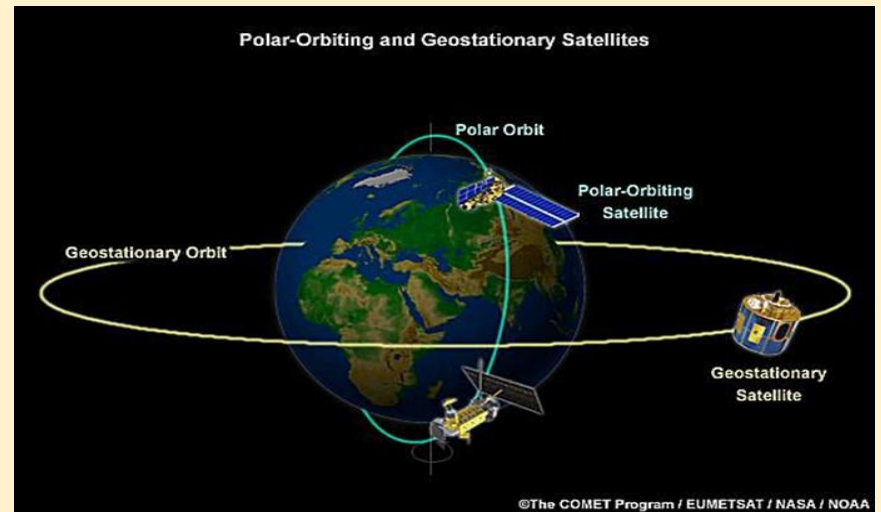


# Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι για την παρατήρηση του καιρού, του κλίματος και του γήινου περιβάλλοντος

Μιχάλης Σιούτας

Διδάκτορας Μετεωρολογίας ΕΛΓΑ

Διαρκής Ομάδα Εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ Αντιμετώπισης Φυσικών και Τεχνολογικών Καταστροφών στο Φυσικό και Αστικό Περιβάλλον

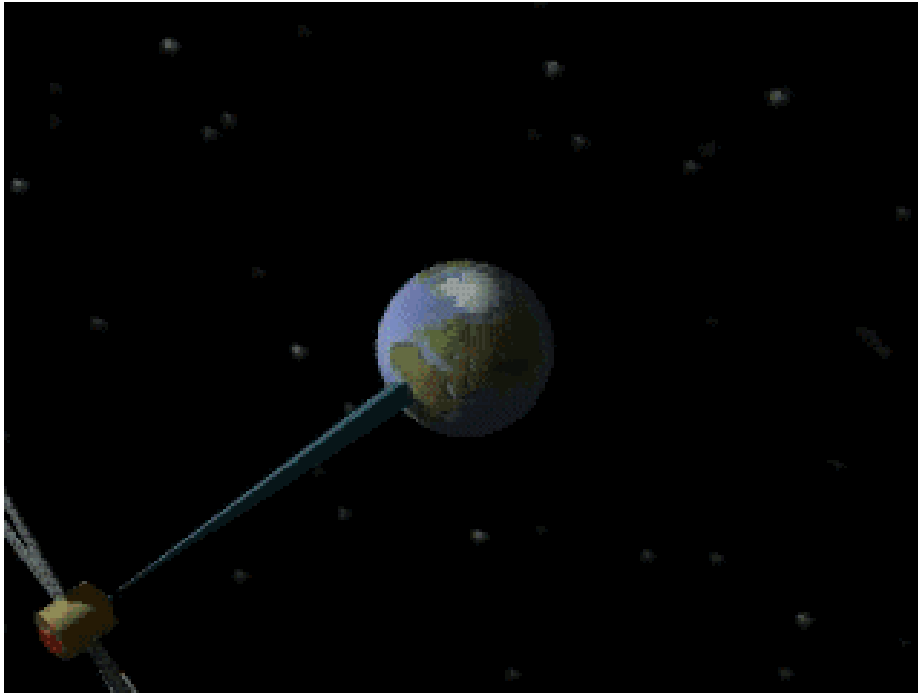
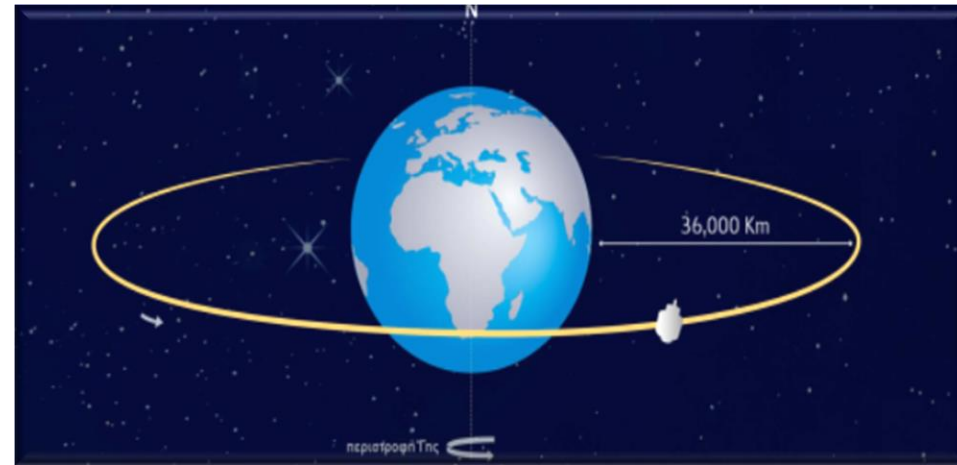


# Οι Μετεωρολογικοί Δορυφόροι



- Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι είναι διαστημικές μηχανές σε τροχιά γύρω από τη Γη, εφοδιασμένοι με κάμερες και άλλα επιστημονικά όργανα και παρακολουθούν την εξέλιξη των καιρικών συστημάτων.
- Παρακολουθούν τα νεφικά συστήματα και τις διάφορες καιρικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται για την πρόγνωση καιρού, συλλογή δεδομένων για το κλίμα, κ.ά.  
Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες δορυφόρων:
- Οι γεωστατικοί που περιστρέφονται με τη Γη σε σταθερή θέση πάνω από τον ισημερινό.
- Οι πολικής τροχιάς που κινούνται από το Νότιο πόλο της Γης προς τον Βόρειο ή αντίστροφα.

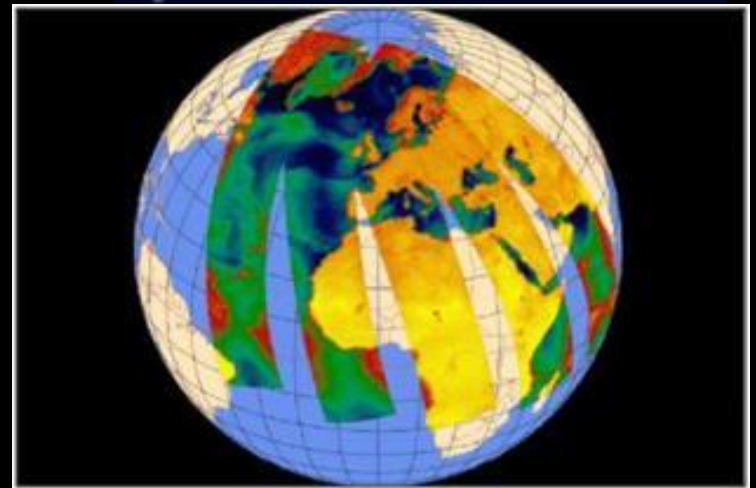
# Γεωστατικοί δορυφόροι



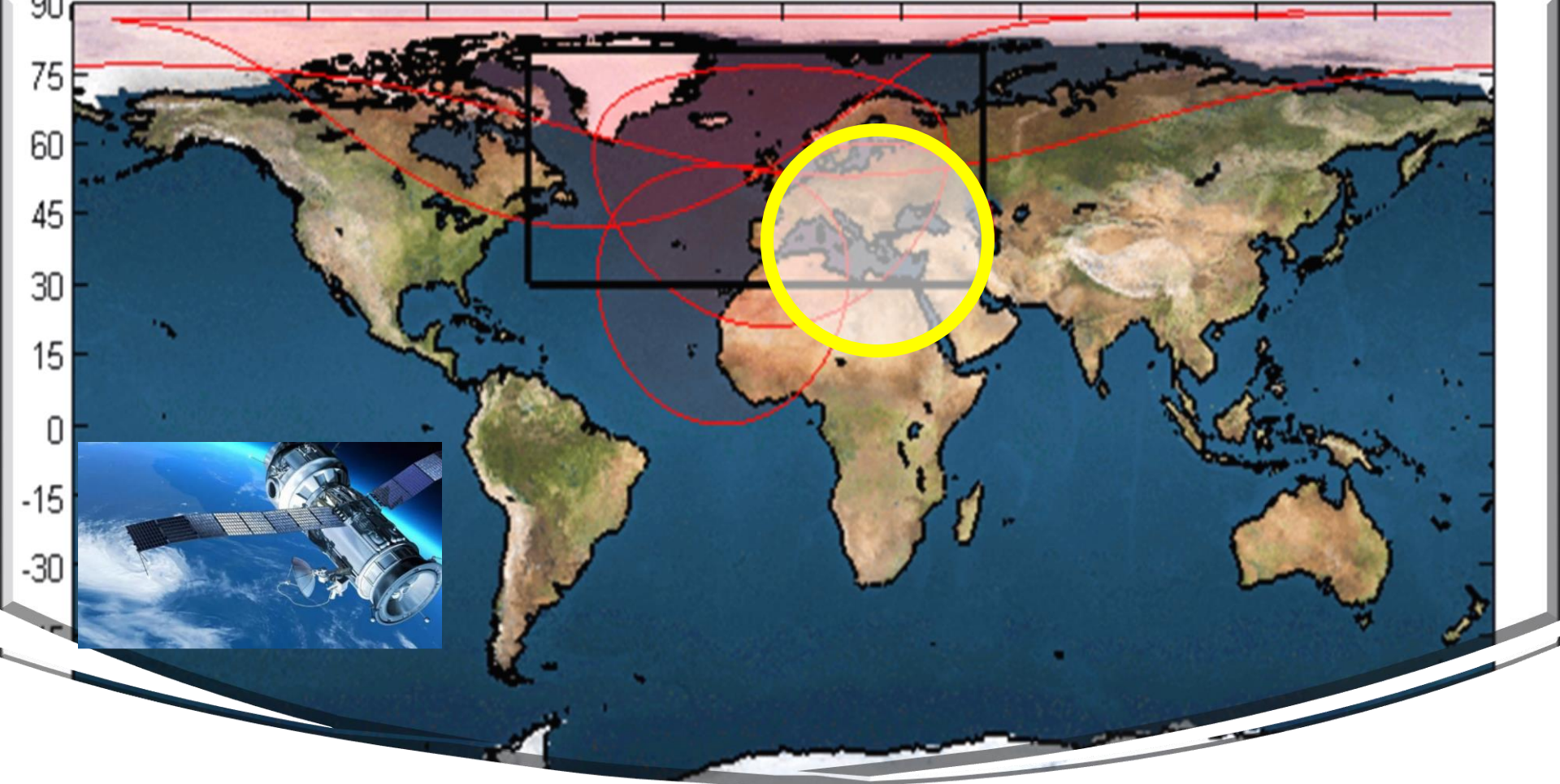
- Οι γεωστατικοί μετεωρολογικοί δορυφόροι τοποθετούνται πάνω από τον ισημερινό σε ύψος 36.000 χλμ.
- Στο ύψος αυτό η ταχύτητα του δορυφόρου είναι η ίδια με την ταχύτητα περιστροφής της Γης κι ο δορυφόρος είναι σταθερός πάνω από ένα συγκεκριμένο σημείο του ισημερινού.
- Παραμένουν σε σταθερή θέση καταγράφοντας εικόνες ολόκληρου του ημισφαιρίου της Γης με αισθητήρες ορατού φωτός και υπερέθρων.
- Παρατηρούν συνεχώς την ίδια περιοχή, περίπου το 42% της επιφάνειας της Γης, αλλά οι δορυφόροι αυτοί δεν «βλέπουν» τους πόλους.

# Δορυφόροι πολικής τροχιάς

- Οι δορυφόροι πολικής τροχιάς ή ηλιοσύγχρονοι περιστρέφονται γύρω από τη Γη σε ύψος περίπου 850 χλμ σε μια τροχιά από Βορρά προς Νότο ή αντίστροφα, περνώντας πάνω από τους πόλους και σαρώνουν τη Γη σε λωρίδες.
- Οι ηλιοσύγχρονοι δορυφόροι, περνούν πάνω από μια περιοχή την ίδια ώρα κάθε φορά.
- Όταν ο δορυφόρος κάνει μια πλήρη περιστροφή σαρώνει μια λωρίδα γήινης επιφάνειας. Μετά από ένα ορισμένο αριθμό περιστροφών θα έχει σαρωθεί ολόκληρη η επιφάνεια της γης.
- Οι δορυφόροι χαμηλής ανάλυσης σαρώνουν λωρίδες με σχετικά μεγάλο πλάτος και, επομένως, μπορούν να καλύψουν ολόκληρη τη γη με λίγες περιστροφές.
- Αντίθετα, οι δορυφόροι υψηλής ανάλυσης σαρώνουν λωρίδες πολύ μικρού πλάτους και κατά συνέπεια χρειάζονται αρκετές ημέρες για να καλύψουν ολόκληρη τη Γη.





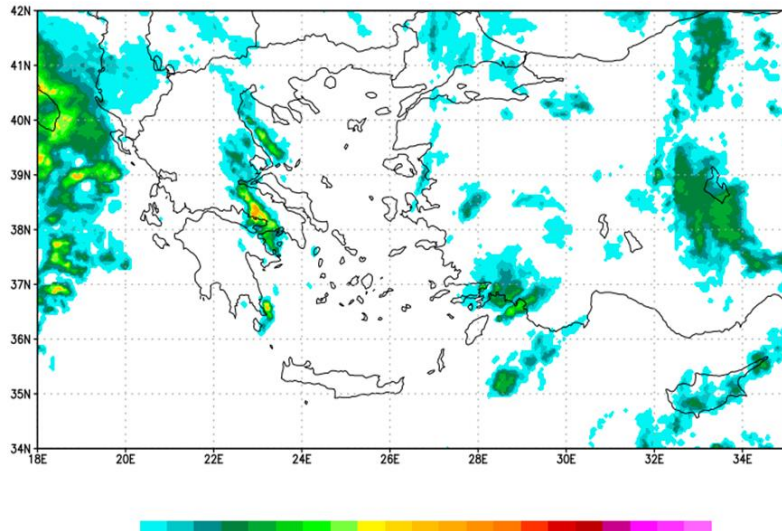


## Σταθμός εδάφους Αθηνών για λήψη δορυφορικών δεδομένων

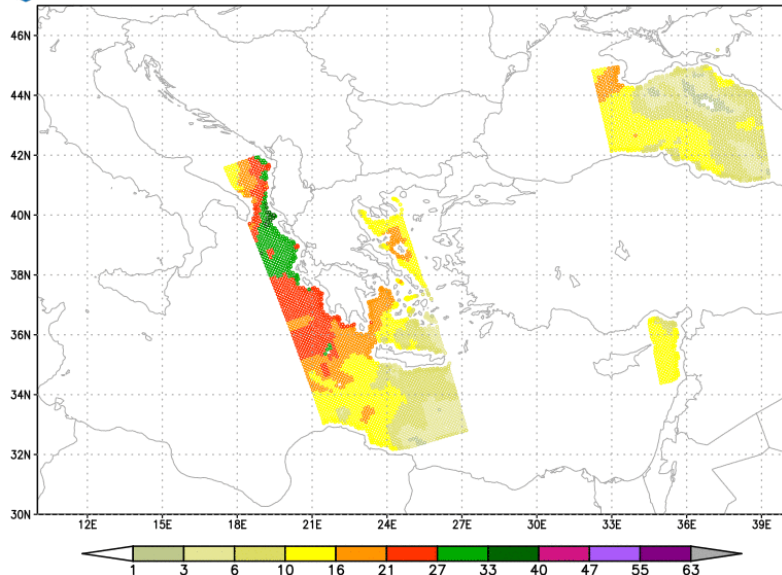
- Ο δορυφορικός σταθμός εδάφους Αθηνών έχει δυνατότητα λήψης σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων των μετεωρολογικών δορυφόρων πολικής τροχιάς πάνω από την Κεντρική και Νότια Ευρώπη, την Βόρεια Αφρική και την Μέση Ανατολή.
- Είναι ο ανατολικότερος σταθμός του δικτύου, υψηλής σημασίας στην διάθεση δορυφορικών δεδομένων.



Hellenic National Meteorological Service HNMS  
Satellites & Radars Section A6  
Instantaneous Rain Rate (mm/h) 2018-11-26 14:12 UTC



Hellenic National Meteorological Service HNMS  
Satellites & Radars Section A6  
Ascat Winds metopa (10m above sea) 2018-11-25 18:48 UTC

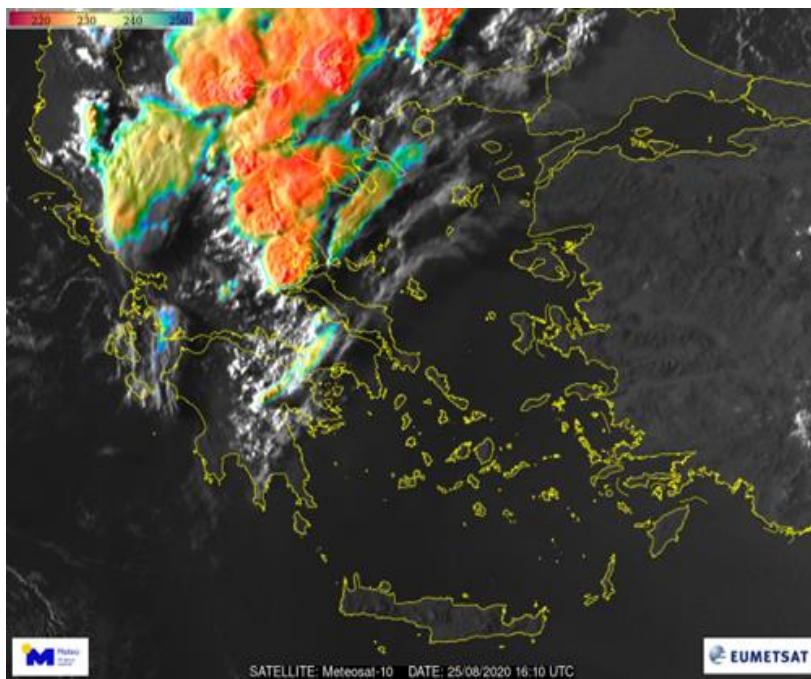


# Δεδομένα μετεωρολογικών δορυφόρων

- Μετρήσεις της ακτινοβολίας της Γης σε περισσότερα από 20 φασματικά κανάλια, με διακριτική ικανότητα από τα 1000 έως 350 μέτρα, με την οποία γίνεται η παρατήρηση των διαφόρων τύπων νεφών, της θερμοκρασίας της θάλασσας, την ανίχνευση πυρκαγιάς κ.α.
- Παρακολούθηση των μετώπων κακοκαιρίας, των καταιγίδων, των τυφώνων και μέτρηση της βροχόπτωσης.
- Μέτρηση της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου.
- Μετρήσεις της ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται άμεσα σε αριθμητικά ατμοσφαιρικά μοντέλα πρόγνωσης του καιρού.
- Μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Προσδιορισμό αερίων όπως το όζον, το οξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και άλλα δορυφορικά προϊόντα.

# Ο Ευρωπαϊκός οργανισμός μετεωρολογικών δορυφόρων EUMETSAT

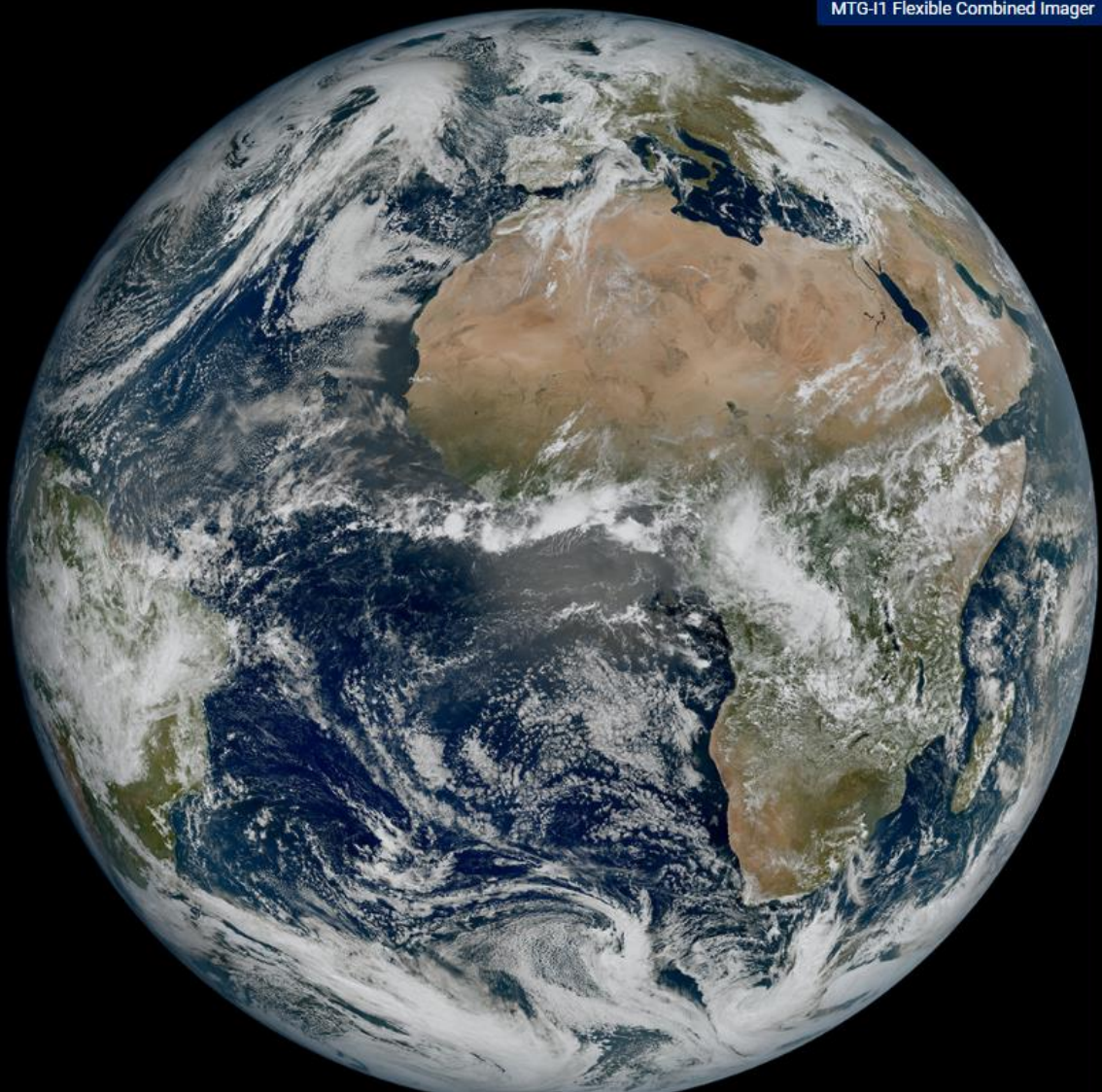
- Ο EUMETSAT είναι ο Ευρωπαϊκός επιχειρησιακός δορυφορικός οργανισμός για την παρακολούθηση του καιρού, του κλίματος και του περιβάλλοντος από το διάστημα. Έχει έδρα το Ντάρμστατ της Γερμανίας, με 30 κράτη μέλη.
- Τα δεδομένα και τα προϊόντα από τους δορυφόρους της EUMETSAT είναι ζωτικής σημασίας για την πρόγνωση του καιρού και συμβάλλουν σημαντικά στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής.
- Ο EUMETSAT χρησιμοποιεί τους γεωστατικούς δορυφόρους Meteosat -10 και -11 πάνω από την Ευρώπη και την Αφρική και Meteosat-9 πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό.
- Λειτουργεί επίσης 2 δορυφόρους πολικής τροχιάς Metop που μοιράζεται με την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ (NOAA). Η EUMETSAT είναι εταίρος με τις ΗΠΑ για την παρακολούθηση της στάθμης της θάλασσας Jason (Jason-3 και Jason CS/Sentinel-6).
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση ανέθεσε στο EUMETSAT να εκμεταλλευτεί για λογαριασμό της τις αποστολές Sentinel 3 και Sentinel 6 του Copernicus που είναι αφιερωμένες στην παρακολούθηση της ατμόσφαιρας, των ωκεανών και του κλίματος.
- Ο EUMETSAT συνεργάζεται με φορείς δορυφόρων γεωσκόπησης στην Ευρώπη, την Κίνα, την Ινδία, την Ιαπωνία, τη Νότια Κορέα και τις ΗΠΑ. Η συνεργασία με τη Ρωσία αναστάλη τον Μάρτιο του 2022.





# Ο νέος μετεωρολογικός δορυφόρος Meteosat 3<sup>rd</sup> Generation–Imager 1 (MTG-I1)

- Ο δορυφόρος Meteosat Third Generation – Imager 1 (MTG-I1) τέθηκε με επιτυχία στην προβλεπόμενη τροχιά του, σχεδόν 36.000 χλμ πάνω από τον Ισημερινό, μετά την εκτόξευσή του στις 13 Δεκεμβρίου 2022 από το Κουρου της Γαλλικής Γουιάνας.
- Στα τέλη του 2023 ο δορυφόρος θα είναι πλήρως επιχειρησιακός και θα δίνει δεδομένα υψηλής χωρικής και χρονικής ανάλυσης.
- Η πρώτη εικόνα από το Meteosat Third Generation – Imager 1 (MTG-I1) αποκαλύπτει ένα επίπεδο λεπτομέρειας που δεν ήταν δυνατές.
- Οι εικόνες υψηλότερης ανάλυσης δίνουν περισσότερες πληροφορίες για τα σύννεφα στην Ευρώπη, στην ισημερινή περιοχή της Αφρικής και του Ατλαντικού.
- Η άμμος και τα ιζήματα στα νερά της Ιταλίας είναι επίσης ορατά, καθώς και η σκόνη ή το νέφος που μεταφέρονται από τη νότια Ασία.
- Η εικόνα τραβήχτηκε στις 11:50 UTC στις 18 Μαρτίου 2023 από το Flexible Combined Imager στο MTG-I1.



# Ο Οργανισμός COPERNICUS της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Οι υπηρεσίες του Copernicus βασίζονται στην επεξεργασία των περιβαλλοντικών δεδομένων που συλλέγονται από δορυφόρους γεωσκόπισης και από επίγειους αισθητήρες.



Γεωργία



Γαλάζια οικονομία



Κλιματική αλλαγή  
και περιβάλλον



Ανάπτυξη και συνεργασία



Ενέργεια και  
φυσικοί πόροι



Δασοκομία



Υγεία



Ασφάλεια και διαχείριση  
των καταστροφών



Ασφάλεια και άμυνα



Τουρισμός



Μεταφορές



Πολεοδομικός σχεδιασμός

# Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ΕΟΔ) (European Space Agency-ESA)



Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ΕΟΔ) ιδρύθηκε το 1975 με αντικείμενο τα Ευρωπαϊκά διαστημικά προγράμματα για το διαστημικό περιβάλλον, το Ηλιακό Σύστημα, την ανάπτυξη δορυφορικών τεχνολογιών για τις Ευρωπαϊκές βιομηχανίες.

Τα κεντρικά γραφεία της ESA βρίσκονται στο Παρίσι, αλλά έχει κι έναν αριθμό από επιχειρησιακά και ερευνητικά κέντρα στην Ευρώπη, καθένα με διαφορετικό έργο.

Το EAC (European Astronauts Centre ή Ευρωπαϊκό Κέντρο Αστροναυτών), το οποίο βρίσκεται στην Κολωνία της Γερμανίας

Το ESAC (European Space Astronomy Centre ή Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικής Αστρονομίας), το οποίο βρίσκεται στην Villanueva de la Canada, κοντά στη Μαδρίτη της Ισπανίας

Το ESOC (European Space Operations Centre ή Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικών Επιχειρήσεων), το οποίο βρίσκεται στο Darmstadt της Γερμανίας

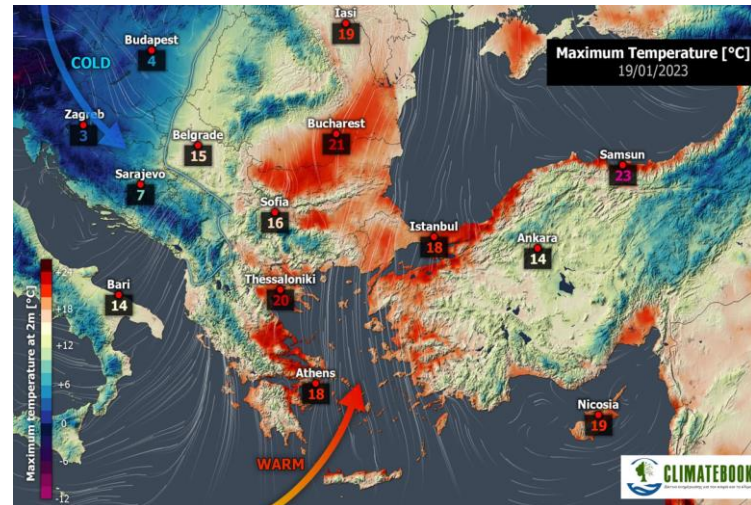
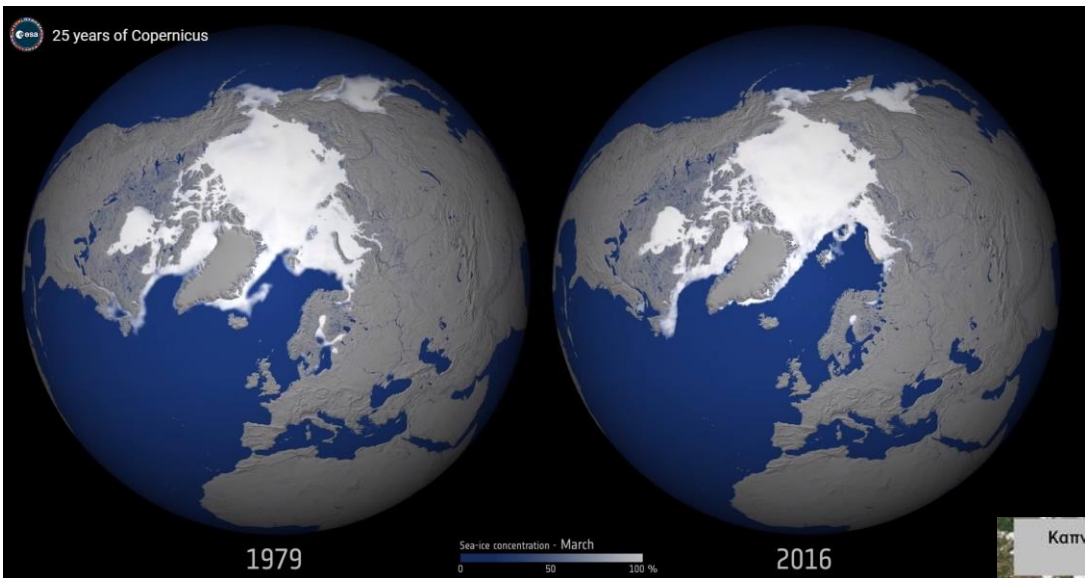
Το ESRIN (European Space Research Institute ή Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Διαστημικών Ερευνών), το οποίο βρίσκεται στο Frascati, κοντά στη Ρώμη της Ιταλίας.

Το ESTEC (European Space Research and Technology Centre ή Ευρωπαϊκό Κέντρο Διαστημικής Έρευνας και Τεχνολογίας), στο Noordwijk της Ολλανδίας.

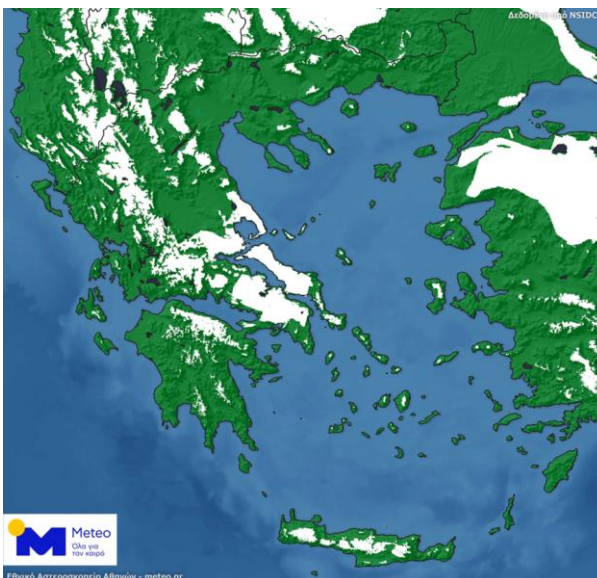
Ένα νέο κέντρο στο Harwell, κοντά στο Oxfordshire του Ηνωμένου Βασιλείου.

Γραφεία διασύνδεσης στο Βέλγιο, τις ΗΠΑ και τη Ρωσία, μια βάση εκτόξευσης στη Γαλλική Γουϊάνα και επίγειους σταθμούς σε διάφορες περιοχές του κόσμου.

# Καιρικές, κλιματικές εφαρμογές και παρακολούθηση του φυσικού περιβάλλοντος

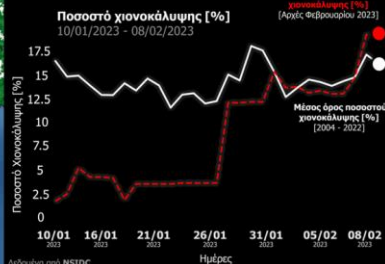


Καπνός και πυροσωρείτες (pyrocumuli) στις δασικές πυρκαγιές σε Εύβοια, Αν. Στερεά και Πελ/σο την Παρασκευή 06/08

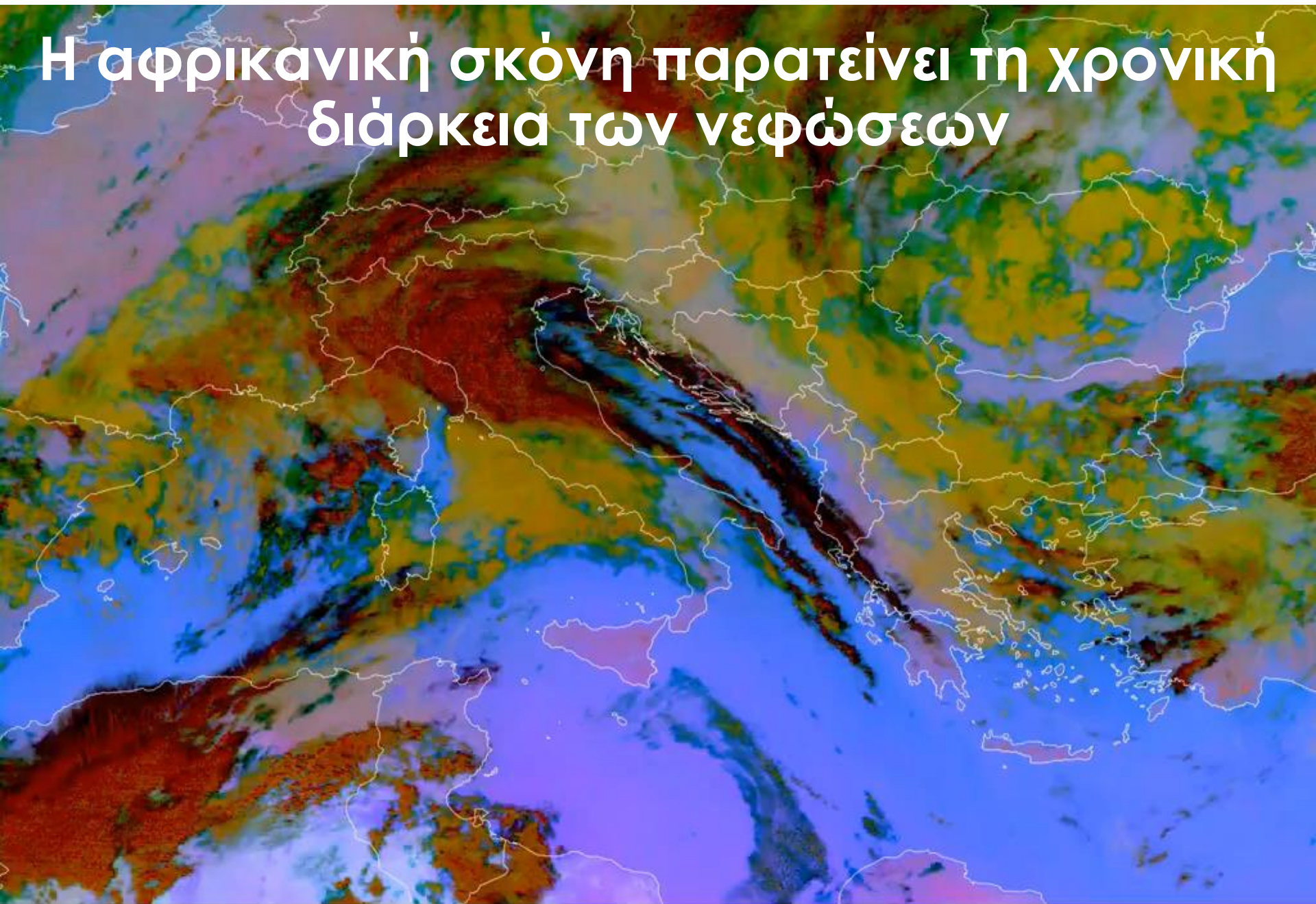


Ποσοστό χιονοκάλυψης  
08/02/2023

20 %

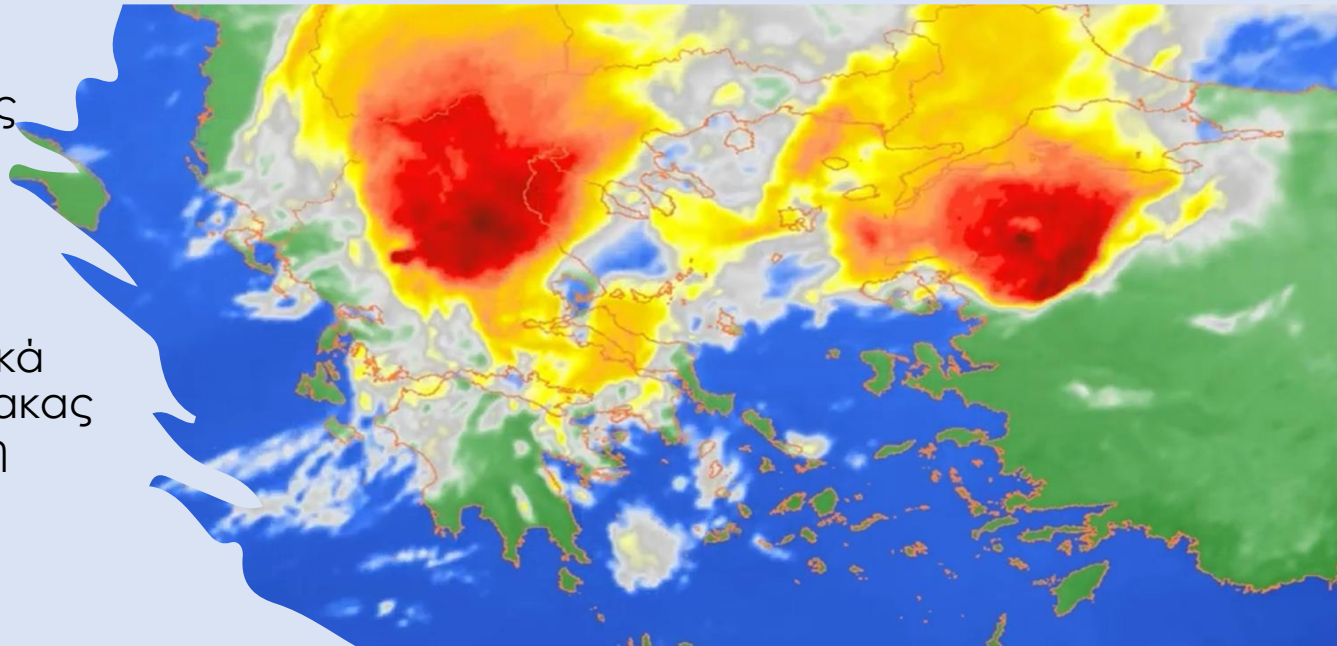


# Η αφρικανική σκόνη παρατείνει τη χρονική διάρκεια των νεφώσεων



# Επιχειρησιακές εφαρμογές των δορυφόρων

- Μέτρηση των χιονοκάλυψης και εκτίμηση της κλιματικής τάσης των χιονοπτώσεων μια πολύ κρίσιμη παράμετρος την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής
- Παρακολούθηση και πρόβλεψης της κίνησης καταιγιδοφόρων συστημάτων μέσης κλίμακας και υπερκαταιγίδων
- Τα καταστρεπτικά καιρικά συστήματα μέσης κλίμακας της 10 Ιουλίου 2019 στη βόρεια Ελλάδα



# Τύποι νεφών σε δορυφορικές εικόνες

## Ορατό φάσμα

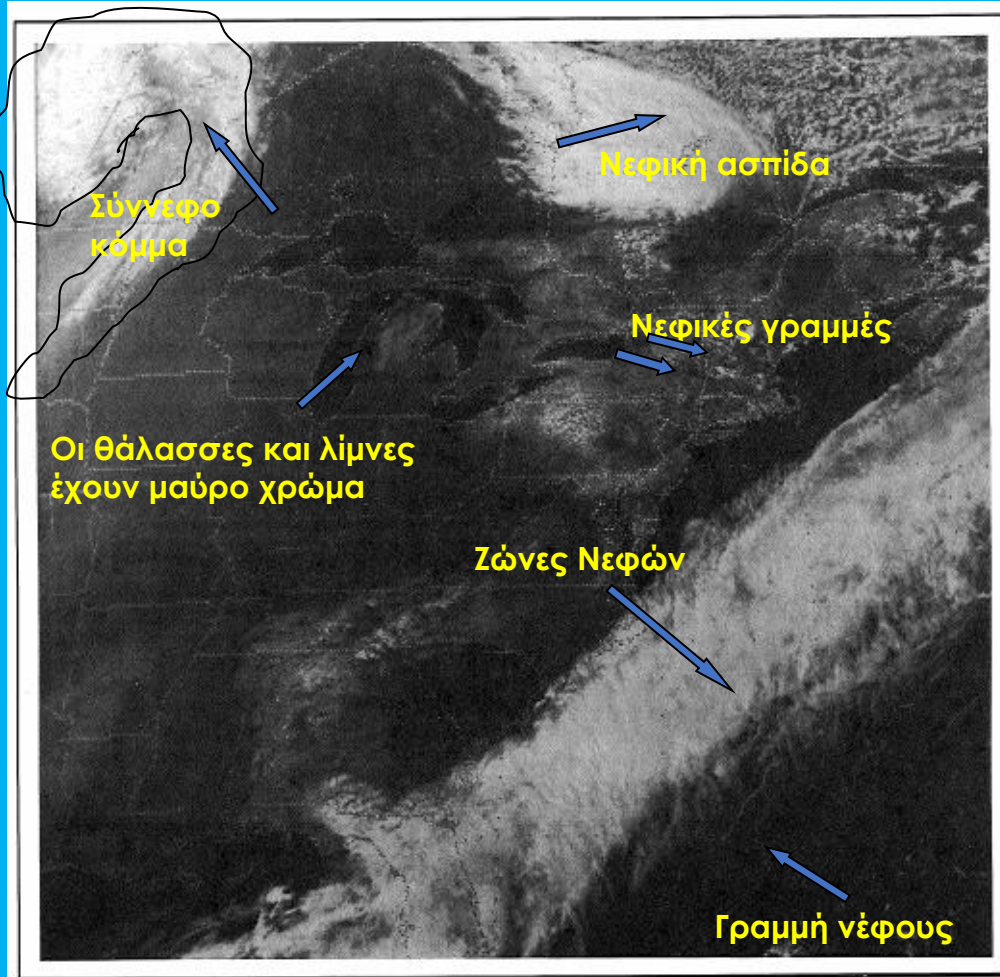
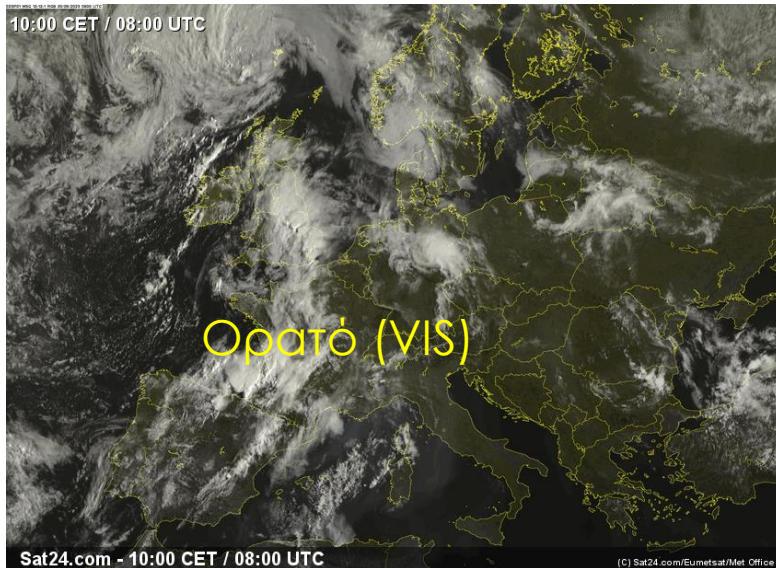


Figure 6.2. Examples of various large-scale cloud formations (GOES VIS, September 7, 1988)

- Τα σύννεφα σε μορφή κόμμα συνδέονται γενικά με αριστερόστροφη ροή χαμηλής πίεσης
- Η ασπίδα νεφών είναι μια ευρεία περιοχή νεφών που δεν ορίζεται από έναν μακρύ άξονα
- Τα σύννεφα σε γραμμές ευθυγραμμίζονται με τους ανέμους σε χαμηλά ύψη
- Οι ζώνες νεφών που ορίζονται από μακρύ άξονα) συνδέονται συνήθως με πολυεπίπεδα μετωπικά σύννεφα

# Ορατό (VIS) και υπέρυθρο (IR) φάσμα δορυφορικών εικόνων



- Ορατές εικόνες (VIS) διαθέσιμες μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας (εξαρτώνται από την ανακλαστικότητα). IR είναι διαθέσιμες 24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα καθώς μετρούν τη θερμοκρασία των νεφών.
- Οι ορατές εικόνες (VIS) έχουν καλύτερη ανάλυση από τις IR, δείχνοντας την υφή των σύννεφων.
- Στο ορατό (VIS), τα φωτεινά λευκά σύννεφα είναι παχιά ή πολυεπίπεδα σύννεφα, ενώ τα λεπτά σύννεφα είναι μέτρια γκριζα. Στο IR, τα κρύα αντικείμενα εμφανίζονται έντονα λευκά και τα ζεστά εμφανίζονται σκοτεινά.
- Τα φωτεινά γκριζα/λευκά σύννεφα στο ορατό που είναι δύσκολο να παρατηρηθούν στο IR είναι κοντά στην επιφάνεια της γης (ζεστά), όπως η ομίχλη ή τα στρωματομόρφα σύννεφα.
- Οι καταιγίδες εμφανίζονται ως έντονα λευκές στο ορατό (πυκνά σύννεφα) και στο IR (κρύες κορυφές σύννεφων). Τα σύννεφα Cumulus και stratocumulus έχουν μια άμορφη υφή όπως στην εικόνα προς τα αριστερά. Τα σύννεφα Stratus έχουν μια επίπεδη θαμπή γκριζα υφή.
- Στις ορατές εικόνες, οι ωκεανοί και οι μεγάλες λίμνες είναι γενικά μαύροι λόγω της μη ανακλαστικότητας (απορρόφηση φωτός) του νερού.



# Διάφορα χαρακτηριστικά των νεφών στις δορυφορικές εικόνες

## Φωτεινότητα

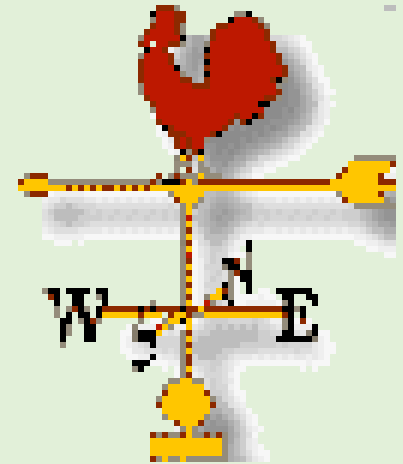
- Στις ορατές εικόνες, η υψηλή φωτεινότητα υποδεικνύει πυκνά σύννεφα.
- Στις υπέρυθρες εικόνες, τα φωτεινά σύννεφα δείχνουν πολύ ψυχρές τις υψηλές κορυφές νεφών.

## Υφή σύννεφων

- Τα καταιγιδοφόρα σύννεφα εμφανίζονται άμορφα και μπορεί να ρίξουν σκιές στα γύρω χαμηλότερα σύννεφα.
- Τα σύννεφα με ομαλή εμφάνιση είναι σύννεφα στρωματομορφα και μπορεί να ρίχνουν σκιές από τις άκρες τους σε χαμηλότερα σύννεφα.

## Οργάνωση, κυτταρική δομή ή σε ζώνες

- Τα κυτταρικά σύννεφα είναι συνήθως καταιγιδοφόρα.
- Τα σύννεφα σε ζώνες συνδέονται συχνά με μέτωπα κακοκαιρίας.



# Επιτεύγματα και νέες δυνατότητες των Μετεωρολογικών δορυφόρων

## Καιρικά και κλιματικά δεδομένα

- Θερμοκρασία
- Πεδίο ανέμων
- Υγρασία της ατμόσφαιρας
- Νέφη και ύψη νεφών
- Ακραία καιρικά φαινόμενα, σφοδρές καταιγίδες
- Μελέτη της κλιματικής αλλαγής

## ● Γήινοι πόροι

- Χαρτογραφία, παρακολούθηση αλλαγών
- Παρακολούθηση και διαχείριση υδατικών πόρων & χρήσεων γης
- Γεωλογική χαρτογράφηση
- Εντοπισμός και παρακολούθηση των ασθενειών των καλλιεργειών
- Πρόβλεψη γεωργικής απόδοσης

## Παρακολούθηση του γήινου περιβάλλοντος

- Θάλασσες, ωκεανοί
- Παγετώνες
- Δάση, δασοκάλυψη
- Δασικές πυρκαγιές
- Έλεγχος θερμοκρασίας σε όλα τα μέρη της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της γης.
- Δεδομένα από ερημικές και πολικές περιοχές.
- Επεξεργασία ατμοσφαιρικών δεδομένων.
- Περιβαλλοντικές παρατηρήσεις.
- Συλλογή δεδομένων πολλών ετών για διεξαγωγή διαφόρων στατιστικών και ερευνών στον τομέα του καιρού, του κλίματος και του περιβάλλοντος

## Ο νέος δορυφόρος MTG-L1

- Υψηλότερη ανάλυση της εικόνας στο MTG-L1 που οι δορυφόροι MSG δεν μπορούσαν να δώσουν.
- Καλύτερη ανάλυση των νεφών, των καταιγίδων και των κεραυνών.
- Ανίχνευση αφρικανικής σκόνης, ομίχλης, καπνού και εντοπισμού των πυρκαγιών.
- Νέες δυνατότητες για τη γεωργία, την ενέργεια, την υδρολογία και πολλές άλλες εφαρμογές.
- Βελτίωση της κατανόησης του καιρού και του κλίματος.

## Το μέλλον

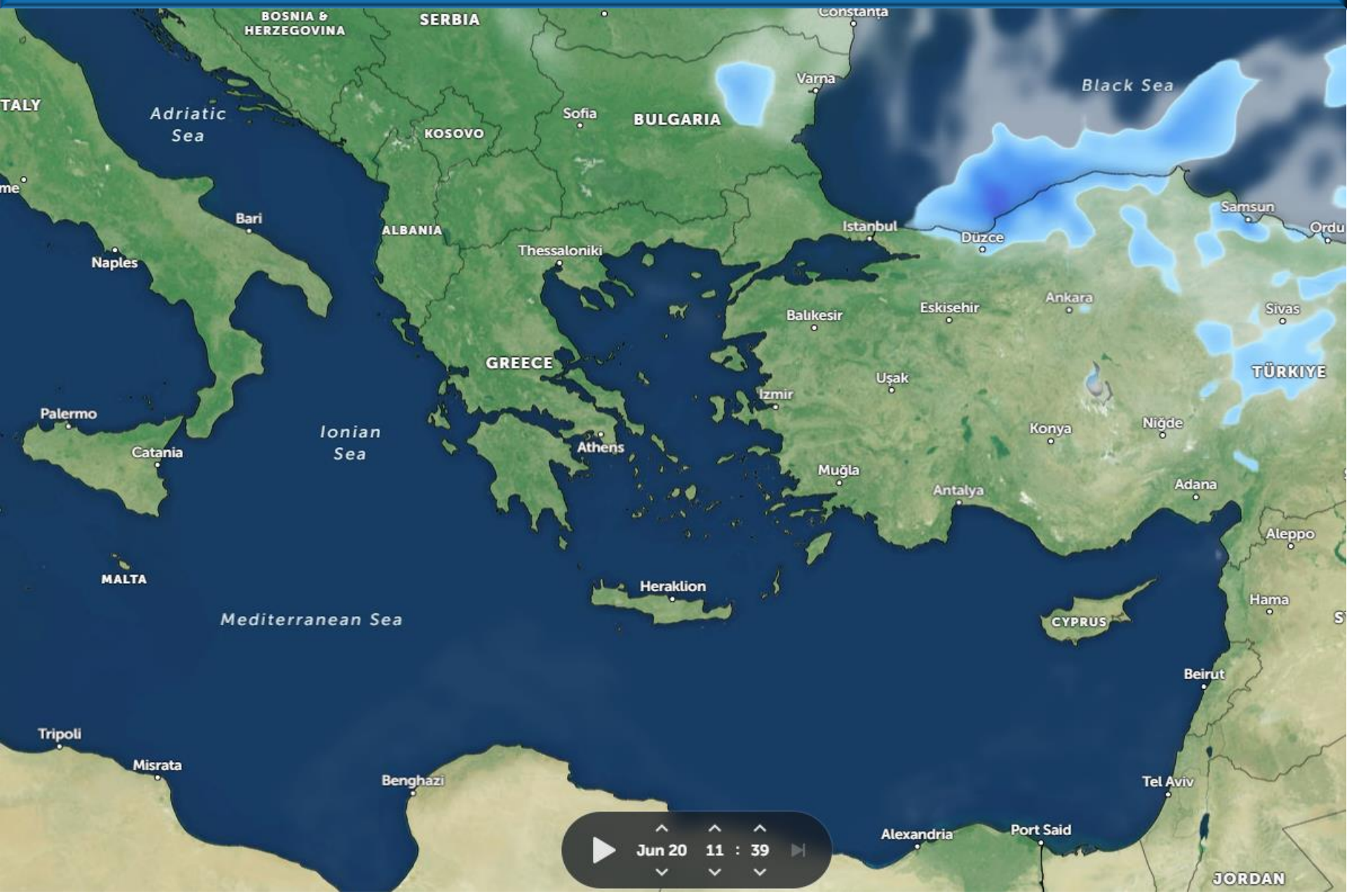
- Η επόμενη φάση του συστήματος MTG περιλαμβάνει τον δορυφόρο MTG-S1, ο οποίος αναμένεται να εκτοξευτεί το 2024.
- Θα δώσει περισσότερες πληροφορίες για την ατμόσφαιρα και το έδαφος.

# Σύνεφα





# Βροχόπτωση



# Ευχαριστίες

- EUMETSAT
- COPERNICUS
- ESA
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
- Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας-  
Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, τον  
Πρόεδρο κ. Γιώργο Τσακούμη και την  
κ. Κυριακή Διαβολίτση για τη  
διοργάνωση της εκδήλωσης