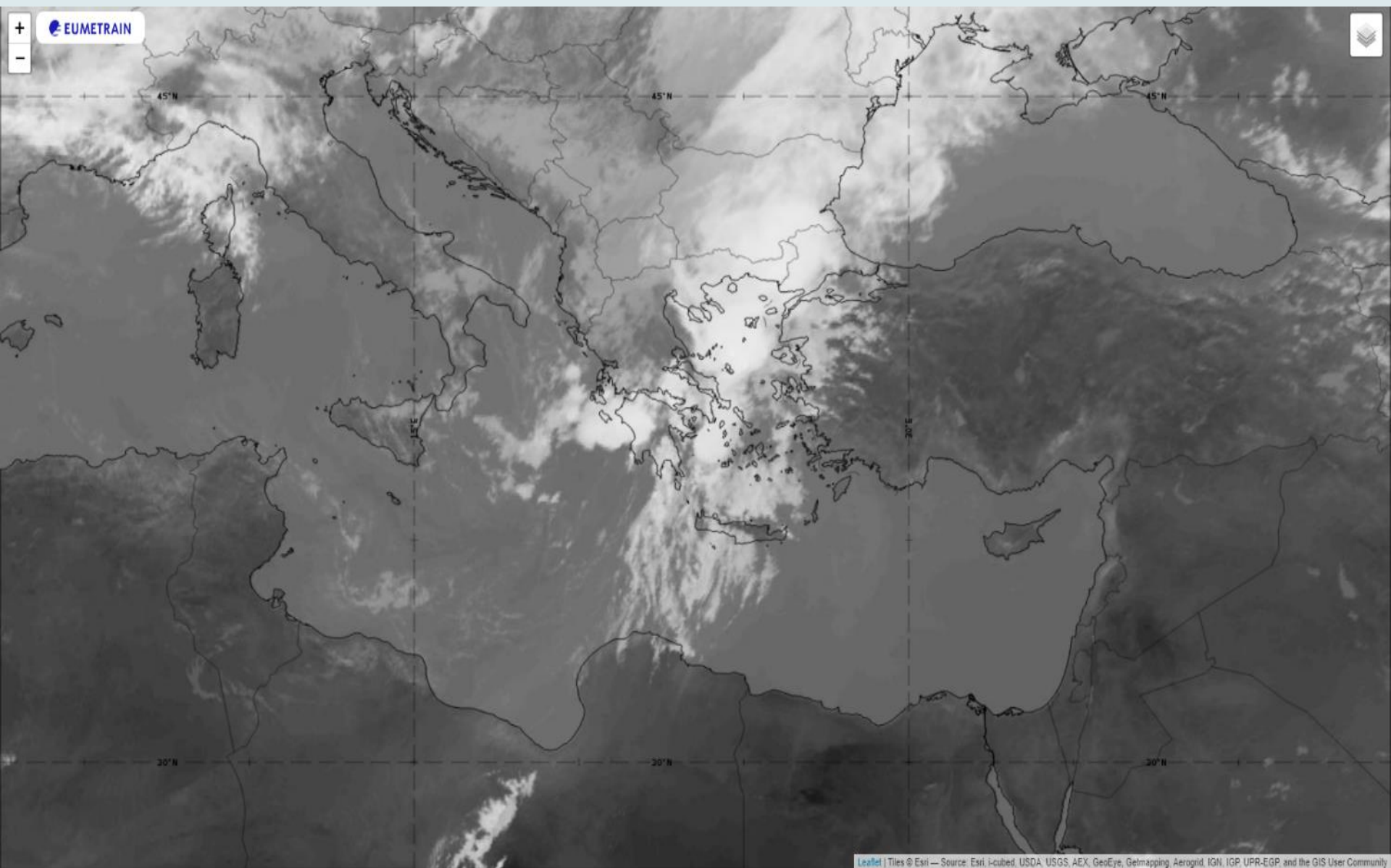
4-10-19 06:00 IR 10.8



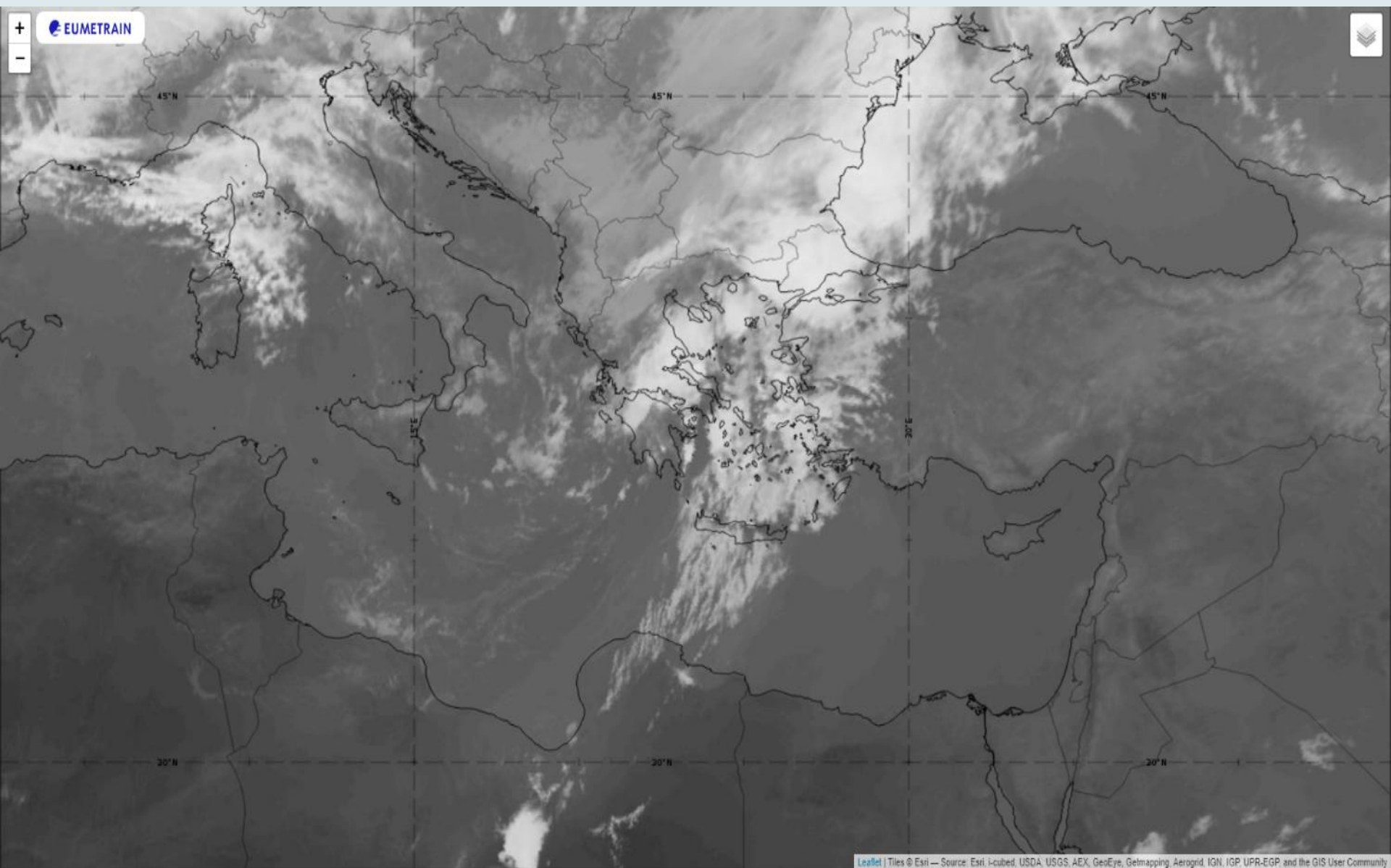
4-10-19 09:00 IR 10.8



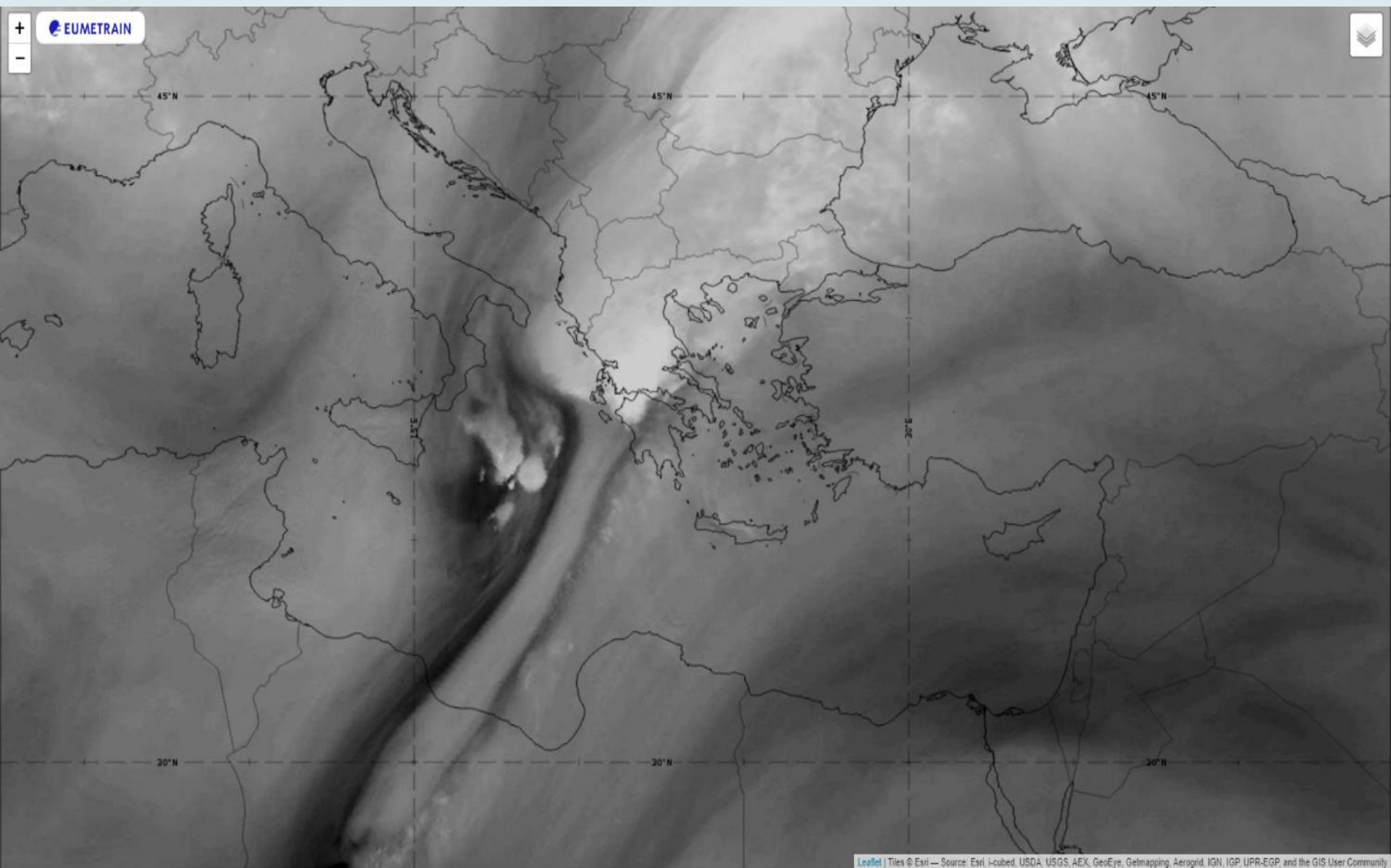
4-10-19 12:00 IR 10.8



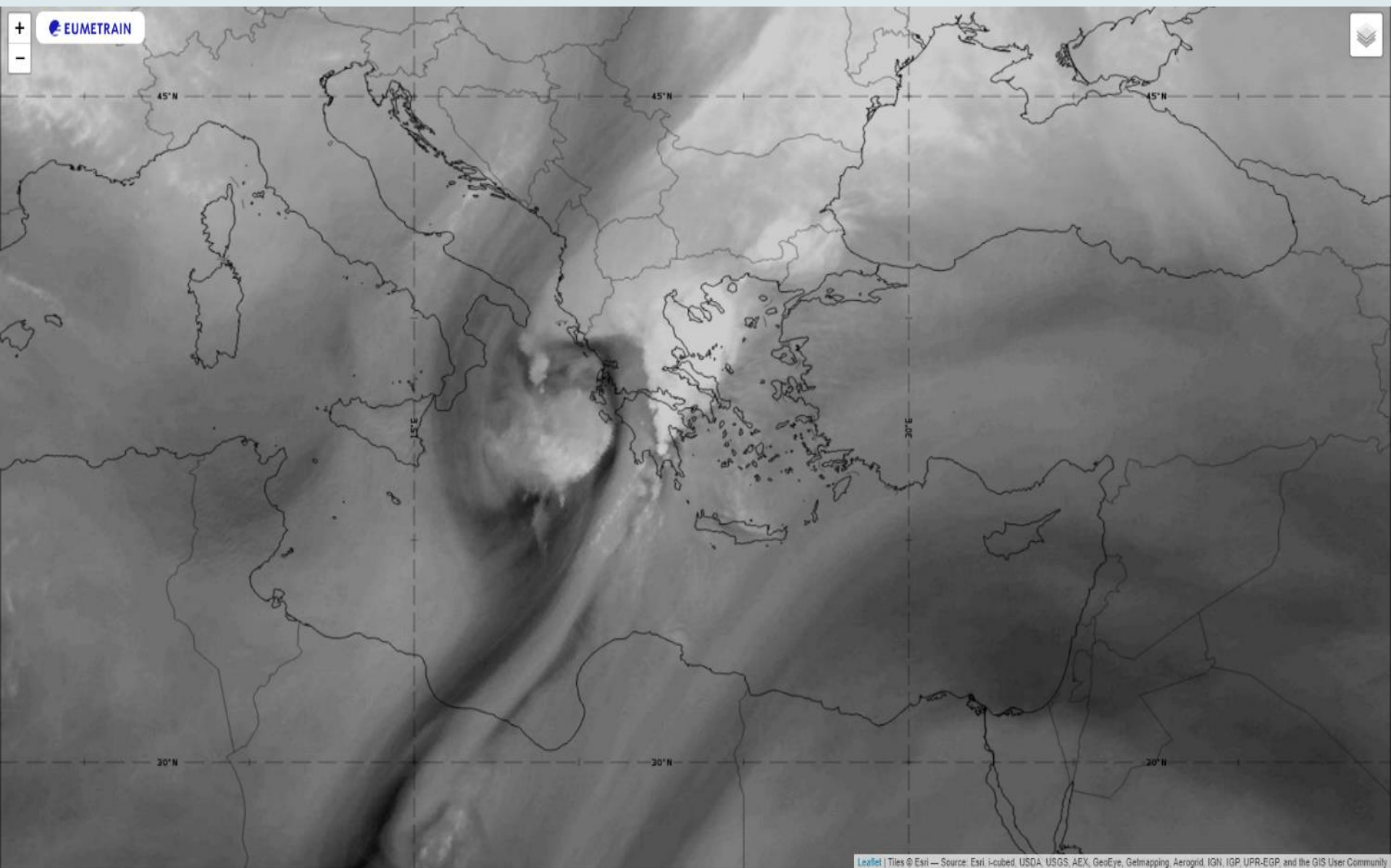
4-10-19 15:00 **IR 10.8**



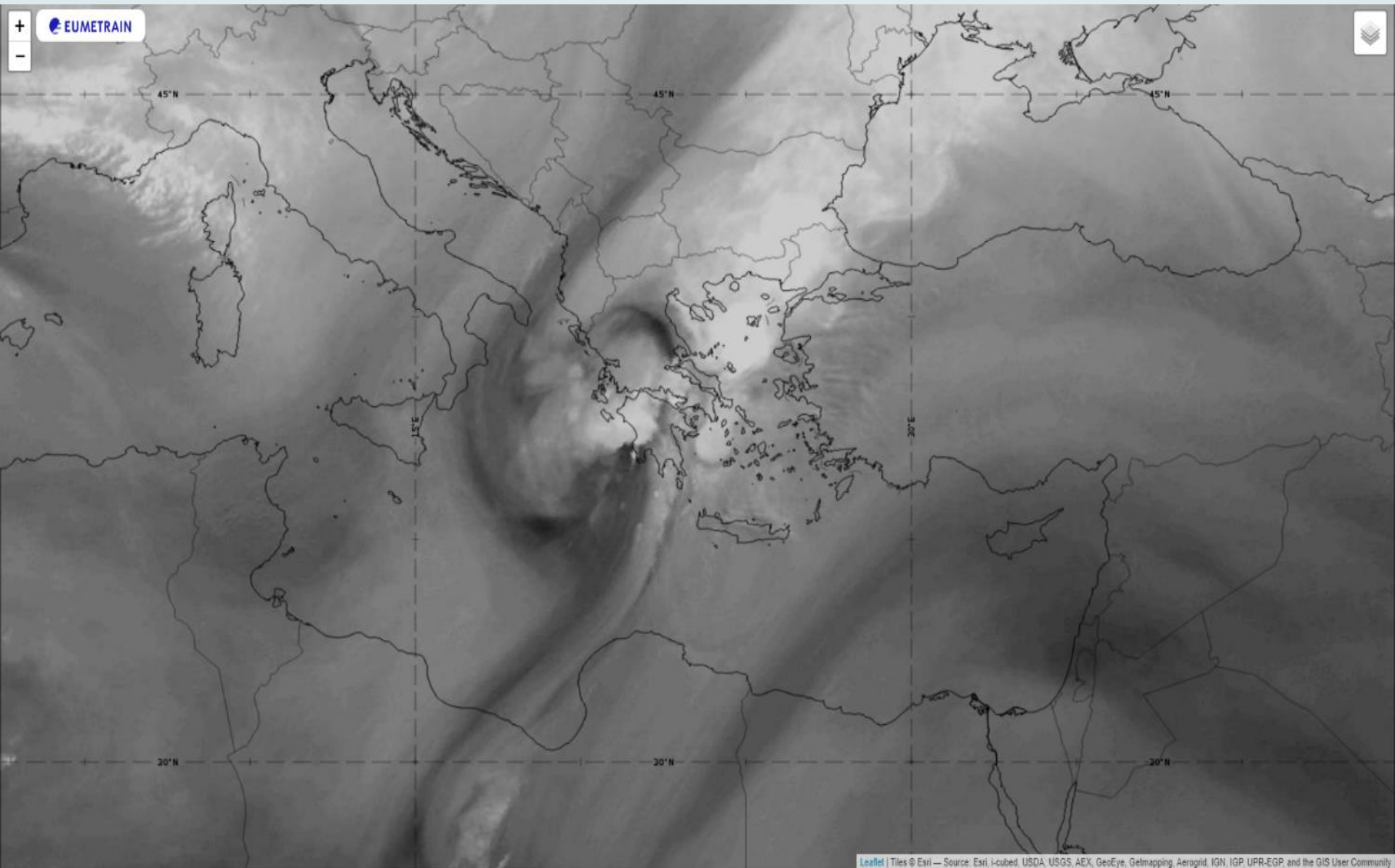
4-10-19 06:00 **VW 6.2**



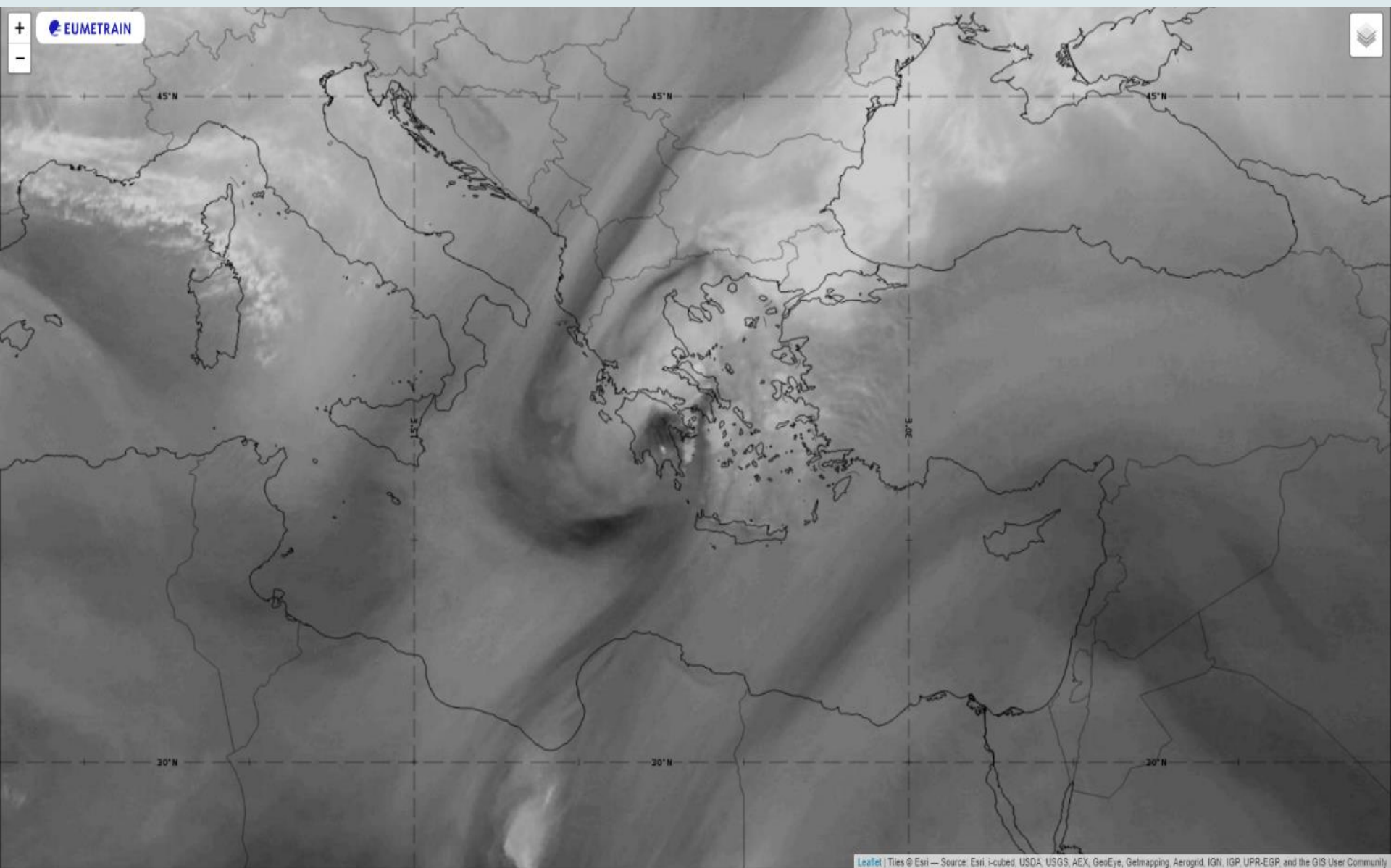
4-10-19 09:00 **VW 6.2**



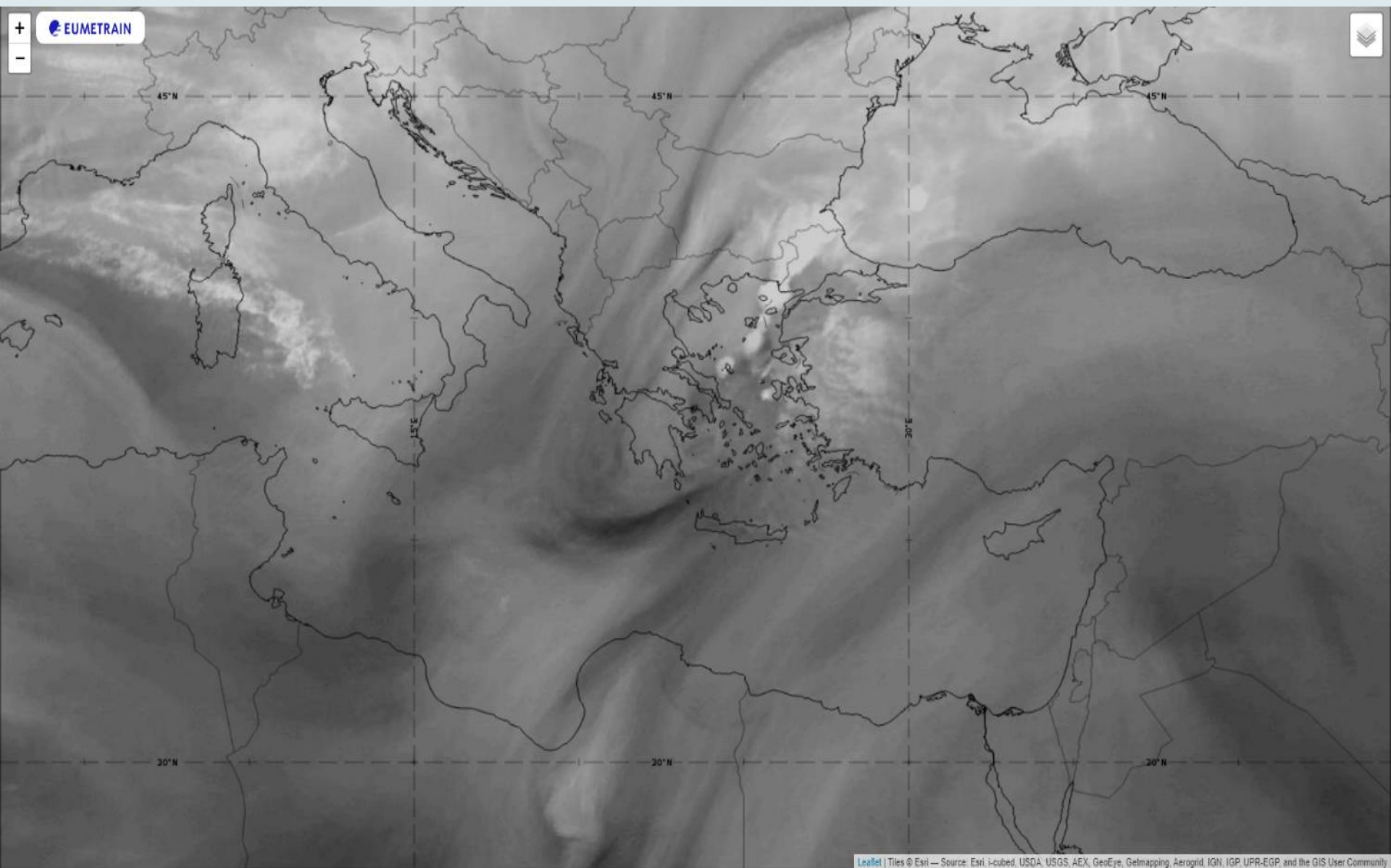
4-10-19 12:00 **VW 6.2**



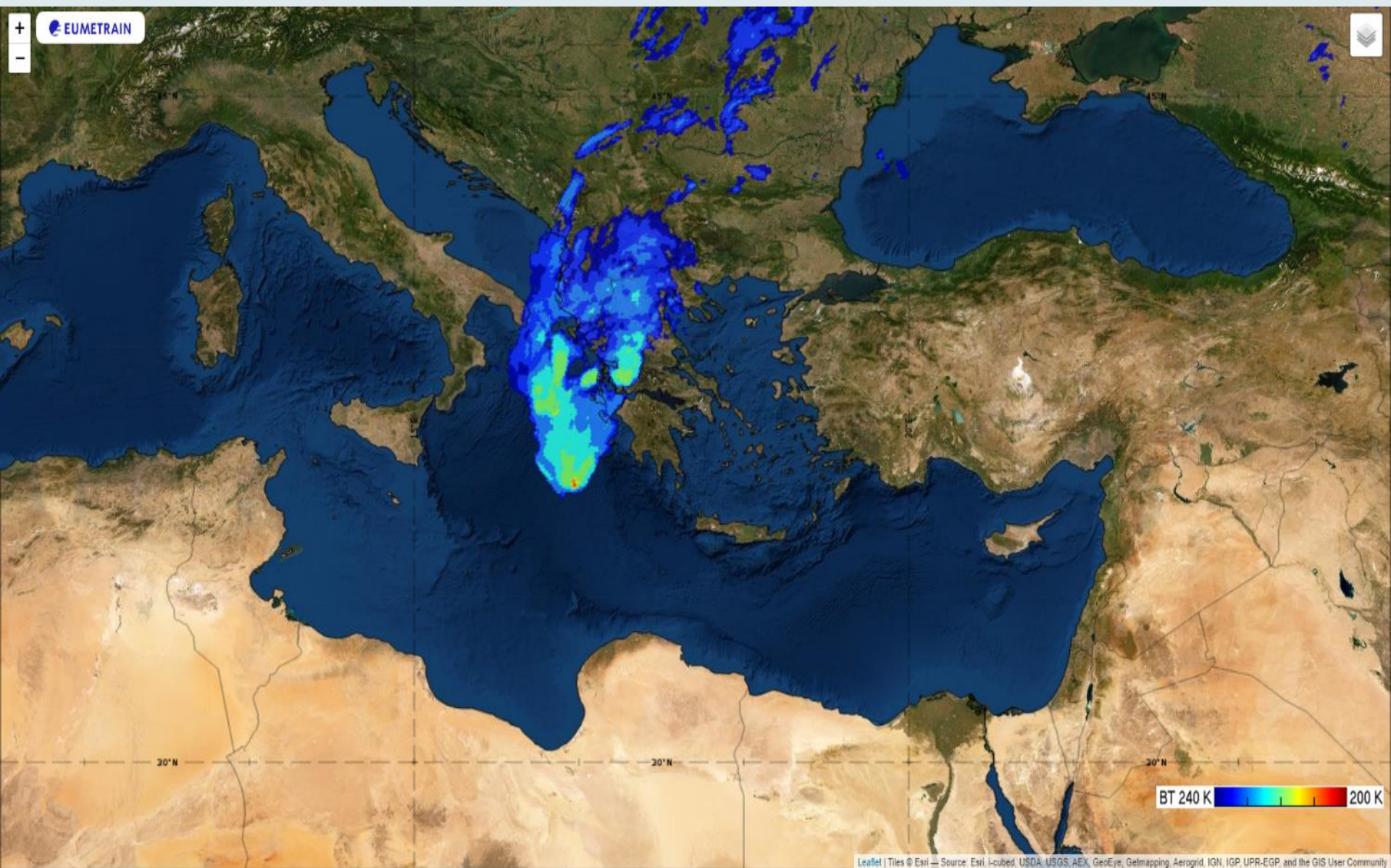
4-10-19 15:00 **VW 6.2**



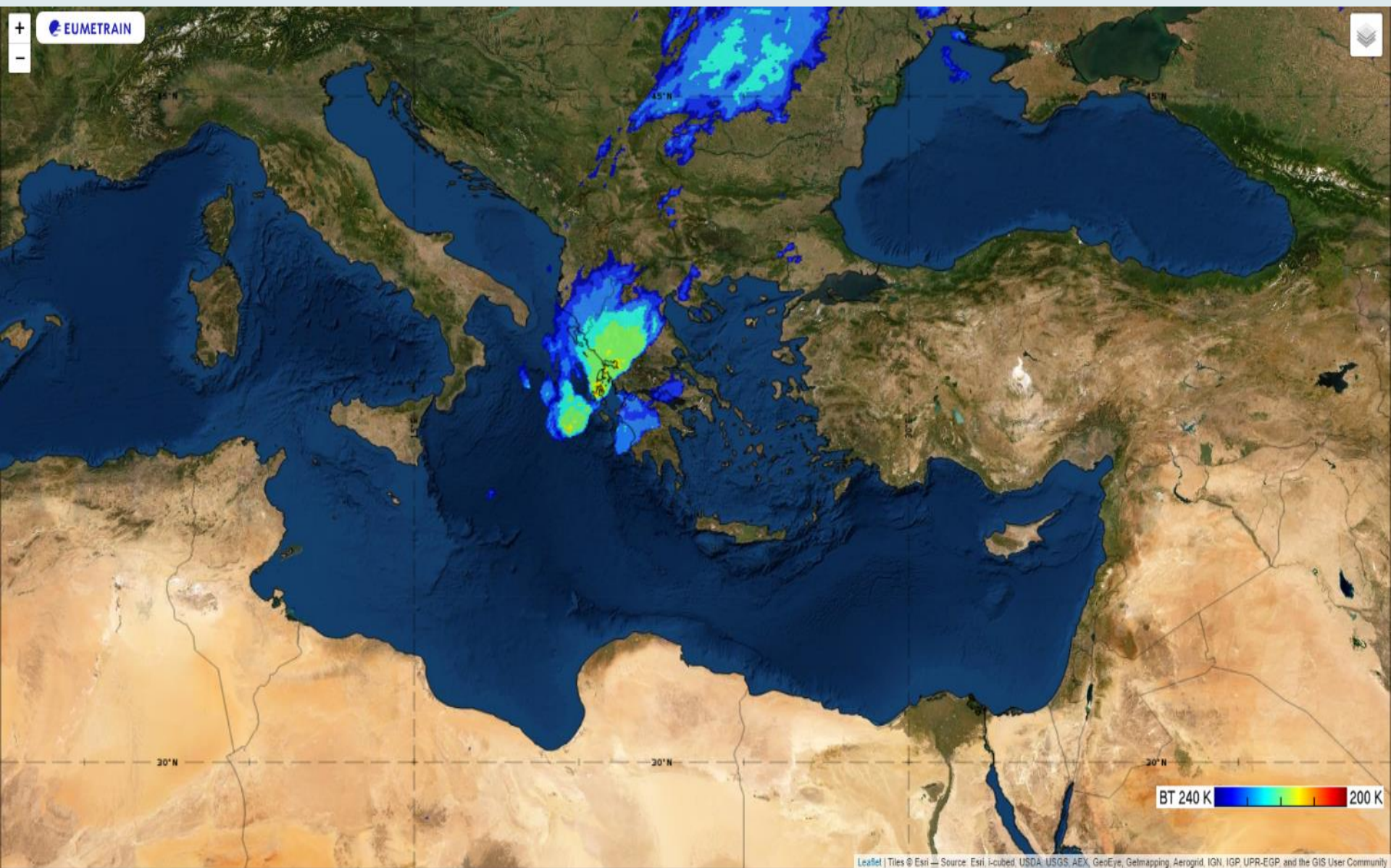
4-10-19 18:00 **VW 6.2**



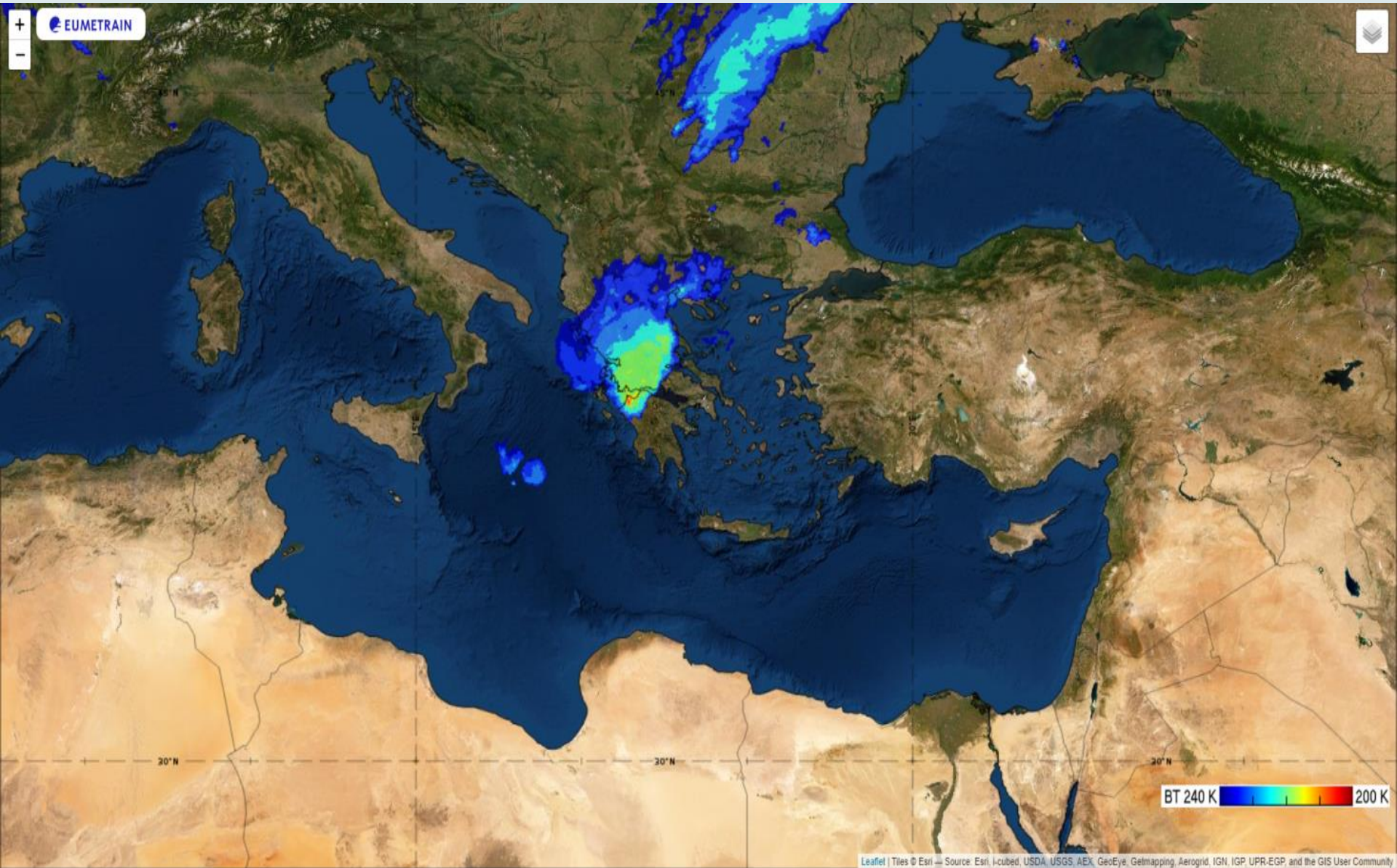
4-10-19 00:00 **IR 10.8**



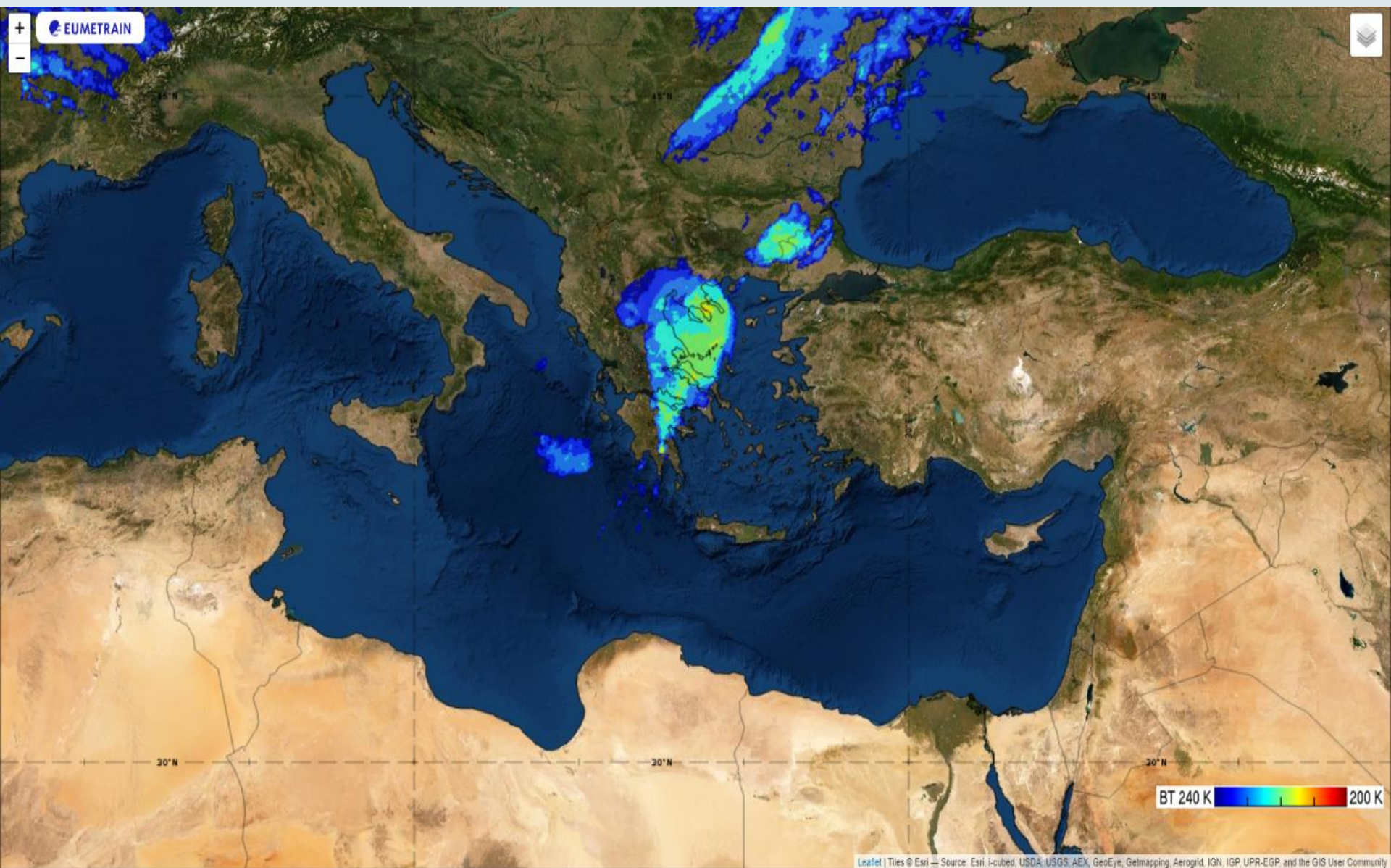
4-10-19 03:00 **IR 10.8**



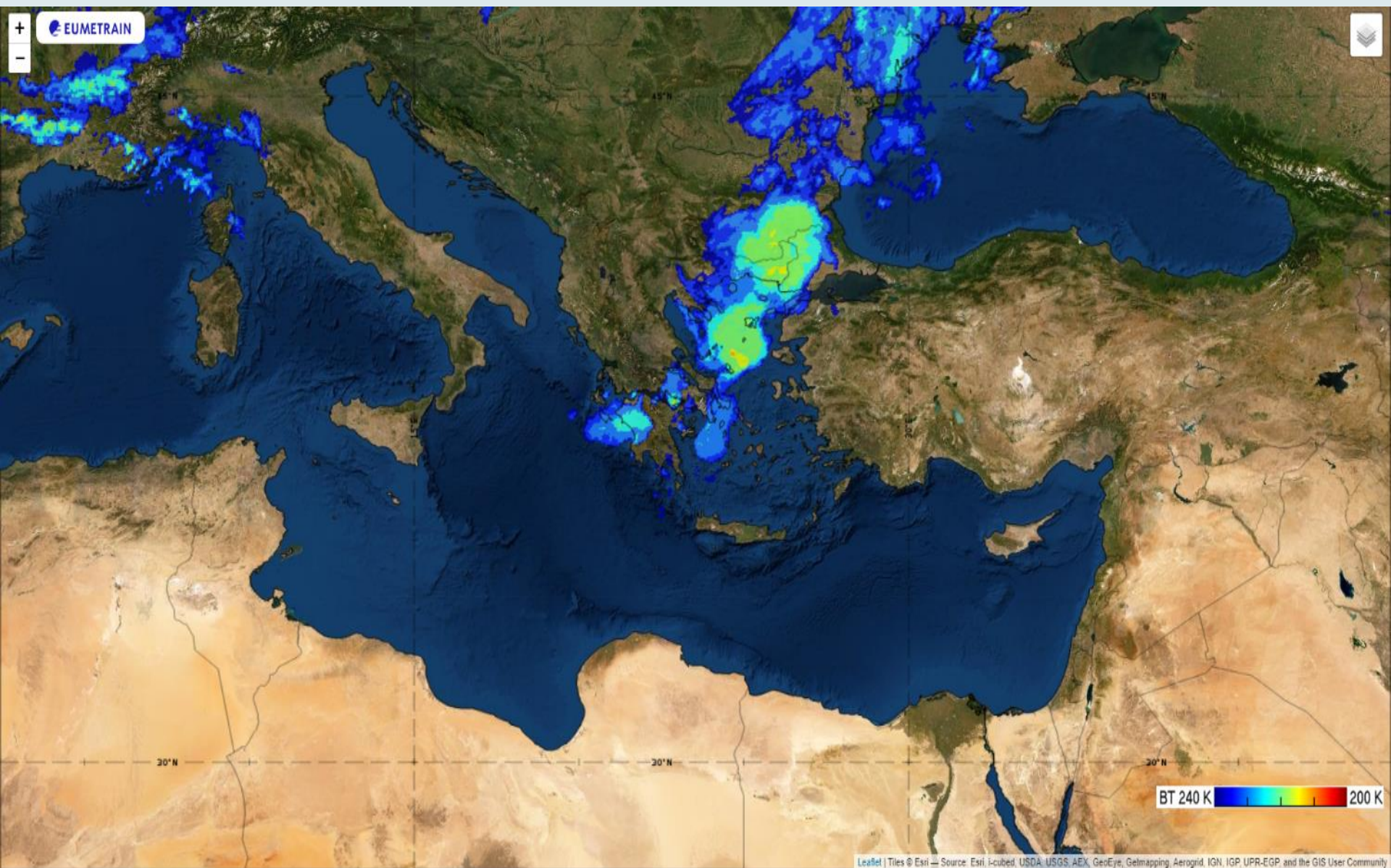
4-10-19 06:00 **IR 10.8**



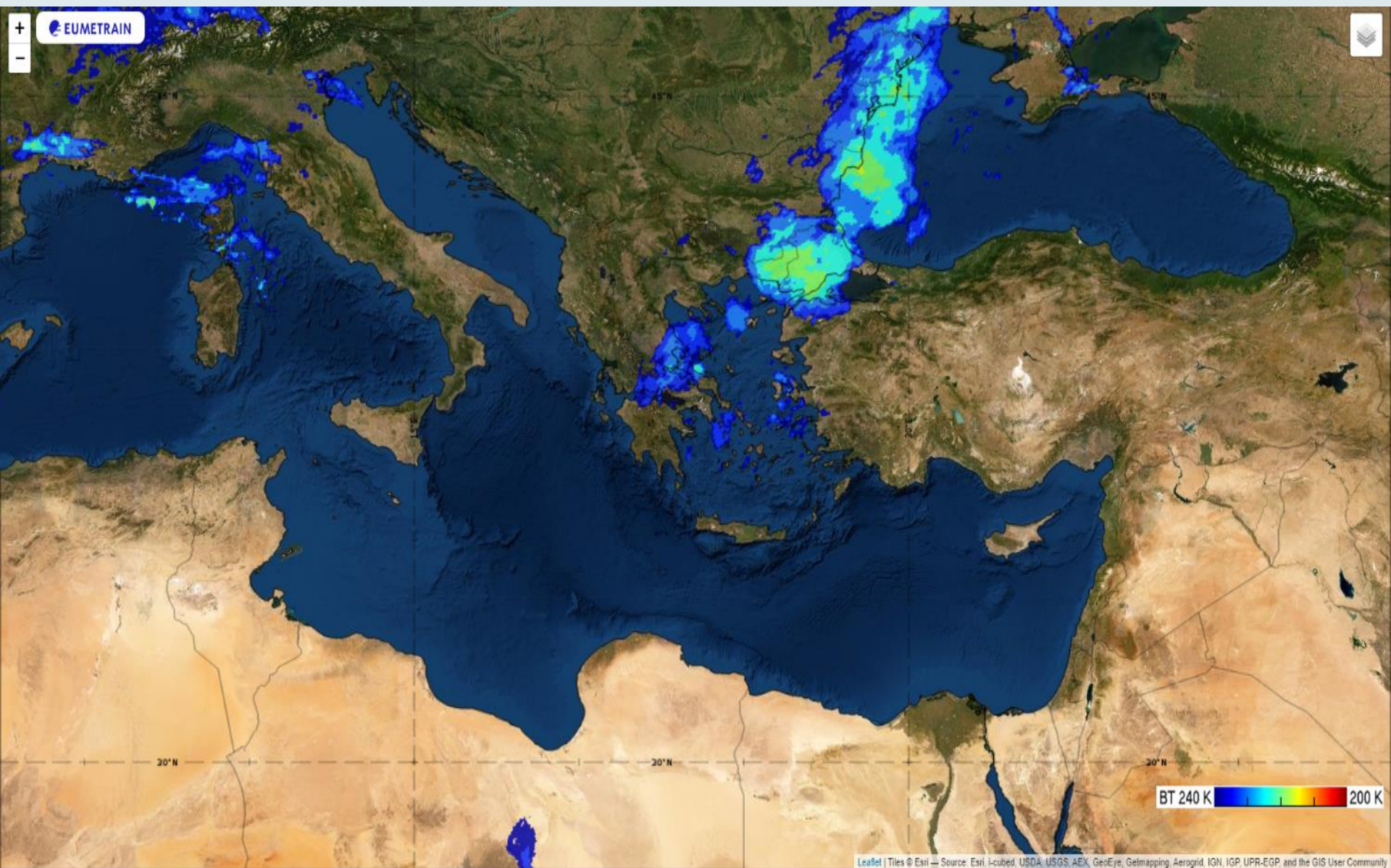
4-10-19 09:00 **IR 10.8**



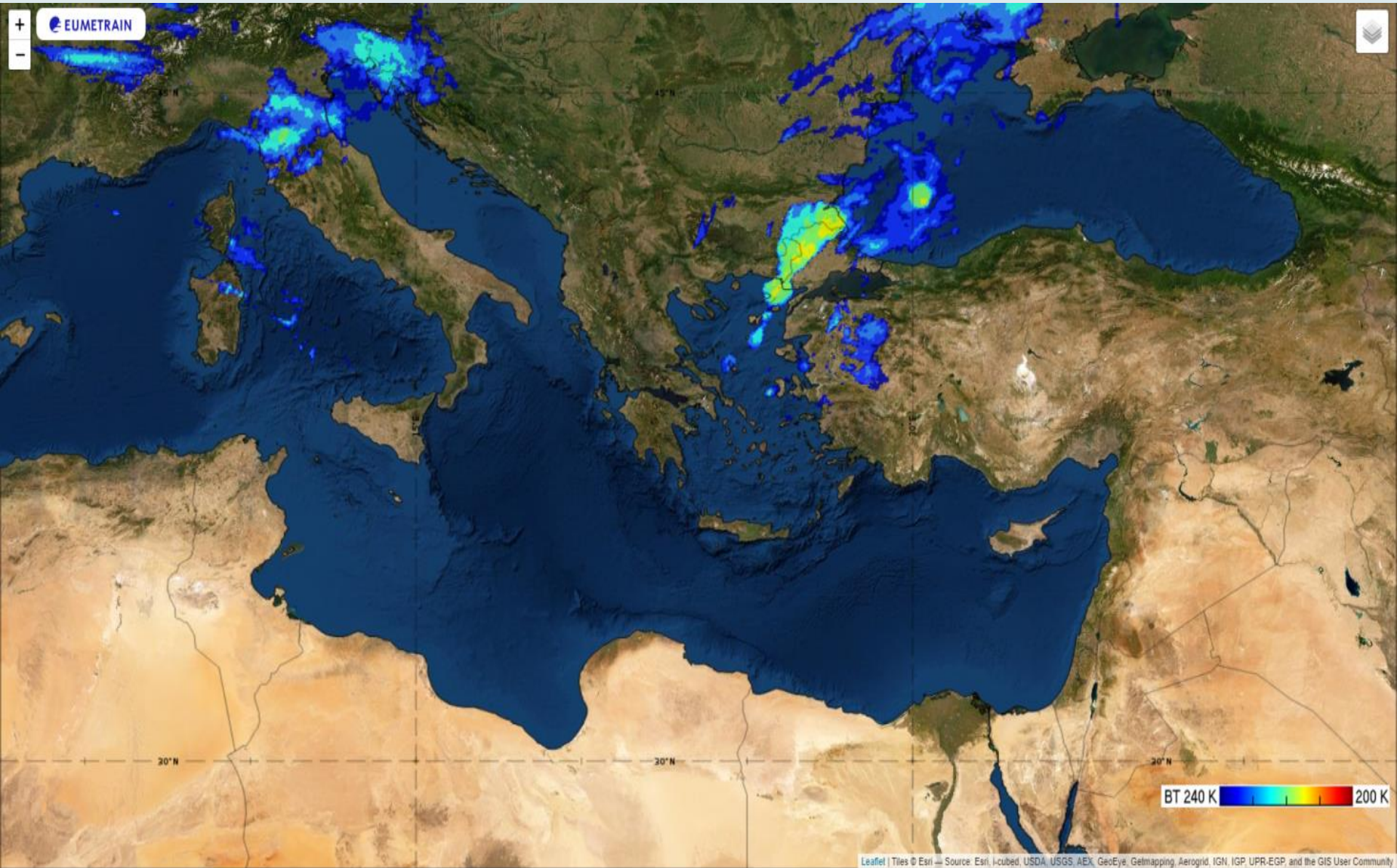
4-10-19 12:00 **IR 10.8**



4-10-19 15:00 **IR 10.8**



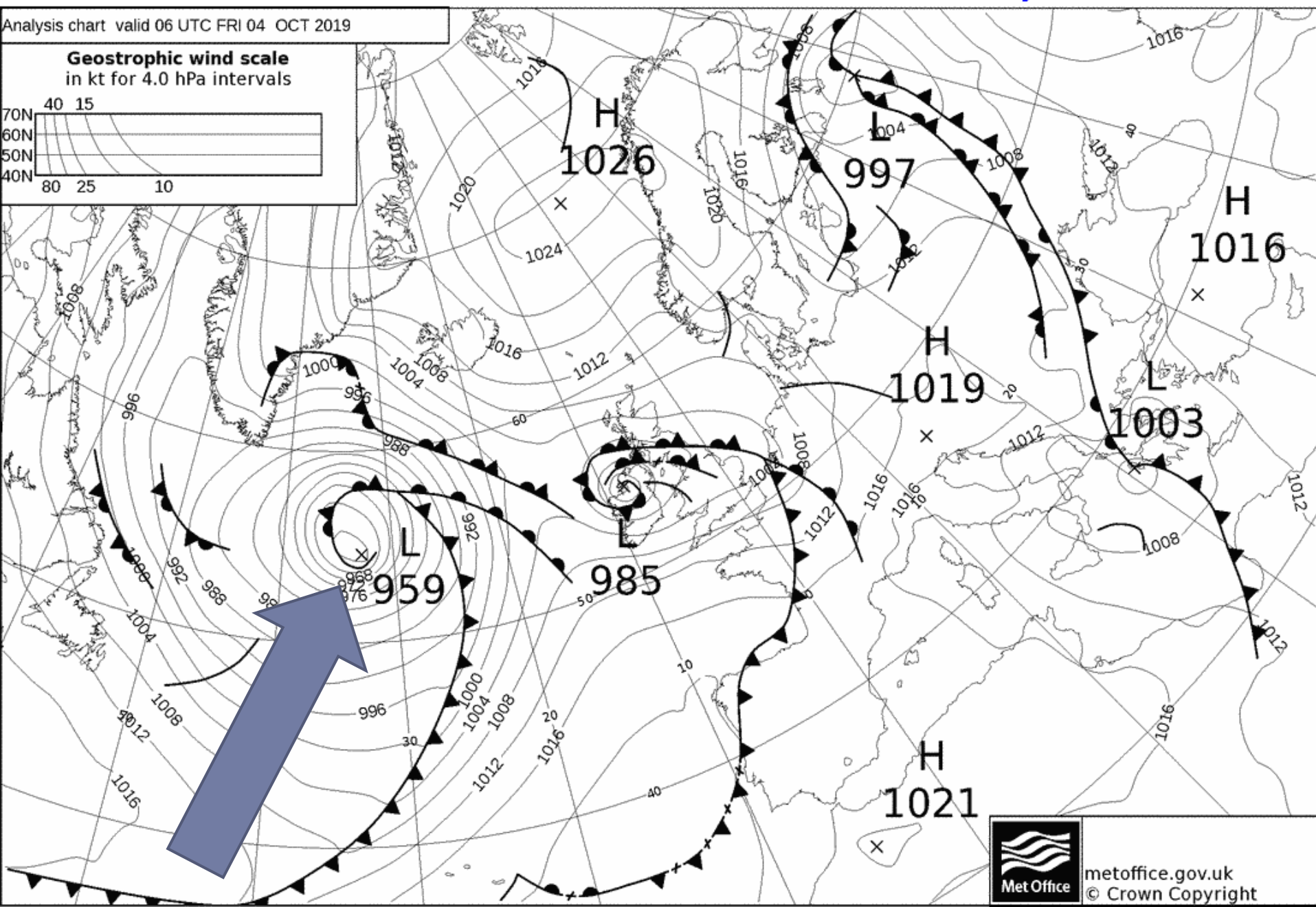
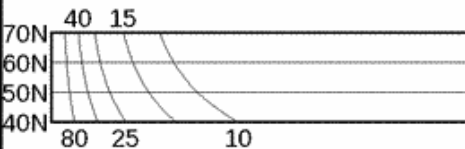
4-10-19 18:00 **IR 10.8**



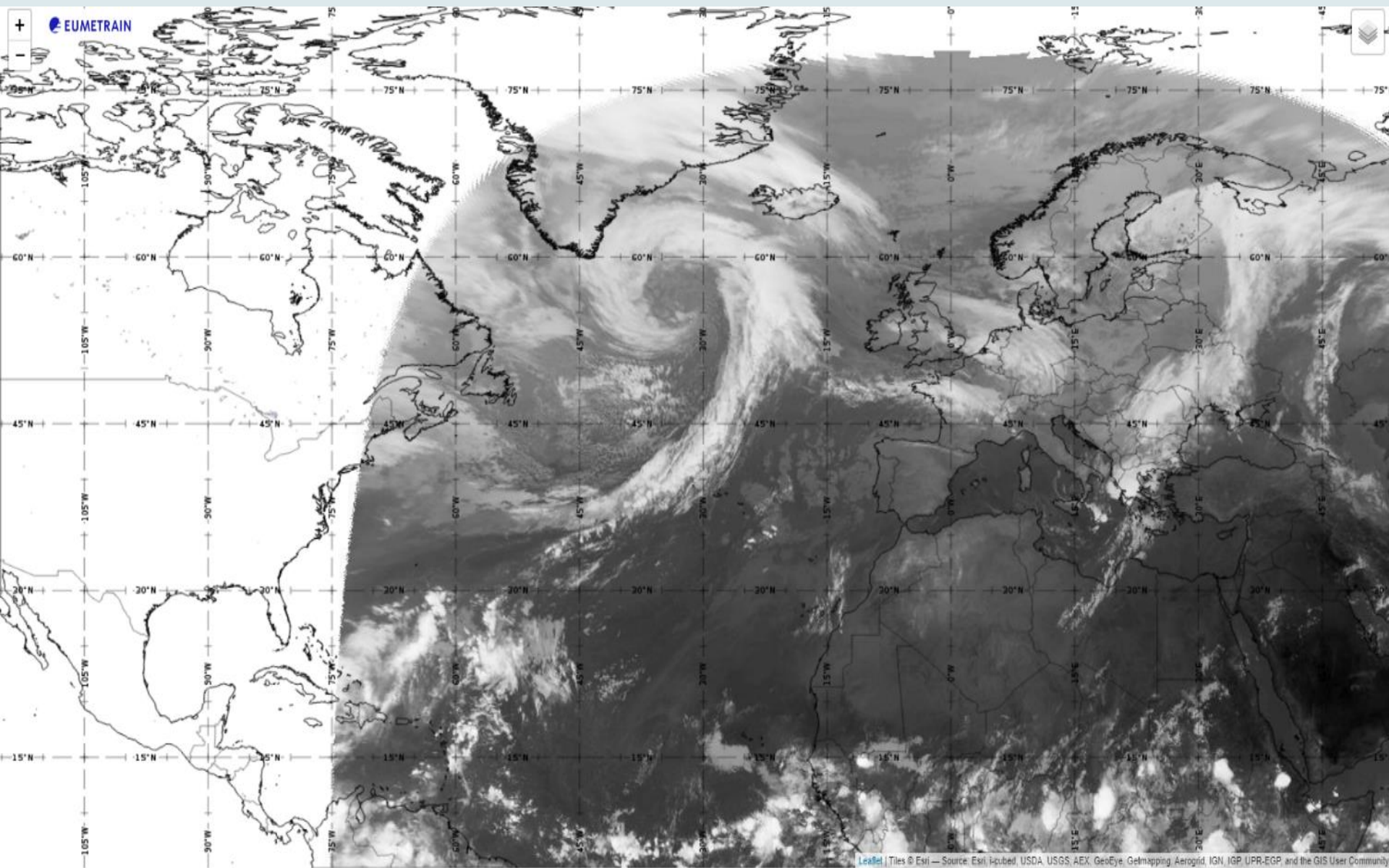
Παράδειγμα #3

Analysis chart valid 06 UTC FRI 04 OCT 2019

Geostrophic wind scale
in kt for 4.0 hPa intervals



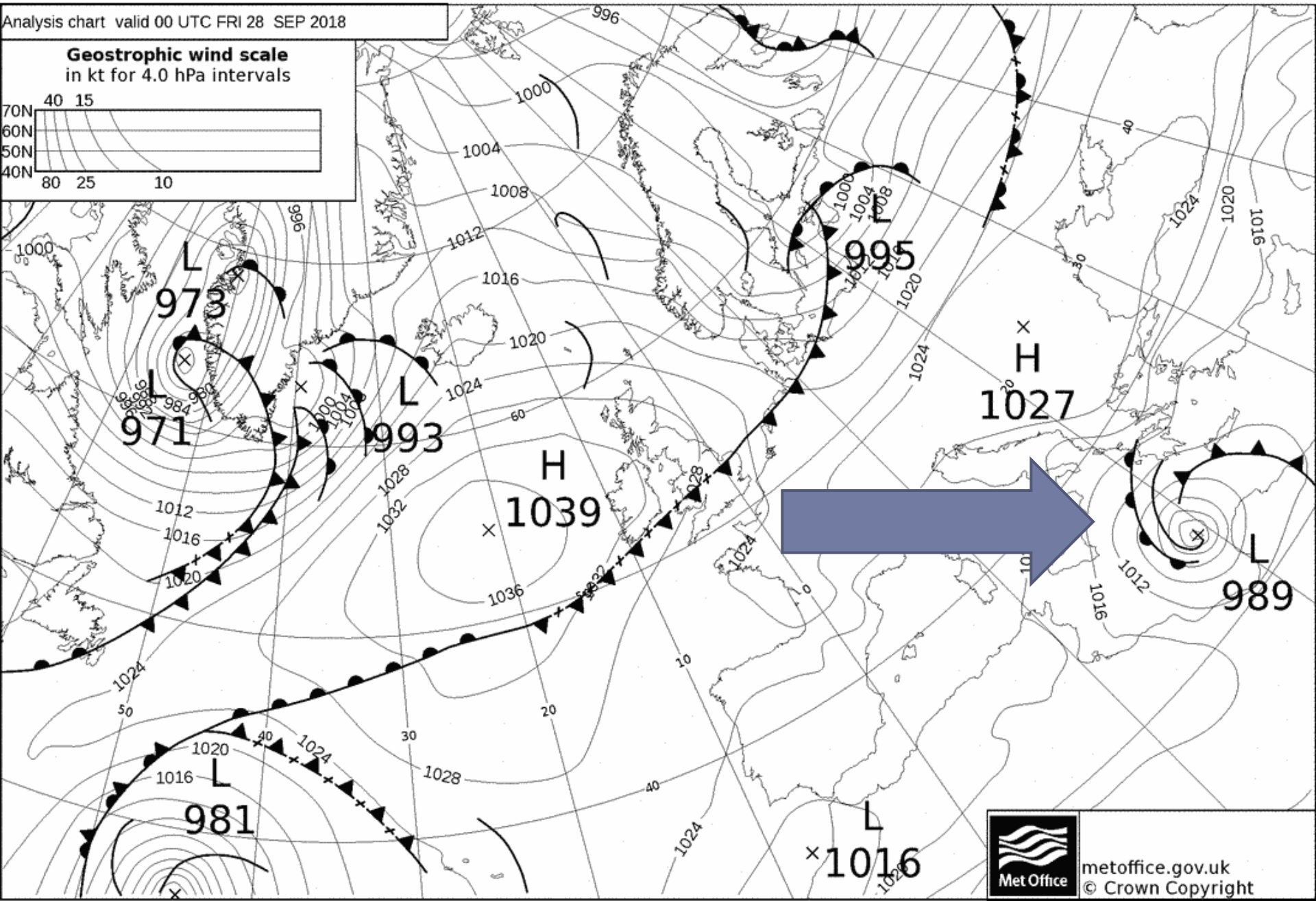
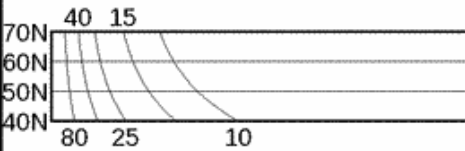
4-10-19 06:00 IR 10.8



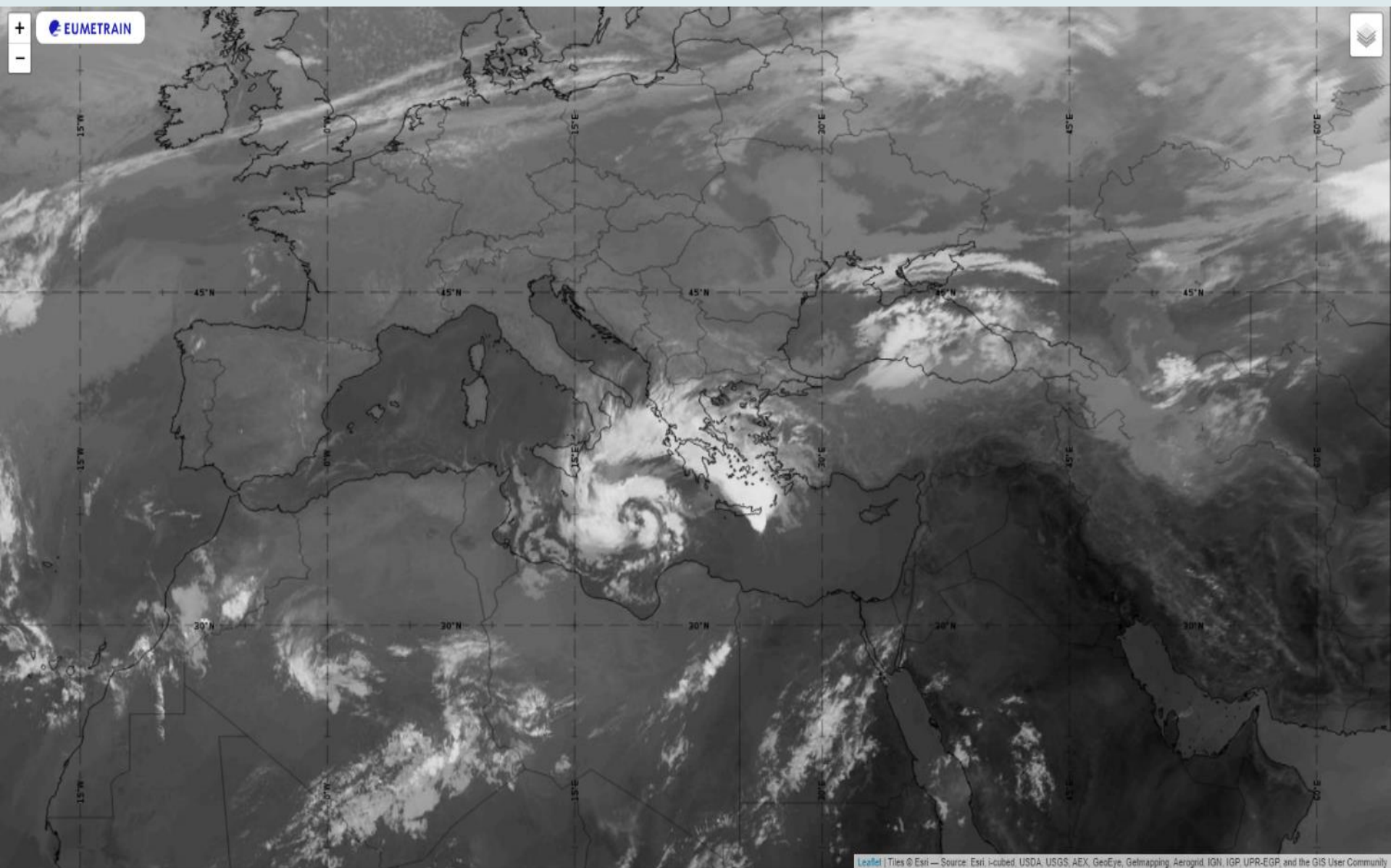
Παράδειγμα #4

Analysis chart valid 00 UTC FRI 28 SEP 2018

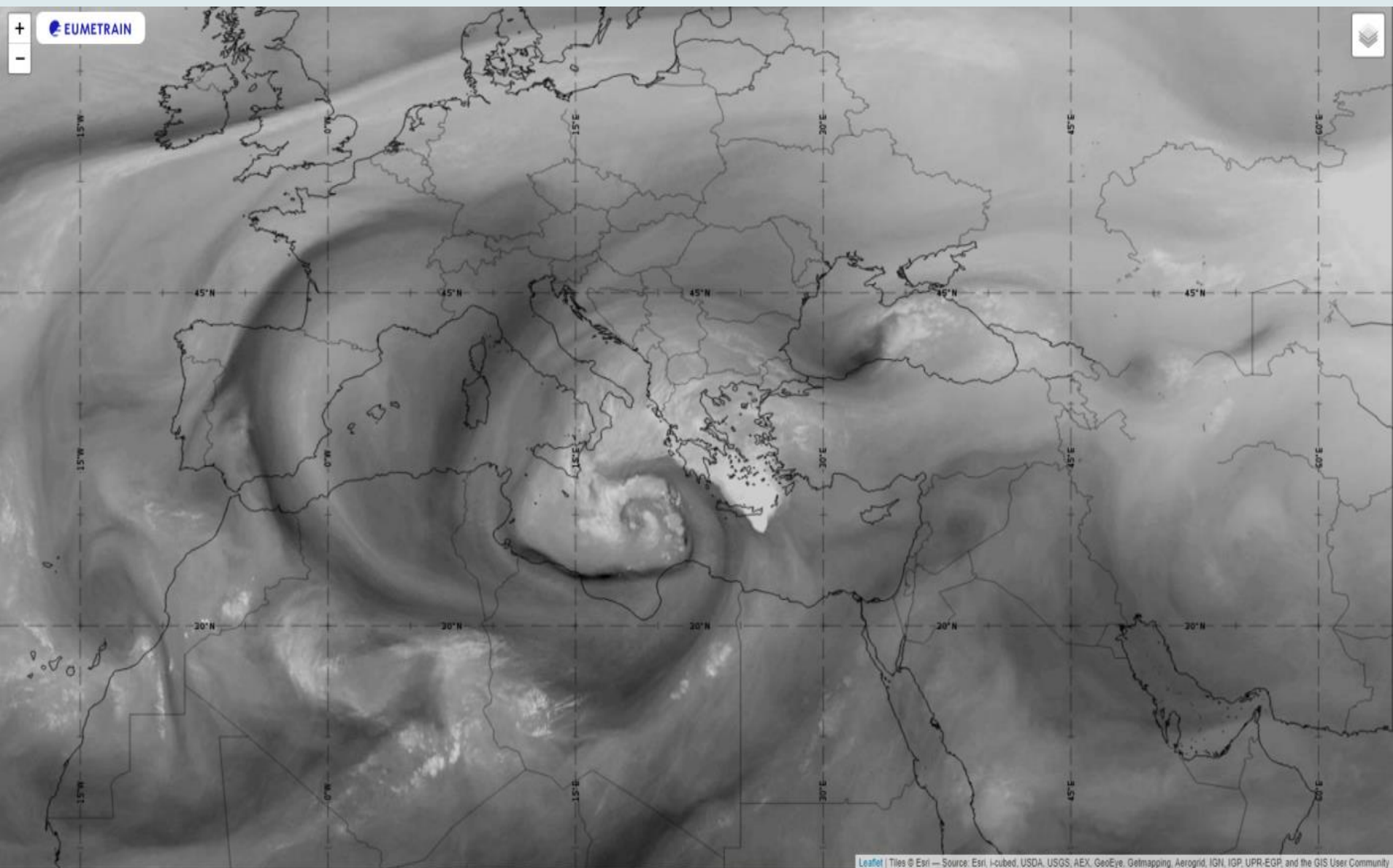
Geostrophic wind scale
in kt for 4.0 hPa intervals



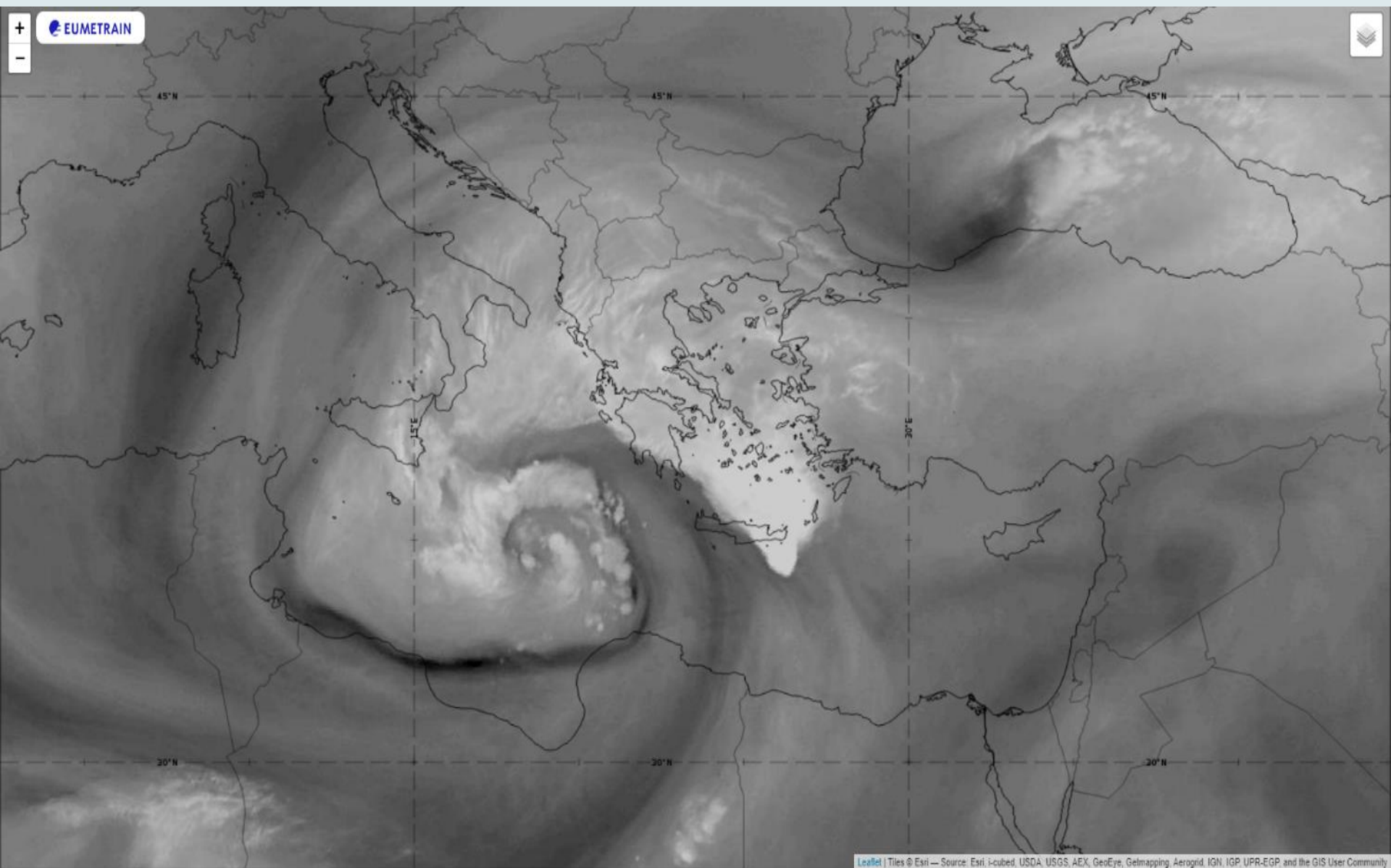
28-9-18 06:00 **IR 10.8**



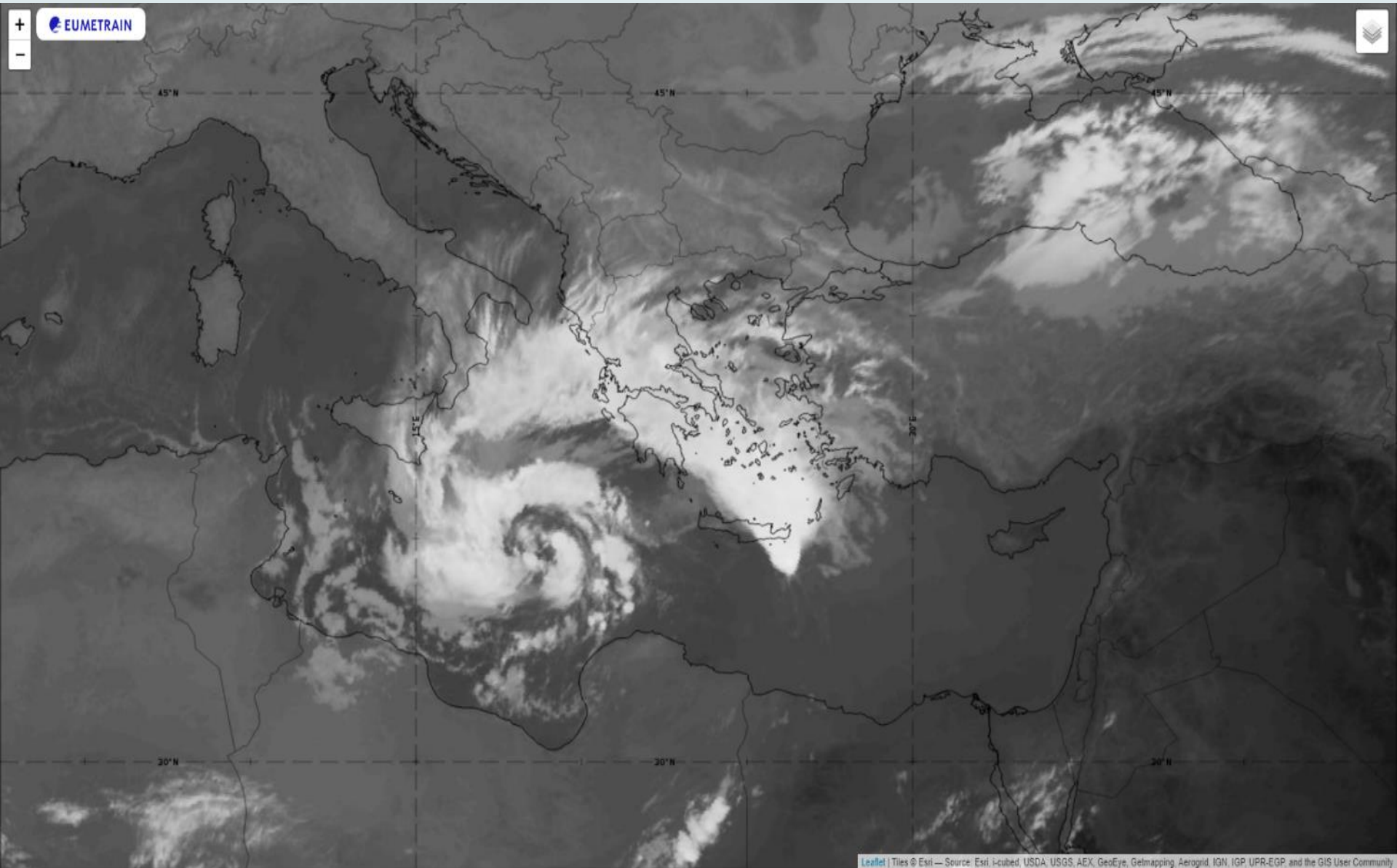
28-9-18 06:00 **VW 6.2**



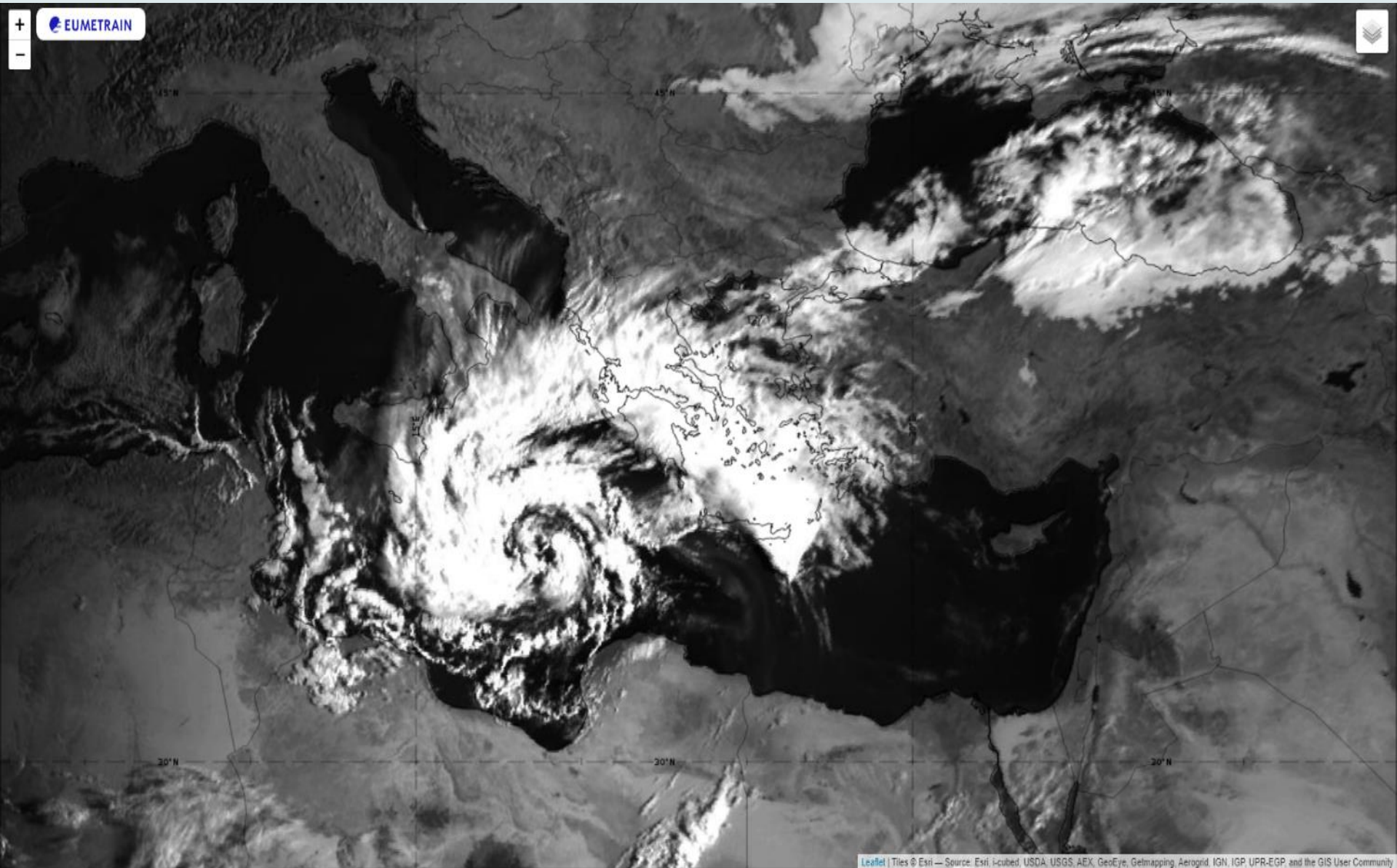
28-9-18 06:00 **VW 6.2**



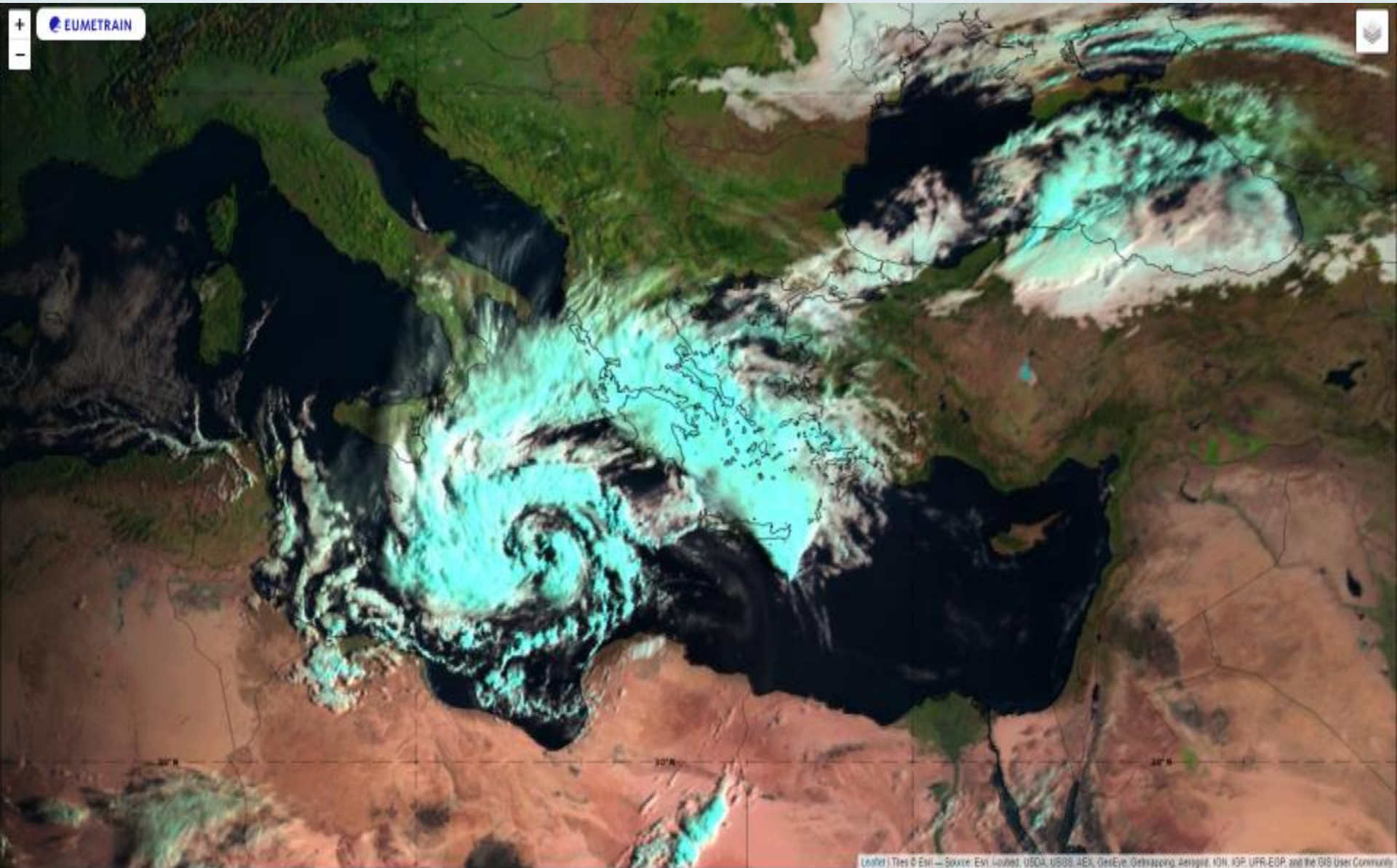
28-9-18 06:00 **IR 10.8**



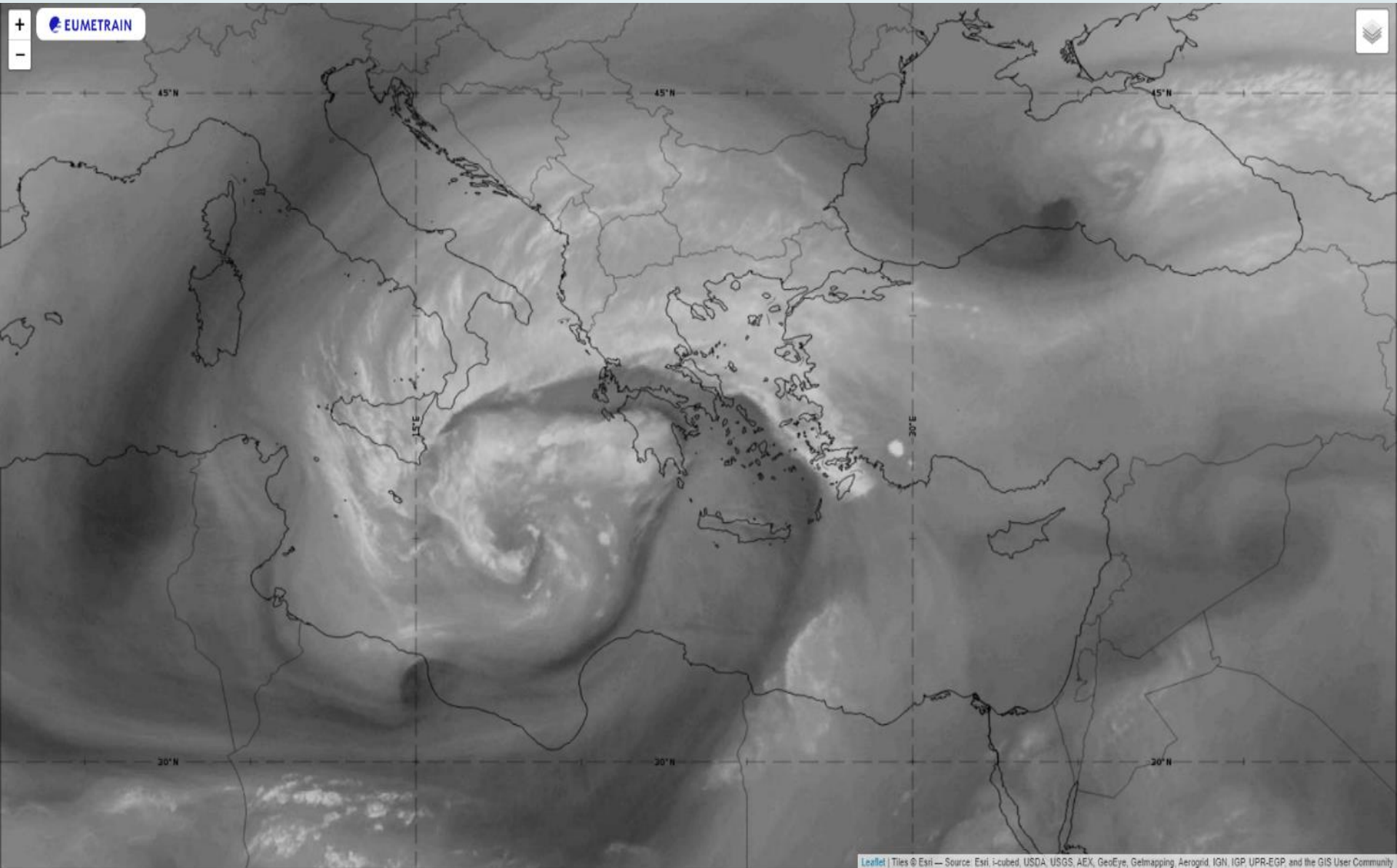
28-9-18 06:00 **VIS 0.8**



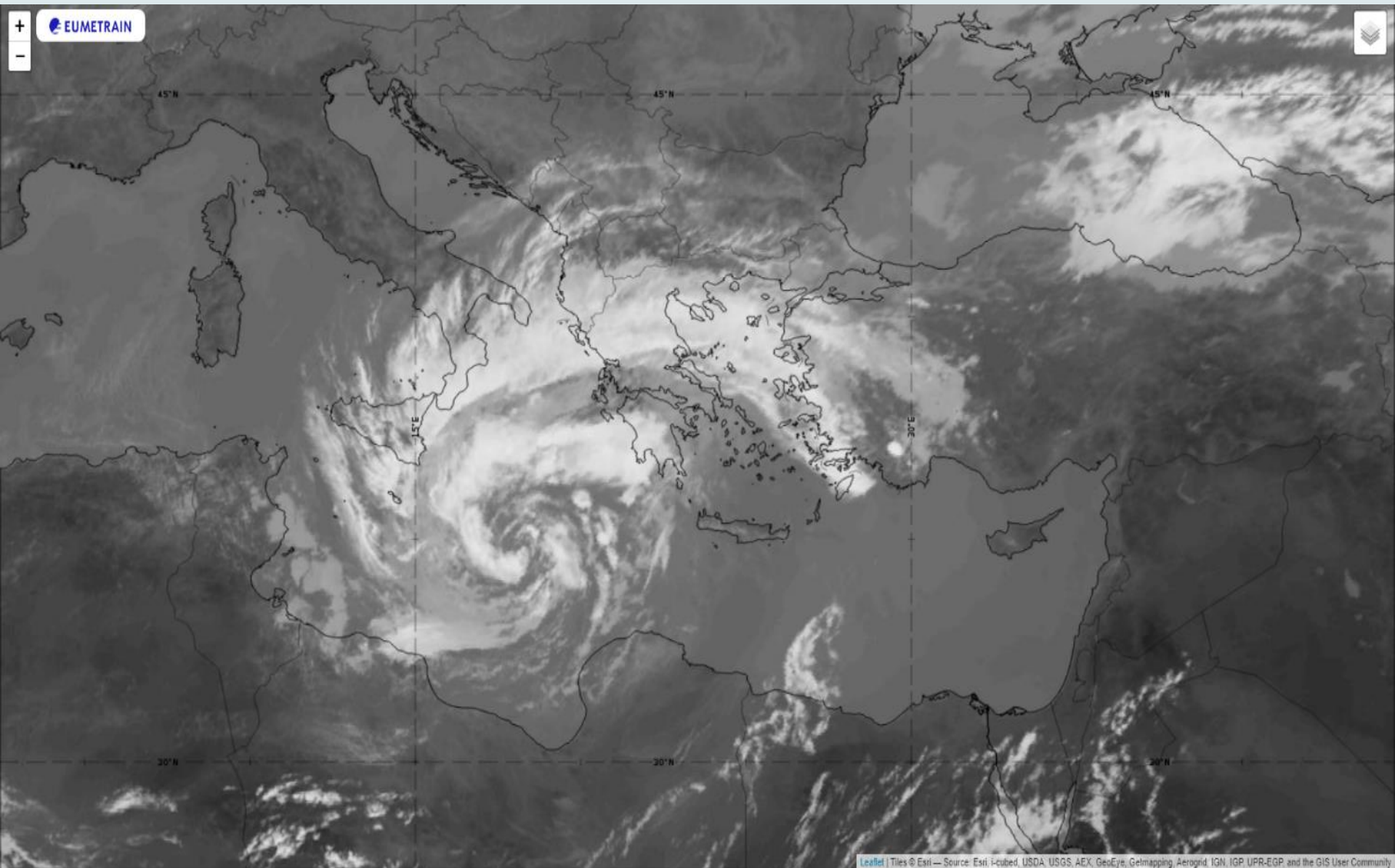
28-9-18 06:00 **NATURAL COLOR RGB**



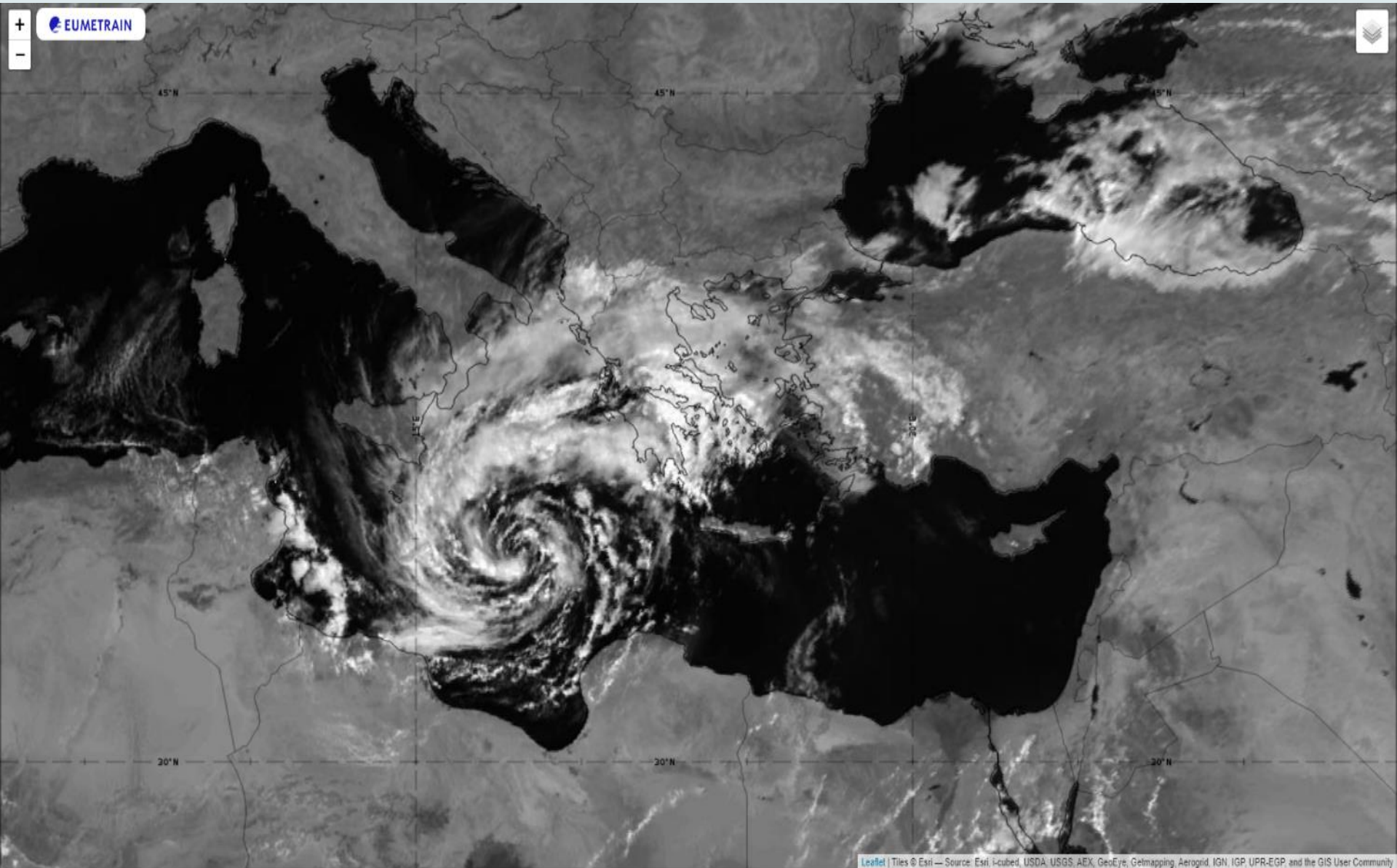
28-9-18 12:00 **VW 6.2**



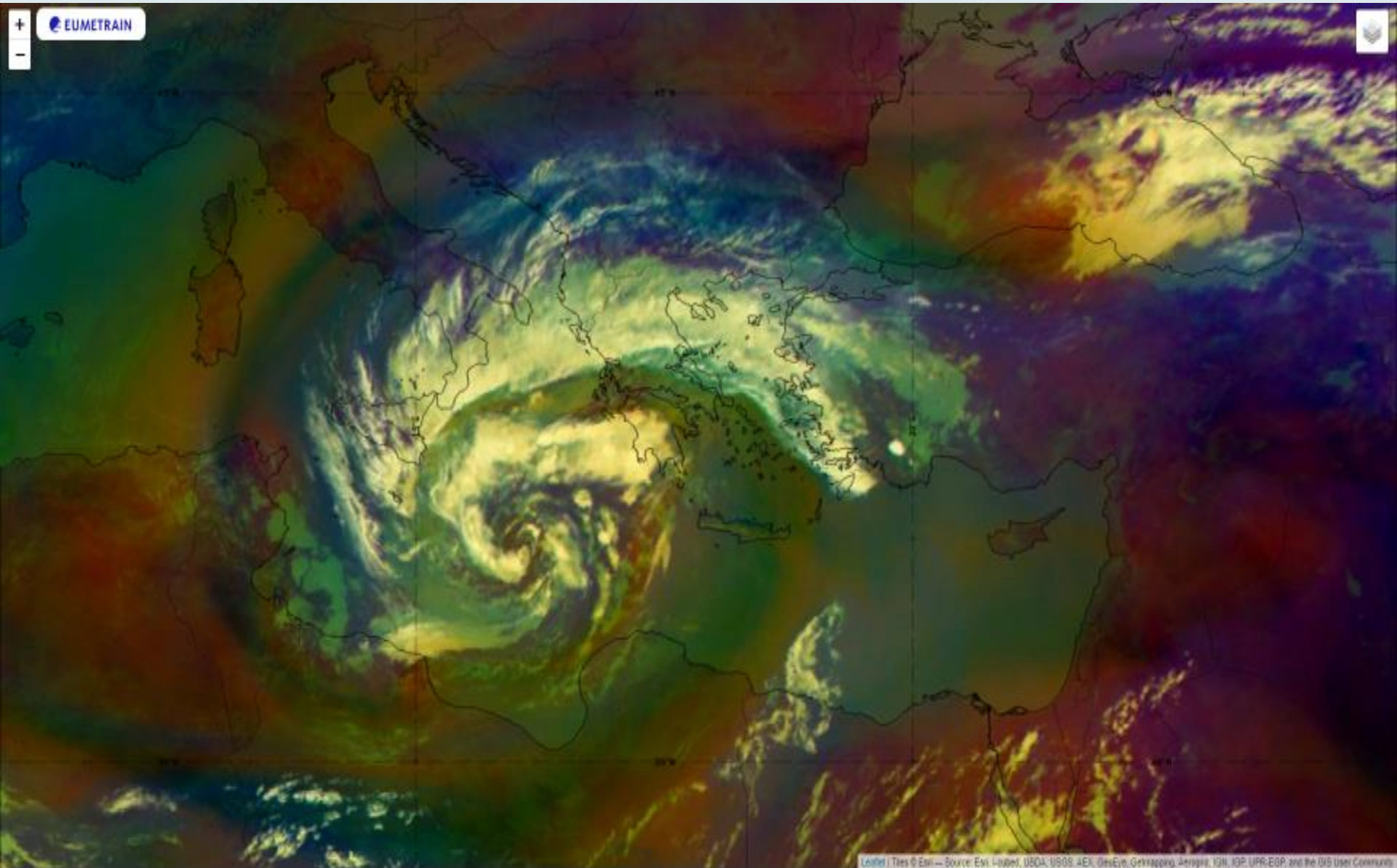
28-9-18 12:00 **IR 10.8**



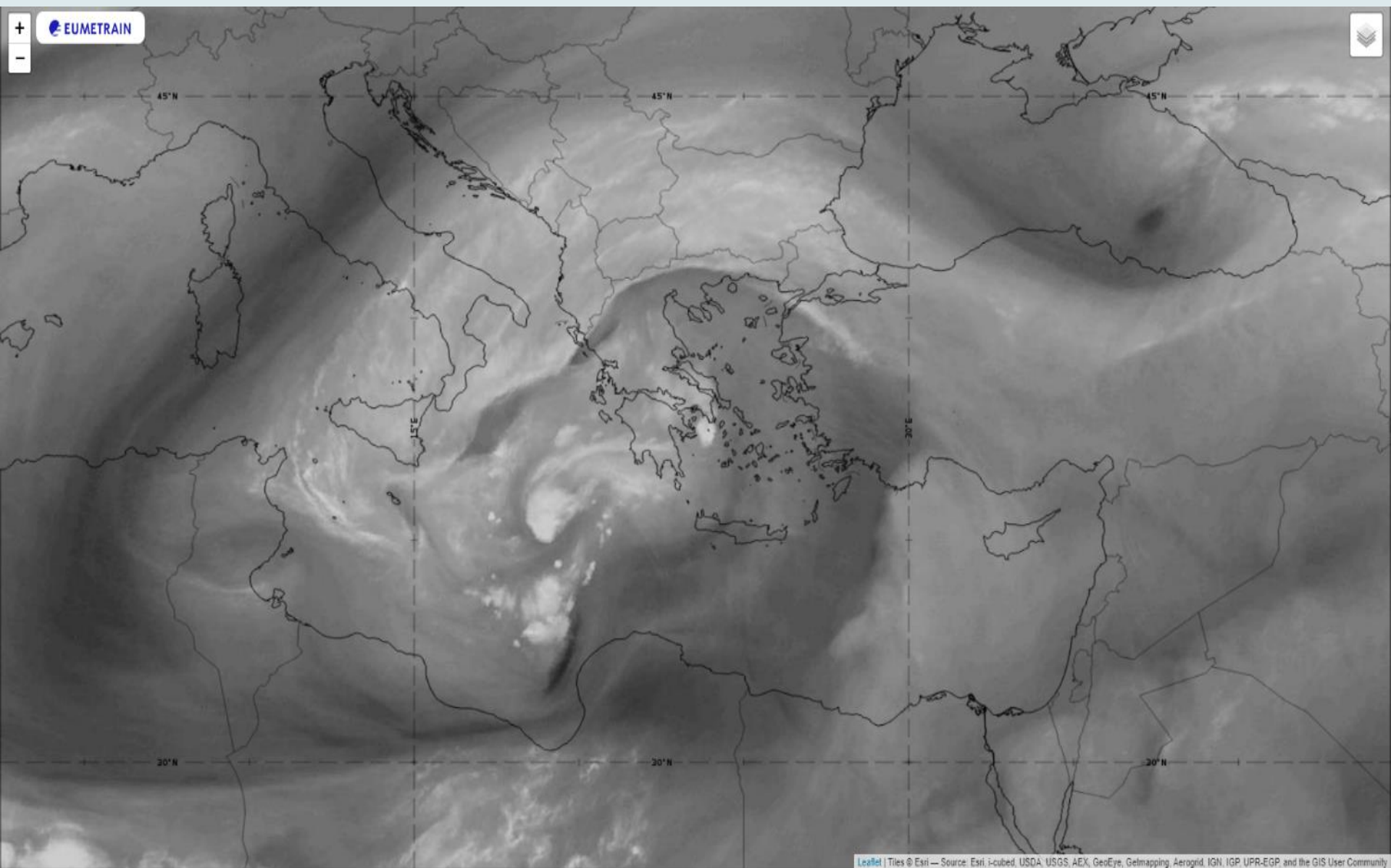
28-9-18 12:00 **VIS 0.8**



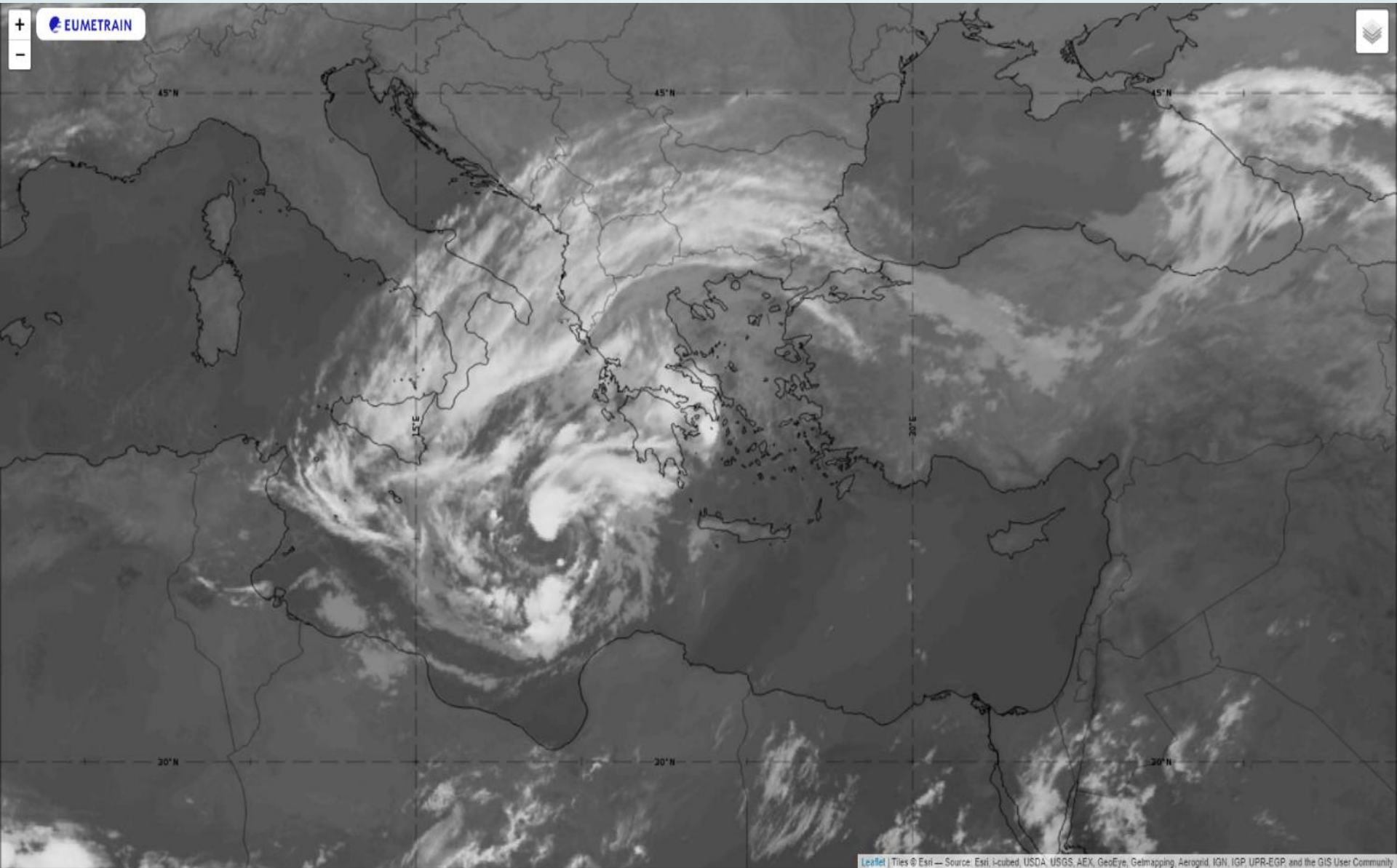
28-9-18 12:00 AIRMASS RGB



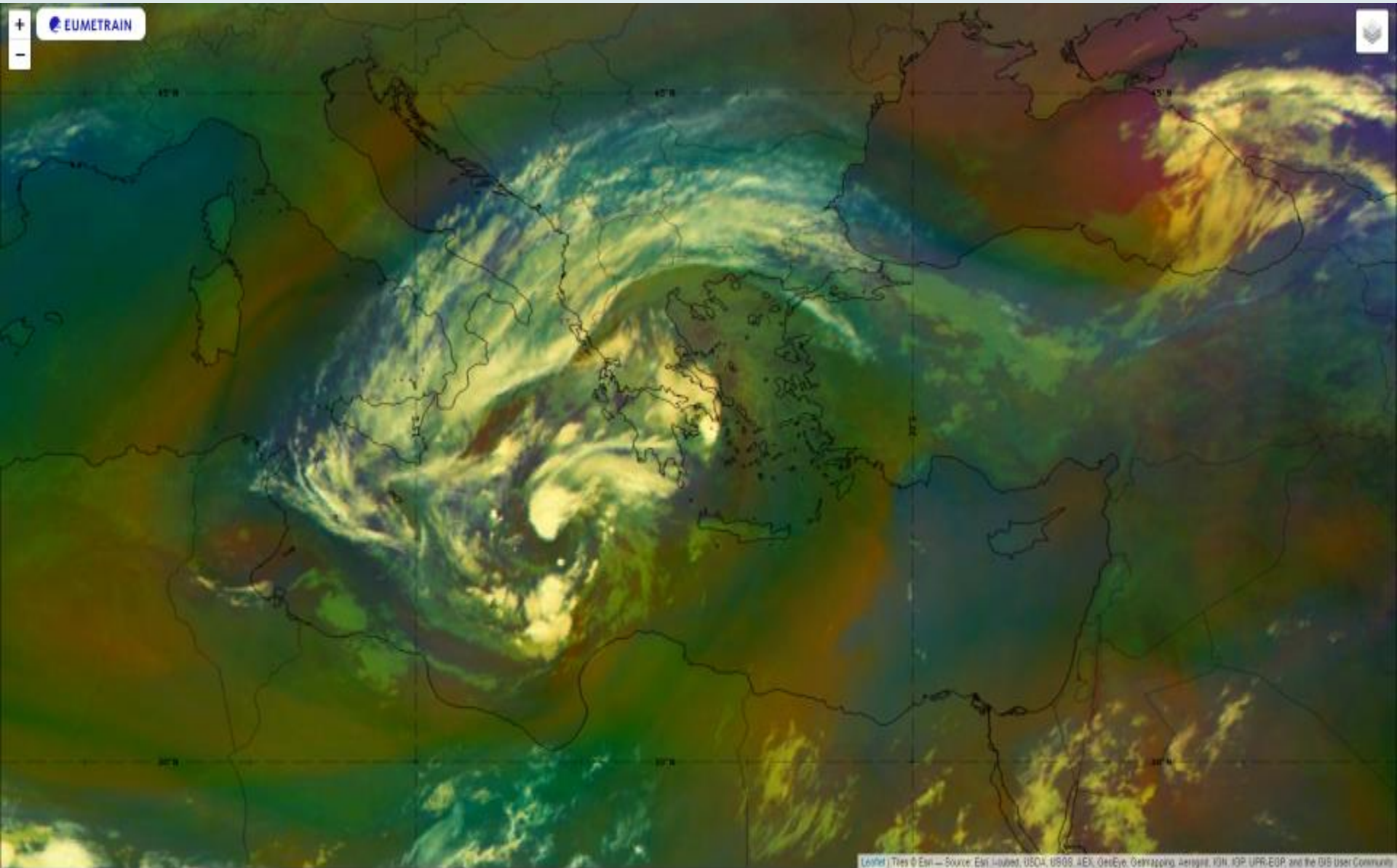
28-9-18 18:00 **VW 6.2**



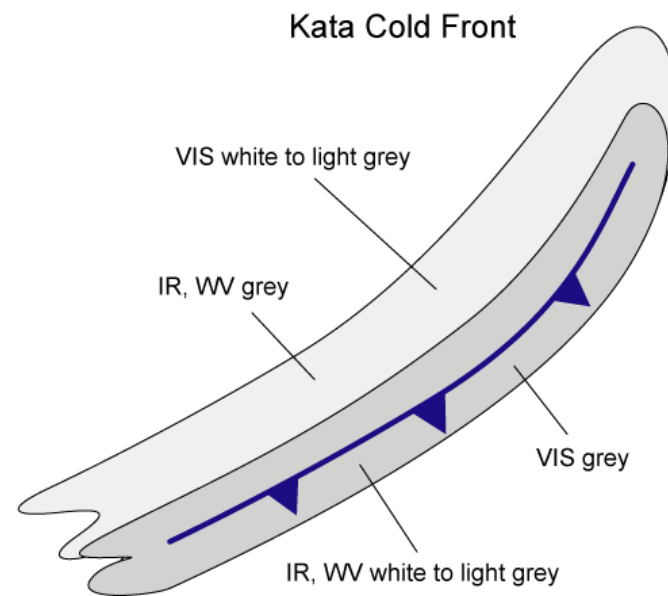
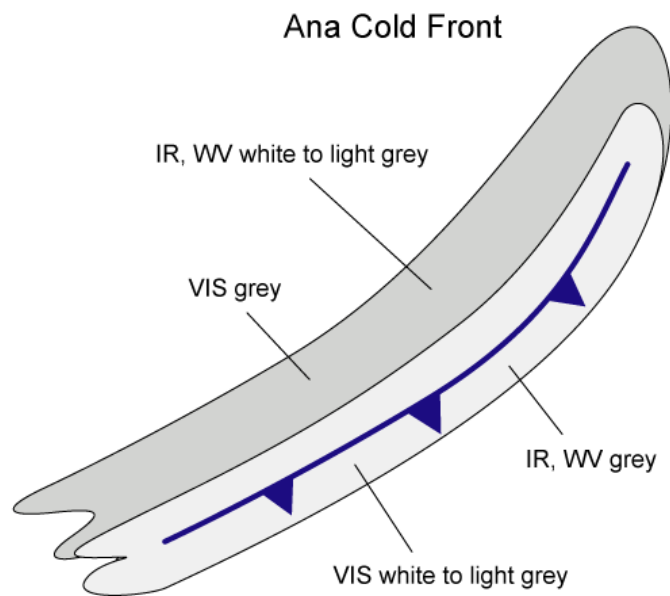
28-9-18 18:00 IR 10.8



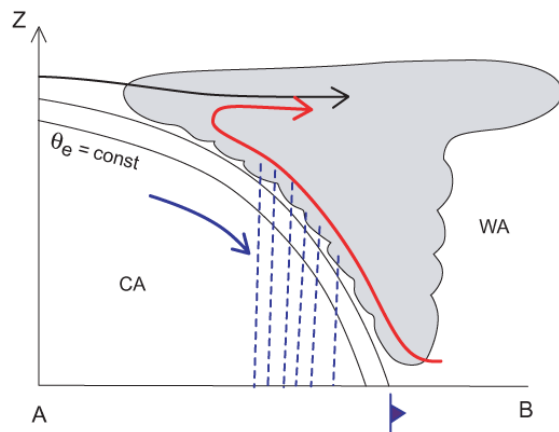
28-9-18 18:00 **AIRMASS RGB**



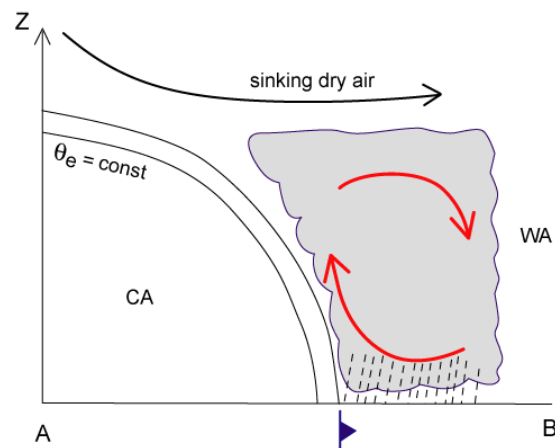
Ana & Kata Cold Fronts



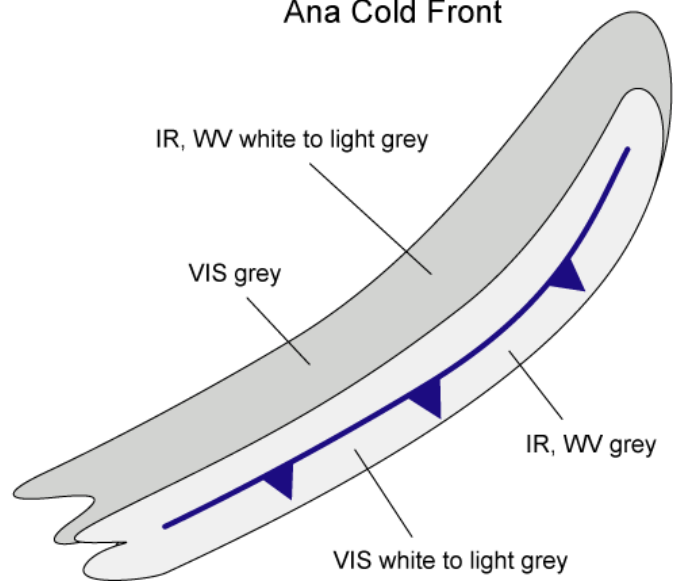
ANA COLD FRONT



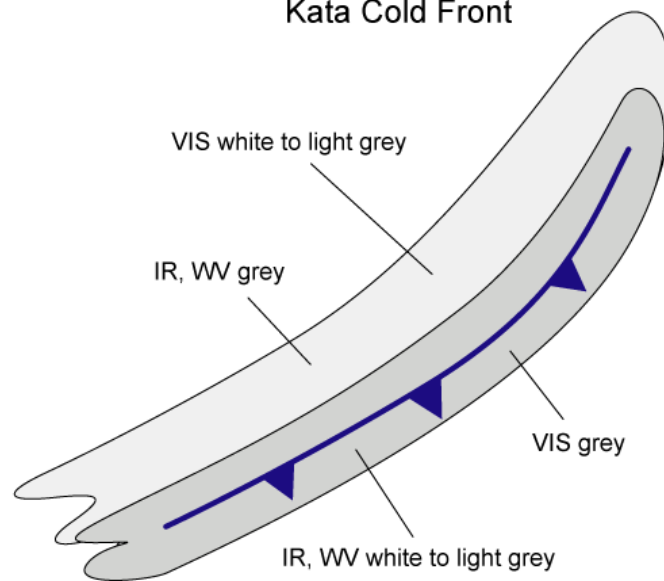
KATA COLD FRONT



Ana Cold Front



Kata Cold Front



-
- Ο διαχωρισμός *anafront* και *katafront* δεν είναι πάντα εφικτός. Κατά τη δημιουργία ενός μετώπου συνήθως τα *anafront* μετατρέπονται σε *katafront*. Επίσης μπορούν να συνυπάρχουν και οι δυο τύποι στο ίδιο μέτωπο.

-
- Τα μέτωπα γενικώς δημιουργούνται ανάμεσα σε βαροκλινικά επίπεδα μεταξύ ψυχρών και θερμών αερίων μαζών. Οι κύριες φυσικές διεργασίες για τη δημιουργία ψυχρών μετώπων είναι η κίνηση του ψυχρού αέρα σε σχέση με τη κίνηση θερμού αέρα. Ο θερμές αέριες μάζες ανυψώνονται κατά μήκος του μετώπου ενώ οι ψυχρές βυθίζονται. Στη περίπτωση που υπάρχει αρκετή υγρασία, οι ανοδικές κινήσεις οδηγούν σε συμπύκνωση υδρατμών και με τη σειρά τους σε νεφώσεις και υετό.
 - Το κύριο χαρακτηριστικό που διαχωρίζει τους διαφορετικούς τύπους ψυχρών μετώπων είναι ο προσανατολισμός του Jet stream σε σχέση με το μέτωπο στο μεσαίο και το ανώτερο επίπεδο της τροπόσφαιρας:
 - Στην περίπτωση ενός *anafront*, ο άξονας του Jet stream και ο ξηρός αέρας είναι παράλληλοι με την μετωπικές νεφώσεις και σχηματίζουν ένα καλά έντονο σχηματισμό νεφών στο πίσω άκρο του μετώπου.
 - Στην περίπτωση ενός *katafront*, ο άξονας του jet stream διασχίζει τις μετωπικές νεφώσεις .

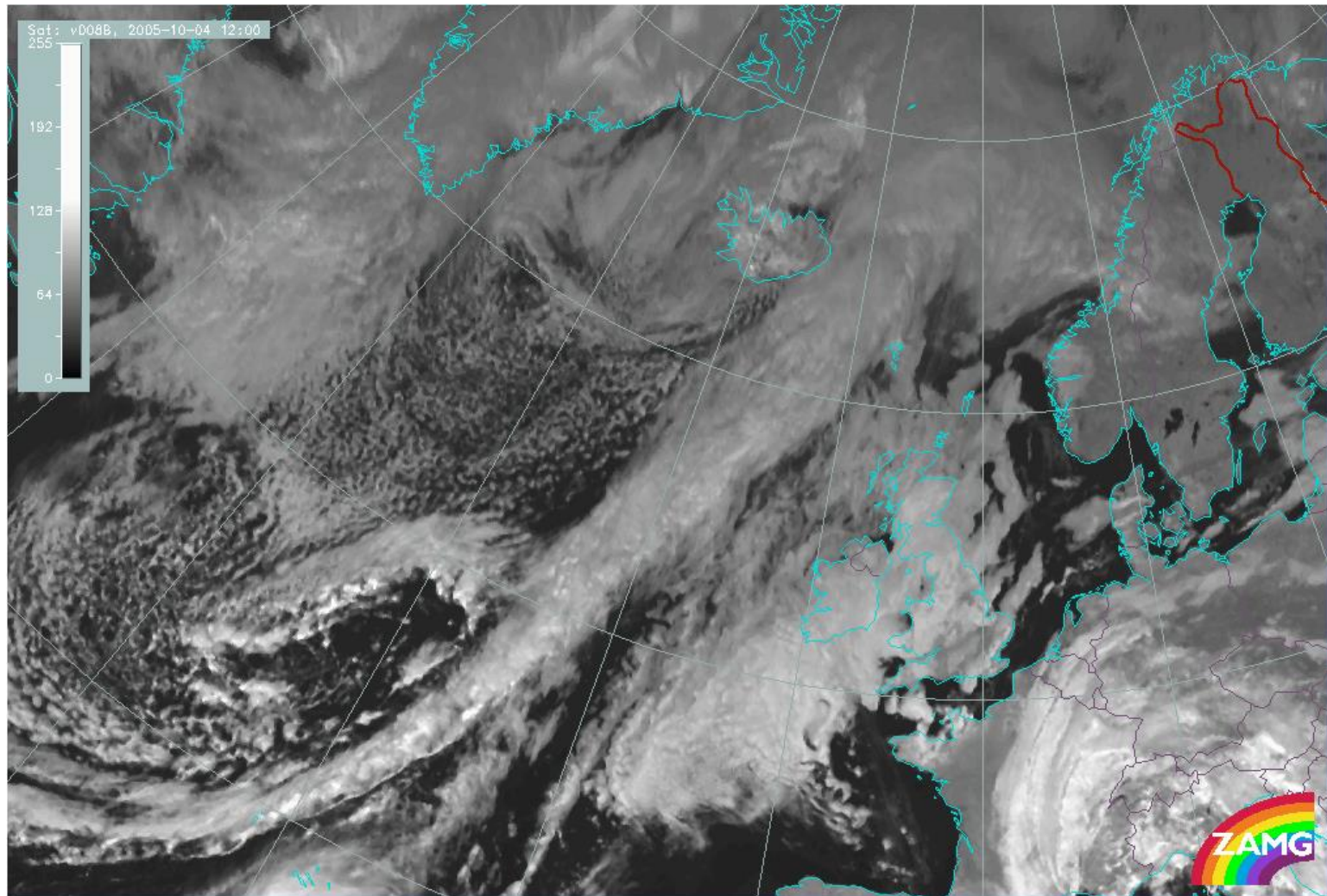
Παράδειγμα #5

Ana Cold Front

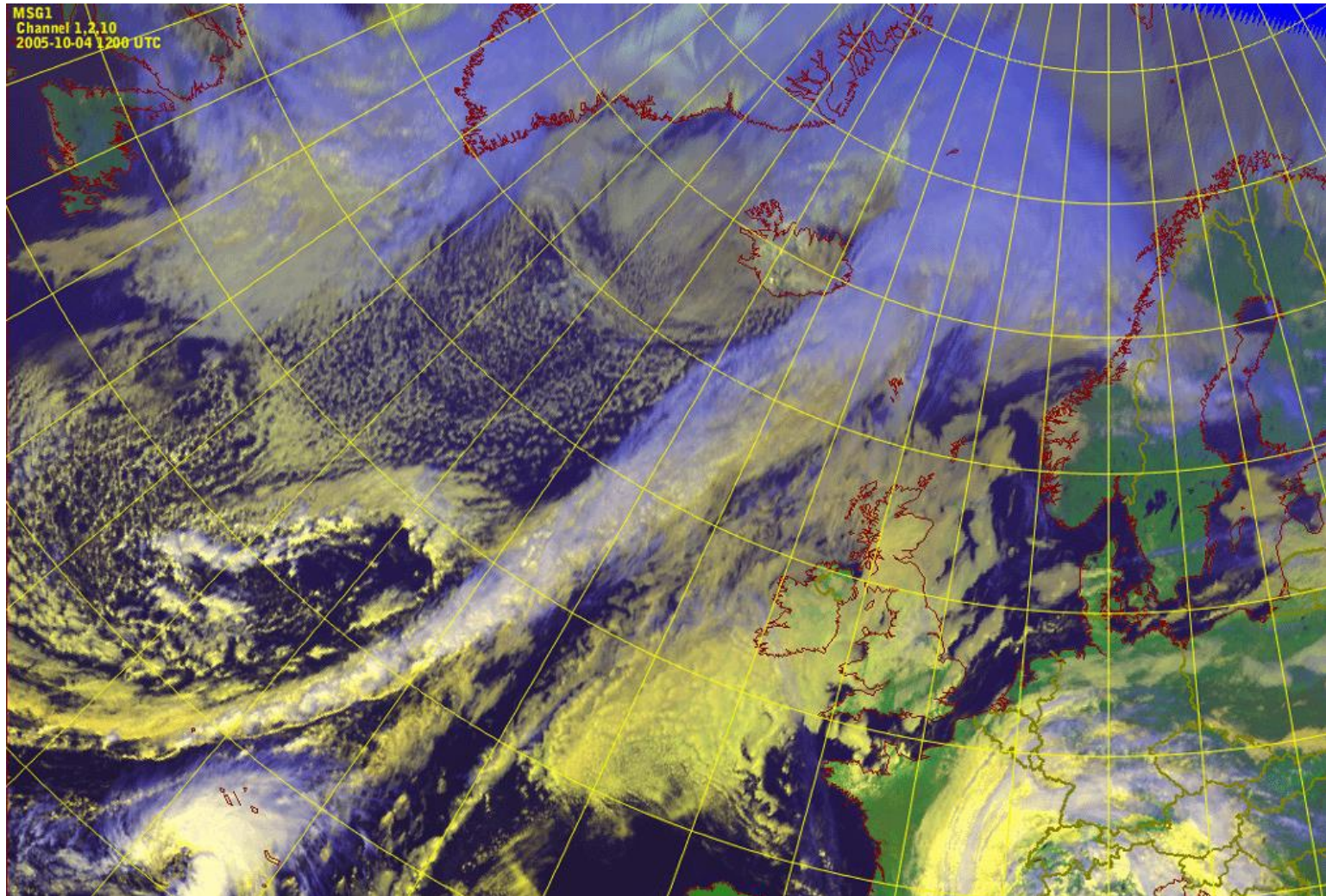
Ana Cold Front

- Γενικά ομαλή εμφάνιση
- Στην εικόνα του ορατού, η φωτεινότερη περιοχή είναι από το μπροστινό άκρο έως το μεσαίο τμήμα νεφών, υποδεικνύοντας νεφώσεις με υγρασία σε χαμηλό ύψος

04 October 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 VIS 0.8 image



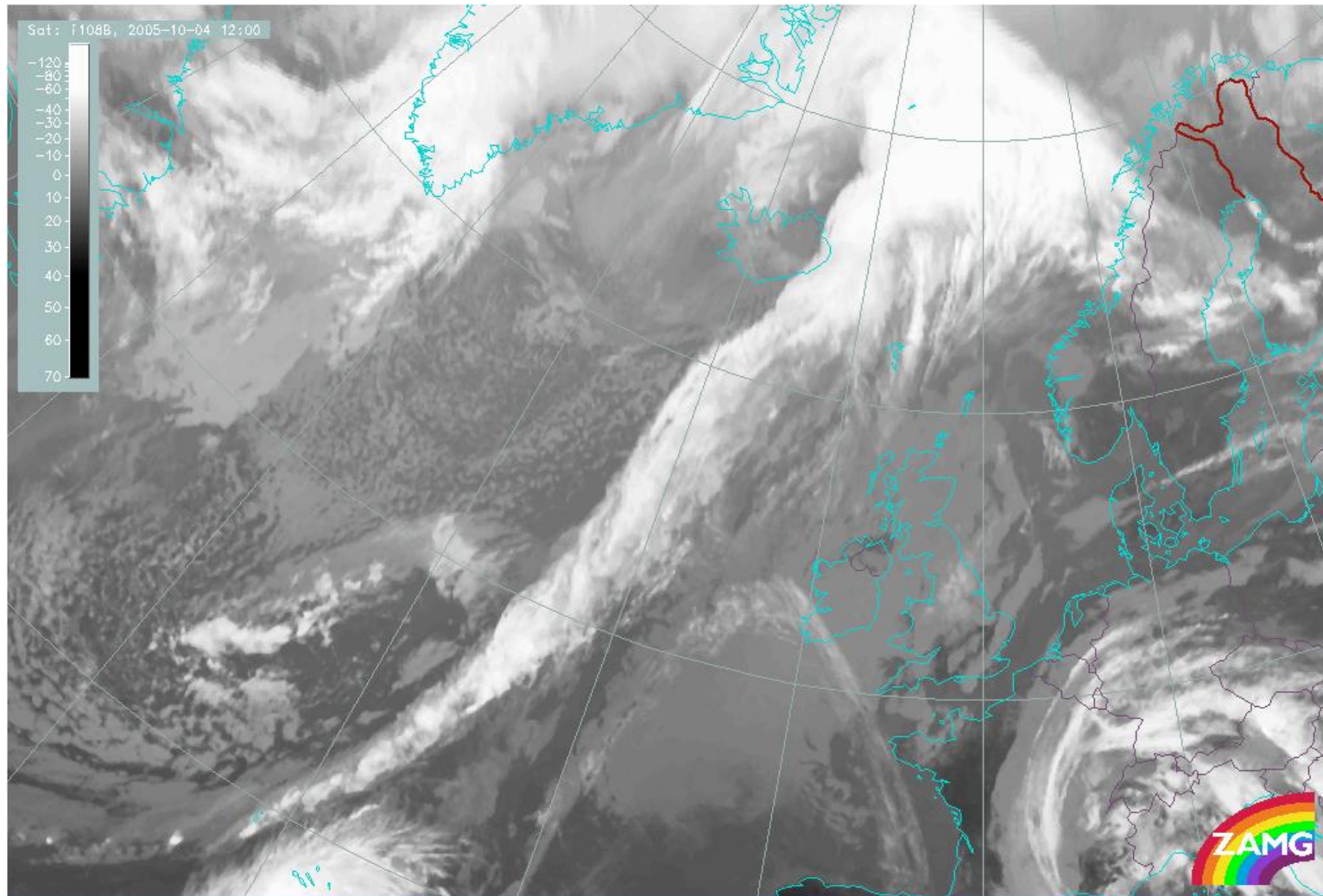
04 October 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 RGB image



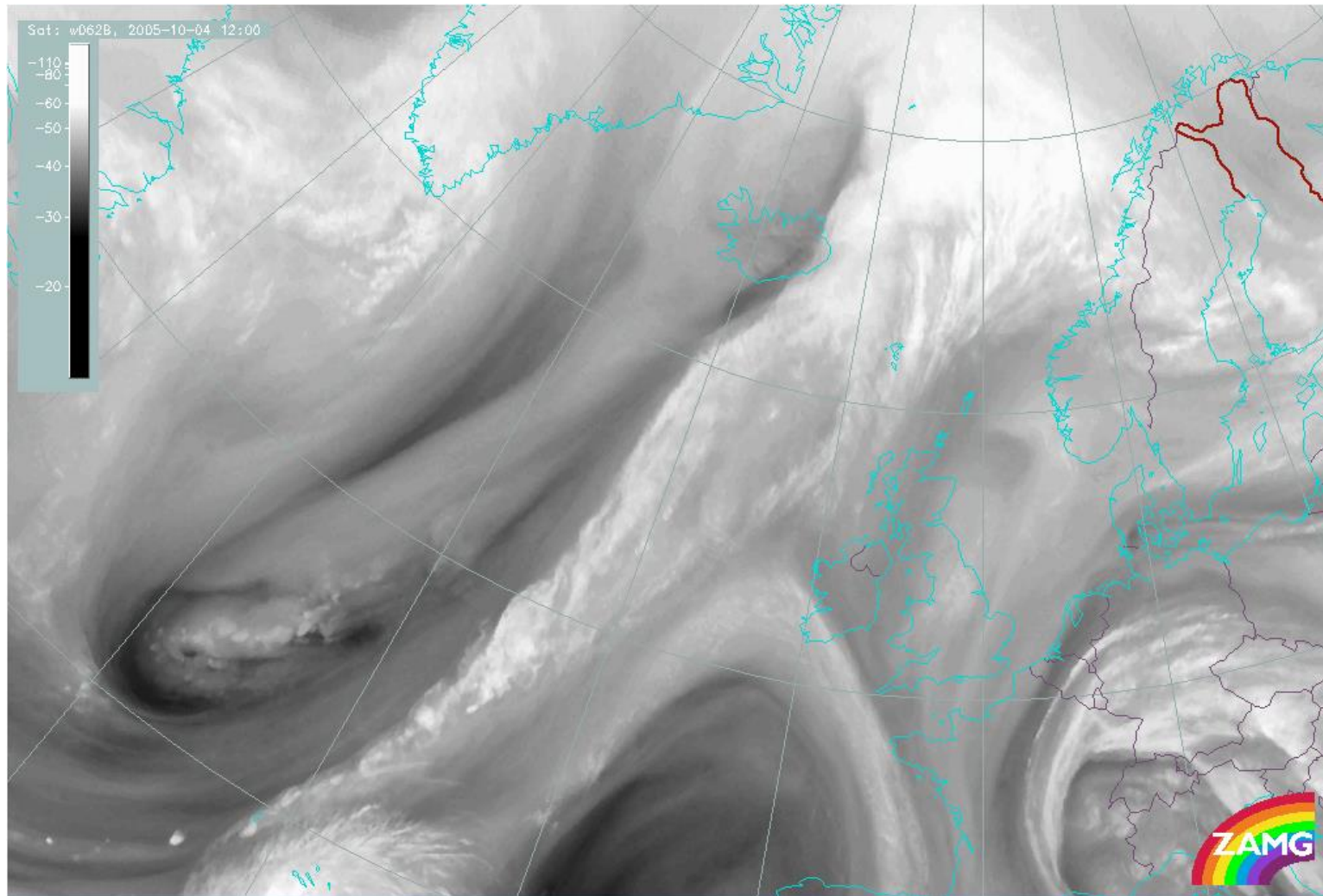
Ana Cold Front

- Γενικά ομαλή εμφάνιση
- Στην εικόνα του ορατού, η φωτεινότερη περιοχή είναι από το μπροστινό άκρο έως το μεσαίο τμήμα νεφών, υποδεικνύοντας νεφώσεις με υγρασία σε χαμηλό ύψος
- Στις εικόνες IR και WV, η φωτεινότερη περιοχή είναι από το πίσω άκρο έως το μεσαίο τμήμα νεφών, υποδηλώνοντας κρύες και υψηλές κορυφές νεφών, συχνά με embedded CB

04 October 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 IR 10.8 image



04 October 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 WV 6.2 image



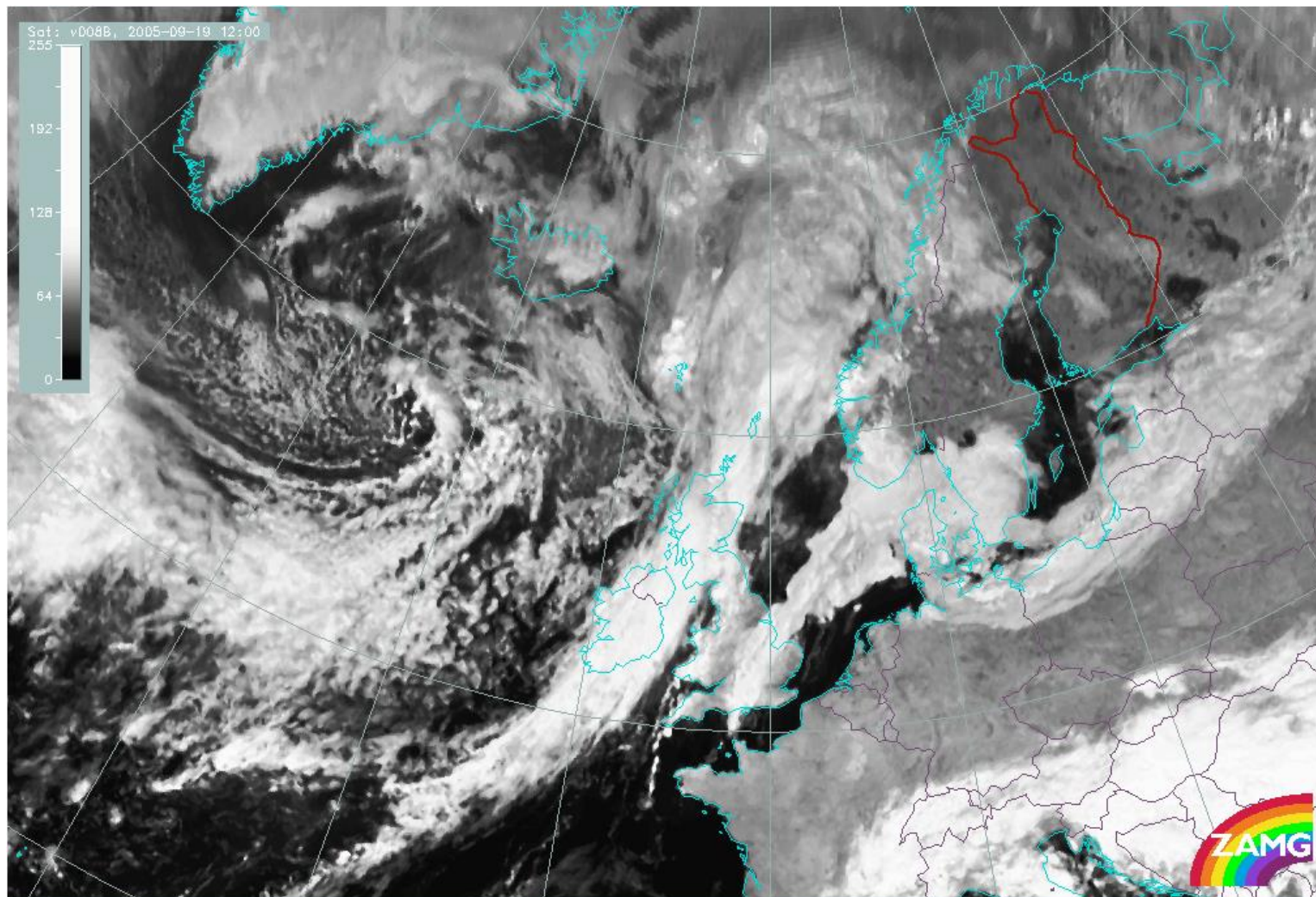
Παράδειγμα #6

Kata Cold Front

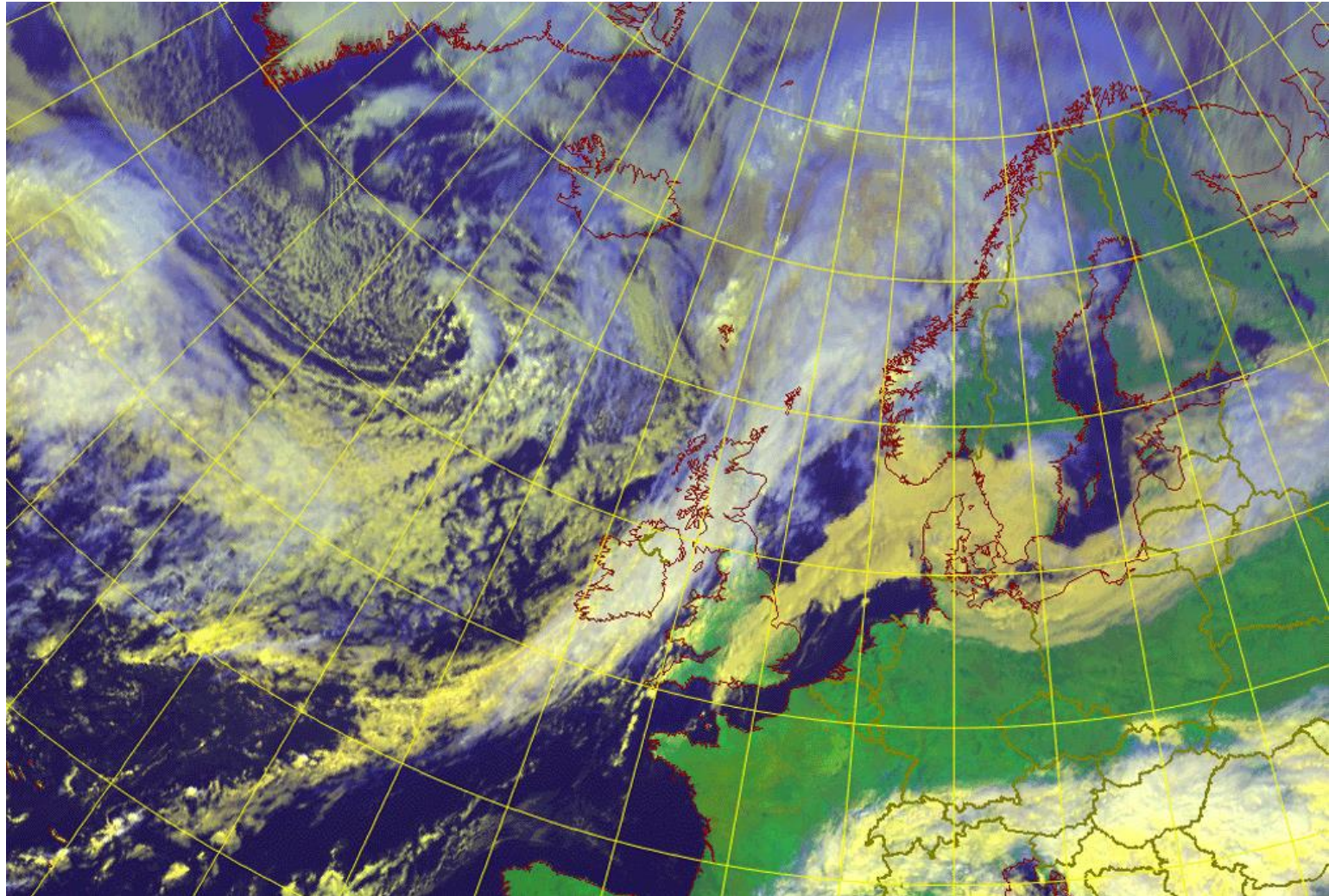
Kata Cold Front

- Δομημένη εμφάνιση
- Στην εικόνα του ορατού, η φωτεινότερη περιοχή είναι από το πίσω άκρο έως το μεσαίο τμήμα των νεφών, υποδεικνύοντας νεφώσεις με υγρασία σε χαμηλό ύψος

19 September 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 VIS 0.8 image



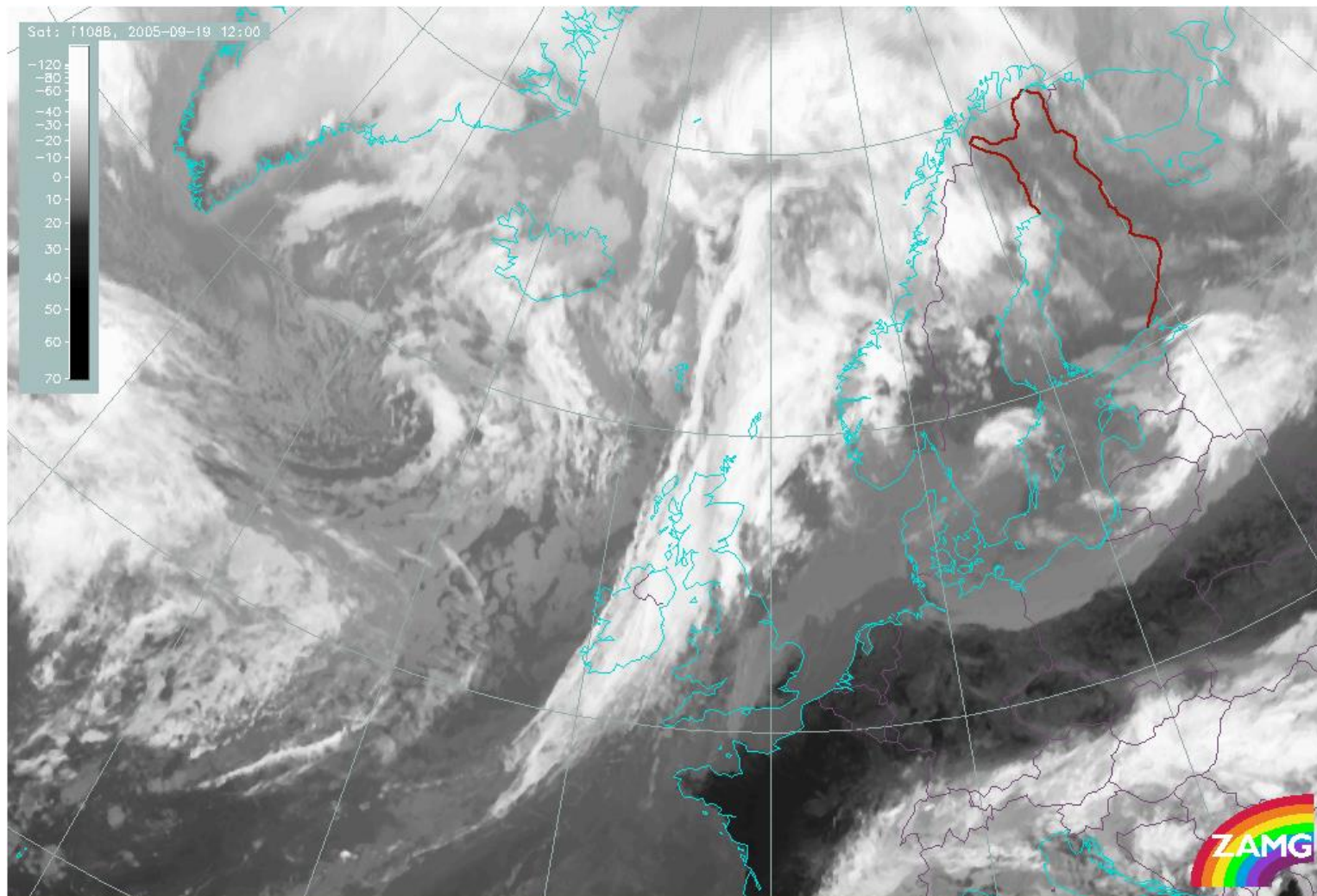
19 September 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 RGB image



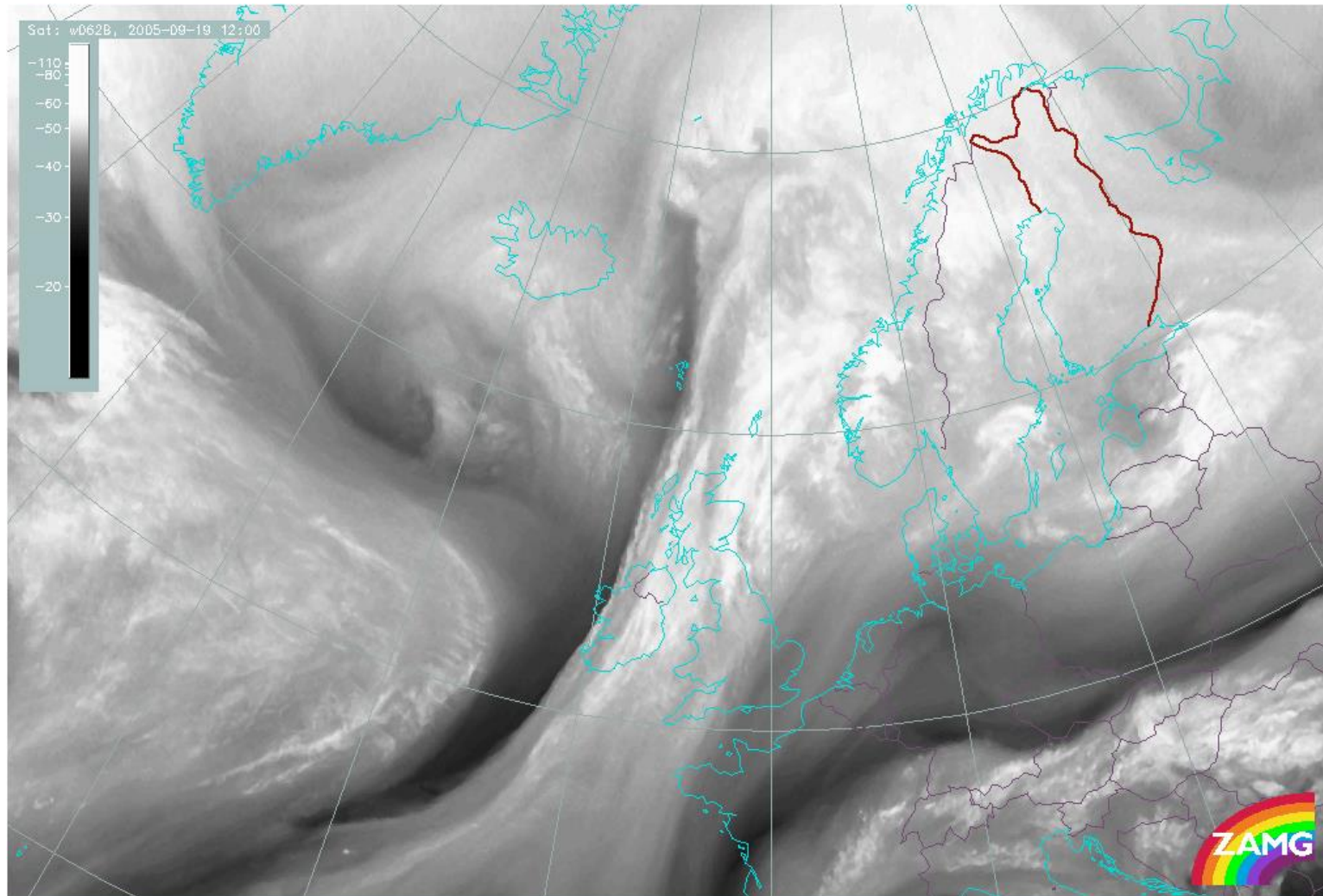
Kata Cold Front

- Δομημένη εμφάνιση
- Στην εικόνα του ορατού, η φωτεινότερη περιοχή είναι από το πίσω άκρο έως το μεσαίο τμήμα των νεφων, υποδεικνύοντας νεφώσεις με υγρασία σε χαμηλό ύψος
- Στις εικόνες IR και WV, η φωτεινότερη περιοχή είναι από το μπροστινό άκρο έως το μεσαίο τμήμα των νεφώσεων, υποδηλώνοντας κρύες και υψηλές κορυφές νεφών, συχνά με embedded CB

19 September 2005/ 12.00 UTC - Meteosat 8 IR 10.8 image



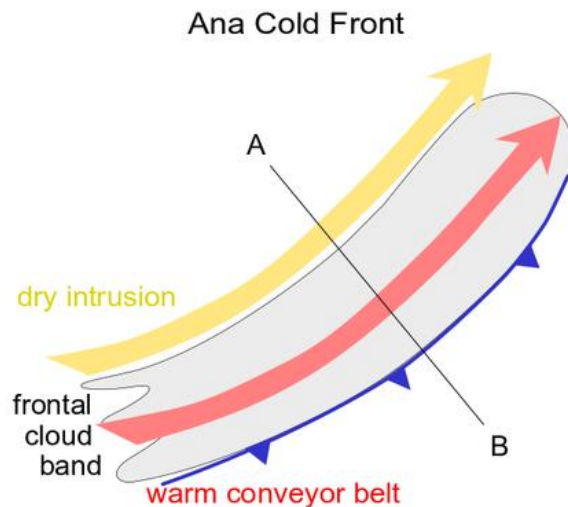
19 September 2005/12.00 UTC - Meteosat 8 WV 6.2 image



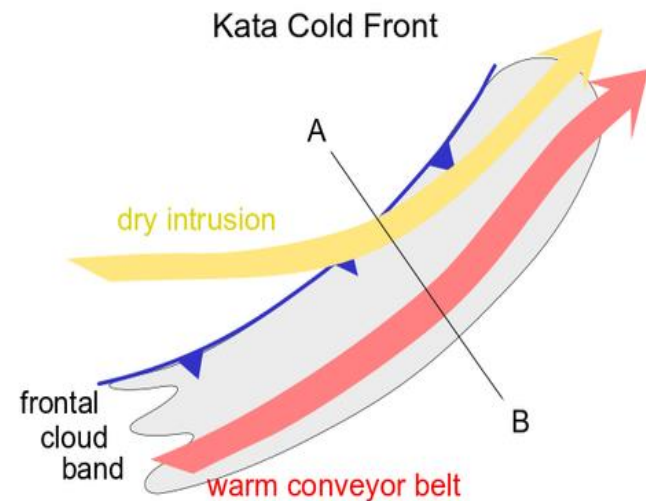
Ana & Kata Cold Fronts

Ana & Kata Cold Fronts

Ana Cold Front

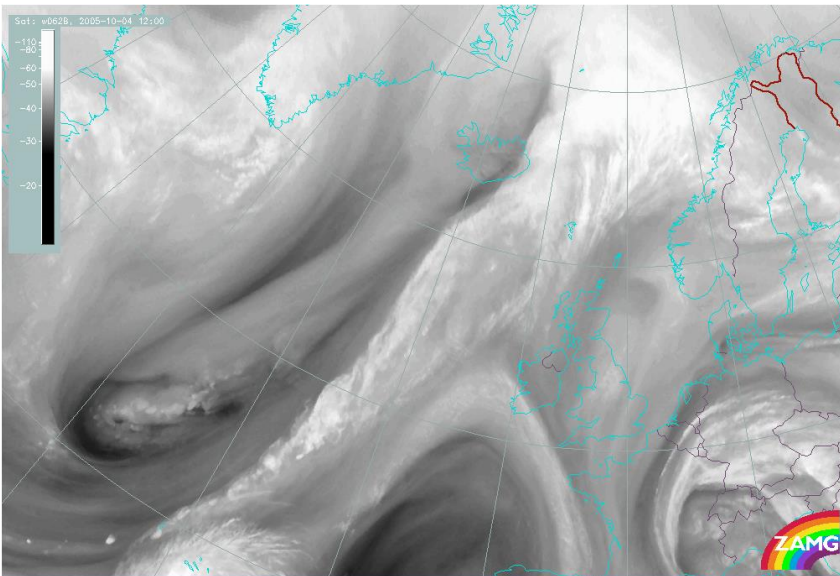


Kata Cold Front

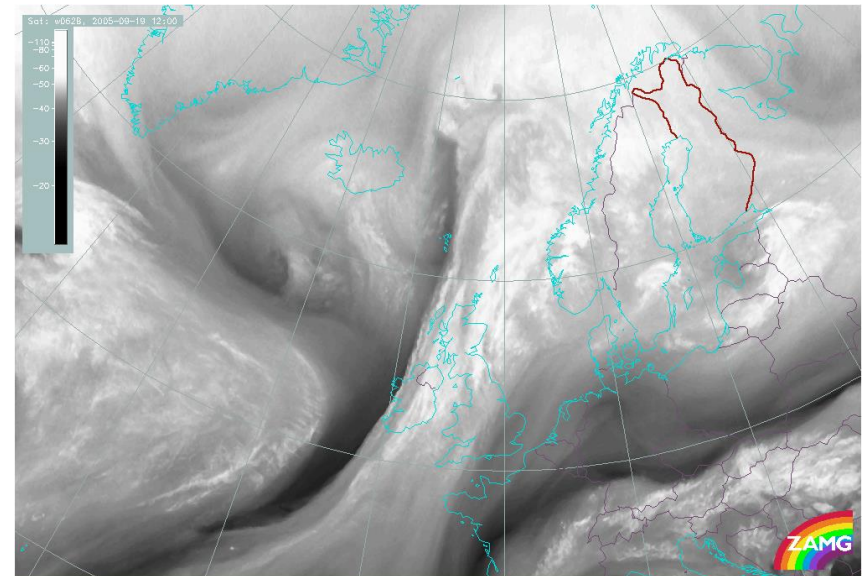


Ana & Kata Cold Fronts

Ana Cold Front



Kata Cold Front



According to the conveyor belt theory:

Ana Cold Front

- Οι μετωπικές νεφώσεις και ο υετός σχετίζονται με ένα ανερχόμενο Warm Conveyor Belt, το οποίο έπεται της κίνηση του μετώπου, προκαλώντας την εμπρόσθια ζώνη και τον υετό να εμφανίζονται πίσω από την μετωπική επιφάνεια.
- Παράλληλα με το Warm Conveyor Belt υπάρχει ένα ξηρό ρεύμα αέριων μαζών (ξηρή εισβολή). Το αιχμηρό πίσω άκρο του μετώπου σηματοδοτεί τη μετάβαση μεταξύ των δύο σχετικών ρευμάτων.

Kata Cold Front

- Το ανερχόμενο Warm Conveyor Belt διαπερνάται από την ξηρή εισβολή.
- Ο ξηρός αέρας προέρχεται από τα ανώτερα επίπεδα της τροπόσφαιρας ή ακόμη και από τα χαμηλότερα επίπεδα της στρατόσφαιρας και διασχίζει το ψυχρό μέτωπο από πίσω.
- Το Warm Conveyor Belt αποκτά κλίση προς τα εμπρός σε σχέση με την κίνηση του ψυχρού μετώπου. Επομένως, τα μετωπικά νέφη και οι βροχοπτώσεις τείνουν να βρίσκονται μπροστά από την μετωπική επιφάνεια.
- Οι κορυφές νεφών στην περιοχή του ξηρού ρεύματος αέρα είναι σχετικά χαμηλές, ενώ στο μπροστινό άκρο αυτής της περιοχής οι κορυφές νεφών είναι υψηλότερες. Αυτή η περιοχή δείχνει το upper cold front.

According to the conveyor belt theory:

Ana Cold Front

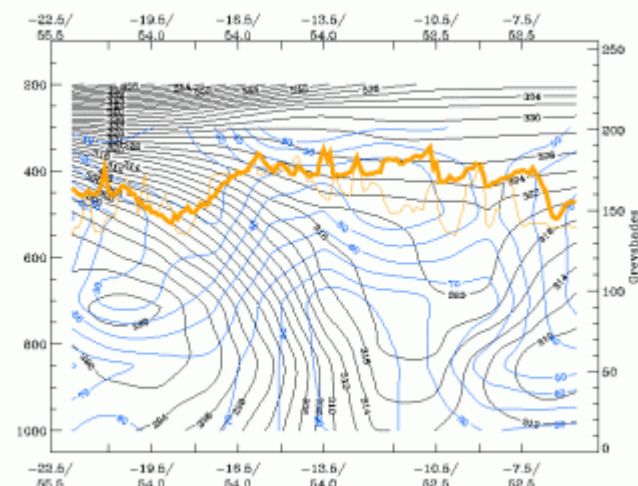
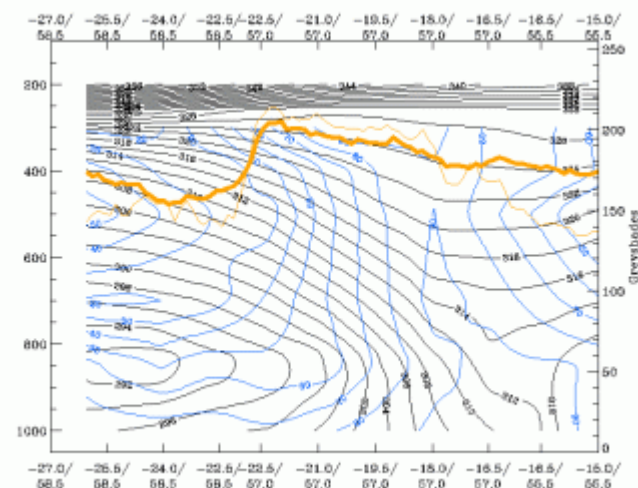
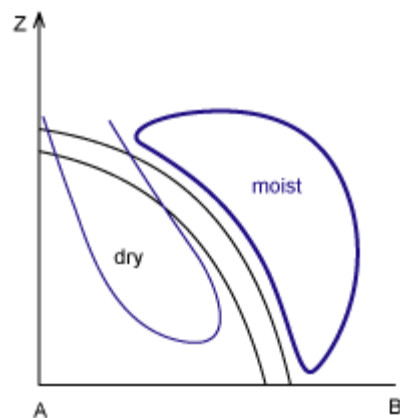
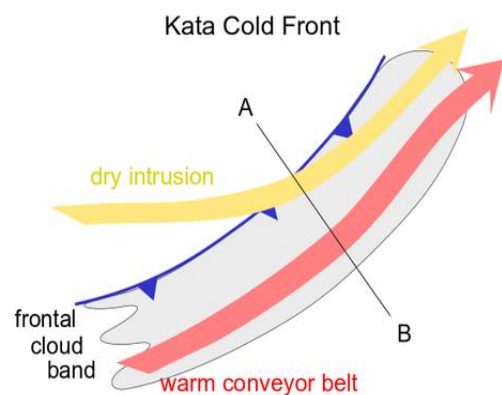
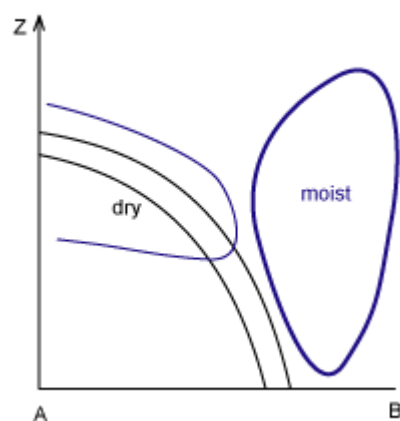
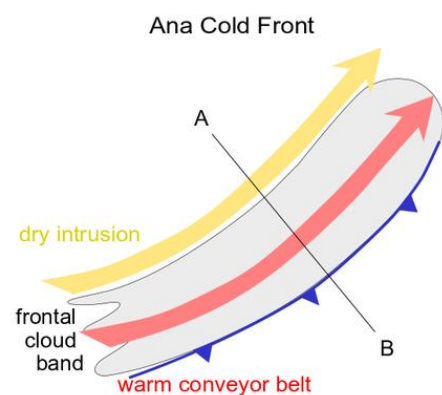
- Οι μετωπικές νεφώσεις και ο υετός σχετίζονται με ένα ανερχόμενο Warm Conveyor Belt, το οποίο έπεται της κίνηση του μετώπου, προκαλώντας την εμπρόσθια ζώνη και τον υετό να εμφανίζονται πίσω από την μετωπική επιφάνεια.
- Παράλληλα με το Warm Conveyor Belt υπάρχει ένα ξηρό ρεύμα αέριων μαζών (ξηρή εισβολή). Το αιχμηρό πίσω άκρο του μετώπου σηματοδοτεί τη μετάβαση μεταξύ των δύο σχετικών ρευμάτων.

Kata Cold Front

- Η αέρια μάζα που ανυψώνεται από την ξηρή εισβολή είναι πιο κρύα από την αέρια μάζα εντός του Warm Conveyor Belt. Η ξηρή εισβολή με αυτό το τρόπο μειώνει τη θερμοκρασία των ανώτερων αέριων μαζών και επίσης των αερίων μαζών μπροστά από το ψυχρό μέτωπο. Επιπλέον, οι αέριες μάζες του ανώτερου ρεύματος έχουν χαμηλότερη equivalent potential temperature. Το αποτέλεσμα είναι η ανάπτυξη ενός υπό όρους ασταθούς στρώματος κοντά στο μπροστινό άκρο του μετώπου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μετασχηματισμό των στρωματομορφών σε convective νεφώσεις.

-
- Σε ένα *anafront*, η σχετική υγρασία είναι υψηλή μπροστά από το μέτωπο και χαμηλή πίσω από αυτήν. Στην περίπτωση *katafront*, η περιοχή υψηλής υγρασίας έχει κλίση προς τα εμπρός και επομένως απομακρύνεται από την υψηλότερη επιφάνεια του μετώπου καθ' ύψος. Σε ένα *katafront* ο ξηρός αέρας εκτείνεται σε όλο το μέτωπο.
 - Η μετωπική ζώνη βρίσκεται μέσα σε μια περιοχή θετικού στροβιλισμού που αυξάνεται με το ύψος. Το μέγιστο είναι ακριβώς κάτω από την τροπόπαυση.
 - Υπάρχει σύγκλιση εντός της μετωπικής ζώνης και απόκλιση πάνω από αυτήν.
 - Το ωμέγα έχει αρνητικές τιμές (ανοδική κίνηση) εντός και πάνω από την μετωπική ζώνη. Μικρές θετικές τιμές (κίνηση προς τα κάτω) βρίσκονται πίσω από την μετωπική ζώνη.
 - Οι δορυφορικές εικόνες απεικονίζουν μεγάλες ανακλαστικότητες στο ορατό και για τους δύο τύπους ψυχρών μετώπων πάνω από την μετωπική ζώνη. Σε ένα *anafront*, οι υψηλότερες τιμές στις εικόνες IR και WV συμπίπτουν με τις τιμές του ορατού, αλλά σε ένα *katafront* βρίσκονται μπροστά από τη μετωπική ζώνη.

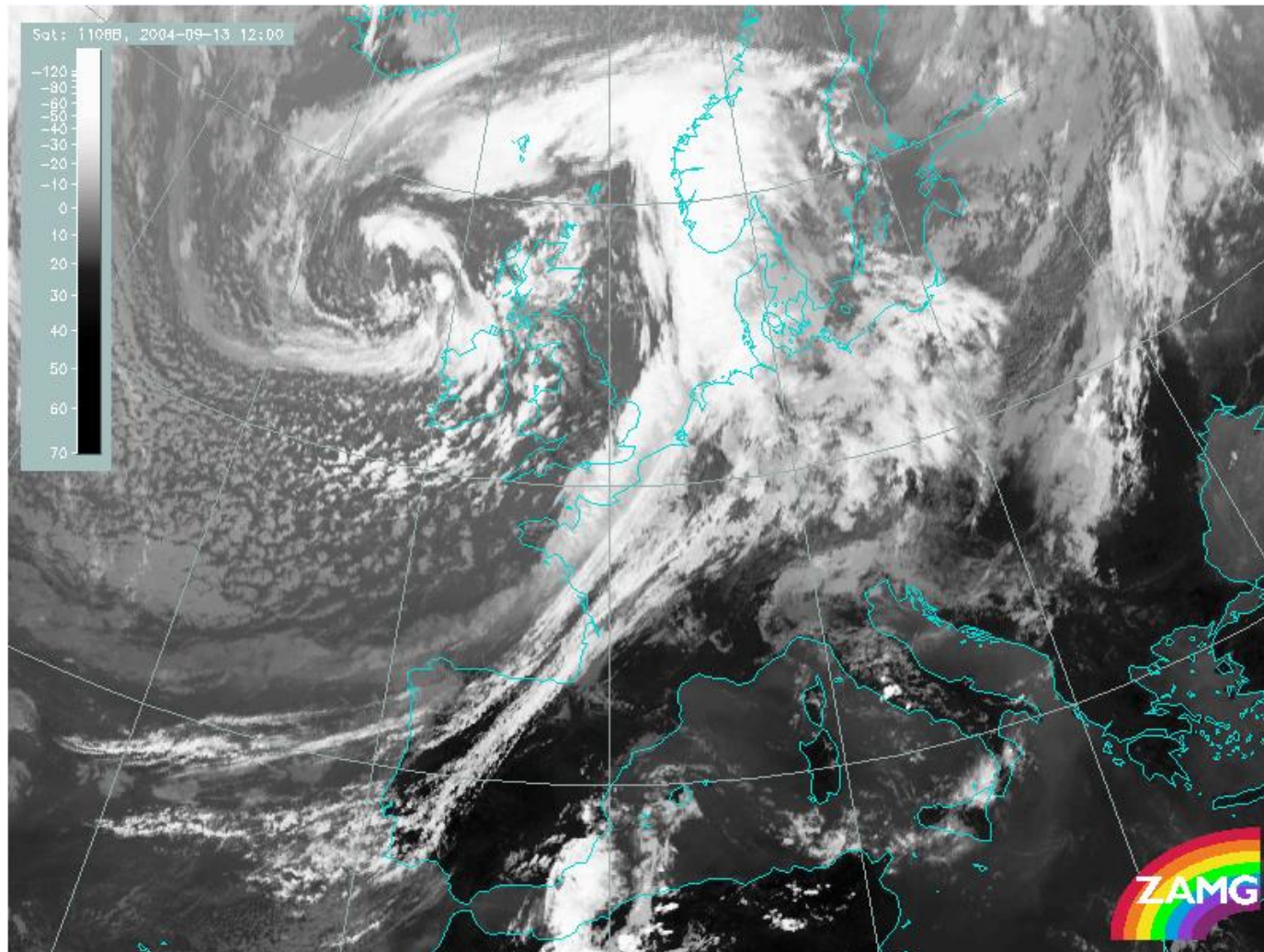
Relative Humidity



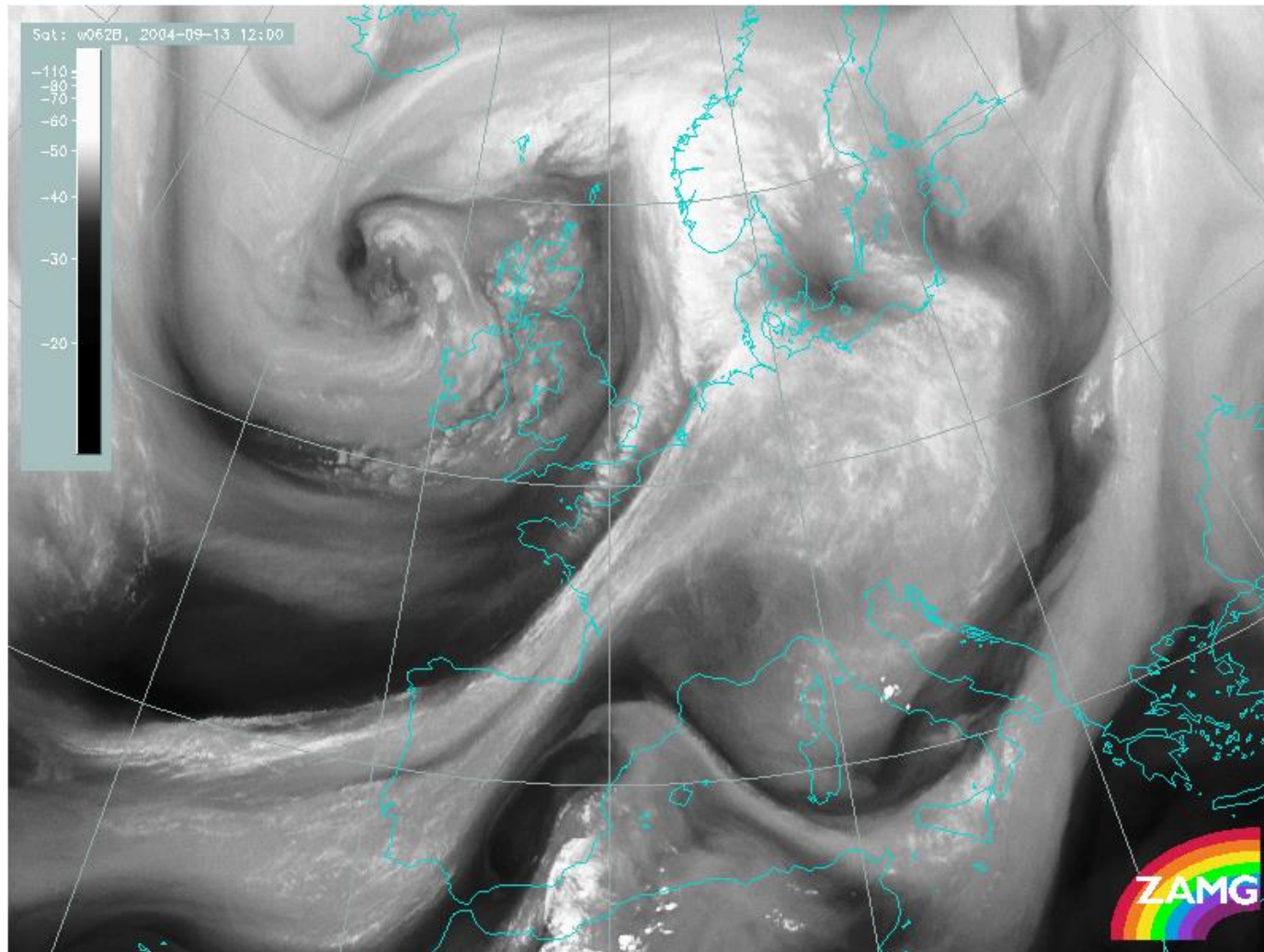
Παράδειγμα #7

Warm Conveyor Belt

13 September 2004/12.00 UTC - Meteosat 8 IR 10.8 image



13 September 2004/12.00 UTC - Meteosat 8 WV 6.2 image

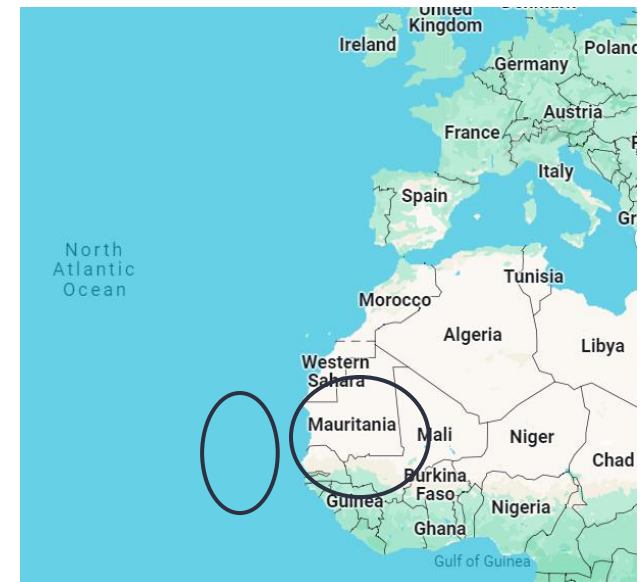


-
- Στη δορυφορική εικόνα το Warm Conveyor Belt μοιάζει με μια ζώνη νεφώσεων συνήθως μπροστά από το μέτωπο, αλλά διαχωρίζεται από τις νεφώσεις ενός ψυχρού μετώπου.
 - Στις εικόνες IR και WV οι γκρίζες αποχρώσεις του Warm Conveyor Belt ποικίλλουν από γκρι σε λευκό.
 - Στην εικόνα του ορατού οι νεφώσεις του Warm Conveyor Belt είναι αρκετά λίγες σε ποσότητα. Αν υπάρχει αξιόλογη νέφωση, αποτελείται από μικρά μεμονωμένα νέφη.
 - Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής παρατηρούνται ορισμένες αλληλεπιδράσεις μεταξύ του Warm Conveyor Belt και του ψυχρού μετώπου:
 - μπορεί να αναπτυχθούν υψηλότερες νεφώσεις που μπορούν να αναπτυχθούν στο οπίσθιο άκρο που είναι κοντά στο ψυχρό μέτωπο.
 - το αντικυκλωνικό τμήμα του Warm Conveyor Belt μπορεί να συγχωνευθεί με το ψυχρό μέτωπο.

Παράδειγμα #8

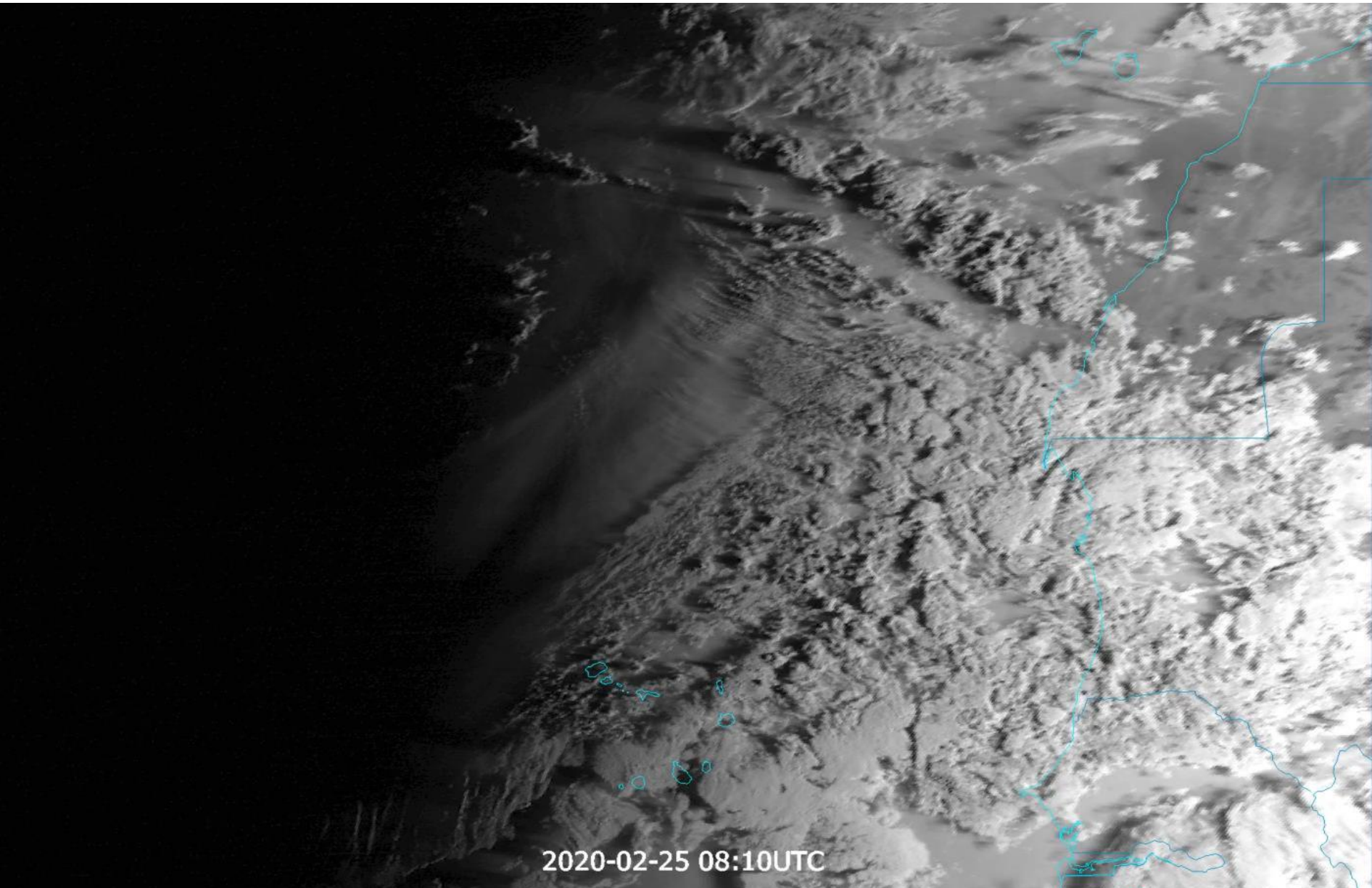
Dry Conveyor Belt (DCB)

- Σκόνη προερχόμενη από τη Μαυριτανία και τη Σενεγάλη μεταφέρθηκε στα χαμηλά επίπεδα, κάτω από το Warm Conveyor Belt (WCB) προς τα νησιά του Cape Verde. Από εκεί εισχώρησε στο Dry Conveyor Belt (DCB), που είχε μια βόρεια ροή, αποκαλύπτοντας τη θέση και τη δυναμική του.



-
- Συνήθως το DCB ανιχνεύεται παρατηρώντας εικόνες καναλιού WV, εστιάζοντας στις περιοχές με χαμηλή υγρασία που εκτείνονται προς το κέντρο ενός κυκλωνικού συστήματος. Ωστόσο, με την ευκαιρία αυτή, η ατμόσφαιρα χωρίς νέφη είχε σκόνη, με αποτέλεσμα να αποκαλυφθεί το DCB.
 - Αυτή η ροή αυξανόταν αργά, και τελικά, άρχισε να συμπυκνώνεται σε έντονη νέφωση, κοντά στο κέντρο μιας ύφεσης.

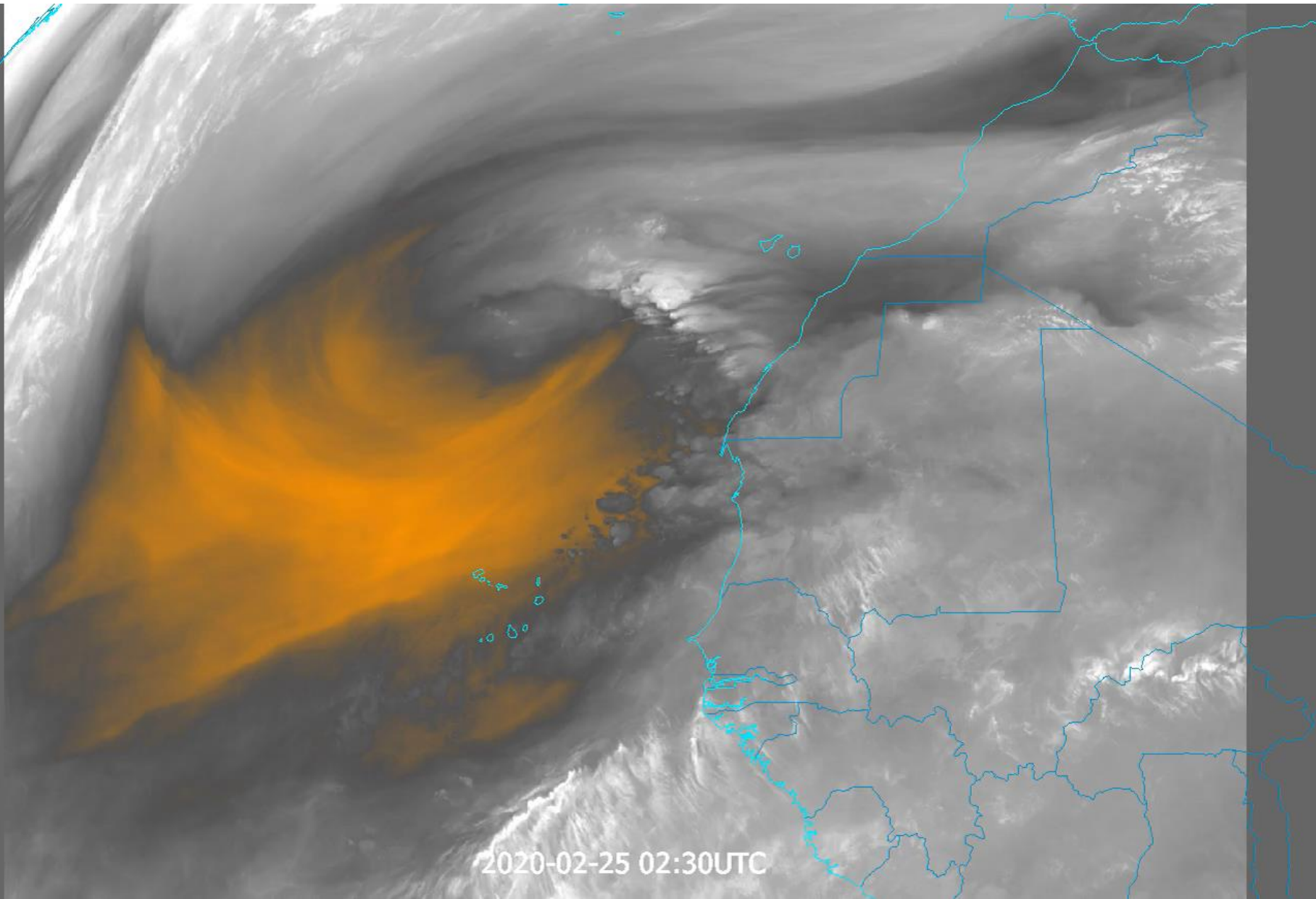
Dust-induced DCB seen with GOES-16 ABI Near
infrared 2.25 channel, 25 Feb 08:10–20:00 UTC



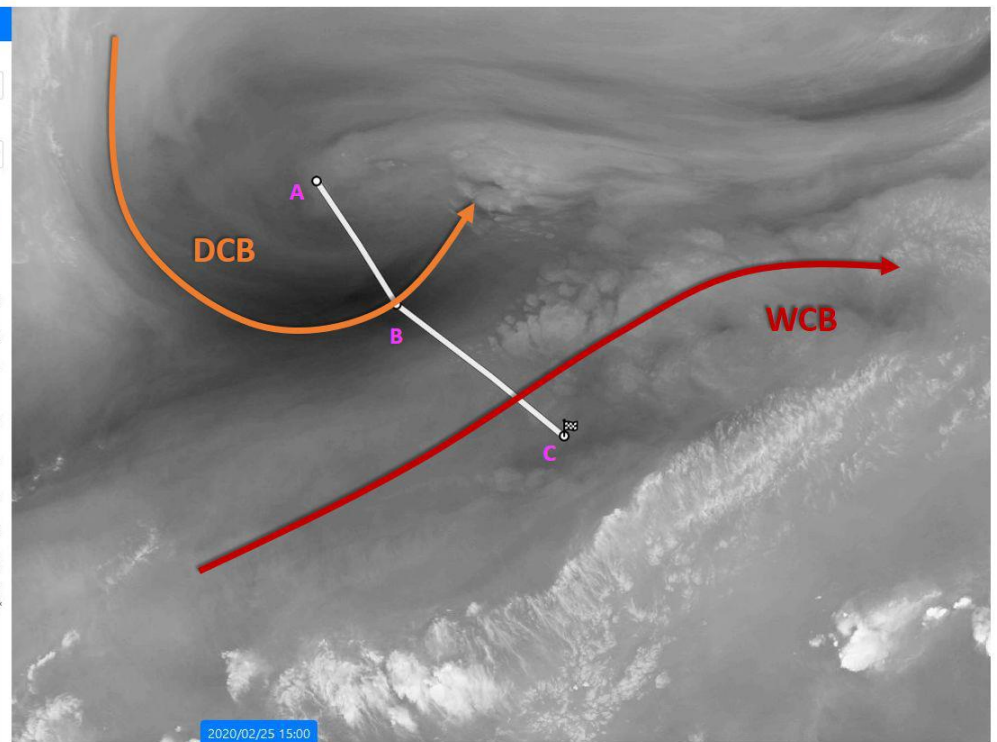
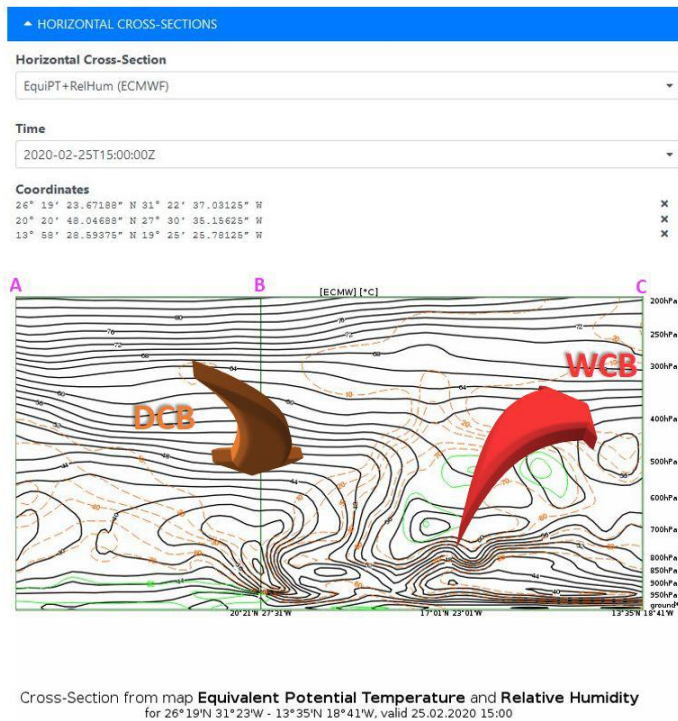
2020-02-25 08:10UTC

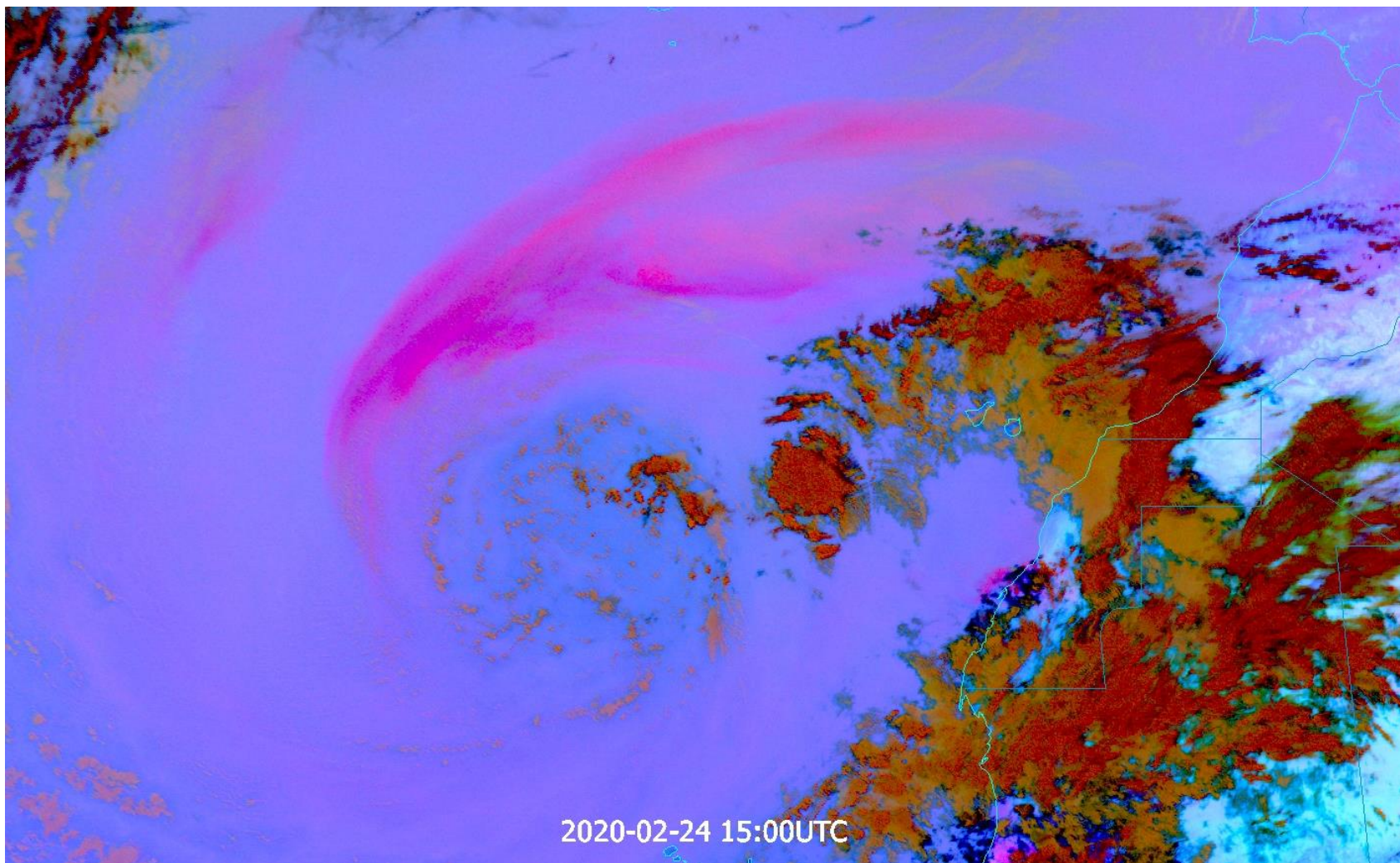
-
- Το WCB που περιείχε υγρό αέρα έρεε ανατολικά του DCB, γυρίζοντας τελικά προς τα βορειοανατολικά. Είχε αρκετή νέφωση που κάλυπτε μεγάλο μέρος της σκόνης που ταξίδευε από την Αφρική προς τα δυτικά στα κατώτερα στρώματα.

DCB seen trough Water Vapor imagery, 25 Feb 13:00–23:45 UTC. Dry areas indicated by yellow shades



-
- Το cross-section με τις ροές των Conveyor Belts επιβεβαιώνει την ξηρή-υγρή αντίθεση στη μέση και την υψηλότερη τροπόσφαιρα μεταξύ DCB και WCB, αντίστοιχα.







Ευχαριστώ για την προσοχή σας

Μετεωρολογικοί Δορυφόροι και Προϊόντα

