



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Συστήματα τηλεπισκόπησης και μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της θαλάσσιας ρύπανσης

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΣΓΠ


Περίληψη

- Θα παρουσιασθούν εργασίες που έγιναν στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου για την ανίχνευση της χλωροφύλλης-α
 - στο Στενό της Μυτιλήνης
 - και στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου.
- Επίσης θα παρουσιασθούν εργασίες με ανάλυση εικόνων SAR για την ανίχνευση πετρελαιοκηλίδων.
- Παράλληλα θα παρουσιασθούν μέθοδοι και αντίστοιχη ανάλυση εικόνων για την ανίχνευση και καταγραφή της επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και η οποία συνδέεται άμεσα και με την κυκλοφορία του νερού.
- Θα παρουσιασθεί επίσης η εξέλιξη των τηλεπισκοπικών συστημάτων μέχρι σήμερα και οι μελλοντικές προοπτικές.



Πλεονεκτήματα δορυφορικών εικόνων

- Συνοπτική εικόνα των μετρούμενων παραμέτρων και η συνεχής παρακολούθηση
- Η κάλυψη μεγάλων περιοχών σε όλη τη γη
- Η ταχύτητα συλλογής στοιχείων
- Οι μετρήσεις δεν αναφέρονται σε ένα σημείο αλλά στο μέσο όρο μιας ευρύτερης περιοχής
- Το χαμηλό κόστος των δεδομένων
- **Μειονεκτήματα: νέφη, επίγειες μετρήσεις**



ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ – Α, ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ, ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ LANDSAT TM

Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος
Μιχάλης Καρύδης Δρ. ΔΕΠ, Καθ.
Δημήτριος Ε. Γαζής Δρ.
Δήμητρα Κίτσιου Δρ.
Αντιγόνη Γκούφα Πτυχ.



ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

- 1) η *συγκέντρωση χλωροφύλλης-α*,
- 2) η *διαφάνεια του νερού*, και
- 3) η *θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας*

ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

- παράκτια περιοχή της Ανατολικής Λέσβου

ΔΕΚΤΗΣ

- Θεματικός Χαρτογράφος (THEMATIC MAPPER) του δορυφόρου LANDSAT

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



- δειγματοληψία πεδίου κατά την ημερομηνία και ώρα διέλευσης του δορυφόρου
- υπολογισμός παραμέτρων (*συγκέντρωση χλωροφύλλης-α, διαφάνεια του νερού και θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας*)
- απόκτηση δορυφορικών εικόνων
- υπολογισμός των τιμών της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που κατέγραψε ο δέκτης για κάθε σταθμό δειγματοληψίας
- επεξεργασίες των δεδομένων πεδίου και εικόνας με σκοπό την ανάπτυξη μοντέλων
- εφαρμογή των μοντέλων στις εικόνες

ΣΤΟΧΟΙ



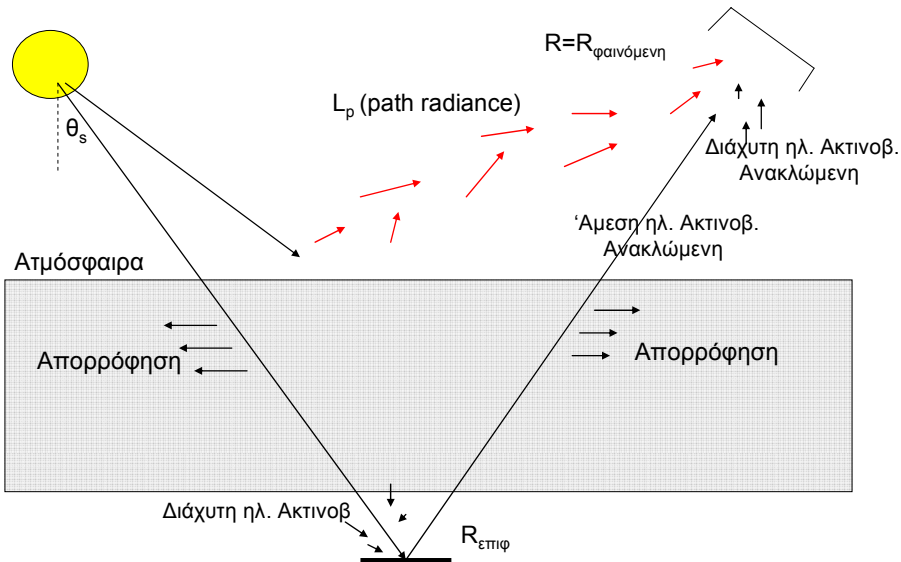
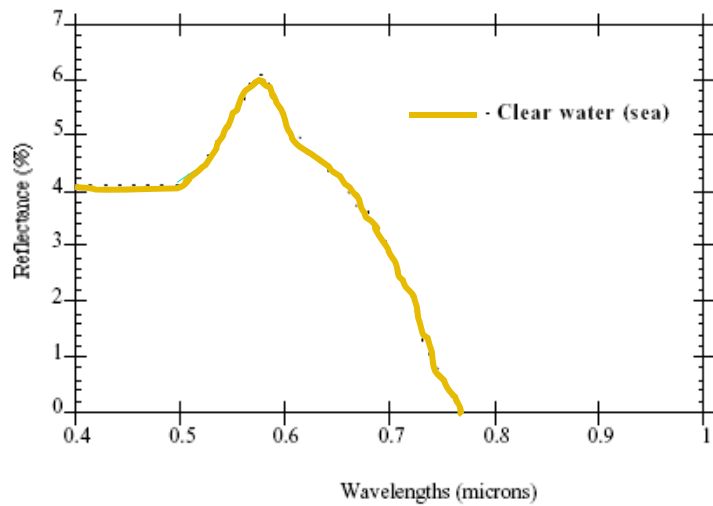
- 1. Την διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης των υπό μελέτη παραμέτρων από δορυφορικές εικόνες LANDSAT TM για την περιοχή μελέτης.
- 2. Την αξιολόγηση της σημασίας που έχει η πληροφορία που αποκτάται και κατά πόσο μπορεί να συνεισφέρει στην μελέτη της κατάστασης και στην παρακολούθηση των Ελληνικών παρακτίων οικοσυστημάτων.
- 3. Την διερεύνηση και αξιολόγηση των μεθόδων επεξεργασίας των δορυφορικών και ωκεανογραφικών δεδομένων που δίνουν την βέλτιστη πληροφορία με την ελάχιστη δυνατή εξάρτηση από επίγειες μετρήσεις.

Ειδικοί στόχοι



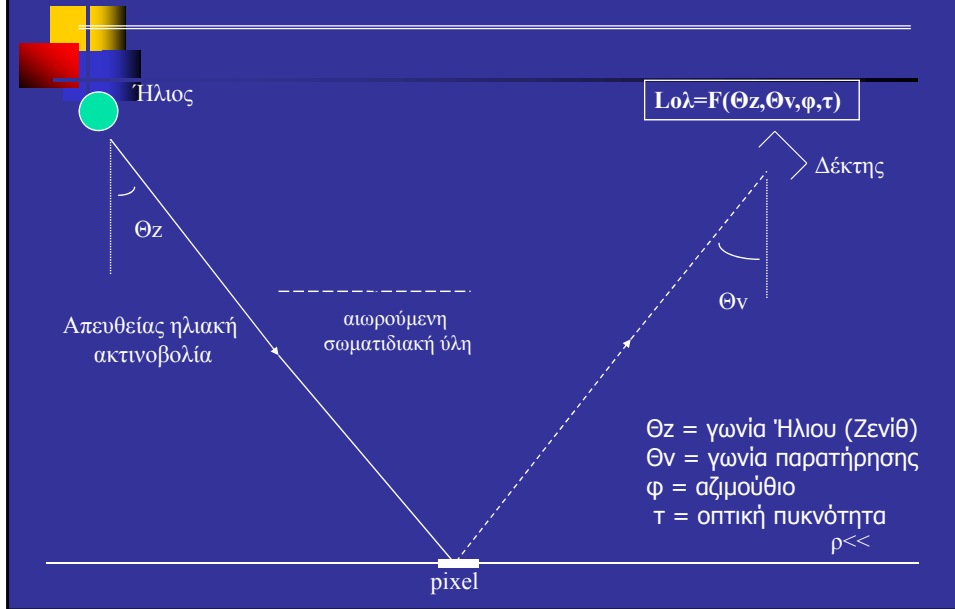
- α) η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας που να επιτρέπει την βέλτιστη δυνατή εκτίμηση των υπό μελέτη παραμέτρων από δορυφορικές εικόνες με την ελάχιστη χρήση πληροφορίας που δεν περιέχεται στην ίδια την εικόνα.
- β) η διερεύνηση και αντιμετώπιση των προβλημάτων που υπεισέρχονται στην όλη διαδικασία επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων και μπορεί να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα (π.χ. ατμοσφαιρική διόρθωση, θόρυβοι της εικόνας)
- γ) η ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή της μεθοδολογίας μέτρησης των υπό μελέτη παραμέτρων (προεπεξεργασία δορυφορικών δεδομένων, ατμοσφαιρική διόρθωση, απομάκρυνση θορύβων, εφαρμογή μοντέλων στις εικόνες).

Ανακλαστικότητα θάλασσας σύμφωνα με το μοντέλο Καθαρού Νερού (6S User's Guide, 1997)

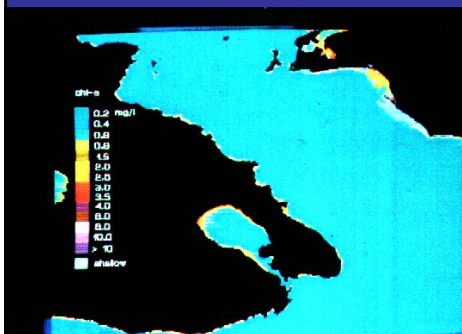


Το φυσικό σύστημα παρατήρησης ήλιος-επιφάνεια της γης-παθητικός δορυφορικός δέκτης

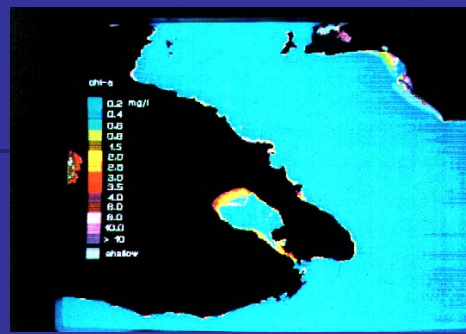
Γεωμετρία Παρατήρησης



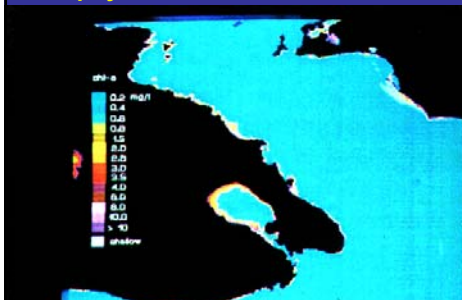
Chlorophyll - a 5-3-92



Chlorophyll - a 11-7-92



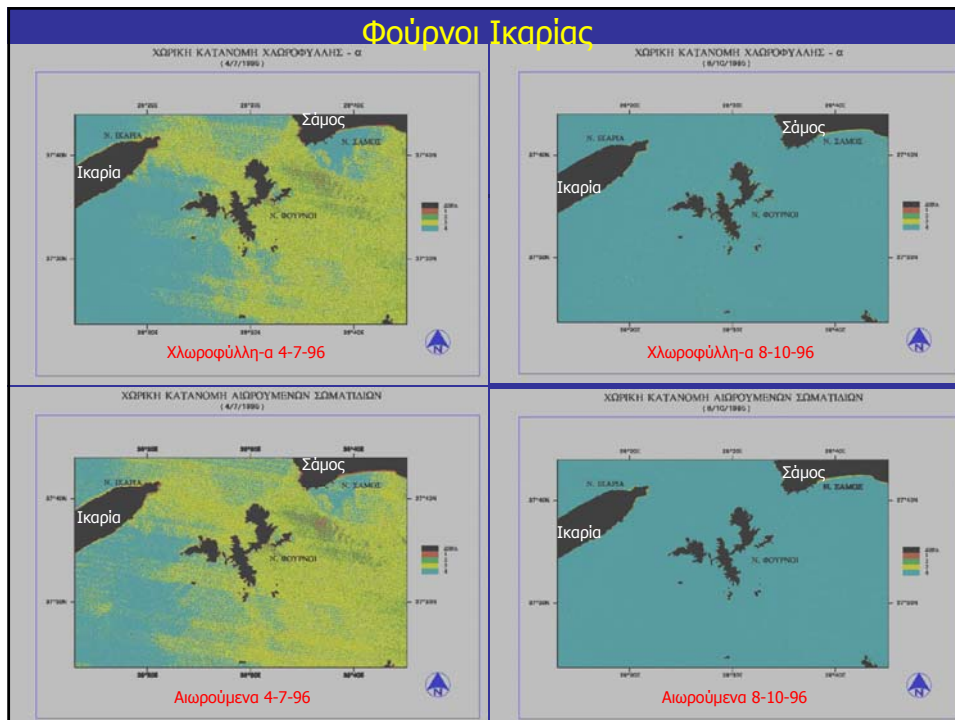
Chlorophyll - a 9-6-92



Chlorophyll - a 28-8-92



Φούρνοι Ικαρίας



Ομάδα εργασίας

- Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος
- Παρώνης Δημήτρης Δρ.
- Χωριατέλλη Μάλλη Υ/Δ.
- Τουκίλογλου Περικλής Πτυχ.
- Σουλτάτης Κωστής Πτυχ.
- Καντζάς Ευριπίδης Μεταπτυχ.



Επεξεργασία δεδομένων AVHRR

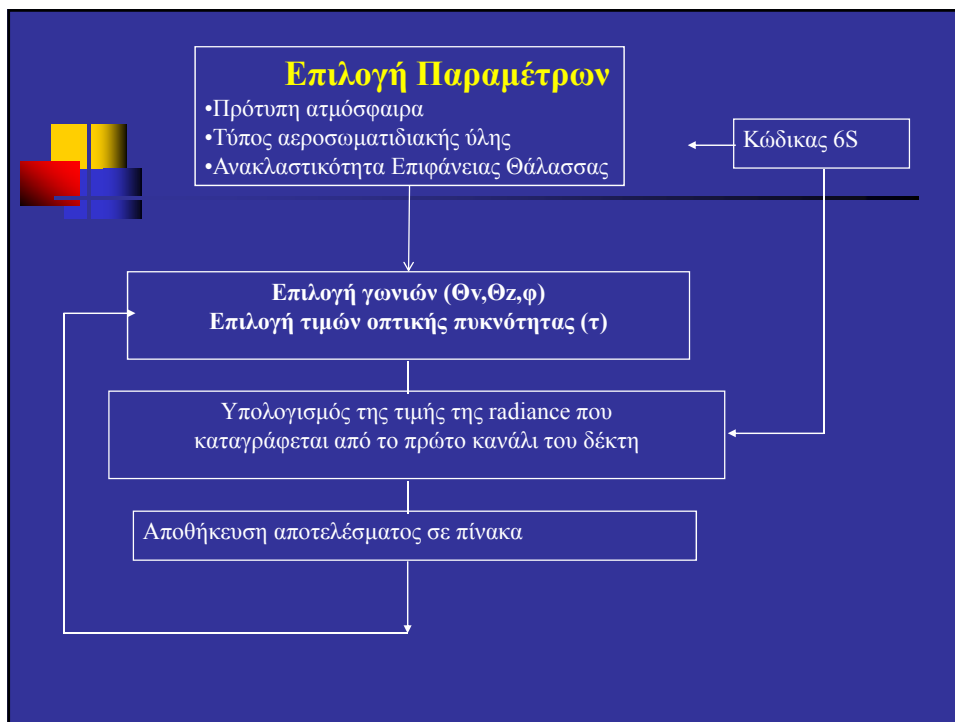
- Μετατροπή αρχικών δεδομένων DN σε τιμές λαμπρότητας (radiance values).
 - Χρησιμοποιούνται συντελεστές βαθμονόμησης
 - <http://www2.ncdc.noaa.gov/dares/klm/html/c2/sec7-1.htm>
- Διαχωρισμός νεφών με μάσκα
 - α) Τη θερμοκρασία λαμπρότητας για το κανάλι 4
 - β) Τη διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των καναλιών 4 και 5 (T4-T5)
 - γ) Την τυπική απόκλιση ανακλαστικότητας στο κανάλι 2 (TA2) για παράθυρο με διαστάσεις 3×3



Κριτήρια και τιμές κατωφλίου που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση των νεφών και της ξηράς στις εικόνες του δέκτη AVHRR

Παράμετρος	Κριτήριο	Χαρακτηρισμός Εικονοστοιχείου
T ₄ (°K)	<273.0	Νέφος
T ₄ -T ₅ (°K)	>2.5	Νέφος
TA ₂	>0.5%	Νέφος
A ₂ / A ₁	>0.6	Ξηρά

Ο διαχωρισμός ξηράς-επιφάνεια θάλασσας βασίστηκε στον καθορισμό αντίστοιχων τιμών για το ηηλίο τιμών ανακλαστικότητας στο κανάλι 2 προς την αντίστοιχη τιμή στο κανάλι 1 (A₂ / A₁)



ΑΝΗΡR/2 (NOAA 14)

5 φασματικά κανάλια:

Κανάλι	Περιγραφή	Εύρος (μm)
Κανάλι 1	Ορατό	0.58-0.68
Κανάλι 2	Ανακλώμενο Εγγύς Υπέρυθρο	0.725-1.05
Κανάλι 3	Θερμικό Υπέρυθρο	3.55-3.92
Κανάλι 4	Θερμικό Υπέρυθρο	10.3-11.3
Κανάλι 5	Θερμικό Υπέρυθρο	11.5-12.5

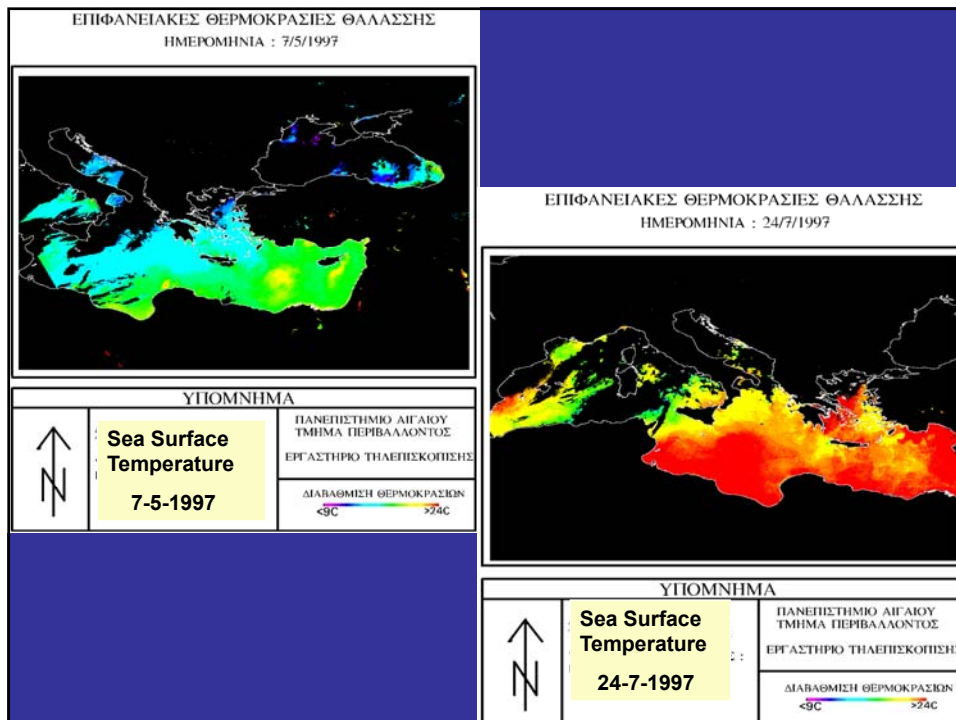
1,1km ευκρίνεια

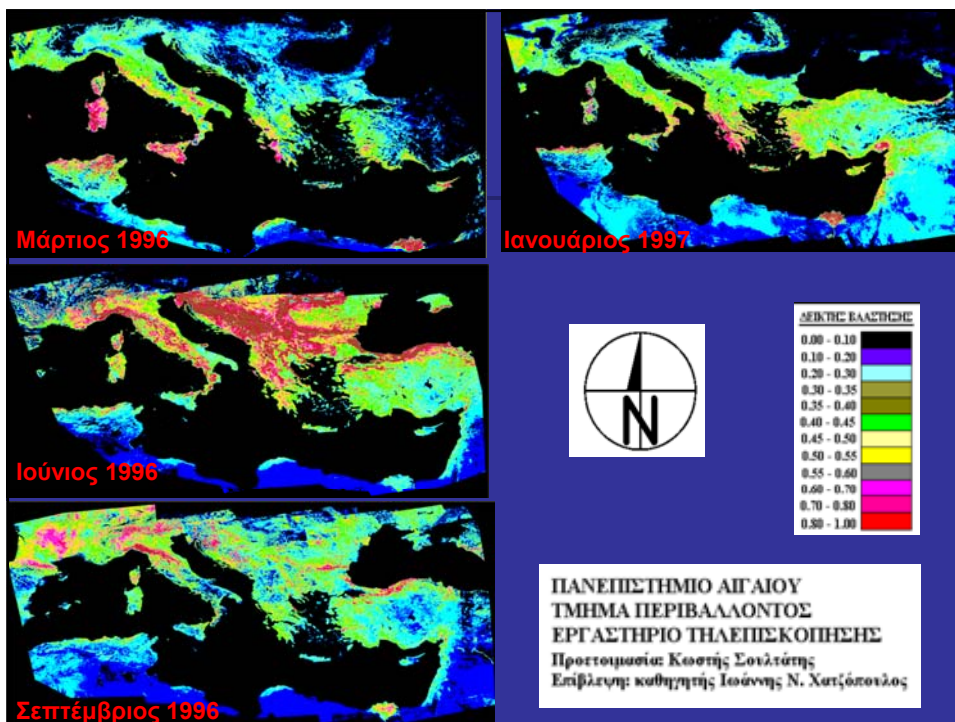
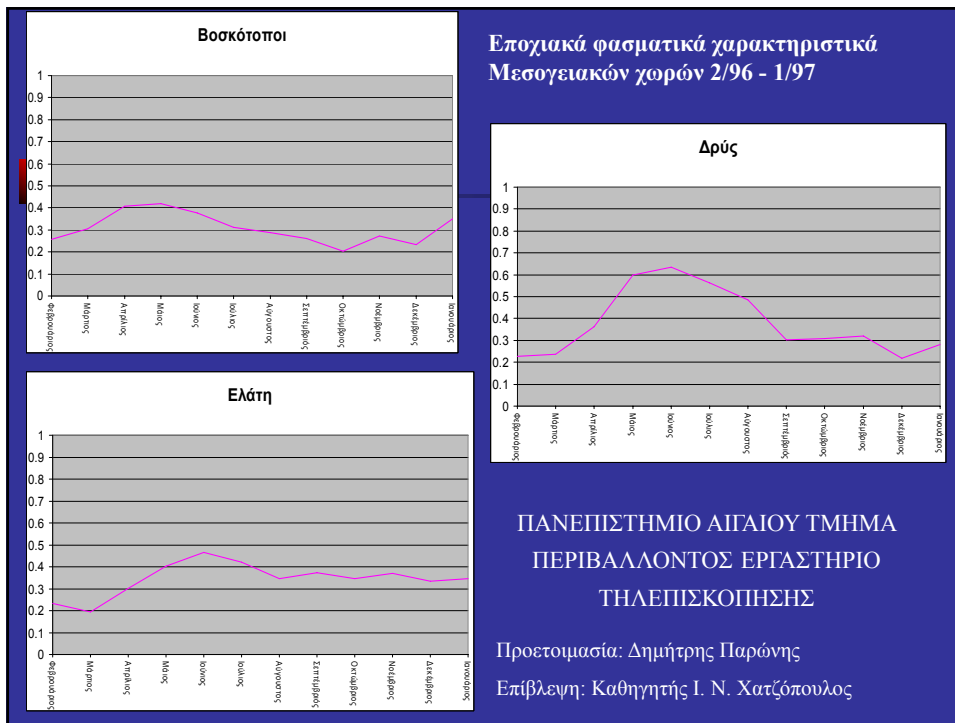
ΑΝΗΡΡ/3 (NOAA 16, 17)

6 κανάλια:

Κανάλι	Περιγραφή	Εύρος (μm)
Κανάλι 1	Ορατό	0.58-0.68
Κανάλι 2	Ανακλώμενο Εγγύς Υπέρυθρο	0.725-1.05
Κανάλι 3Α	Ανακλώμενο Μέσο Υπέρυθρο	1.580-1.64
Κανάλι 3Β	Θερμικό Υπέρυθρο	3.55-3.92
Κανάλι 4	Θερμικό Υπέρυθρο	10.3-11.3
Κανάλι 5	Θερμικό Υπέρυθρο	11.5-12.5

1,1km ευκρίνεια





9-8-97

Συγκέντρωση
Χαμηλή Υψηλή

(α) 9/8/1997

10-8-97

Συγκέντρωση
Χαμηλή Υψηλή

(β) 10/8/1997

Μετακίνηση σκόνης από την έρημο Σαχάρα στην Ευρώπη

Προετοιμασία: Μάλλη Χωριατέλλη
Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΕΚΟΠΗΣΗΣ**

DUST LOADING
UNIVERSITY OF THE AEGEAN - REMOTE SENSING LABORATORY
19/04/97, 11:45 UTC

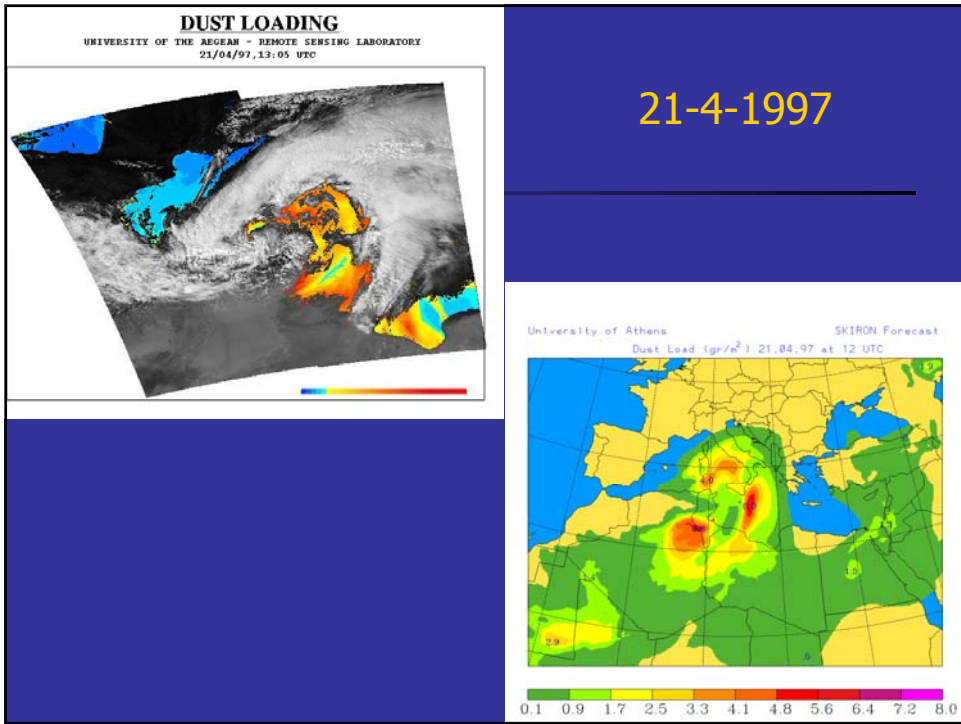
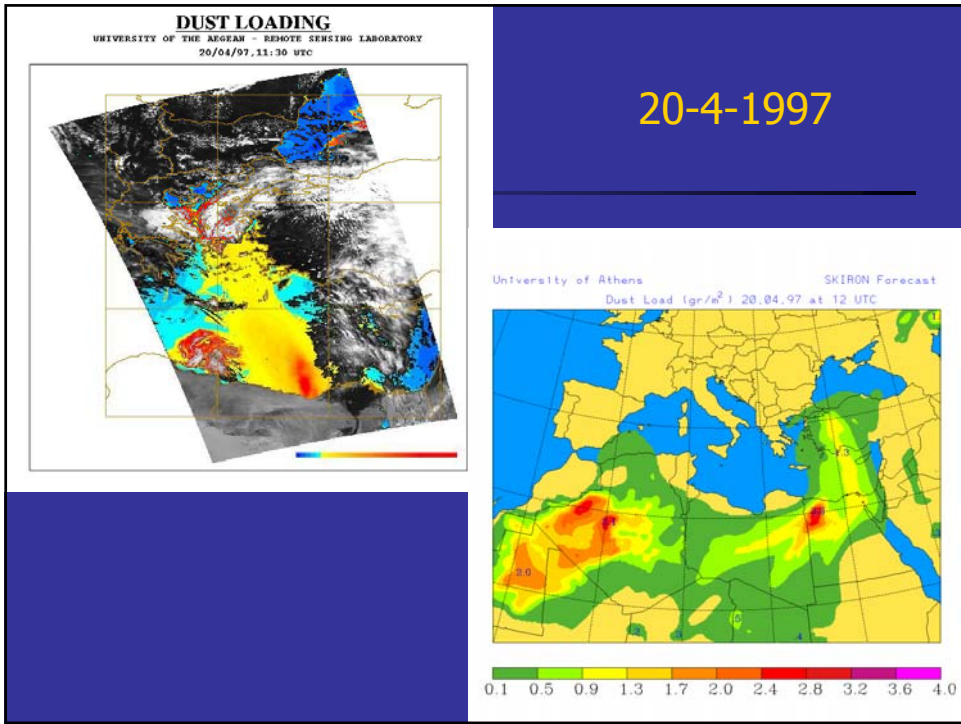
19-4-1997

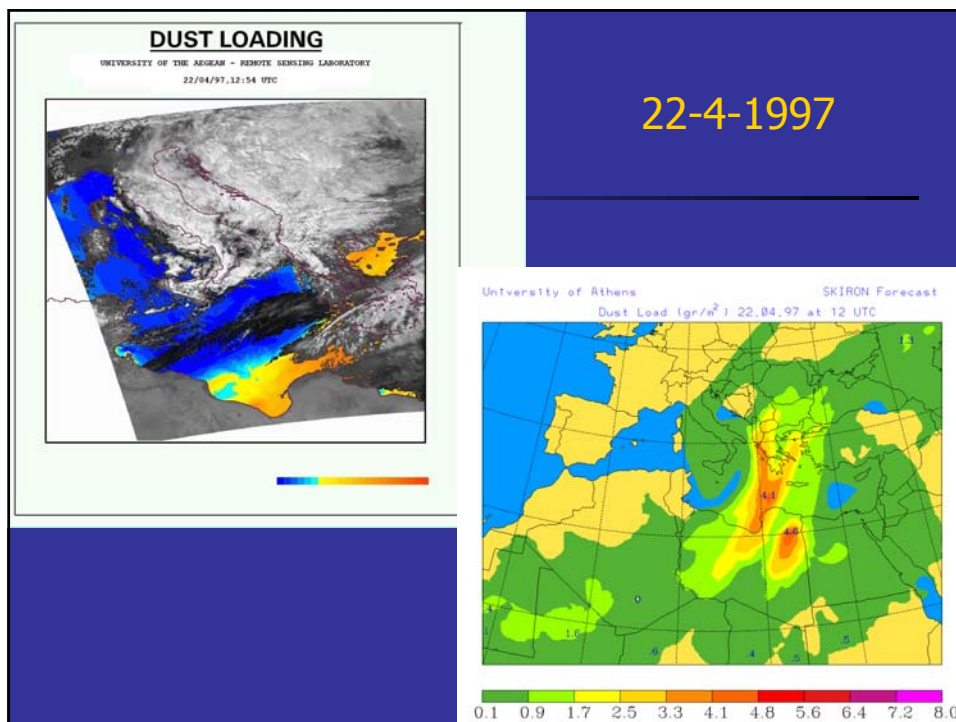
University of Athens SKIRON Forecast
Dust Load ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 19.04.97 at 12 UTC

0.1 0.5 0.9 1.3 1.7 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0

Ομάδα Ατμόσφαιρας Φυσικού Τμήματος Πανεπιστημίου Αθηνών

- Κάλλος Γεώργιος, Δρ. ΔΕΠ, καθ.
- Κατσαφάρδος Πέτρος, Υ/Δ
- Σπύρου Χρήστος, Υ/Δ
- Αναστάσιος Παπαδόπουλος, Υ/Δ





**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ ΤΗΣ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ
ΜΑΙΟΥ 1998-ΜΑΙΟΥ 1999**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΙΩΑΝΝΗΣ Ν. ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

Ζούρου Μερσίνη
Φτάκα Αλεξάνδρα



ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ

- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ – SST (sea surface temperature)
- ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ TIROS/NOAA
- ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ




ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

- ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ
- ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ – SST (sea surface temperature)

Με τον όρο θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης - SST (Sea Surface Temperature) καθορίζεται η θερμοκρασία του νερού σε 1 μέτρο κάτω από την θαλάσσια επιφάνεια



Η πιο παλιά τεχνική για τη μέτρηση sst είναι αυτή που βύθιζε ένα θερμόμετρο σε ένα δειγματοληπτικό δοχείο γεμάτο με νερό από την επιφάνεια της θάλασσας. Όλη η παραπάνω διαδικασία γινόταν χειρονακτικά.

- ✓ Από τη δεκαετία του '80 οι δορυφόροι χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για να μετρήσουν την sst και παρέχουν την δυνατότητα να δούμε τη χωρική και χρονική μεταβολή της.



Θαλάσσια Ρεύματα

Θαλάσσιο ρεύμα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί κάθε μαζική μετακίνηση (επιφανειακή ή υποθαλάσσια, οριζόντια ή κάθετη) των θαλάσσιων υδάτων, με ορισμένη κατεύθυνση και ταχύτητα μέσα στο θαλάσσιο χώρο.



Θερμοκρασία Φυσικών Υδάτινων Μαζών


- Οι θερμικές ιδιότητες των φυσικών υδάτων έχουν θεμελιώδη σημασία, από οικολογική άποψη, δεδομένου ότι από αυτές καθορίζονται, κατά ένα μεγάλο μέρος, το είδος και ο αριθμός των υδρόβιων οργανισμών που η παρουσία τους χαρακτηρίζει μια υδάτινη περιοχή
- Οι θερμικές ιδιότητες των φυσικών υδάτων είναι ένας σημαντικός ρυθμιστικός παράγοντας των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων υδρόβιων οργανισμών



Παγκόσμια Ρεύματα - Κλίμα

Είναι θαλάσσια ρεύματα αλλά μοιάζουν με γιγάντια ποτάμια

Γιγάντια θαλάσσια ρεύματα βρίσκονται παντού - άλλοτε στην επιφάνεια και άλλοτε κρυμμένα σε μεγάλα βάθη και καθορίζουν το παγκόσμιο κλίμα - ύπουλα και χωρίς να γίνονται εύκολα αντιληπτά.



Όσο τα μεγάλα και σημαντικότερα θαλάσσια ρεύματα συναντούν άλλα, μικρότερα και τοπικά, τόσο πιο πολύπλοκος και δυσνόητος γίνεται ο τρόπος που λειτουργούν και καθορίζουν το παγκόσμιο κλίμα.



Το Αιγαίο με όγκο $7,4 \times 10^4$ κυβικά χιλιόμετρα είναι η τρίτη σε μέγεθος θάλασσα της Α. Μεσογείου, μετά το Ιόνιο και τη Λεβαντίνη.




Λογισμικά

- > Avhrr14.exe
- > Erdas Imagine 8.4
- > Smart Track



Επιλογή

- Δύο νυχτερινές εικόνες για κάθε ημέρα πλήρους φασματικής ανάλυσης
- Τη γεωγραφική περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου

- 
-
- 1) Όλης της περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου.
 - 2) Περιοχής Αιγαίου πελάγους.
 - 3) Περιοχής Ιονίου πελάγους.
 - 4) Περιοχής Λυβικού πελάγους.
 - 5) Περιοχής Κύπρου.

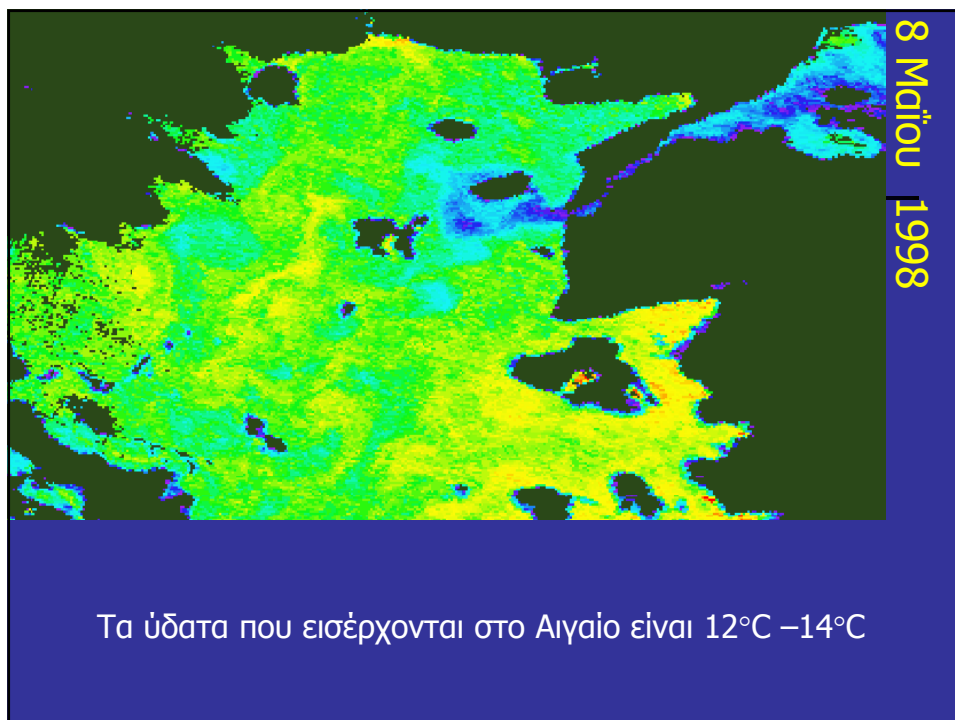
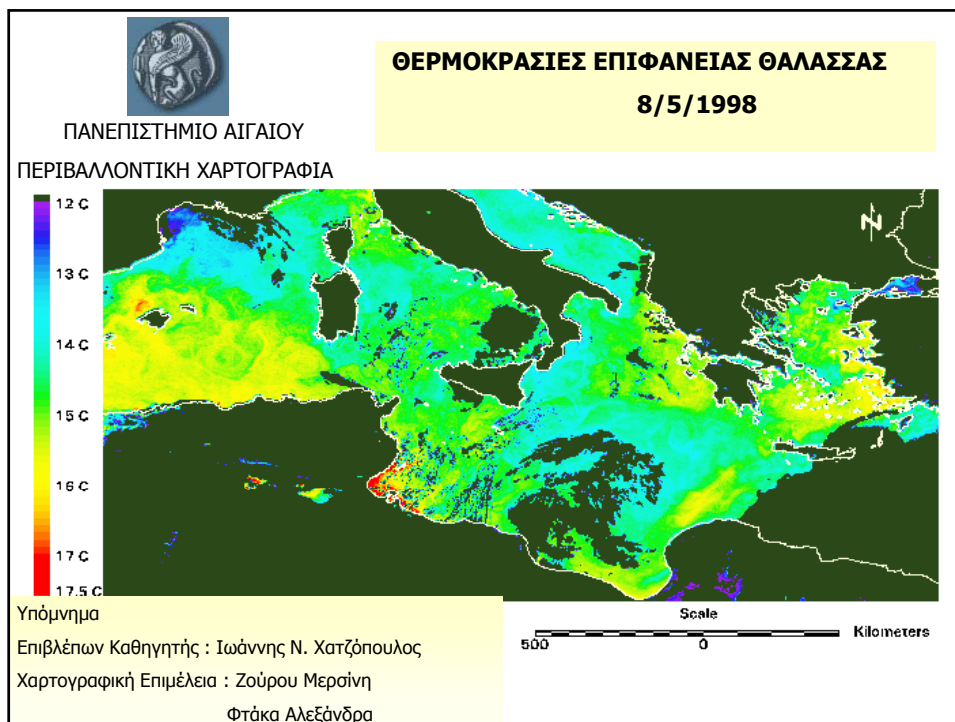
Μεθοδολογία



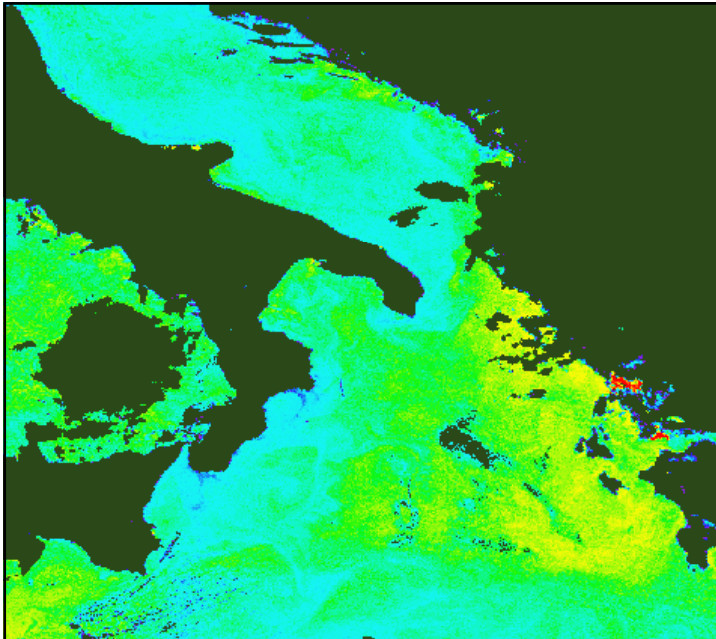
- Βαθμονόμηση (αισθητήρες)
- Δημιουργία μάσκας ξηράς, νεφών
- Ατμοσφαιρική διόρθωση
 - Μετατροπή όλων των εικόνων hrp σε sst.img
- Γεωμετρική διόρθωση
- Δημιουργία χαρτών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



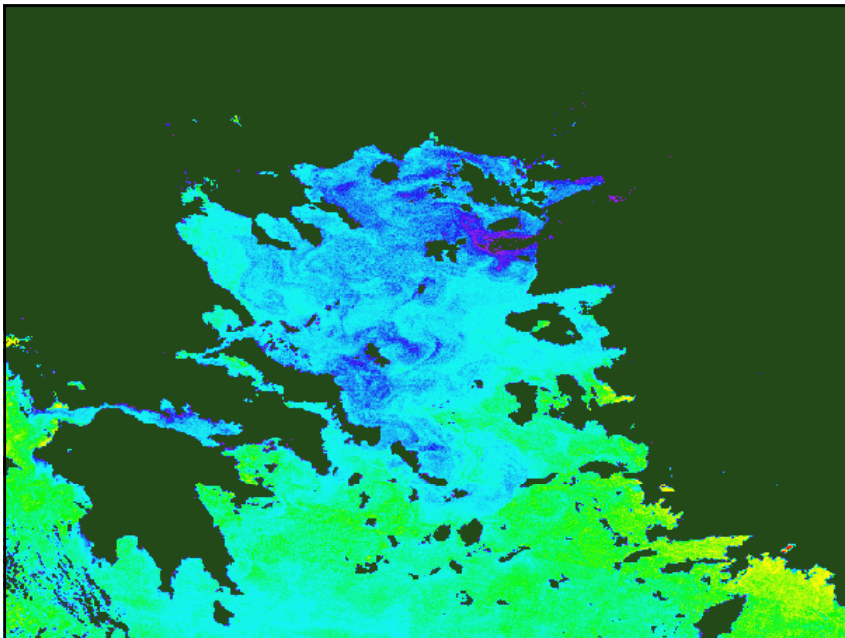


8 Μαΐου 1998

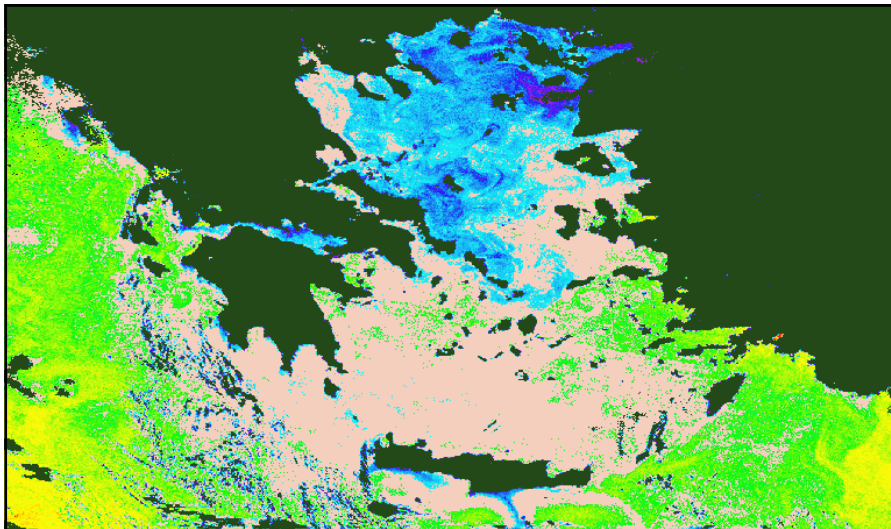


- Οι θερμοκρασίες στο Ιόνιο κυμαίνονται από 13,5°– 15,5 °C
- ιδιαίτερα στον Αμβρακικό κόλπο τα νερά είναι 16,5°C –17,5°C

21 Μαΐου 1998

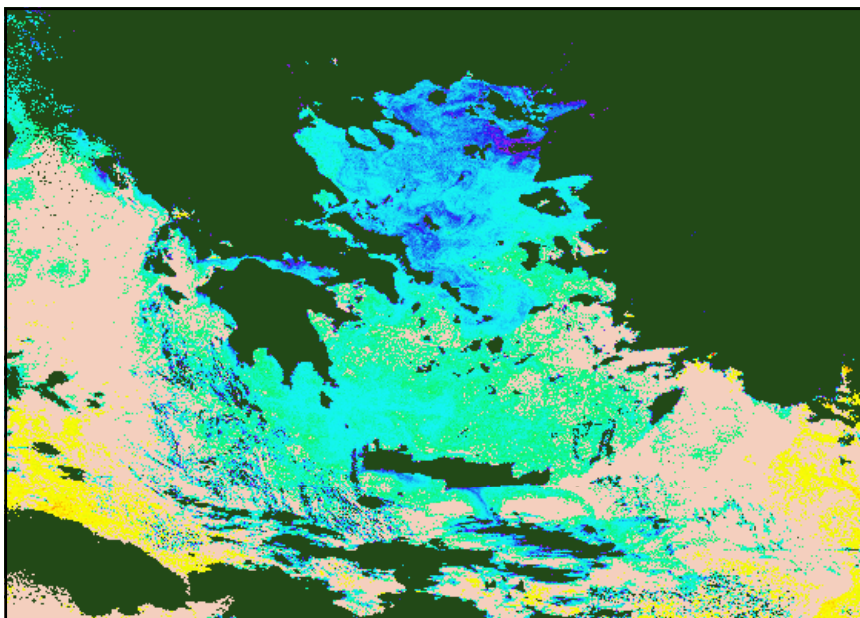


Στο βόρειο Αιγαίο, στις ανατολικές ακτές της Εύβοιας έως το τόξο Άνδρο – Τήνο –Μύκονο οι θερμοκρασίες κυμαίνονται 14,5°C -15,5°C



21 Μαΐου 1998

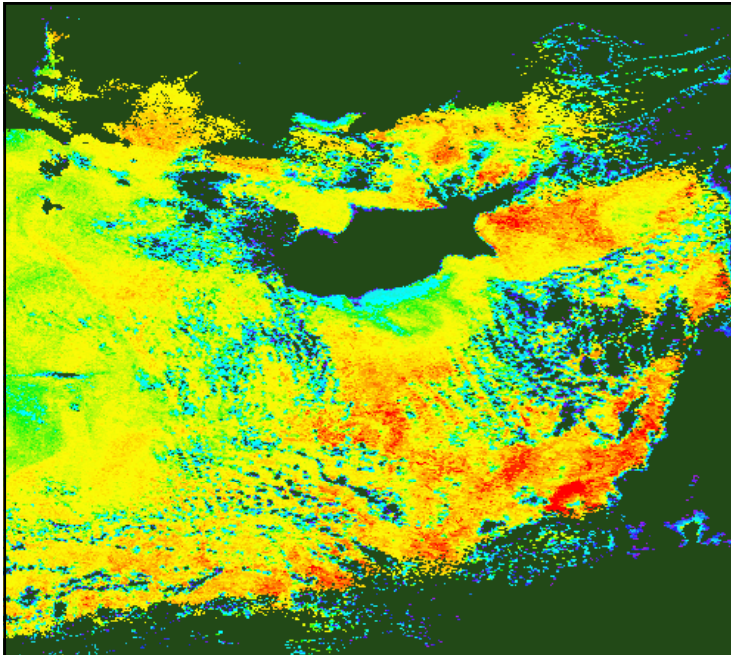
Οι θερμοκρασίες 15,5-16,5°C εντοπίζονται στα παράλια της ηπειρωτικής ανατολικής Ελλάδας, στις Κυκλάδες, Νότια της Πελοποννήσου, στο Κρητικό πέλαγος έως Δυτικά της Ρόδου.



21 Μαΐου 1998

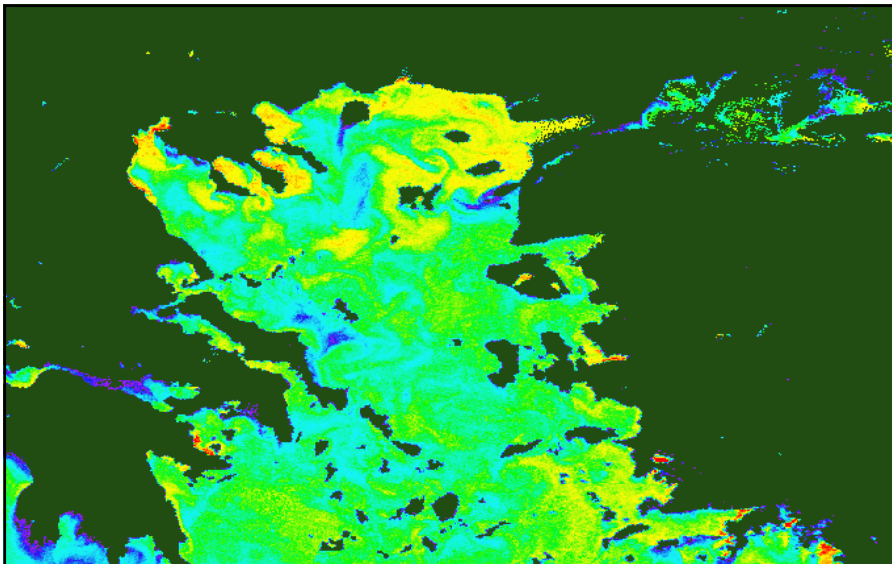
Ένα νοητό τόξο θερμοκρασίας 16,5-17,5°C ενώνει τη Σάμο, την περιοχή Ανατολικά της Ρόδου, το Λιβυκό πέλαγος και ανεβαίνει στο Ιόνιο έως ανοιχτά της Κέρκυρας

21 Μαΐου 1998

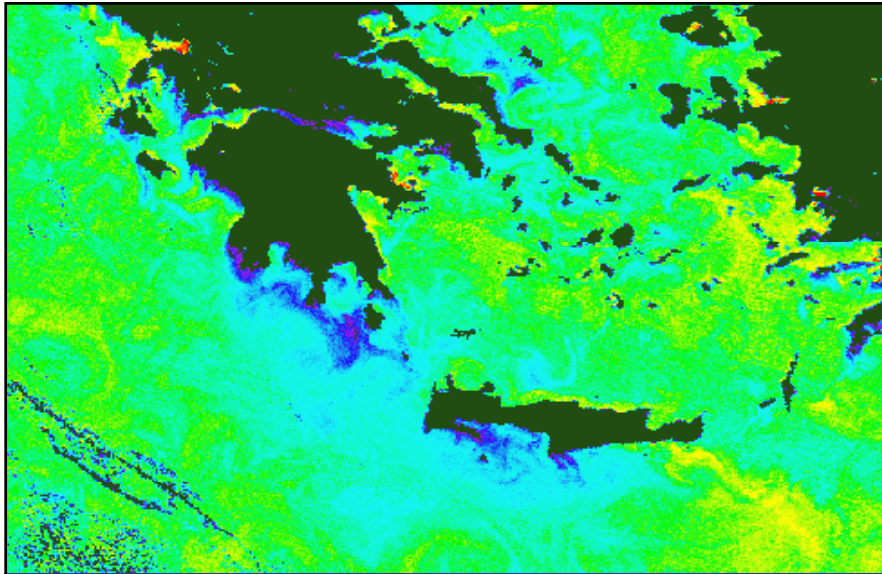


Στη θάλασσα της Λεβαντινής οι τιμές που επικρατούν είναι από 17,5°C -19°C εκτός από νότια της Κύπρου που είναι χαμηλότερες 16,5°C -17,5°C

15 Ιουνίου 1998

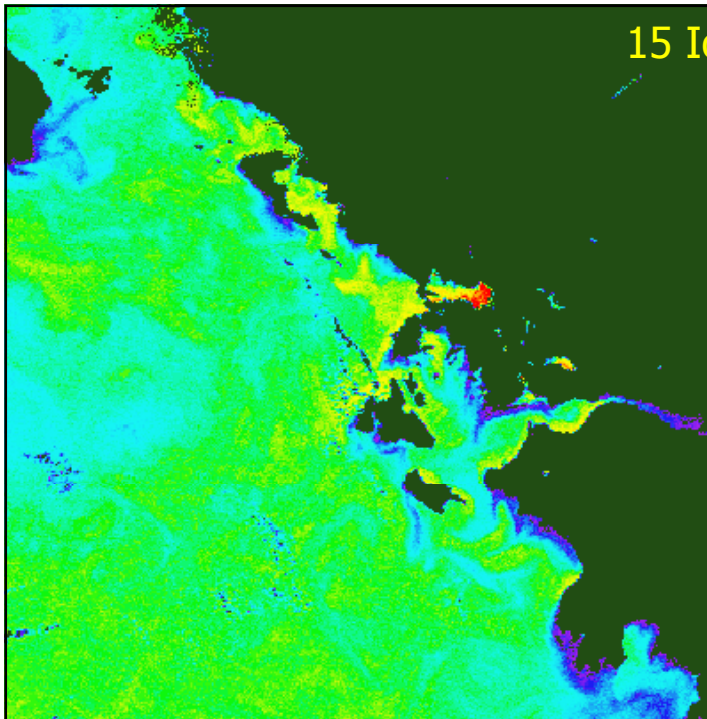


Οι υψηλές θερμοκρασίες 21°C -22,5°C εντοπίζονται στο Βόρειο Αιγαίο, 21,5°C εντοπίζονται και στην περιοχή Σάμου και Ικαρίας μέχρι την Κω



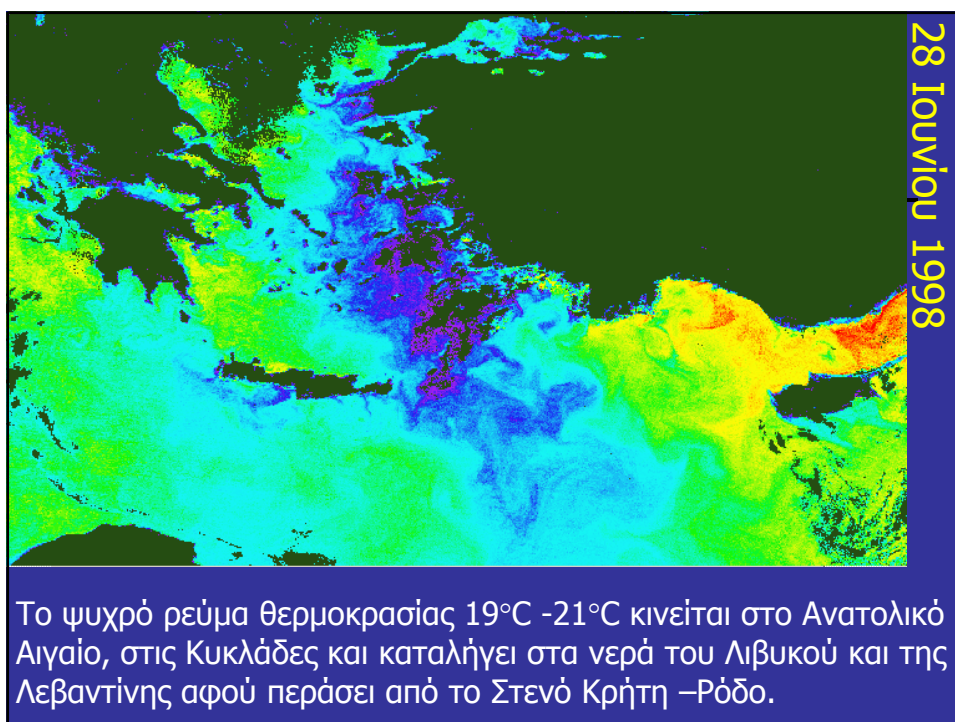
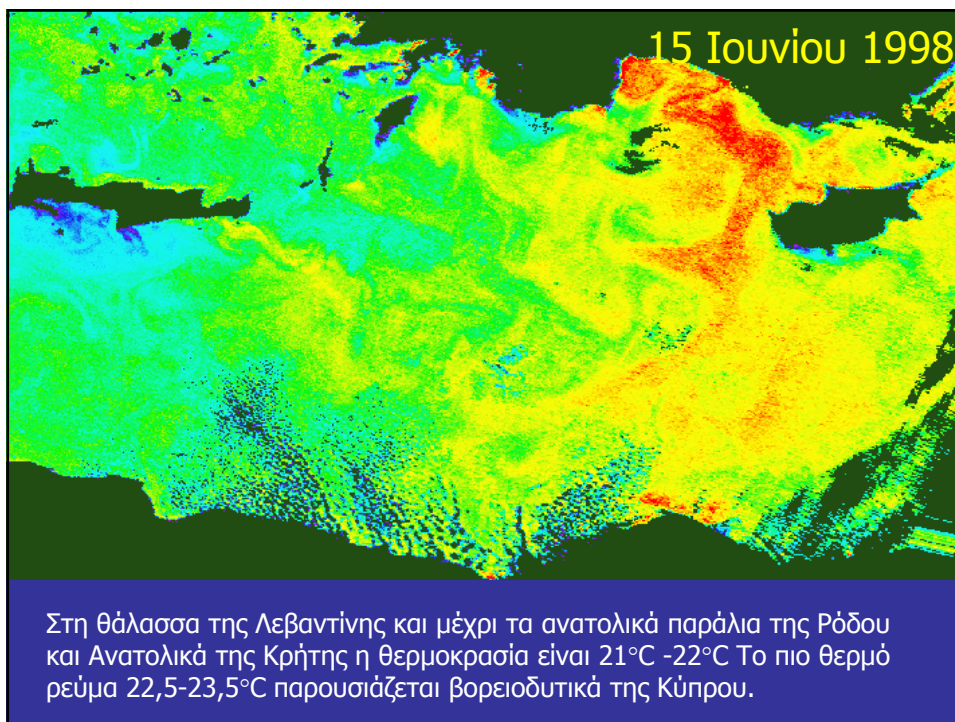
15 Ιουνίου 1998

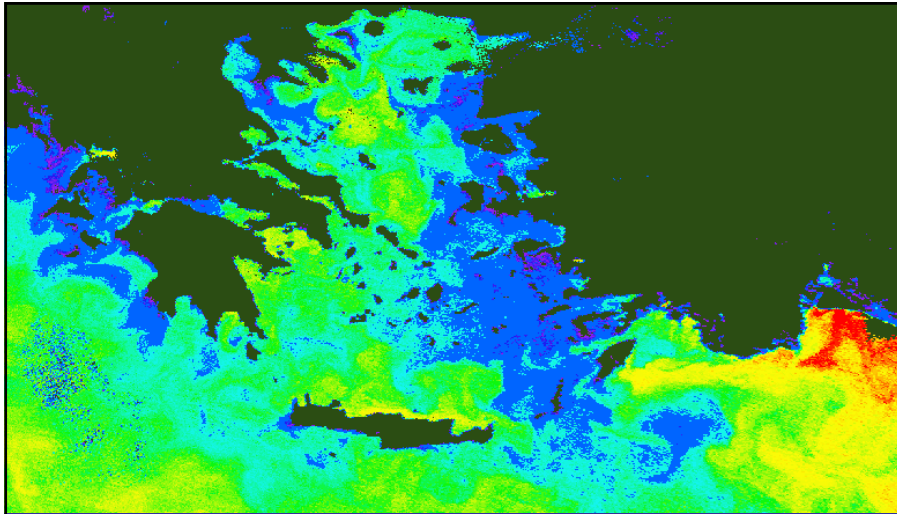
Ψυχρά ρεύματα 17,5°C -19°C απεικονίζονται νότια της Πελοποννήσου κατευθυνόμενα προς τη νότια Κρήτη. Ενώ ένα εξίσου ψυχρό ρεύμα φαίνεται από τον όρμο των Αγίων Αποστόλων (Εύβοια) έως τη Σκύρο



15 Ιουνίου 1998

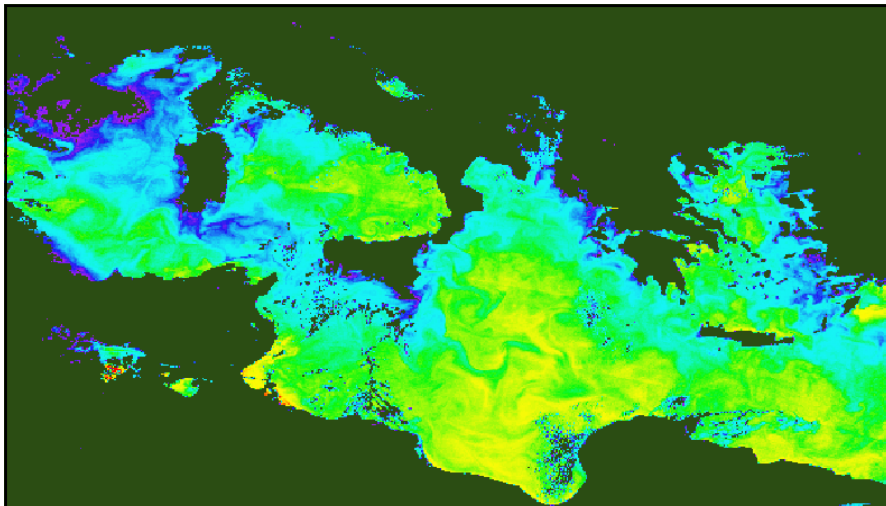
Στο Ιόνιο οι υψηλές θερμοκρασίες 21-21,5°C βρίσκονται στα παράλια της Ηπείρου από την Κέρκυρα έως το ύψος της Λευκάδας καθώς επίσης και στα Βόρεια παράλια Κεφαλονιάς και Ζακύνθου. Ενώ επικρατούν στην περιοχή 19- 20 °C





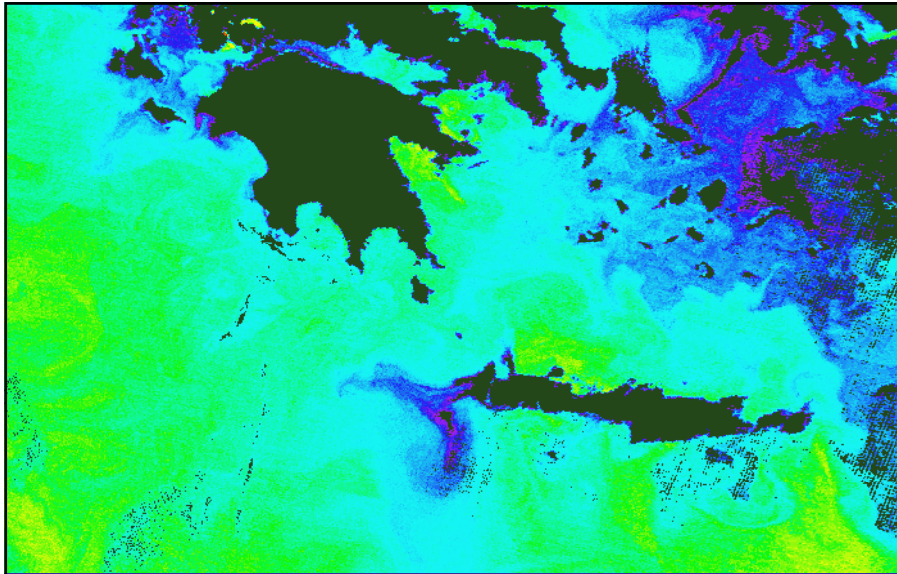
11 Ιουλίου 1998

Τα ύδατα προερχόμενα από τον Εύξεινο πόντο κινούνται στο Ανατολικό Αιγαίο, εντοπίζονται στα στενά Ικαρίας-Μυκόνου. Οι παραπάνω ψυχρές μάζες 19,5°C - 21°C καταλήγουν στην Κάρπαθο και στα Νοτιοανατολικά της Ρόδου.



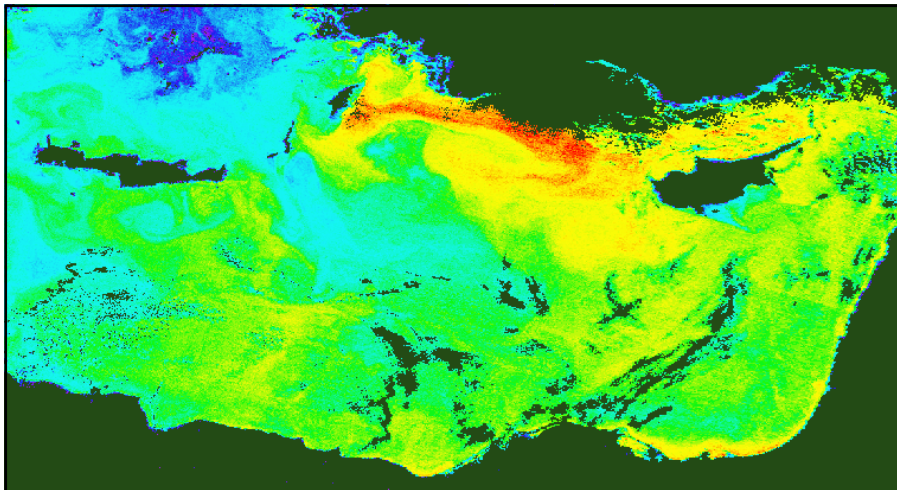
11 Ιουλίου 1998

Οι υδάτινες μάζες της Βόρειας Μεσογείου παρουσιάζονται ψυχρότερες από αυτές που υπάρχουν στα Νοτιότερα παράλια.



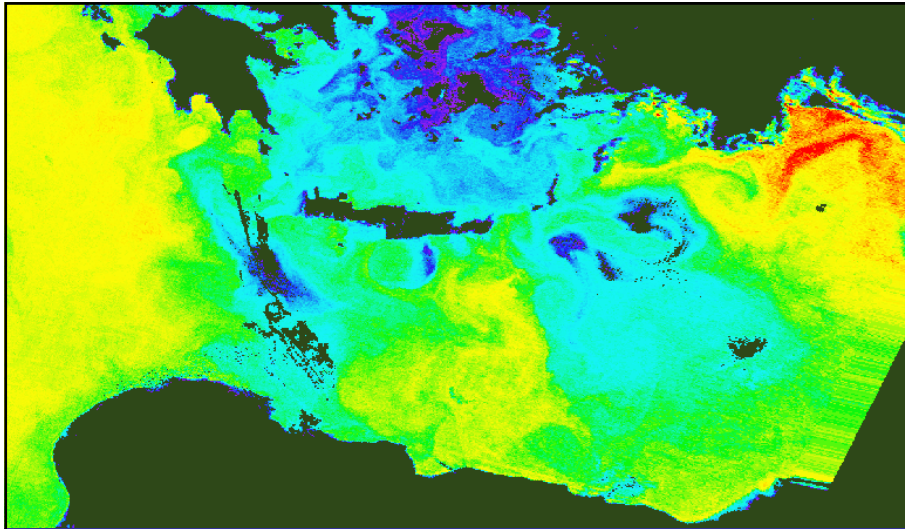
11 Ιουλίου 1998

Μία ιδιαίτερα ψυχρή μάζα 19,5°C - 20°C εντοπίζεται Δυτικά της Κρήτης στο νομό Χανίων ενώ περιτριγυρίζεται από θαλάσσια ύδατα θερμοκρασίας 21,5°C -23°C.



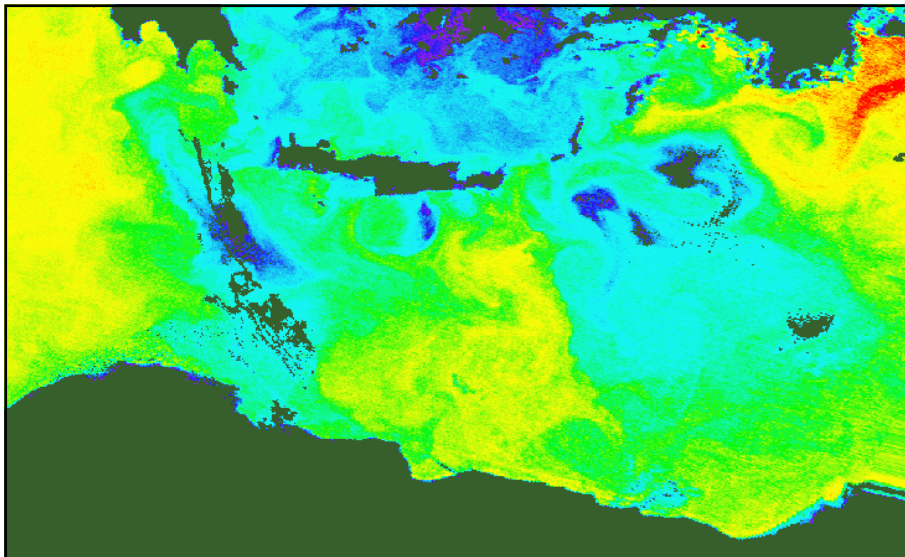
31 Ιουλίου 1998

Στη θάλασσα της Λεβαντίνης το θερμό ρεύμα 26°C -27,5°C υπάρχει Βόρεια της Κύπρου και φτάνει στα Ανατολικά της Ρόδου στα παράλια της Τουρκίας



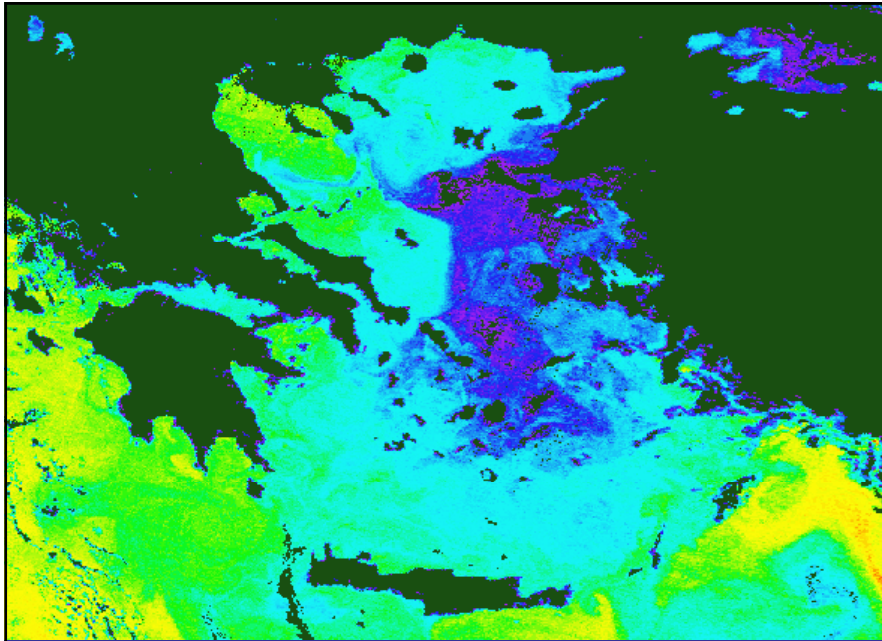
16 Αυγούστου 1998

Μεταξύ Καρπάθου και Κρήτης τα ψυχρά ύδατα 23.5-24°C φαίνονται ότι κατευθύνονται προς την Λεβαντίνη. Ενώ τα ύδατα που περνάνε από το στενό Κύθηρα-Κρήτη φτάνουν έως τα παράλια της Αφρικής.



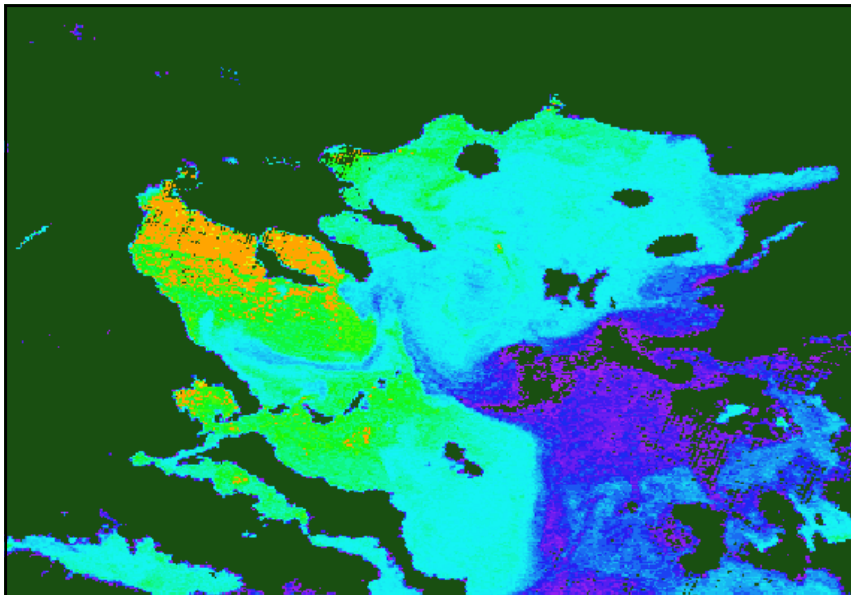
16 Αυγούστου 1998

Θερμές υδάτινες μάζες 25.5 – 26°C προερχόμενες από ανατολικά εισχωρούν στο Λιβυκό πέλαγος φτάνοντας έως τα Νοτιοανατολικά της Κρήτης, ιδιαίτερα στα Νότια παράλια του νομού Λασιθίου.



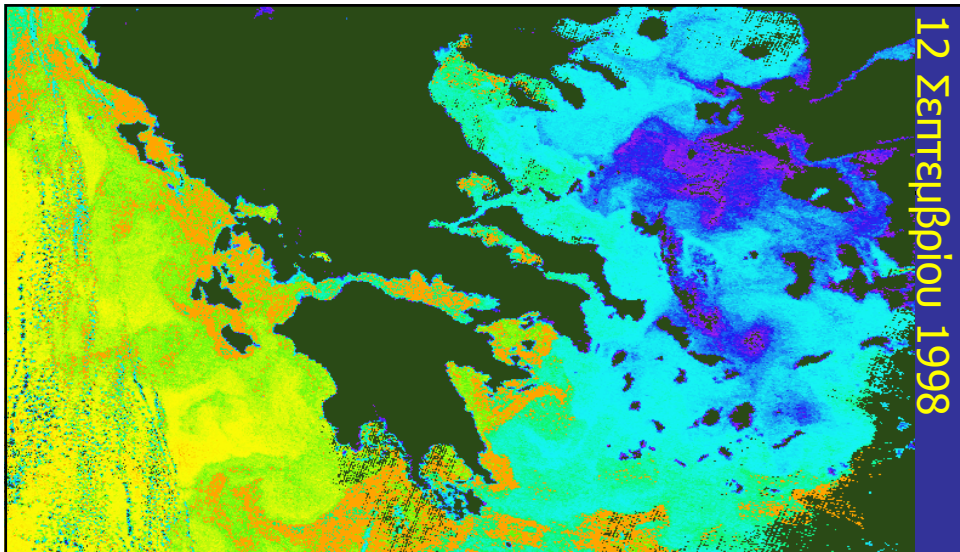
25 Αυγούστου 1998

Το βόρειο ψυχρό ρεύμα 20,5–21,5°C κινείται δυτικότερα από ότι στις 11 Ιουλίου.



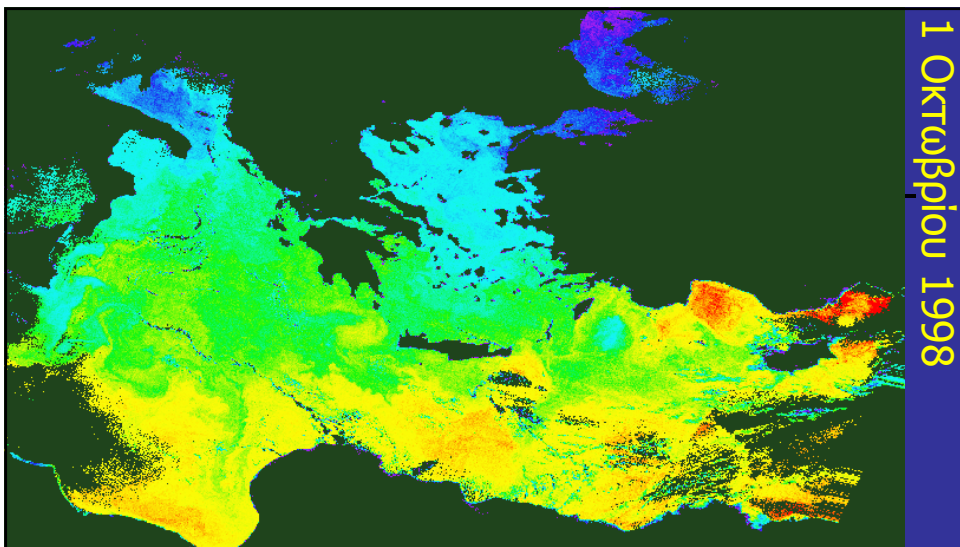
25 Αυγούστου 1998

● Στα παράλια της Θράκης η θερμοκρασία είναι 23,5°C -24°C. Στον κόλπο της Κασσάνδρας και στο Θερμαϊκό αγγίζει τους 25°C, στα ανοιχτά όμως του Θερμαϊκού και προς τις Βόρειες Σποράδες η θερμοκρασία μειώνεται κατά ένα βαθμό



12 Σεπτεμβρίου 1998

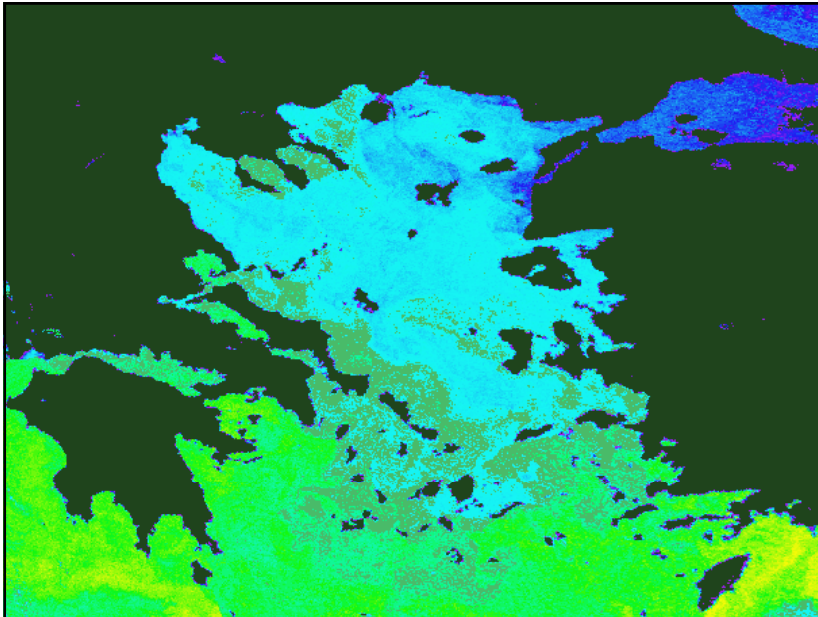
Οι υψηλότερες θερμοκρασίες 23,5°C στο Αιγαίο βρίσκονται στον Σαρωνικό και στον Αργολικό κόλπο. Στο Ιόνιο στα παράλια της Ηπείρου η θερμοκρασία είναι 22,5°C - 23°C, ενώ δυτικότερα και στα παράλια της Πελοποννήσου η θερμοκρασία ανεβαίνει κατά μισό με ένα βαθμό.



1 Οκτωβρίου 1998

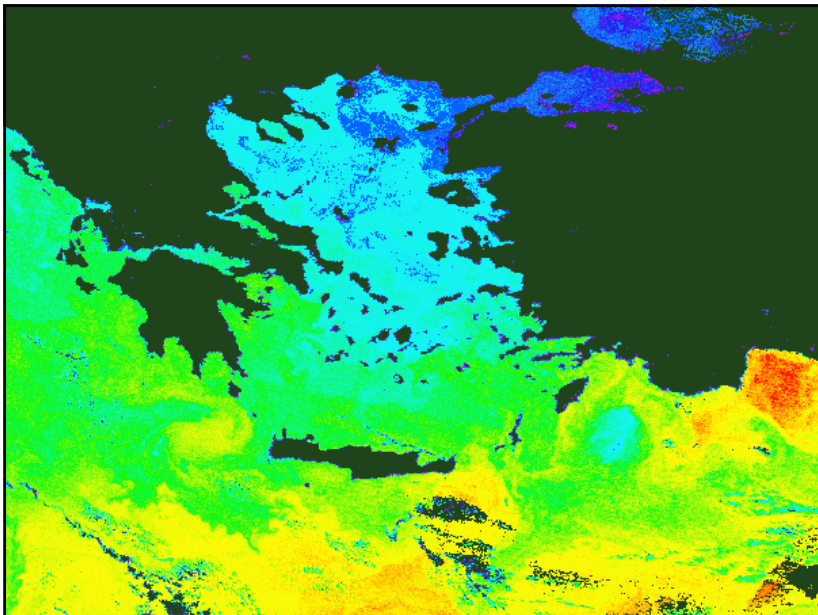
Αρχές Οκτωβρίου παρατηρείται ότι οι ισόθερμες καμπύλες έχουν την διεύθυνση Βορρά – Νότο.

1 Οκτωβρίου 1998

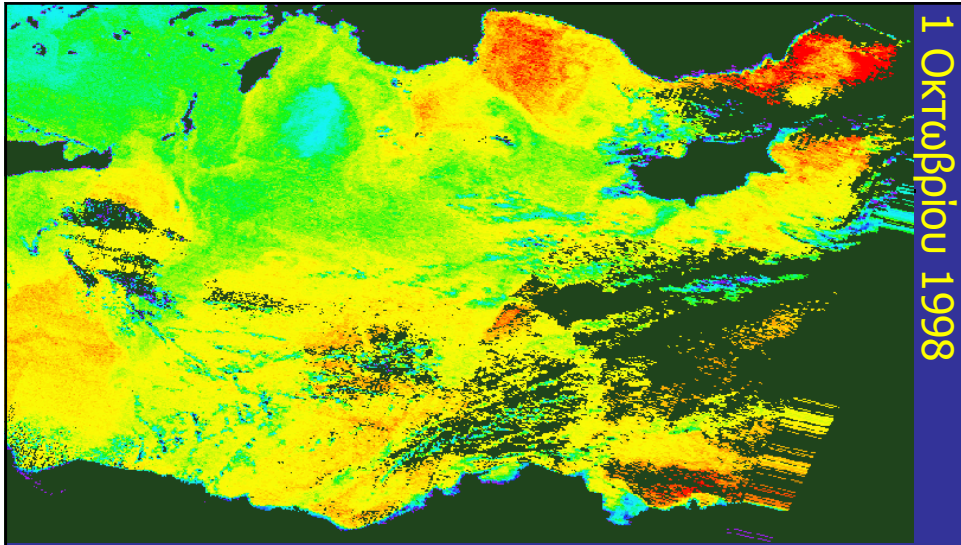


Στον κόλπο της Κασσάνδρας και στον κόλπο του Άθου η θερμοκρασία είναι 21°C – 21,5°C. Οι ίδιες θερμοκρασίες εντοπίζονται στα Νότια παράλια της Εύβοιας - κόλπος Πεταλίων, τις Κυκλάδες έως Βόρεια της Κω

1 Οκτωβρίου 1998

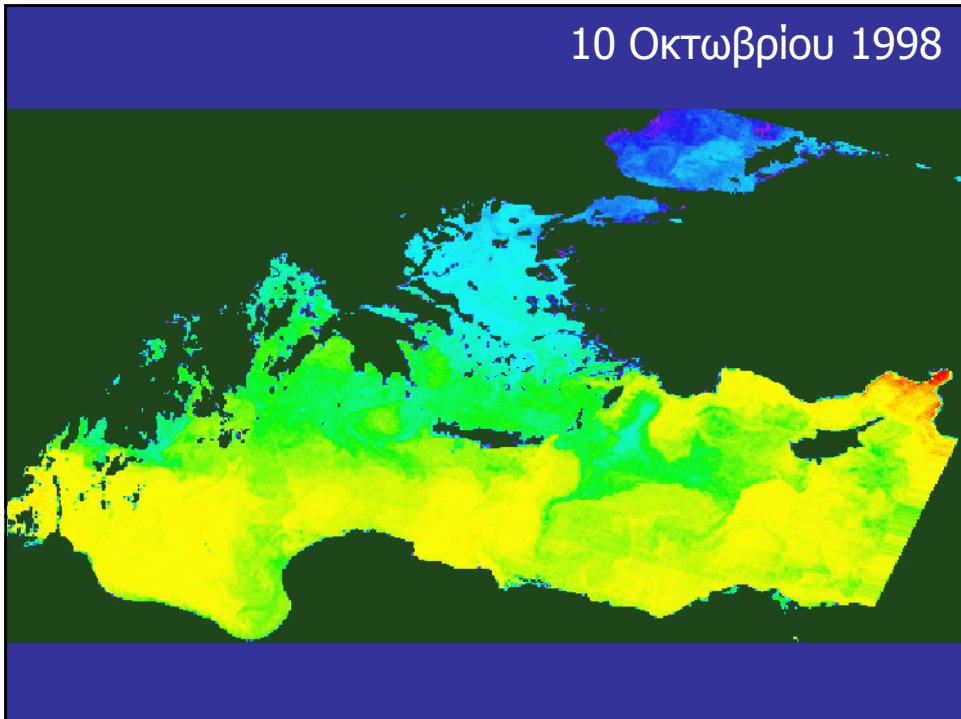


Στο Θρακικό πέλαγος έως την Λήμνο η θερμοκρασία φτάνει τους 20°C, φαίνεται ένα ρεύμα να εμφανίζεται με κυκλωνική πορεία που περνάει από την Ίμβρο, βόρεια της Λήμνου – Θάσου και στα παράλια του Νομού Έβρου

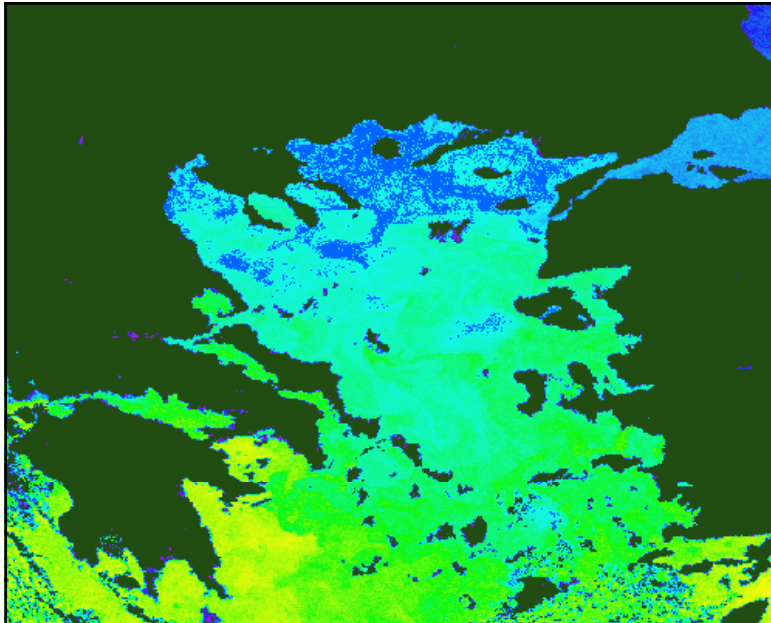


1 Οκτωβρίου 1998

Το θερμό ρεύμα 25 –26°C που βρίσκεται Βόρεια της Κύπρου στα παράλια της Τουρκίας στη συγκεκριμένη εικόνα δεν φτάνει έως Ανατολικά της Ρόδου. Σε όλη την Λεβαντίνη η θερμοκρασία είναι 24°C –25°C εκτός από Ανατολικά της Κρήτης και Δυτικά της Κύπρου που έχει 22,5°C – 23,5°C

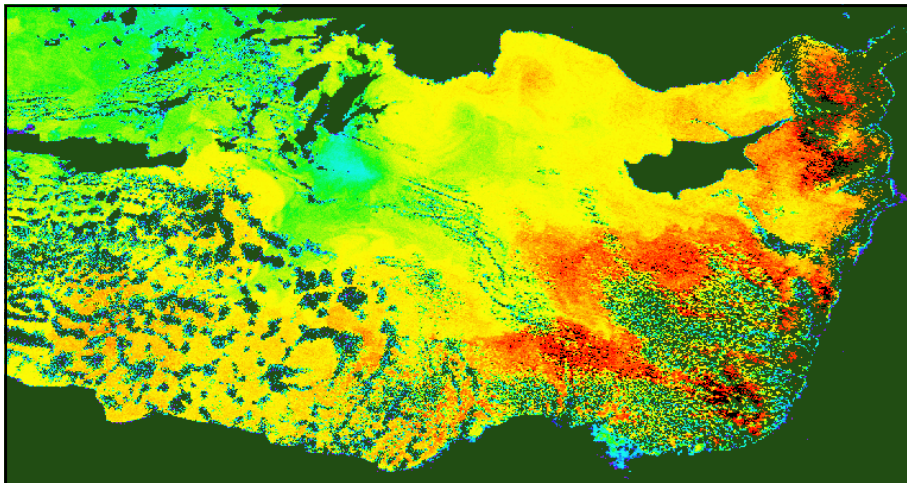


10 Οκτωβρίου 1998



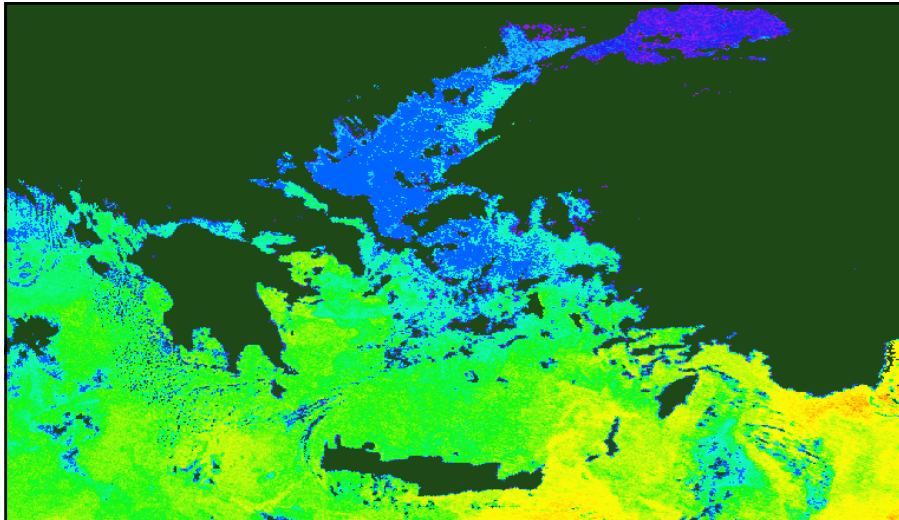
30 Οκτωβρίου 1998

16,5°C -17°C έχει το Θρακικό πέλαγος και ένα θαλάσσιο τόξο που ενώνει το τρίτο με το δεύτερο πόδι της Χαλκιδικής. Γύρω από τη Σαμοθράκη κυριαρχούν οι θερμοκρασίες 17°C -17,5°C



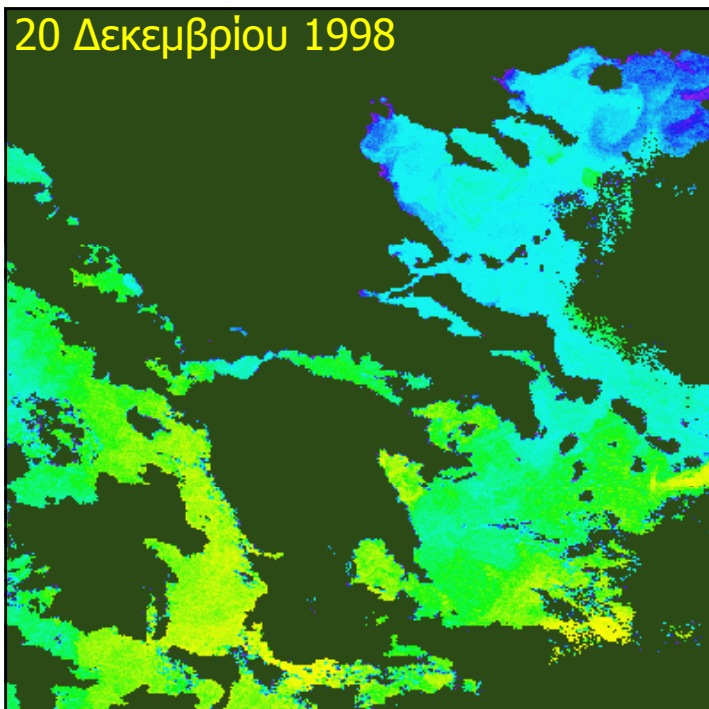
30 Οκτωβρίου 1998

Στη Λεβαντίνη οι υψηλότερες θερμοκρασίες 22,5°C - 23,5°C εντοπίζονται Νοτιοανατολικά της. Οι θερμοκρασίες 21°C - 22,5°C απεικονίζονται Βόρεια της Κύπρου, Δυτικά έως τα παράλια της Αιγύπτου συνεχίζοντας όμως να προσεγγίζει τα Νότια παράλια της Κρήτης



5 Νοεμβρίου 1999

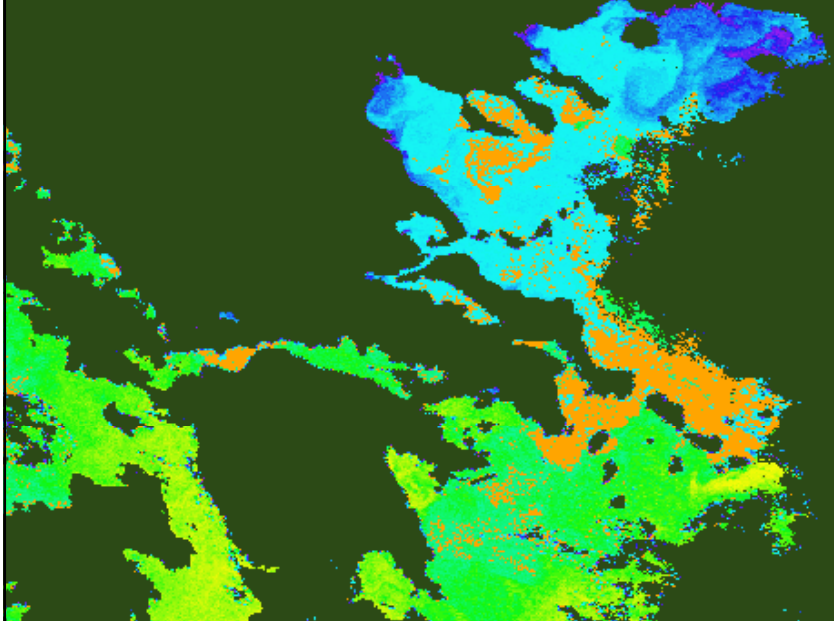
Φαίνεται καθαρά ότι τα ψυχρότερα νερά θερμοκρασίας 17,5°C -18,5°C μετατοπίζονται από το Ανατολικό Αιγαίο προς την Ηπειρωτική Ελλάδα



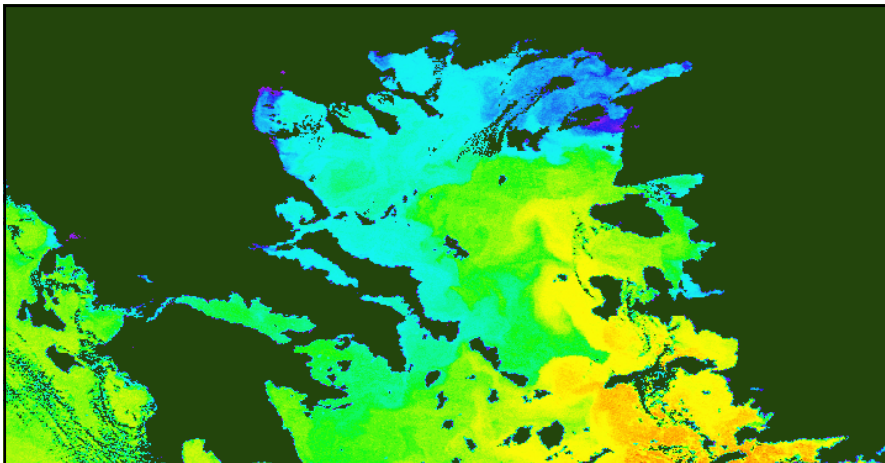
20 Δεκεμβρίου 1998

Στο Θρακικό πέλαγος, Ανατολικά της Θάσου και Βόρεια της Λήμνου υπάρχουν οι χαμηλότερες θερμοκρασίες 11,5-12°C. Οι ίδιες χαμηλές θερμοκρασίες εντοπίζονται σε μικρή έκταση στο Θερμαϊκό κόλπο. Στην υπόλοιπη περιοχή η θερμοκρασία φτάνει ως τους 13,5 °C.

20 Δεκεμβρίου 1998



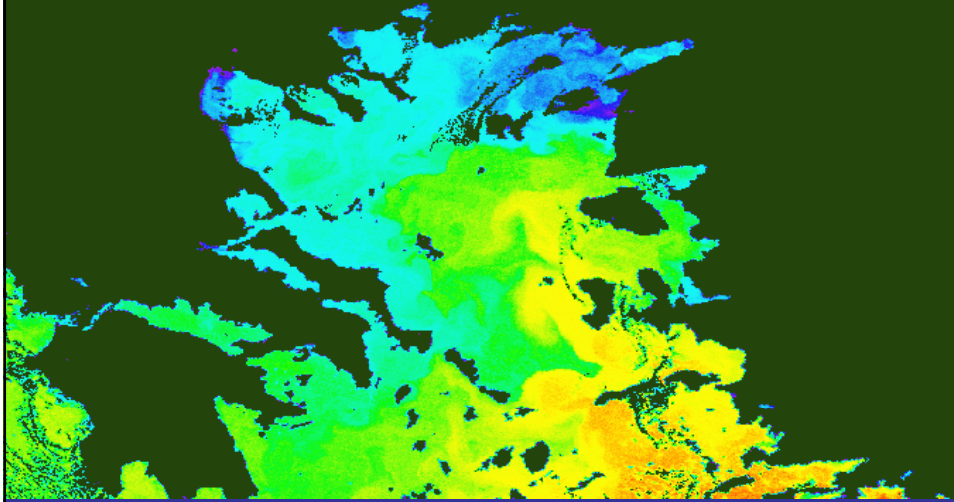
Στους κόλπους της Χαλκιδικής οι τιμές ανεβαίνουν στους 13,5 -14°C



8 Ιανουαρίου 1999

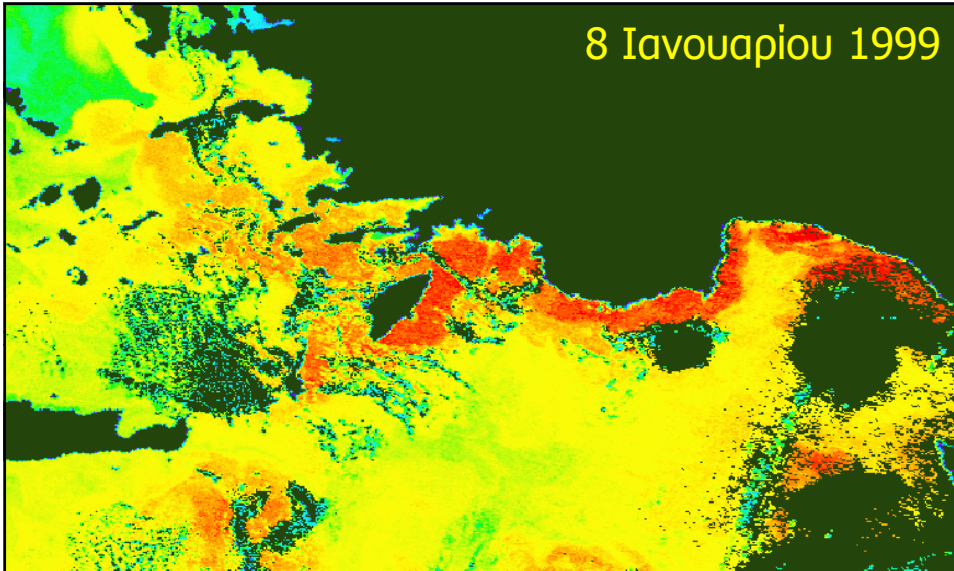
Από τα Δαρδανέλια εισέρχονται θερμοκρασίες 10 έως 11°C και βρίσκονται κυρίως στην περιοχή του Θρακικού Πελάγους έως Βόρεια της Λήμνου, παρατηρούνται οι ίδιες θερμοκρασίες και κοντά στις ακτές της Πιερίας.

8 Ιανουαρίου 1999

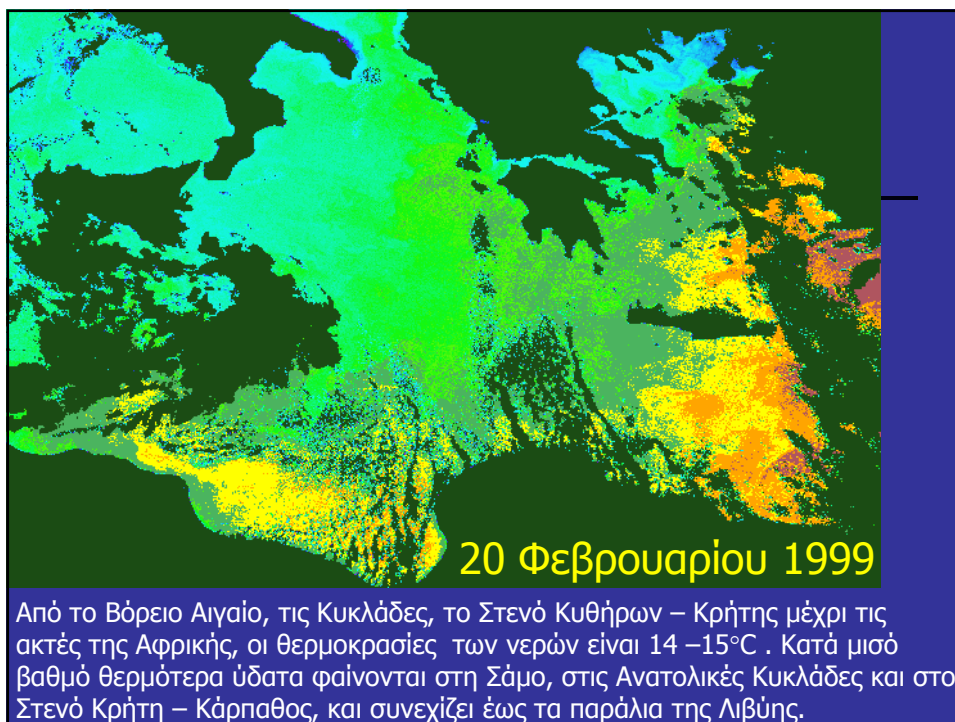
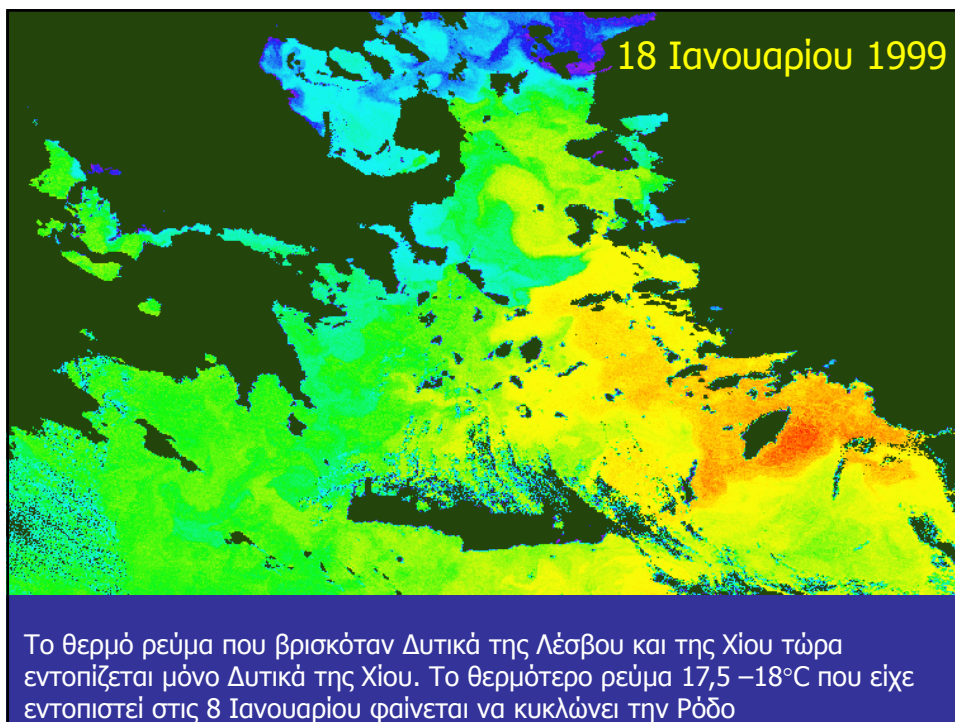


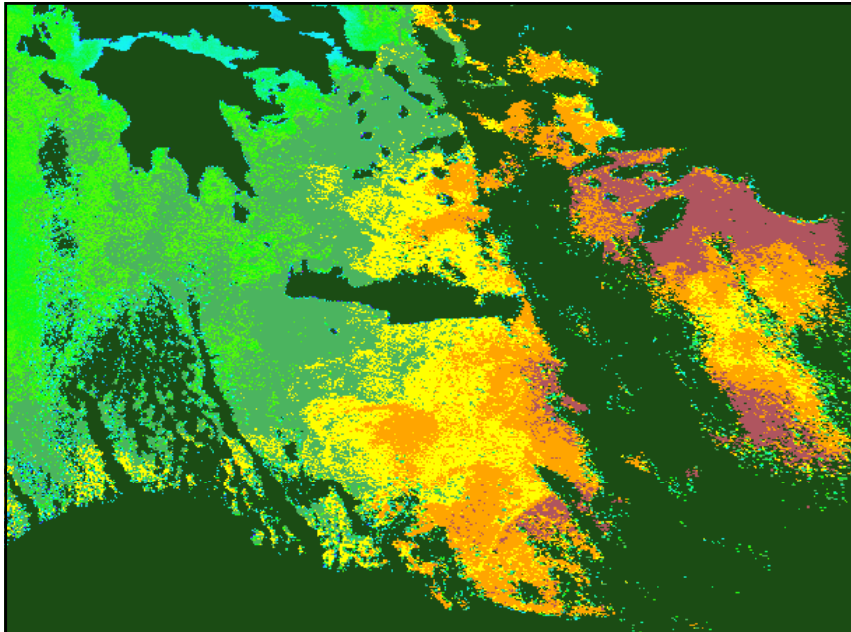
Θερμό ρεύμα 15,5 –16°C εμφανίζεται Δυτικά της Λέσβου και της Χίου

8 Ιανουαρίου 1999



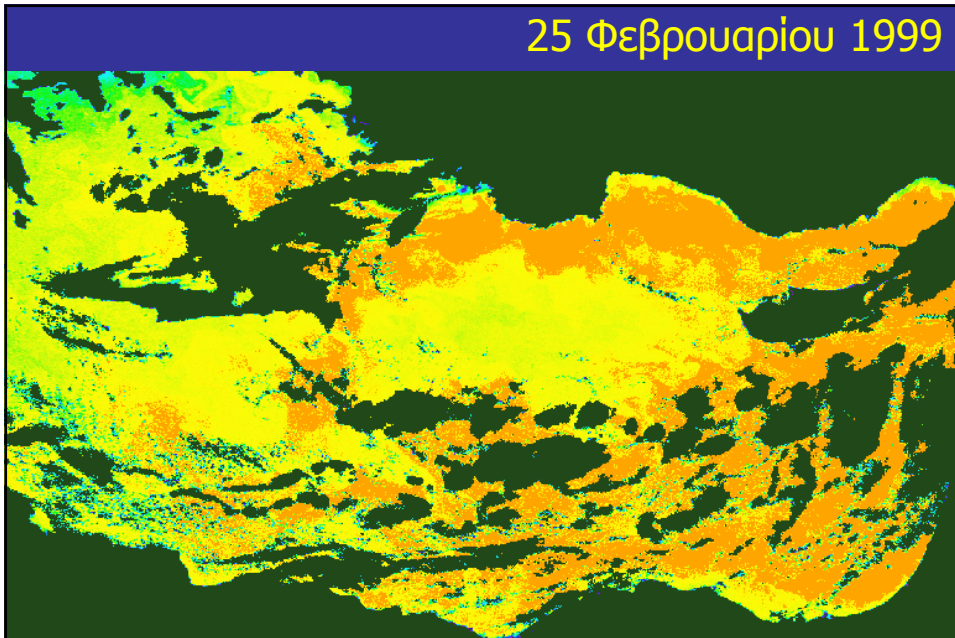
Οι θερμοκρασίες στα Δωδεκάνησα κυμαίνονται από 16,5 – 17,5°C ανάμεσα στα στενά Κω και Ρόδο φτάνουν 18°C. Ανατολικά της Ρόδου και στα παράλια της Τουρκίας παρατηρείται και το θερμότερο ρεύμα. 18-18.5





20 Φεβρουαρίου 1999

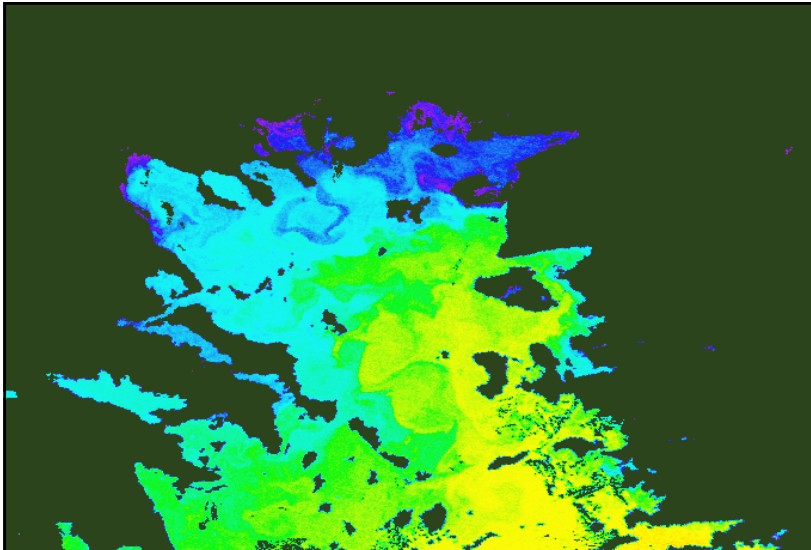
Η Ρόδος συνεχίζει να περικλείεται από θερμά ύδατα αλλά έχουν μειωθεί κατά ένα βαθμό δηλαδή $16,5^{\circ}\text{C} - 17,5^{\circ}\text{C}$



25 Φεβρουαρίου 1999

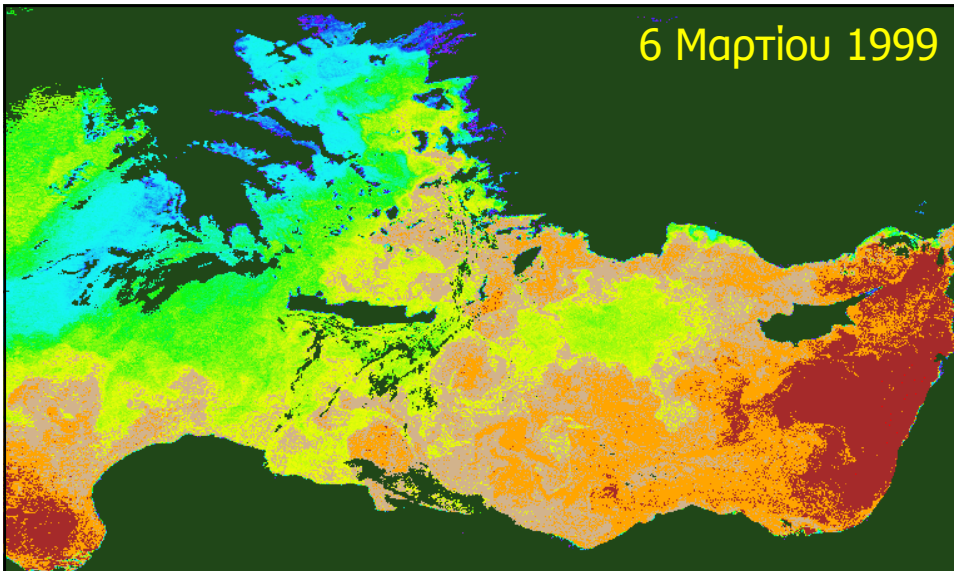
Ανατολικά της Κρήτης και Δυτικά της Κύπρου εντοπίζονται ψυχρά επιφανειακά νερά $14 - 15^{\circ}\text{C}$ ενώ στη θάλασσα της Λεβαντίνης επικρατεί $15,5 - 16,5^{\circ}\text{C}$

2 Μαρτίου 1999

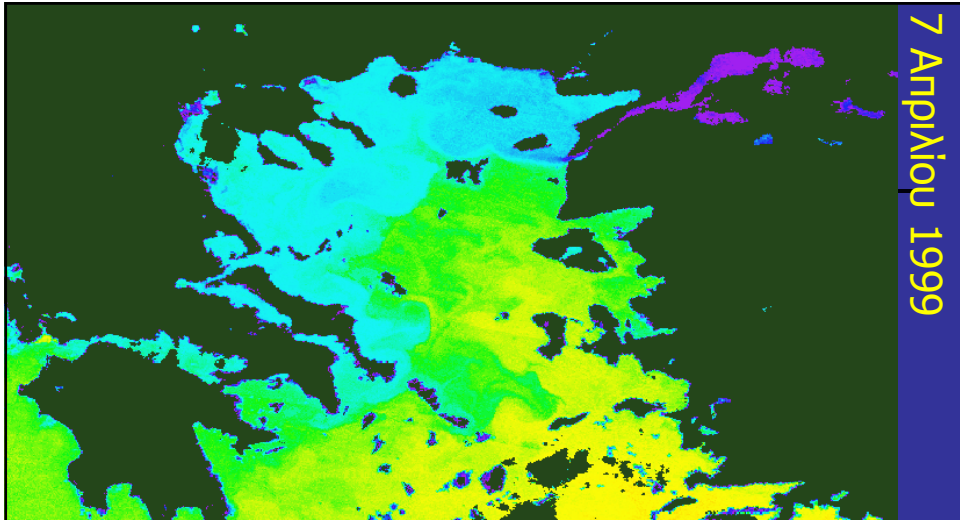


Οι θερμοκρασίες στο Θρακικό πέλαγος κυμαίνονται από 9,5°C - 10,5°C και φτάνουν στον κόλπο του Αγίου Όρους, επίσης εντοπίζεται ένα ιδιαίτερο ρεύμα των παραπάνω θερμοκρασιών ανοιχτά του κόλπου αυτού. Οι ίδιες χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται στα παράλια της Πιερίας, στο Θερμαϊκό, στο Βόρειο και Νότιο Ευβοϊκό κόλπο

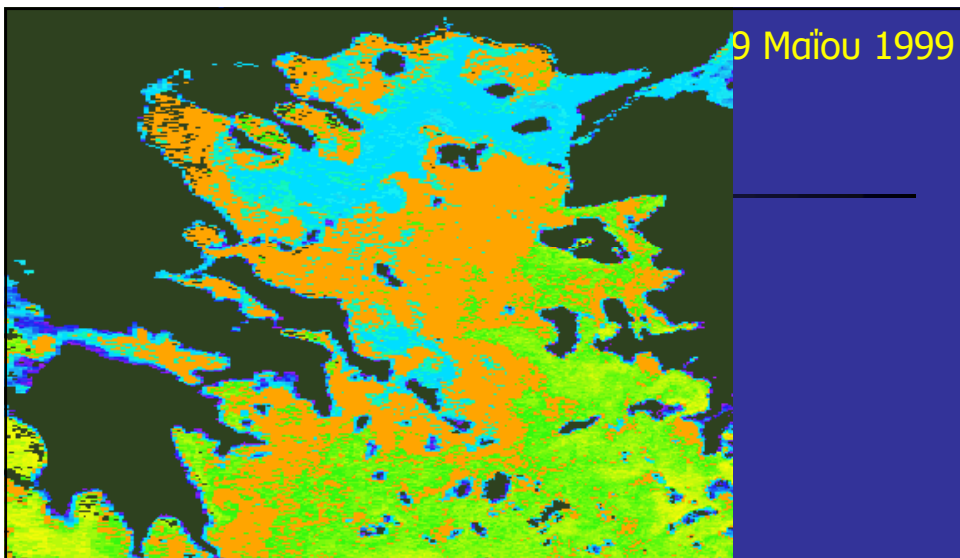
6 Μαρτίου 1999



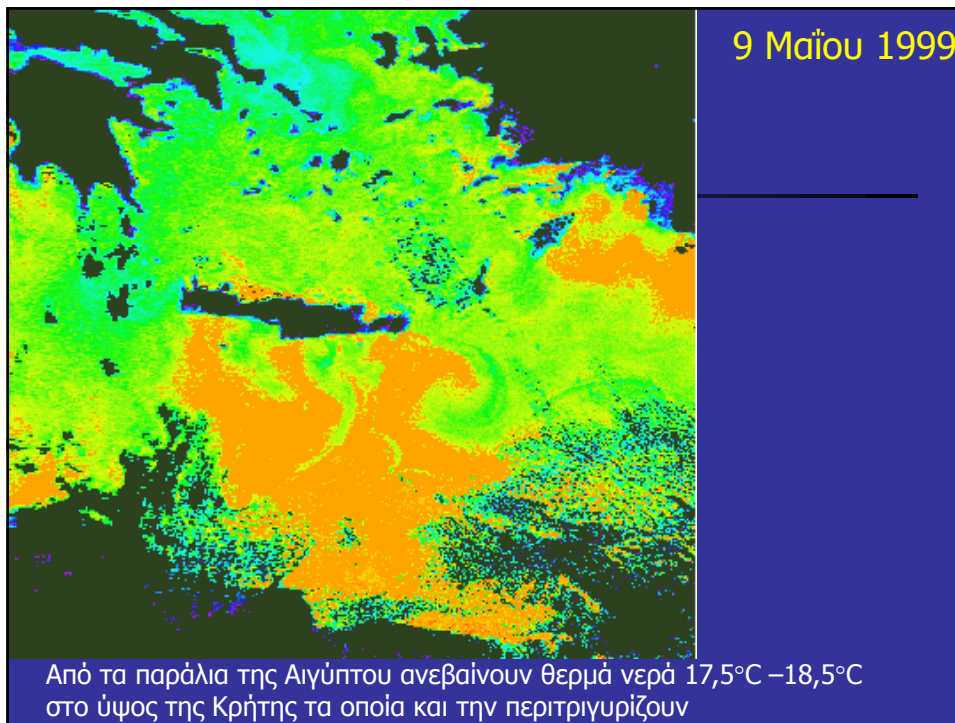
Θερμά ύδατα προερχόμενα από την Ερυθρά θάλασσα φαίνονται στα παράλια του Ισραήλ και Νοτιοανατολικά της Κύπρου θερμοκρασίες 16°C -17°C. Τα παράλια της Λεβαντίνης έχουν θερμοκρασία 15,5°C εκτός από την περιοχή Ανατολικά της Κρήτης και Δυτικά της Κύπρου.



Το ψυχρότερο ρεύμα καταλαμβάνει το χειμώνα το βόρειο και το δυτικό τμήμα του Βορείου Αιγαίου και αποτελείται από θερμοκρασίες 11 –14°C κινούμενο δυτικά εντοπίζεται και στον κόλπο Πεταλίων, ενώ στην υπόλοιπη περιοχή φτάνουν στους 15.5 °C



Από τα Δαρδανέλια οι θερμοκρασίες που εισέρχονται 13–14°C ακολουθούν μία νοητή γραμμή που ενώνει την Ίμβρο, την Βόρεια Λήμνο και τις Βόρειες Σποράδες. Για πρώτη φορά από τον Οκτώβριο στα παράλια της Θράκης, στον κόλπο Ορφανού και στον Θερμαϊκό τα νερά είναι θερμότερα από αυτά που εισχωρούν από τα Στενά 15°C –15,5°C .



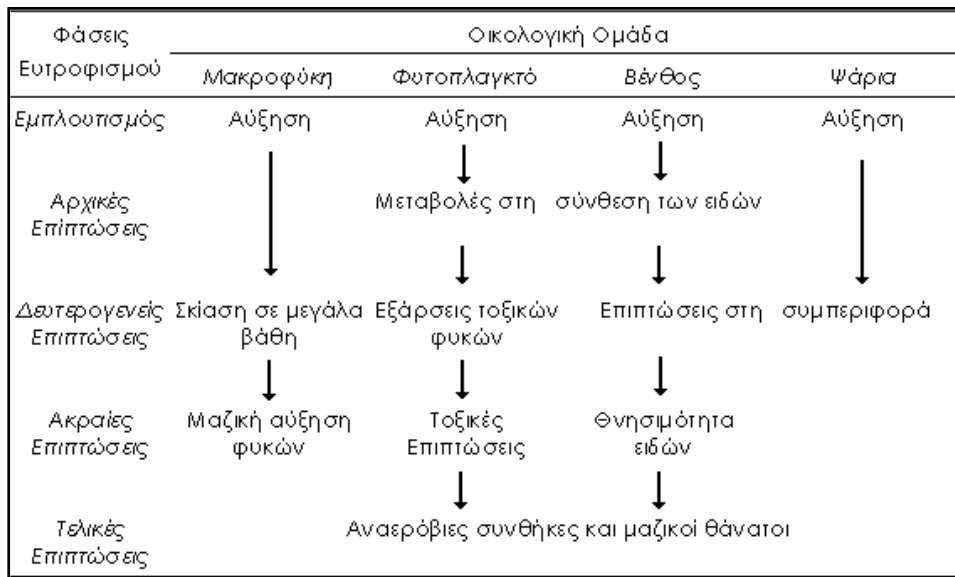
Δρ. Χατζηχριστόφας Φραντζής†



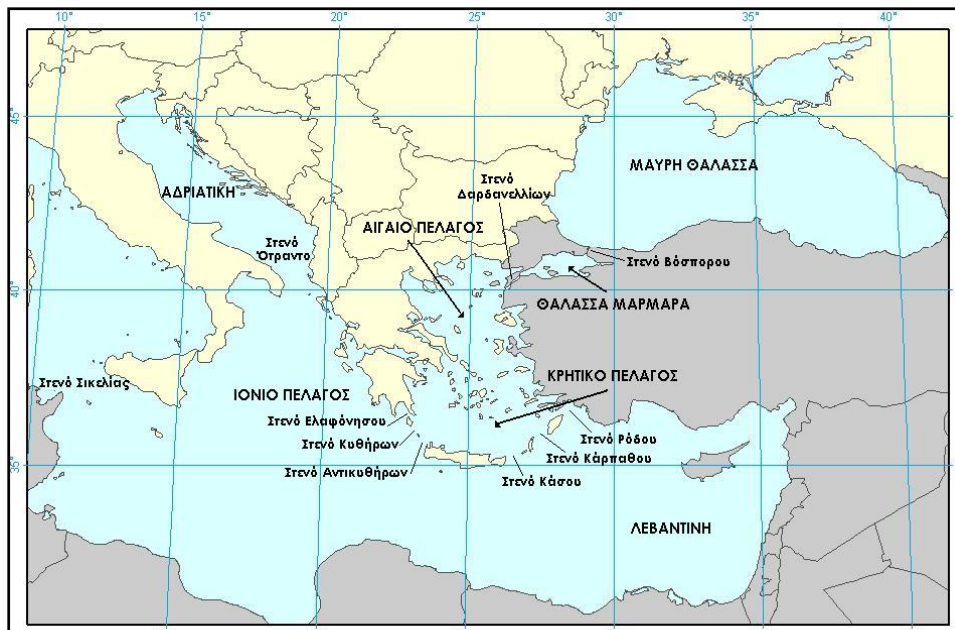
Χωρική Μελέτη Φυτοπλαγκτού και Ποιότητας Νερών στο Αιγαίο Πέλαγος με Χρήση Μεθόδων Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Επίβλεψη: Μ. Καρύδης Δρ. ΔΕΠ, καθ.

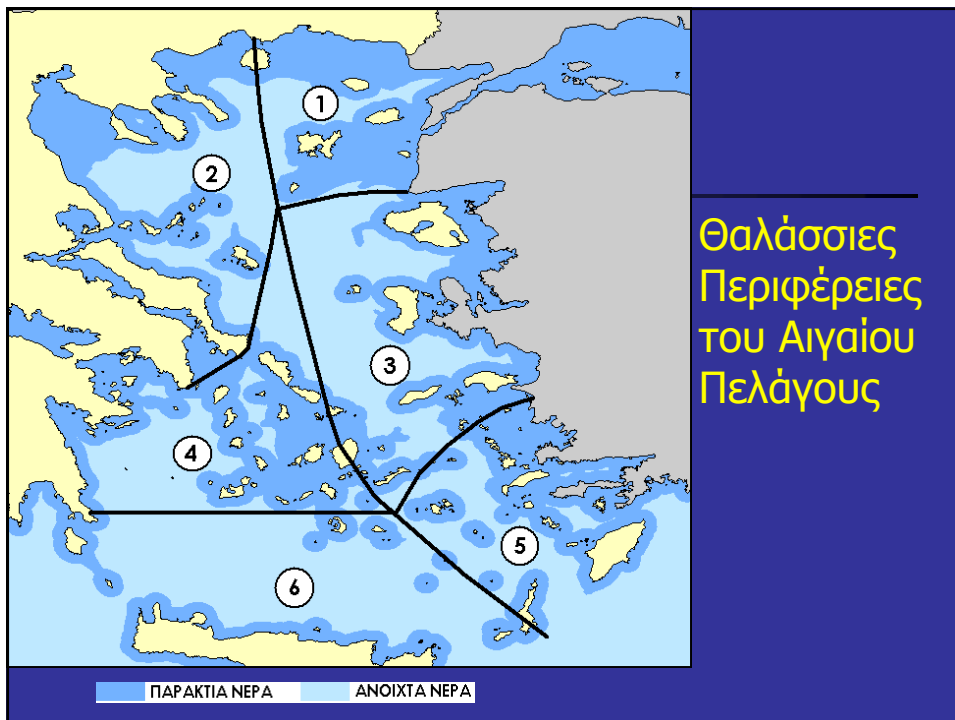
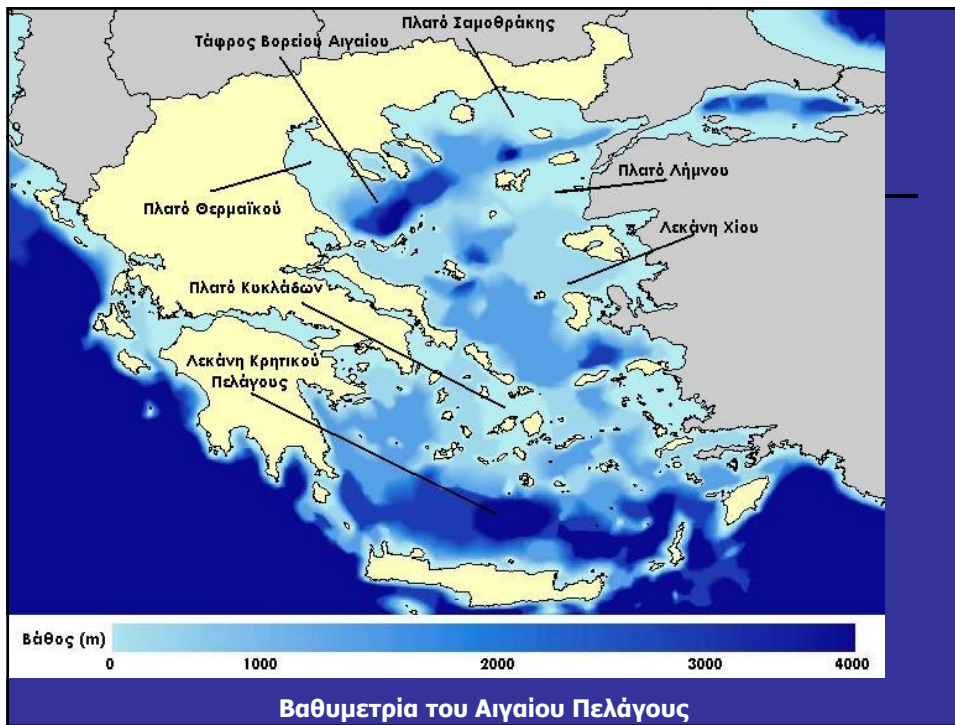
Ι. Ν. Χατζόπουλος Δρ. ΔΕΠ, καθ.



ΣΧΗΜΑ Α1.2.1 Γενικό Διάγραμμα Επιπτώσεων Θαλάσσιου Ευτροφισμού στους Οργανισμούς και το Οικοσύστημα (ΠΗΓΗ: *Gray, 1992*)



Χάρτης της Ανατολικής Μεσογείου



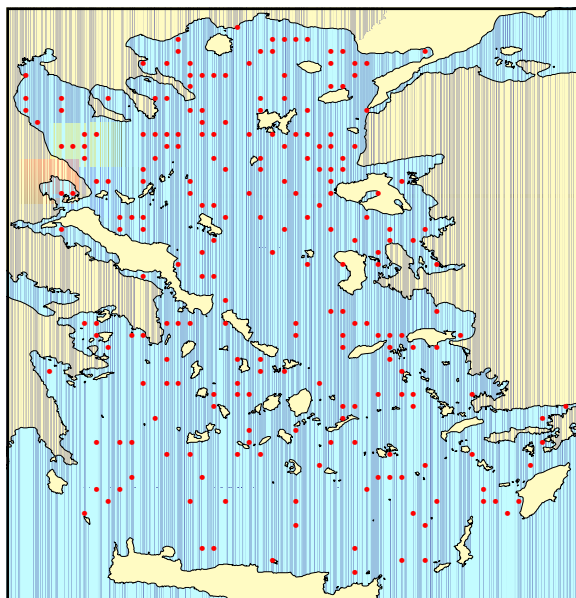
Στόχος του Πρώτου Δειγματοληπτικού Σχήματος

Επιλογή δικτύου δειγματοληπτικών σημείων

- δυνατότητα δημιουργίας αντιπροσωπευτικών βαριογραμμάτων,
 - εξέταση της χωρικής δομής των συγκεντρώσεων χρωστικών τύπου-χλωροφύλλης,
 - κατάλληλο για την εφαρμογή της μεθόδου παρεμβολής Kriging,
 - τη πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη γεωστατιστική μέθοδο παρεμβολής (*van Groenigen, 2000*),
 - να δώσει εκτιμήσεις σε μη δειγματοληπτούμενα σημεία με την ελάχιστη διασπορά σφάλματος (error variance) (*Lark, 2000*).

Χρήσεις δειγματοληπτικού σχήματος

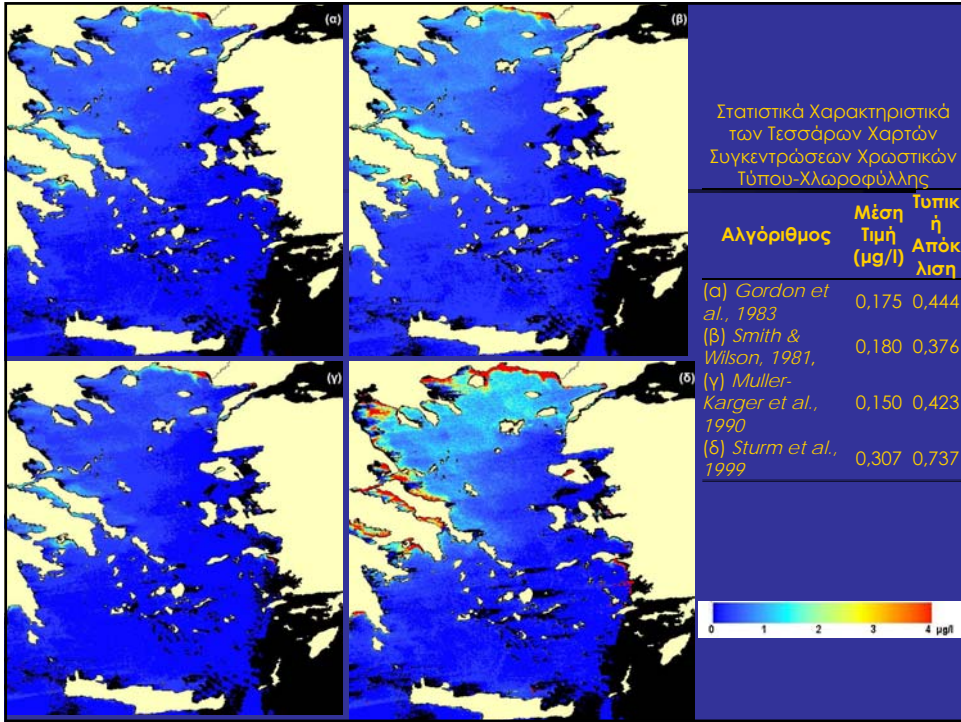
- δημιουργία χαρτών συγκεντρώσεων χρωστικών χρησιμοποιώντας δεδομένα πεδίου,
- η εκτίμηση συγκεντρώσεων σε σημεία μιας δορυφορικής εικόνας όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα εξαιτίας της νεφοκάλυψης ή αστοχίας του τηλεπισκοπικού δέκτη κ.α.
- Στη συγκεκριμένη εργασία, το δειγματοληπτικό σχήμα θα χρησιμοποιηθεί μόνο για την εξέταση της χωρικής δομής των συγκεντρώσεων χρωστικών, χρησιμοποιώντας δείγμα από τις εικόνες χρωστικών που παρουσιάζονται σε επόμενη ενότητα.

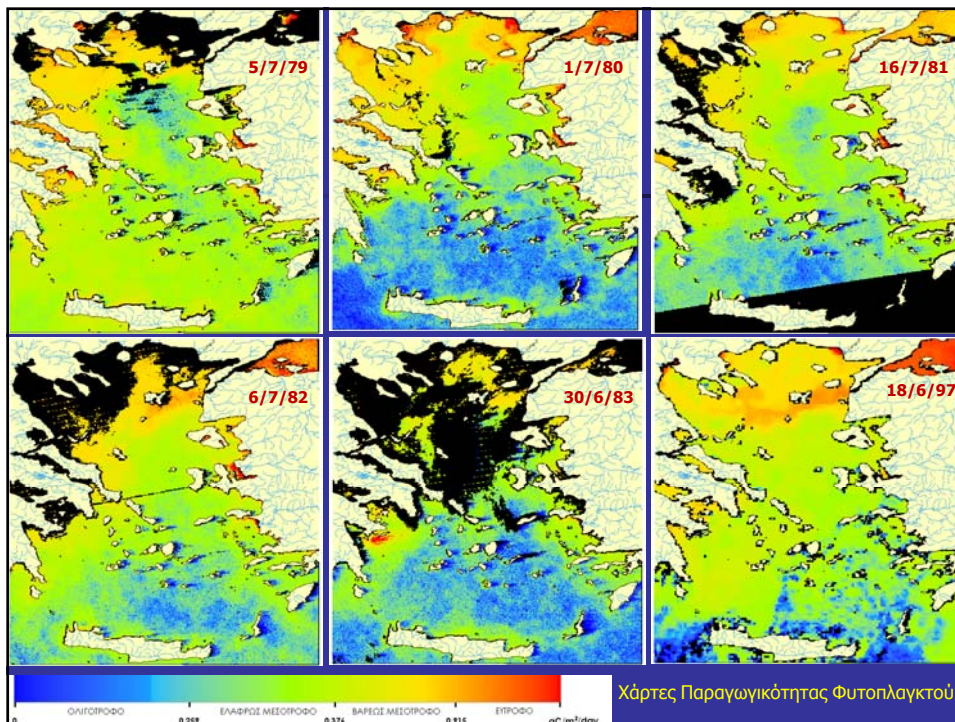
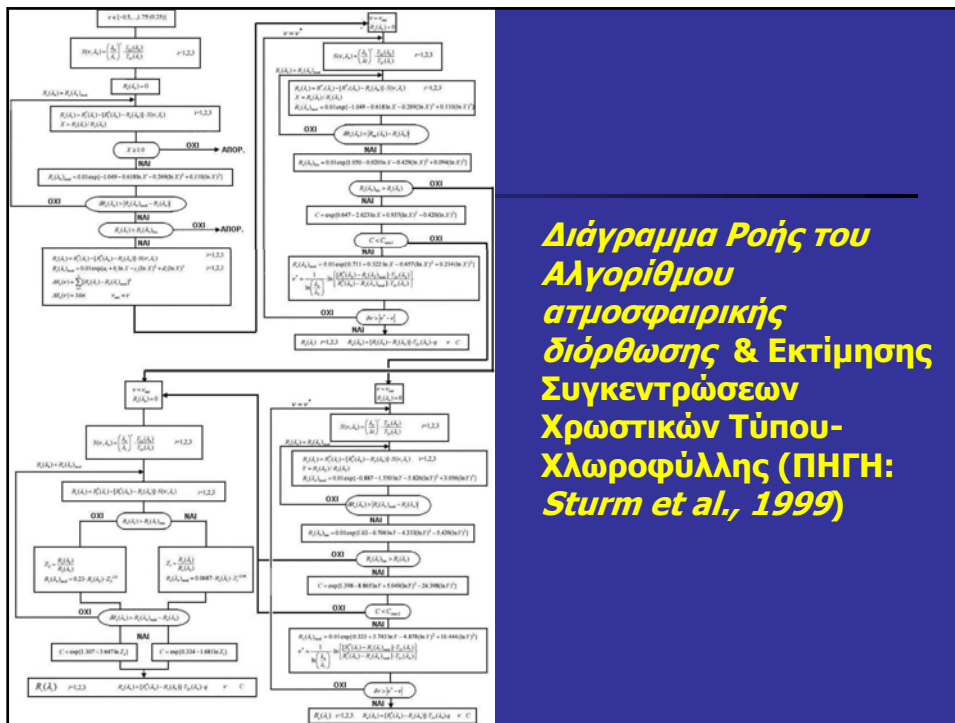


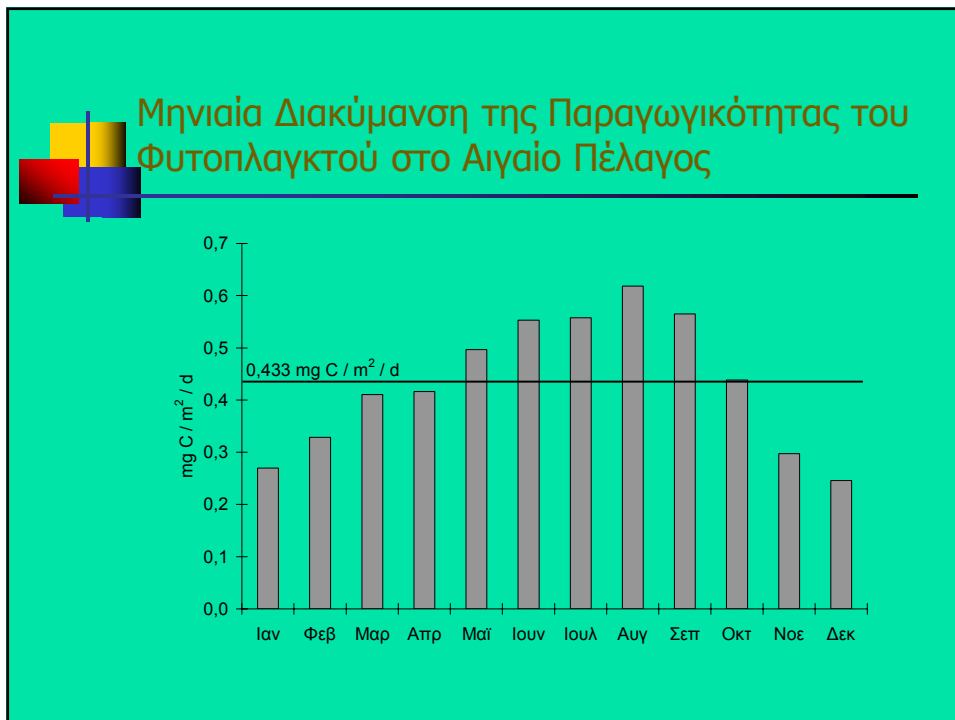
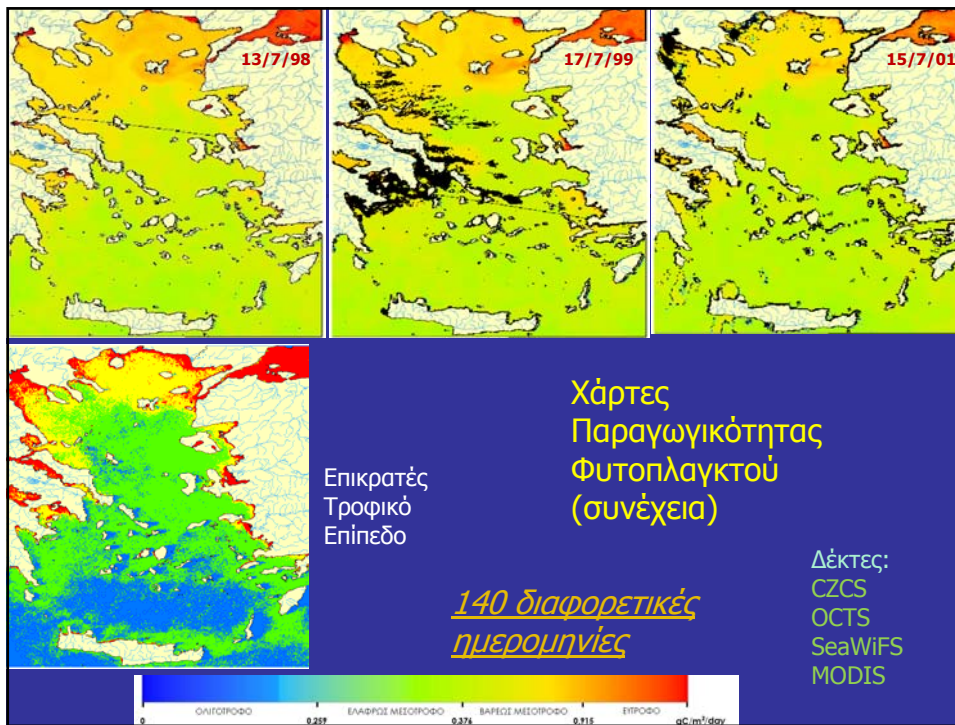
Μέγεθος Τελικού Δείγματος Ανά Περιφέρεια

Περιφέρεια	Μέγεθος Δείγματος
Βορειοανατολική	37
Βορειοδυτική	64
Ανατολική	51
Δυτική	34
Νοτιοανατολική	23
Νοτιοδυτική	19
Σύνολο	228

Τελικό Δειγματοληπτικό Σχήμα – Σταθμοί
Δειγματοληψίας





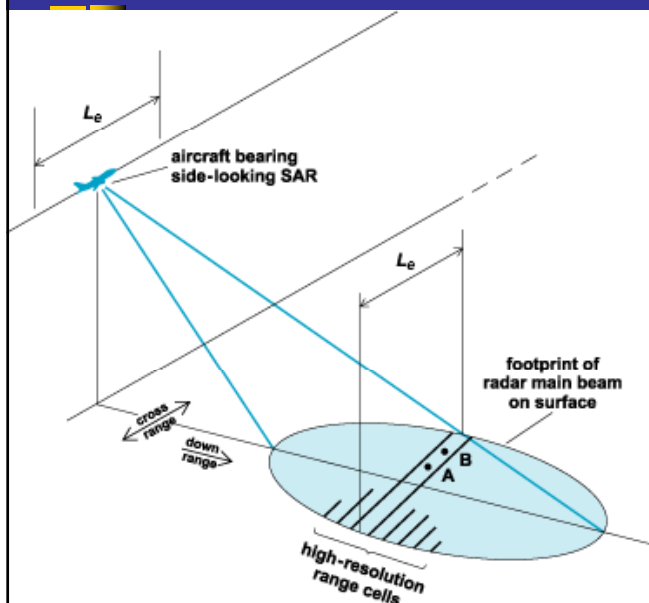


Ανίχνευση πετρελαιοκηλίδων με εικόνες Ραντάρ συνθετικού ανοίγματος SAR



- Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος
- Τοπουζέλης Κώστας Δρ., JRC

SAR



$L_e = D$ = Συνθετικό μήκος κεραίας
 S = απόσταση (range)
 λ = μήκος κύματος
 τ = διάρκεια παλμού
 c = ταχύτητα φωτός

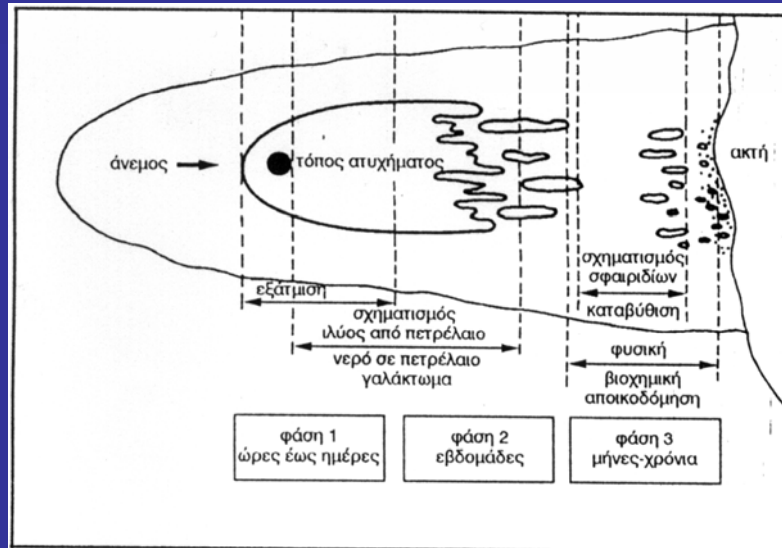
Δ.Ι. κατά αζιμούθιο

$$R_a = \frac{0,7\lambda S}{D}$$

Δ.Ι. κατά απόσταση

$$R_{sr} = \frac{\tau c}{2}$$

Συμπεριφορά της πετρελαιοκηλίδας στο θαλάσσιο χώρο



Ανίχνευση πετρελαιοκηλίδας

- Πετρελαιοκηλίδα σημαντικής έκτασης διαφοροποιεί σημαντικά τον κυματισμό
- Ανίχνευση σαν σκούρος τόνος
- Ταχύτητα ανέμου
 - 0 m/s → δεν υπάρχει ανίχνευση
 - 3 m/s → ιδανική ανίχνευση
 - 3 – 10 m/s → ανίχνευση με θόρυβο
 - > 10 m/s → μόνο σε πολύ μεγάλη έκταση

Satellites carrying SAR instruments focusing in ocean observation

Satellite (sensor)	Operative	Owner	Band
SEASAT	1978 – 1978	NASA	L
ALMAZ	1991 – 1992	RSA	S
ERS-1	1991 – 1996	ESA	C
ERS-2	1995 – operating	ESA	C
RADARSAT-1	1995 – operating	CSA	C
RADARSAR-2	2007– operating	CSA	C
ENVISAT (ASAR)	2002 – operating	ESA	C
ALOS (PALSAR)	2006 – operating	JAXA	L
TerraSAR-X	2007 – operating	DLR	X
Cosmos Skymed-1/2	2007 – operating	ASI	X

ASI – Italian Space Agency, DLR - German Aerospace Centre,
 ESA – European Space agency, JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency,
 CSA – Canada Space agency RSA – Russian Space agency
 NASA – National Aeronautics and Space Administration (USA).

K. Topouzelis Sensors 2008, 8, 6642-6659; DOI: 10.3390/s8106642

Examples of satellite modes (adapted from Brekke and Solberg)

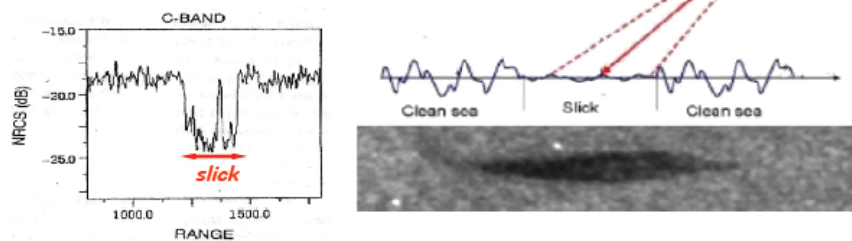
SAR sensor	Mode	Resolution (m)	Pixel Spacing (m)	Swath width (Km)	Incidence angle (°)
ERS-2	PRI	30 x 26.3	12.5 x 12.5	100	20 - 26
ENVISAT	IM	30 x 30	12.5 x 12.5	100	15 - 45
RADARSAT-1	SCN	50 x 50	25 x 25	300	20 - 46
RADARSAT-1	SCW	100 x 100	50 x 50	450 – 500	20 - 49
ENVISAT	WSM	150 x 150	75 x 75	400	16 - 44

PRI – Precision Image Mode,
 IM – Image Mode,
 SCN – ScanSar Narrow,
 SCW - ScanSar Wide,
 WSM - Wide Swath Mode

K. Topouzelis Sensors 2008, 8, 6642-6659; DOI: 10.3390/s8106642

2. Oil spill SAR imaging principle

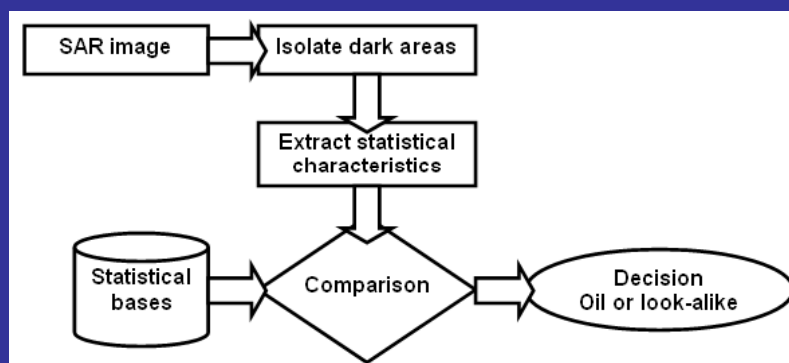
- Oil spill detection by means of SAR images is possible because of the damping effect of the short wind waves caused by the presence of oil on the sea surface.
- Oil slicks dampen the Bragg waves on the ocean surface & reduce the radar backscattering. This results in dark patches in SAR images.
- An oil spill is physically a low backscatter area and appears as a dark area in SAR images.



Ji Yangqun, First Institute of Oceanography, SOA Qingdao, CHINA, 2009-04-06

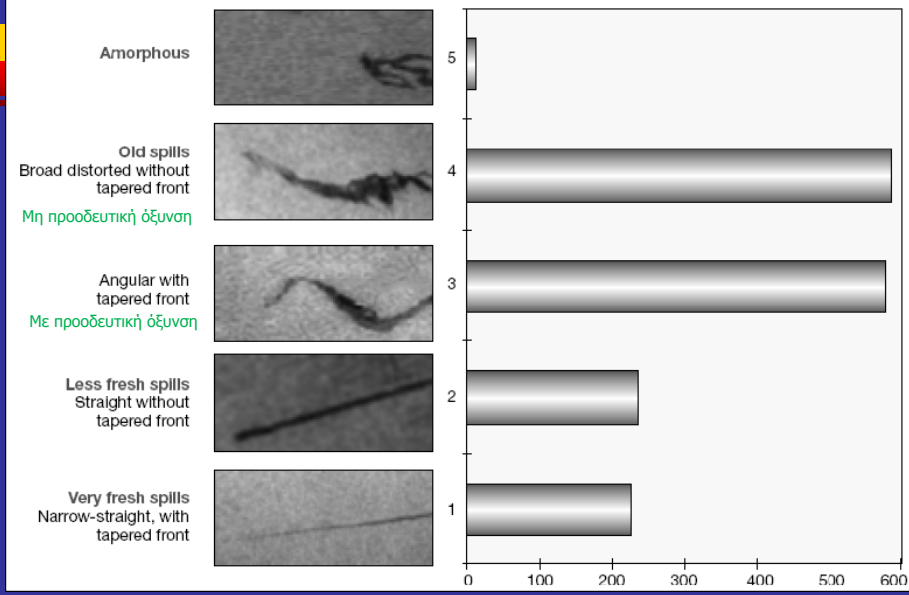
Αλγόριθμοι αναγνώρισης

- Μετεωρολογικά δεδομένα
- Σχήμα και μέγεθος, εξέλιξη σχήματος
- Περιοχή σχηματισμού (Ναυάγιο, σταθμός, πέλαγος,...)
- Πόλωση παλμού



K. Topouzelis Sensors 2008, 8, 6642-6659; DOI: 10.3390/s8106642

Classification of 1638 detected oil spills in terms of their shapes (adapted from Pavlakis *et al*)



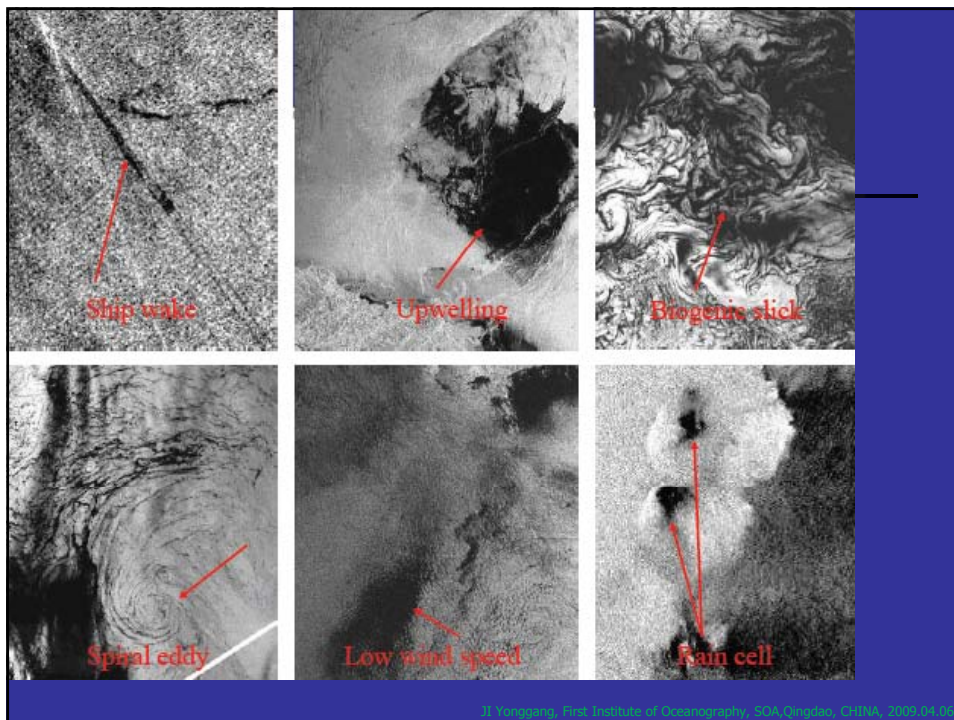
K. Topouzelis Sensors 2008, 8, 6642-6659; DOI: 10.3390/s8106642



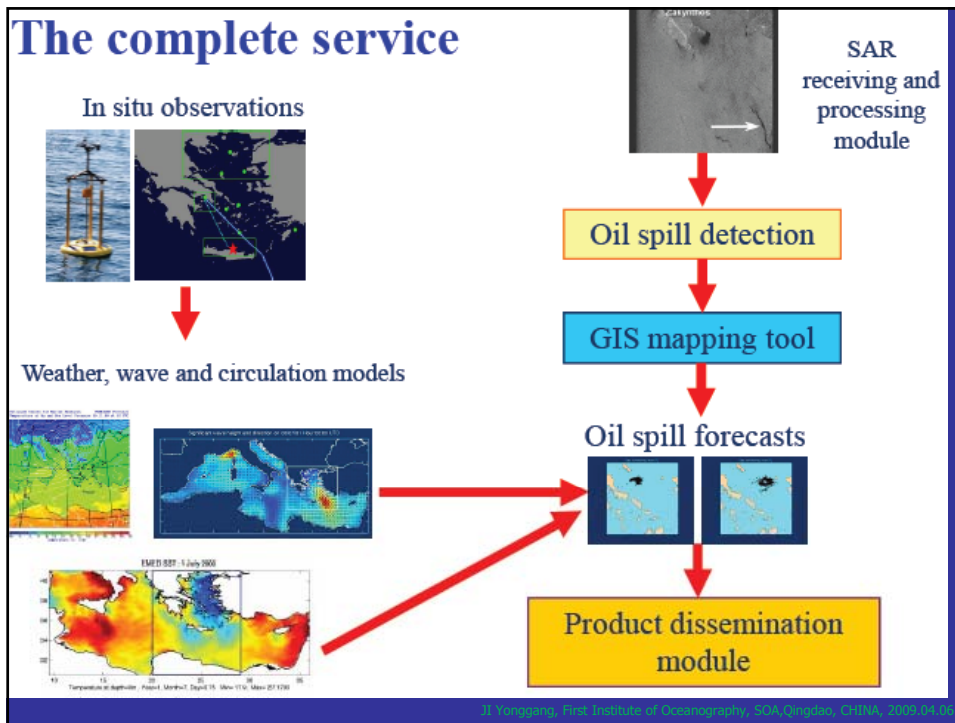
Ψηφίδες με σκούρο τόνο μπορεί επίσης να είναι [Espedal 1998]:

- Φυσικό φιλμ,
- Λιπαρός πάγος (grease ice),
- Περιοχή με ταχύτητα ανέμου $< 3\text{m/s}$
- Περιοχή που απανεμίζεται από τη ξηρά
- Κυψέλες με βροχή
- Ζώνες πολύ ομαλού κυματισμού (shear zones)
- Εσωτερικοί κυματισμοί
- Διαρροή πετρελαίου από φυσικές πηγές

Anne Schistad Solberg, Department of informatics, University of Oslo, Norway

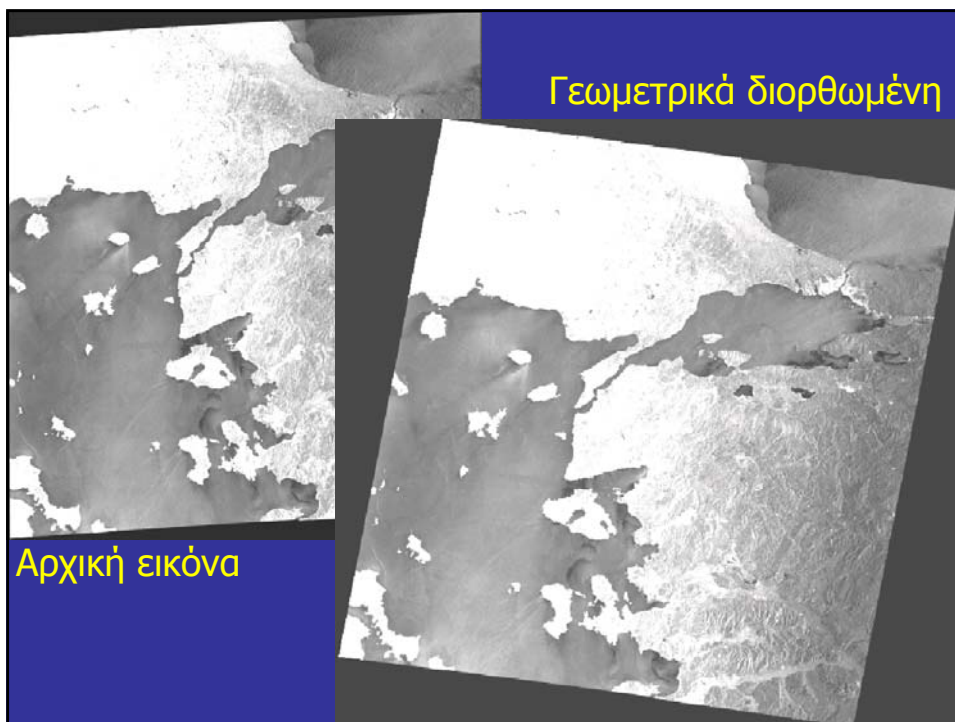
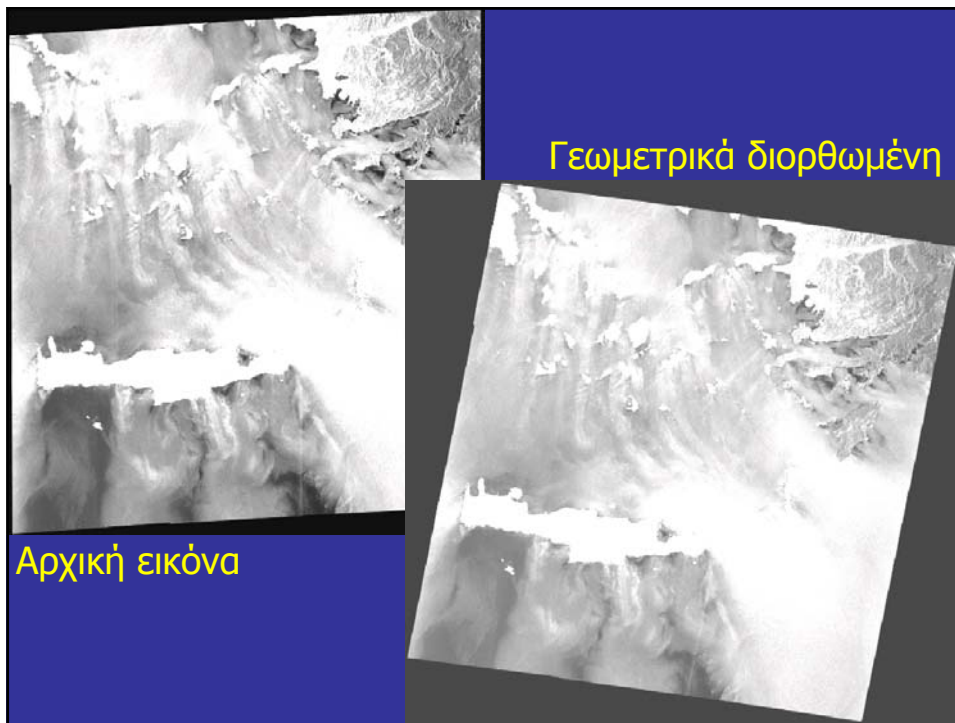


Ji Yangqiang, First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, CHINA, 2009-04-06





- ## Επεξεργασία
1. Γεωμετρική διόρθωση
 2. Μείωση θορύβου (φιλτράρισμα)
 3. Ανάλυση υψής
 4. Ραδιομετρική διόρθωση
 5. Διόρθωση γωνίας πρόσπτωσης (ξηρά)
 6. Διαστρωμάτωση πυκνότητας (segmentation)



Διαστρωμάτωση πυκνότητας



■ 2-επικαλύψεις:

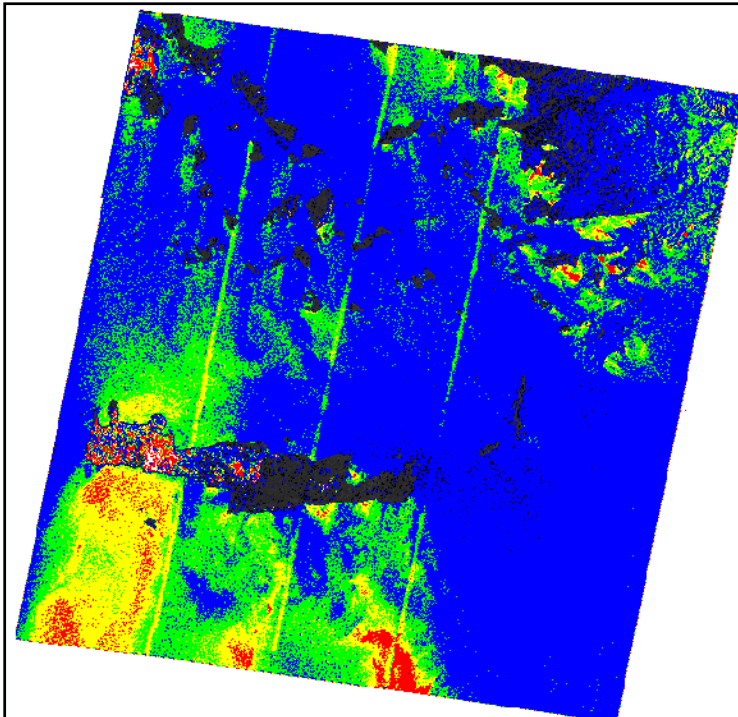
- (α) ανάλυση υφής (top layer)
- (β) Ραδιομετρική διόρθωση (background)

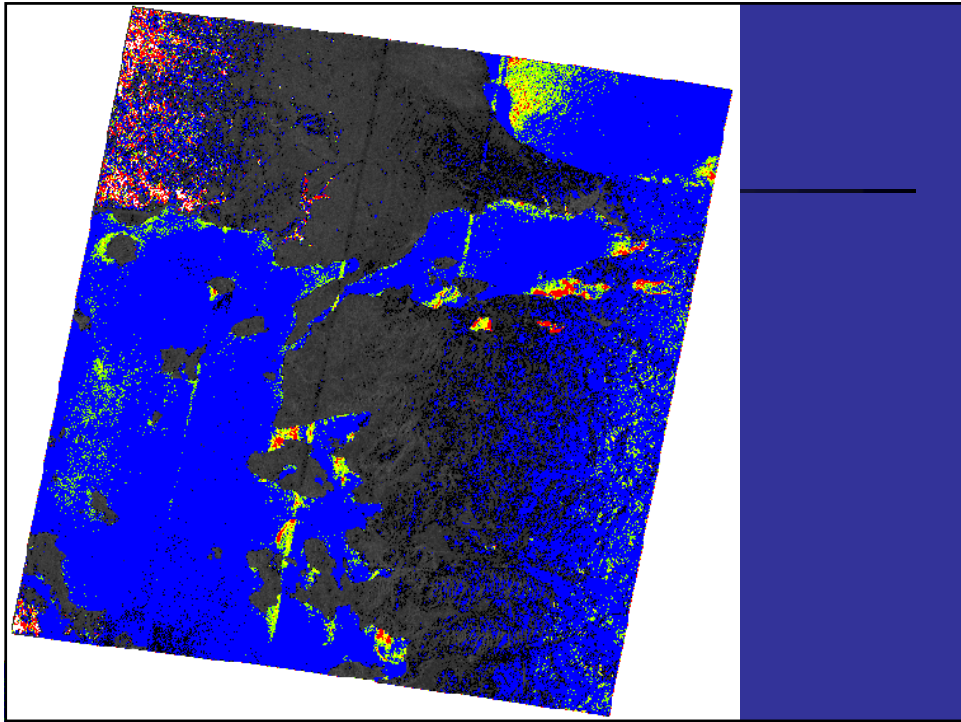
Κόκκινο χρώμα → κέντρο πιθανής πετρελαιοκηλίδας

Κίτρινο → πρώτο επίπεδο μετά το κέντρο

Πράσινο → ελάχιστο πετρέλαιο

Μπλε → καθαρή θάλασσα

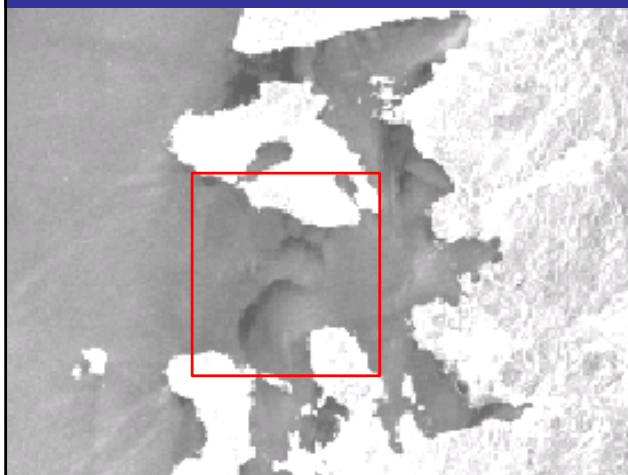




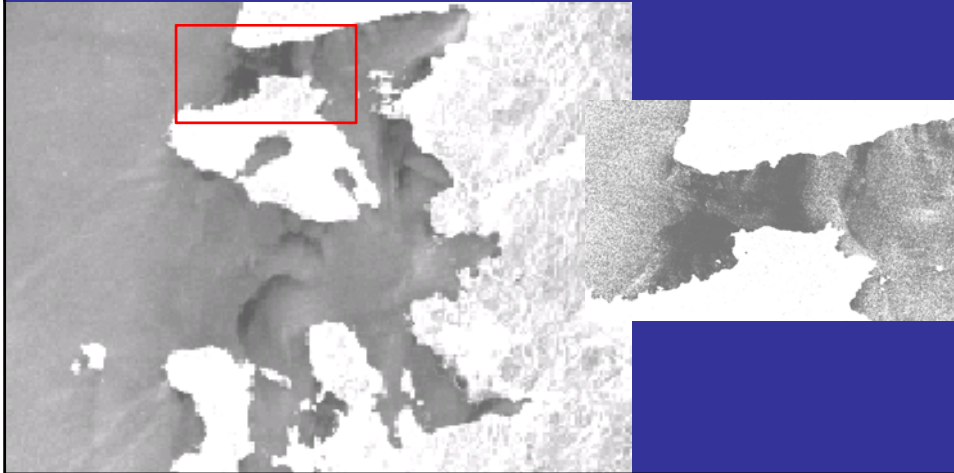
Αποτελέσματα από το τρέξιμο του αλγόριθμου



2 σχηματισμοί που δεν ενώνονται → Χωριστοί σχηματισμοί
 Ταχύτητα ανέμου 5-6 m/s → δεν ακολουθούν κατεύθυνση του ανέμου
 Ανάλυση υψής → πετρελαιοκηλίδες
 Θαλάσσια ρεύματα → ταιριάζουν στο σχήμα και προσανατολισμό
 Μεγάλη πιθανότητα να είναι πετρελαιοκηλίδες → συναγερμός



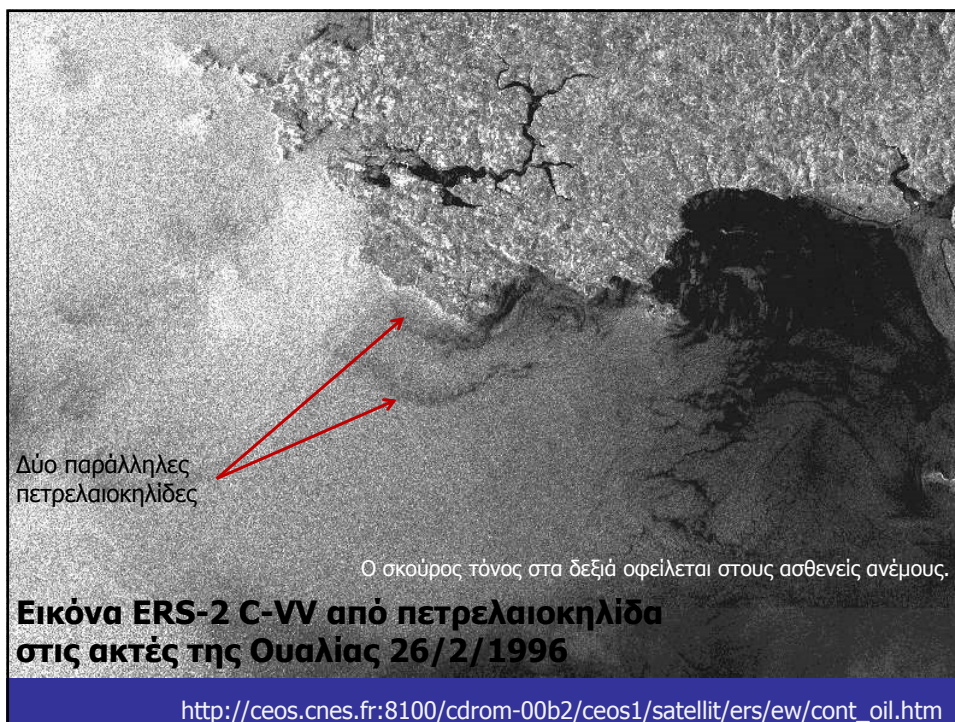
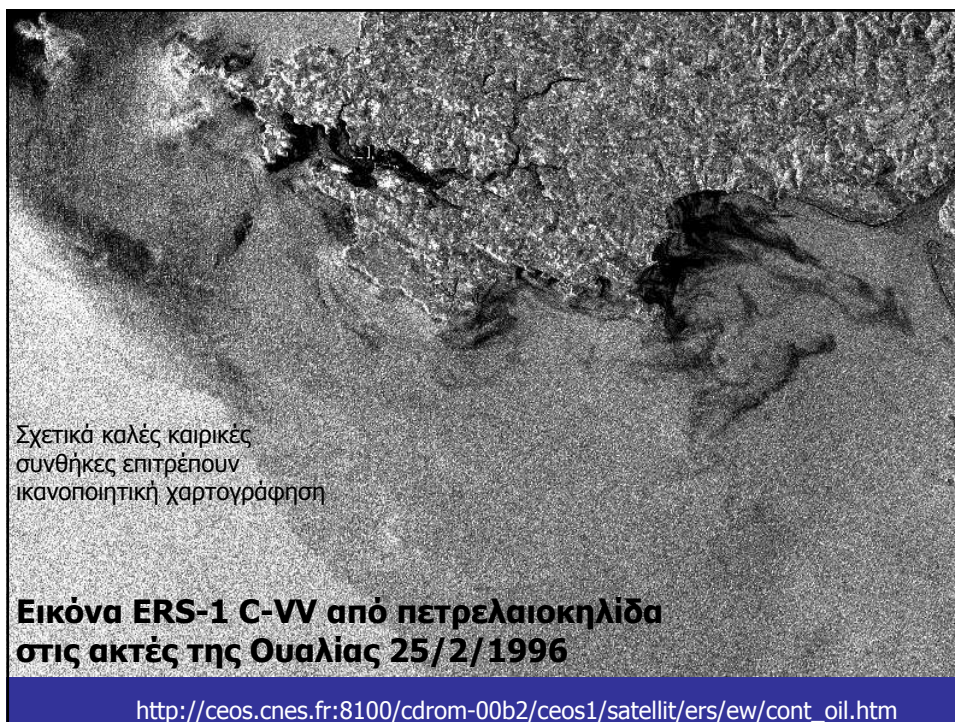
2 σχηματισμοί που ενώνονται → Χωριστοί σχηματισμοί λόγω ανέμων
Ταχύτητα ανέμου 5-6 m/s → αυξημένη πιθανότητα λάθους
Ανάλυση υφής → δυσανάλογα μεγάλο πυρήνα (όχι Π/Κ)
Θαλάσσια ρεύματα → είναι σε απάνεμη περιοχή (όχι Π/Κ)
Ελάχιστη πιθανότητα να είναι πετρελαιοκηλίδες → τέλος



Ιδανικές καιρικές
συνθήκες επιτρέπουν
λεπτομερή χαρτογράφηση

**Εικόνα Radarsat C-HH από πετρελαιοκηλίδα
στις ακτές της Ουαλίας 22/2/1996**

http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom-00b2/ceos1/satellit/ers/ew/cont_oil.htm





Παλαιά & Υφιστάμενα Δορυφορικά συστήματα

- Coastal Zone Color Scanner (CZCS, 1978–1986)
 - quantitative estimations of geophysical variables such as chlorophyll *a* and *diffuse attenuation coefficient could be derived from top of the atmosphere radiances*
- Ocean Color and Temperature Sensor (OCTS, Japan, 1996–1997)
- Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS, United States, 1997-present),



Δορυφορικά συστήματα (συνέχεια)

- Two Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers (MODIS, United States)
 - Terra/2000-present and
 - Aqua/2002-present
- Global Imager (GLI, Japan, 2002–2003)
- Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS, European Space Agency, 2002-present)

Χαρακτηριστικά του MODIS



- **Orbit:** 705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular
- **Scan Rate:** 20.3 rpm, cross track
- **Swath Dimensions:** 2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)
- **Telescope:** 17.78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop
- **Data Rate:** 10.6 Mbps (peak daytime); 6.1 Mbps (orbital average)
- **Quantization:** 12 bits
- **Spatial Resolution:** 250 m (bands 1-2)
500 m (bands 3-7)
1000 m (bands 8-36)
- **Design Life:** 6 years

Κανάλια του MODIS

Primary Use	Band	Bandwidth	Spectral Radiance	Required SNR
Land/Cloud/Aerosols Boundaries	1	620 - 670	21.8	128
	2	841 - 876	24.7	201
Land/Cloud/Aerosols Properties	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29.0	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1652	7.3	275
	7	2105 - 2155	1.0	110
Ocean Color/Phytoplankton/Biogeochemistry	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21.0	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
	16	862 - 877	6.2	516
Atmospheric Water Vapor	17	890 - 920	10.0	167
	18	931 - 941	3.6	57
	19	915 - 965	15.0	250

Primary Use	Band	Bandwidth	Spectral Radiance	Required NE[delta]T(K)
Surface/Cloud Temperature	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
Atmospheric Temperature	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
Cirrus Clouds Water Vapor	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25
Cloud Properties	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Surface/Cloud Temperature	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Cloud Top Altitude	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

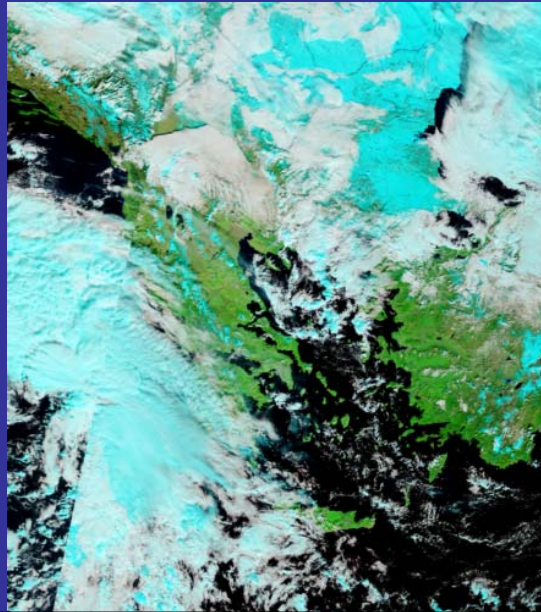
NASA/GSFC, MODIS Rapid Response

http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03



MODIS
Terra

Κανάλια
1, 3, 4
21-1-10



Εικόνες MODIS
από τη NASA

Δωρεάν σε ημερήσια
βάση σε σχεδόν
πραγματικό χρόνο

Pixel size:
2km | 1km |
500m | 250m

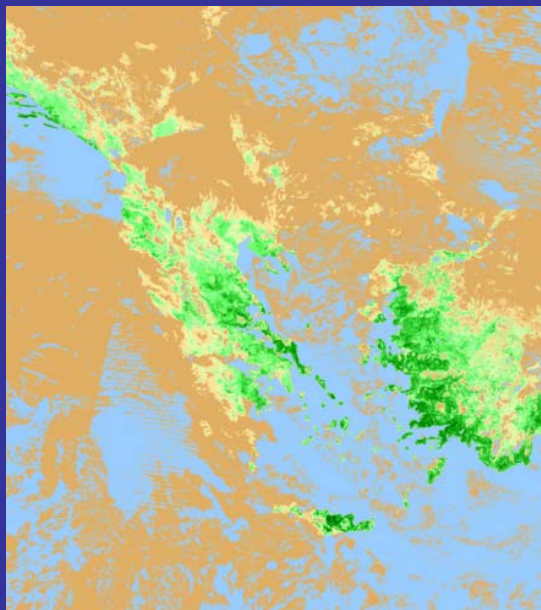
NASA/GSFC, MODIS Rapid Response

http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03



MODIS
Terra

NDVI
21-1-2010



Εικόνες MODIS
από τη NASA

Δωρεάν σε ημερήσια
βάση σε σχεδόν
πραγματικό χρόνο

Pixel size:
2km | 1km |
500m | 250m

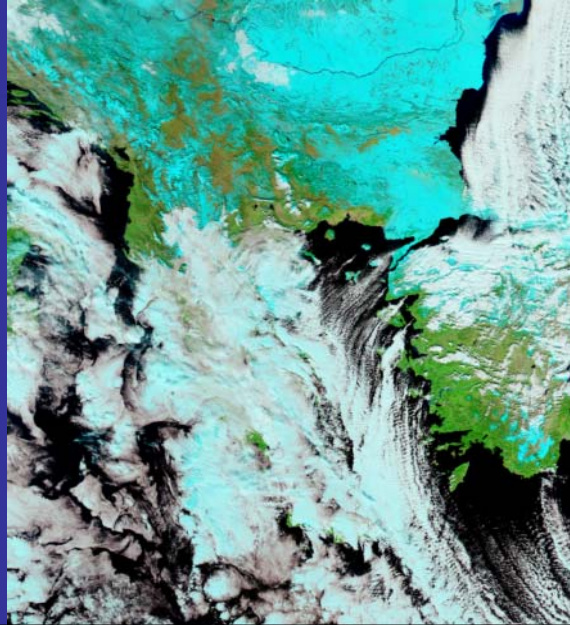
NASA/GSFC, MODIS Rapid Response

http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03



MODIS Aqua

Κανάλια
1, 3, 4
25-1-10



Εικόνες MODIS
από τη NASA

Δωρεάν σε ημερήσια
βάση σε σχεδόν
πραγματικό χρόνο

Pixel size:
2km | 1km |
500m | 250m

Προϊόντα από MODIS / SeaWiFS



• Βαθμονόμηση (όρα επίσης:

<http://www.mcst.ssai.biz/mcstweb/index.html>)

- MOD 01 - Level-1A Radiance Counts
- MOD 02 - Level-1B Calibrated Geolocated Radiances
- MOD 03 - Geolocation Data Set

Ατμόσφαιρα

(βλέπε: <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/>)

- MOD 04 - Aerosol Product
- MOD 05 - Total Precipitable Water (Water Vapor)
- MOD 06 - Cloud Product
- MOD 07 - Atmospheric Profiles
- MOD 08 - Gridded Atmospheric Product
- MOD 35 - Cloud Mask

Ξηρά

(βλέπε: <http://edcdaac.usgs.gov/dataproducts.asp>
και <http://modis-land.gsfc.nasa.gov/>)

- MOD 09 - Surface Reflectance
- MOD 11 - Land Surface Temperature & Emissivity
- MOD 12 - Land Cover/Land Cover Change
- MOD 13 - Gridded Vegetation Indices (Max NDVI & Integrated MVI)
- MOD 14 - Thermal Anomalies, Fires & Biomass Burning
- MOD 15 - Leaf Area Index & FPAR
- MOD 16 - Evapotranspiration
- MOD 17 - Net Photosynthesis and Primary Productivity
- MOD 43 - Surface Reflectance
- MOD 44 - Vegetation Cover Conversion



Κρυόσφαιρα (Πάγος)

(βλέπε:

<http://nsidc.org/daac/modis/index.html>)

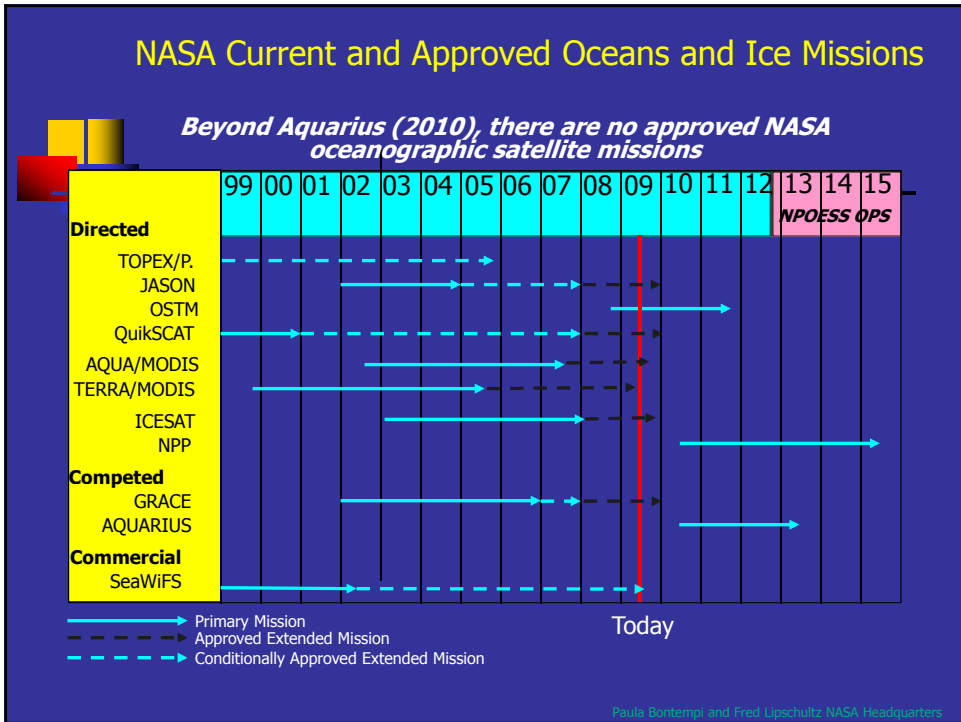
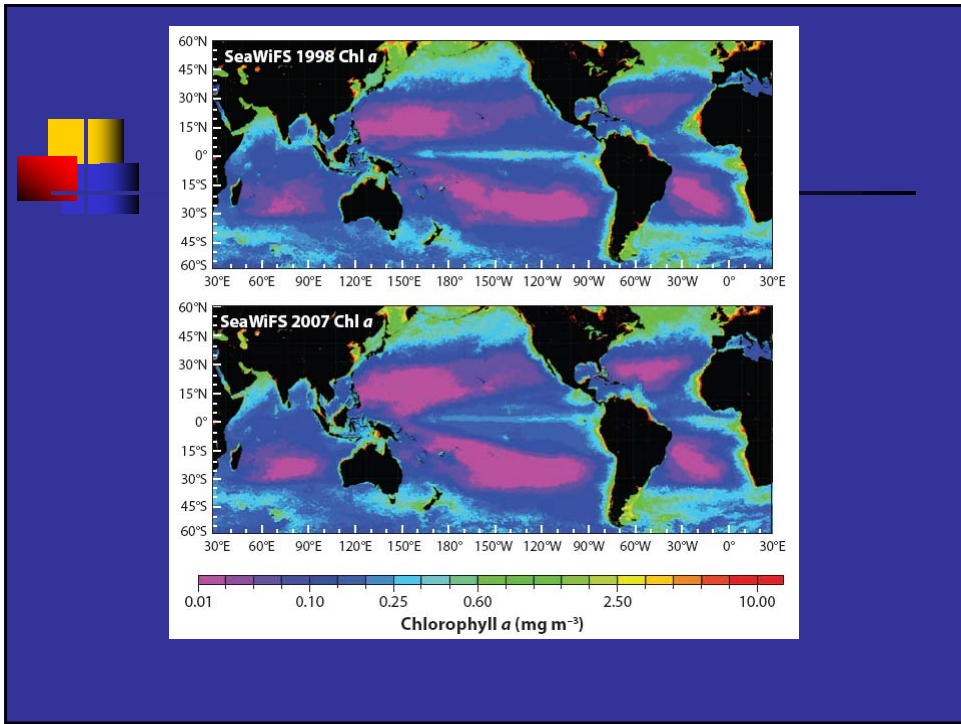
- MOD 10 - Snow Cover
- MOD 29 - Sea Ice Cover



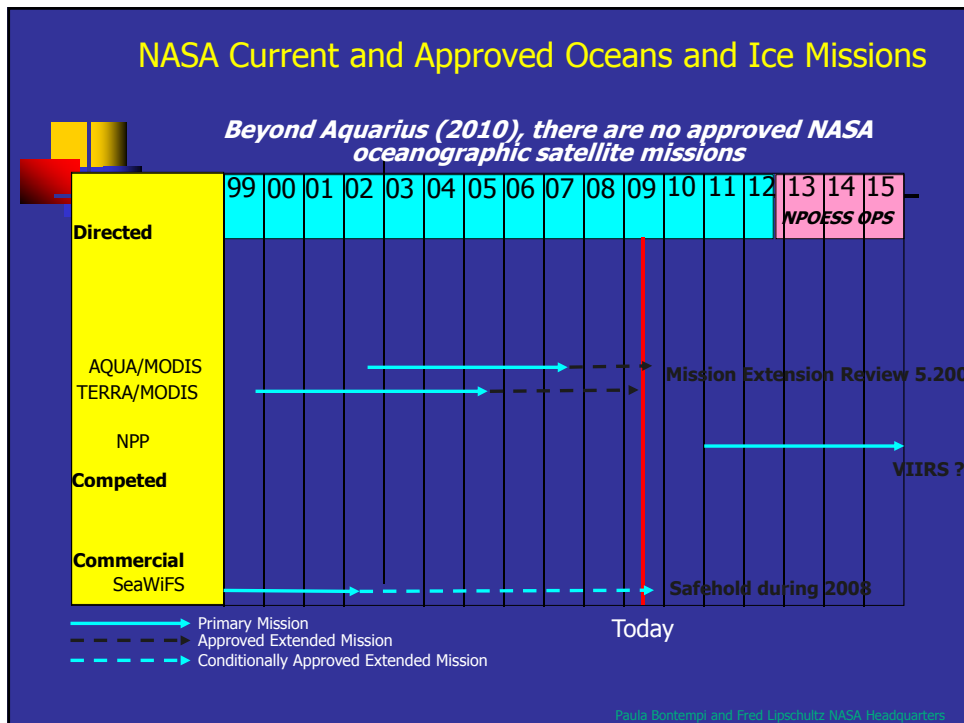
Ωκεανογραφία

(Details about ocean products are best obtained by going to:
<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)

- MOD 18 - Normalized Water-leaving Radiance
- MOD 19 - Pigment Concentration
- MOD 20 - Chlorophyll Fluorescence
- MOD 21 - Chlorophyll_a Pigment Concentration
- MOD 22 - Photosynthetically Available Radiation (PAR)
- MOD 23 - Suspended-Solids Concentration
- MOD 24 - Organic Matter Concentration
- MOD 25 - Coccolith Concentration
- MOD 26 - Ocean Water Attenuation Coefficient
- MOD 27 - Ocean Primary Productivity
- MOD 28 - Sea Surface Temperature
- MOD 36 - Total Absorption Coefficient
- MOD 37 - Ocean Aerosol Properties
- MOD 39 - Clear Water Epsilon



NASA Current and Approved Oceans and Ice Missions



PREPUBLICATION COPY—SUBJECT TO FURTHER EDITORIAL CORRECTION
ES-9

TABLE ES.2 Launch, orbit, and instrument specifications for the recommended NASA missions. Shade colors denote mission cost categories as estimated by the NRC ESAS committee. Pink, green, and blue shadings represent large (\$600 million to \$900), medium (\$300 million to \$600 million), and small (<\$300 million) missions, respectively. Missions are listed in order of ascending cost within each launch timeframe. Detailed descriptions of the missions are given in Part II, and Part III provides the foundation for selection.

Decadal Survey Mission	Mission Description	Orbit	Instruments	Rough Cost Estimate
Timeframe 2010 – 2013, Missions listed by cost				
CLARREO (NASA portion)	Solar and Earth radiation, spectrally resolved forcing and response of the climate system	LEO, Precessing	Absolute, spectrally-resolved interferometer	\$200 M
SMAP	Soil moisture and freeze/thaw for weather and water cycle processes	LEO, SSO	L-band radar L-band radiometer	\$300 M
ICESat-II	Ice sheet height changes for climate change diagnosis	LEO, Non-SSO	Laser altimeter	\$300 M
DESDynI	Surface and ice sheet deformation for understanding natural hazards and climate; vegetation structure for ecosystem health	LEO, SSO	L-band InSAR Laser altimeter	\$700 M

Paula Bontempi and Fred Lipschultz NASA Headquarters

Timeframe: 2013 – 2016, Missions listed by cost				
HypIRI	Land surface composition for agriculture and mineral characterization; vegetation types for ecosystem health	LEO, SSO	Hyperspectral spectrometer	\$300 M
ASCENDS	Day/night, all-latitude, all-season CO ₂ column integrals for climate emissions	LEO, SSO	Multifrequency laser	\$400 M
SWOT	Ocean, lake, and river water levels for ocean and inland water dynamics	LEO, SSO	Ka-band wide swath radar C-band radar	\$450 M
GEO-CAPE	Atmospheric gas columns for air quality forecasts; ocean color for coastal ecosystem health and climate emissions	GEO	High and low spatial resolution hyperspectral imagers	\$550 M
ACE	Aerosol and cloud profiles for climate and water cycle; ocean color for open ocean biogeochemistry	LEO, SSO	Backscatter lidar Multiangle polarimeter Doppler radar	\$800 M
Timeframe: 2016 -2020, Missions listed by cost				
LIST	Land surface topography for landslide hazards and water runoff	LEO, SSO	Laser altimeter	\$300 M
PATH	High frequency, all-weather temperature and humidity soundings for weather forecasting and SST ^a	GEO	MW array spectrometer	\$450 M
GRACE-II	High temporal resolution gravity fields for tracking large-scale water movement	LEO, SSO	Microwave or laser ranging system	\$450 M
SCLP	Snow accumulation for fresh water availability	LEO, SSO	Ku and X-band radars K and Ka-band radiometers	\$500 M
GACM	Ozone and related gases for intercontinental air quality and stratospheric ozone layer prediction	LEO, SSO	UV spectrometer IR spectrometer Microwave limb sounder	\$600 M
3D-Winds (Demo)	Tropospheric winds for weather forecasting and pollution transport	LEO, SSO	Doppler lidar	\$650 M

^a Cloud-independent, high temporal resolution, lower accuracy SST to complement, not replace, global operational high accuracy SST measurement.

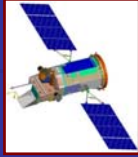
Paula Bontempi and Fred Lipschultz NASA Headquarters



Missions in Formulation and Implementation



OCO
2/23/2009
Atmos CO₂



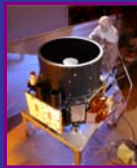
GLORY
1/2010
Aerosols,
Solar Irrad



AQUARIUS
5/2010
Ocean Salinity



NPP
~1-6/2011
EOS Continuity



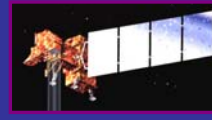
ICESat-II
2014-2015
Ice Topog



SMAP
2013
Soil Moist+Freeze/Thaw



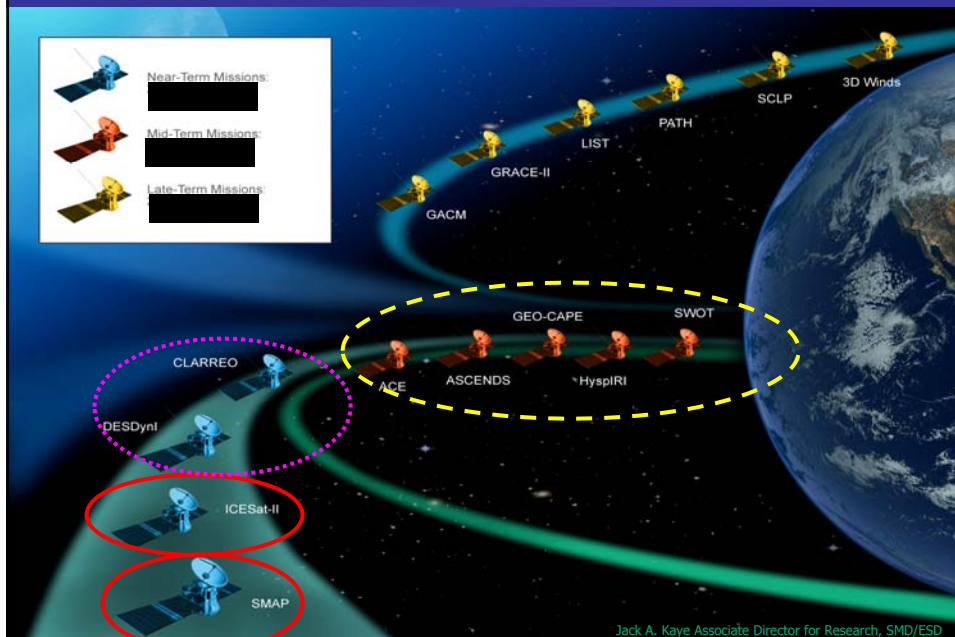
GPM
7/2013, 11/2014
Global Precip



LDCM
12/2012
Land Imaging

Jack A. Kaye Associate Director for Research, SMD/ESD

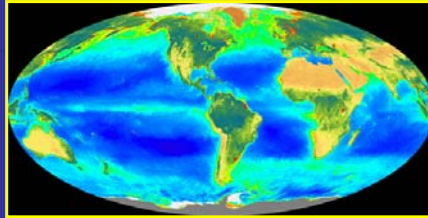
Decadal Survey Missions Next Generation



Jack A. Kaye Associate Director for Research, SMD/ESD

Advance Plan:

Earth's Living Ocean: The Unseen World



NASA Ocean Biology and Biogeochemistry Program

Team from April 2005: Michael Behrenfeld, Heidi Dierssen, Paul DiGiacomo, Steve Lohrenz, Chuck McClain, Frank Muller-Karger, Dave Siegel, (Paula Coble)
 May 2006-October 2006: Posted for Public Comment
 Reviewers: Tony Freeman, Norm Nelson, Jim Yoder
 March 2007: Briefed to NRC OSB
 April 2007: Negotiations with NRC for review (OSB and SSB)
 September 2007: Comments incorporated
 April 2008: Briefed to NRC SSB
 April 2008: Letter drafted for NASA SMAC review
 December 2008: plan to have joint SSB/OSB (NASA-NOAA) sponsored review
 April 2009: Statement of Task for OSB, SSB finalized (NASA, NOAA, NSF, ONR)

Paula Bontempi and Fred Lipschultz NASA Headquarters

NASA's Ocean Biology and Biogeochemistry Research

NASA CVO: IOPs, AOPs, Protocols, Instrumentation, RRs

New Measurements/ DS Missions/Venture Class/Suborbital

Time Series, Vicarious Cal, Data Product Val, Field Campaigns (HOT, BATS, BOUSSOLE, VT)

International Partnerships: Unrestricted data availability/use; Sharing of *in situ* Cal/Val data; Ship time; Models

Ocean/Coastal Processes from Space & MAP

NACP/OCCC/IMBER/SOLAS OCB

Carbon Cycle, Ecosystems Research

Paula Bontempi and Fred Lipschultz NASA Headquarters

NASA OB&B Research

- **NOPP 2009** (up to \$2.5M/yr with NSF and ONR) on Sensors for Marine Ecosystems topic out December 2008, 51 proposals received, decisions July/Aug 2009
- **ROSES 2009** - <http://ospirce.nasa.gov/> - Release Date 13 February 2009, Amended 3 April 2009
 - Ocean Biology and Biogeochemistry and Cryospheric Sciences (~\$3.0 M/yr) up to 4 yrs
 - Beaufort and Chukchi Seas:
 - Field work; Data Synthesis, Assimilation, and Modeling; Productivity
 - Interdisciplinary Science (five topics) up to 3 yrs
 - Landscapes to Coasts
- **ROSES 2010?**
 - Ocean Biology and Biogeochemistry: Synthesis Studies; Field campaign concepts; IPCC; Decadal Survey
 - EOS Reconnect
 - NPP Science Team
 - Carbon Cycle Science – ocean acidification (NRC study)
 - Accelerating Operational Use of Research Data (with Tsdengdar Lee, HEC)

Paula Bontempi and Fred Lipschultz NASA Headquarters

Challenges for NASA

- Global understanding of climate
- Role of ocean biology and chemistry (color) in climate and Earth system science
- Continuity of EOS observations / missions
 - International data access/science team membership
- Timing of new observations given future desires for cap and trade
- Tie in with NSF, NOAA Climate Service
- Tie in with IGBP, US GEO, IPCC (via OCB?)

Paula Bontempi and Fred Lipschultz NASA Headquarters