

Παράκτια Υδραυλική & Τεχνολογία

Παράκτια Ζώνη και Παράκτια Συστήματα

Δρ. Γιώργος Συλαίος
Ωκεανογράφος – Επ. Καθηγητής ΤΜΠ-ΔΠΘ

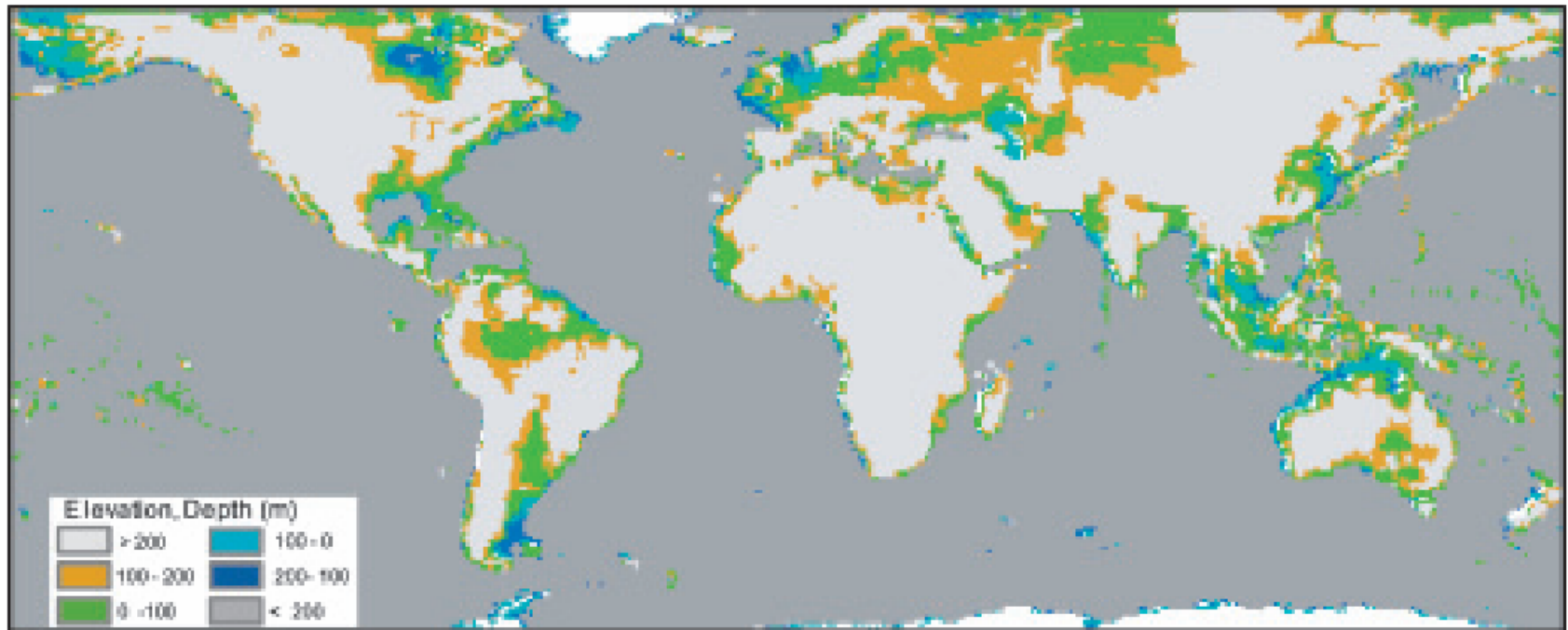
1. Παράκτια Ζώνη & Παράκτια Συστήματα: Ορισμοί, Χαρακτηριστικά, ιδιαιτερότητες
2. Προβλήματα περιβαλλοντικής υποβάθμισης παράκτιας θάλασσας
3. Ο ρόλος του Μηχανικού Περιβάλλοντος στην κατανόηση των παράκτιων διεργασιών και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ως παράκτια ζώνη ορίζεται η περιοχή που διαχωρίζει τη ξηρά από τη θάλασσα, και αποτελεί το πεδίο αλληλεπίδρασης μεταξύ της υδρόσφαιρας, της λιθόσφαιρας, της βιόσφαιρας και της ατμόσφαιρας.

Η μορφολογία της εξαρτάται από φυσικές διεργασίες καθώς δέχεται υλικό (ίζημα) από τα ποτάμια, τη θάλασσα κι την ατμόσφαιρα.



Οι έντονες αλληλεπιδράσεις δημιουργούν οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από έντονη διαβάθμιση και εξαιρετικά δυναμικές φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες.



Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά της Παγκόσμιας Παράκτιας Ζώνης.

Η Παράκτια Ζώνη:

- Καλύπτει <20% της επιφάνειας της Γης,
- Περιλαμβάνει >60% του πληθυσμού της Γης,
- Περιλαμβάνει το 75% των πόλεων με πληθυσμό >10 εκατομμυρίων κατοίκων,
- Συγκεντρώνει το 75% της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής,
- Αποτελεί το κύριο αποδέκτη ιζημάτων,
- Αποτελεί τη κύρια περιοχή ανάπτυξης βιογεωχημικών διεργασιών,
- Διαθέτει υψηλή χωρική μεταβλητότητα, υψηλή χρονική μεταβλητότητα και υψηλή βιοποικιλότητα.

Ορισμός Παράκτιων Συστημάτων

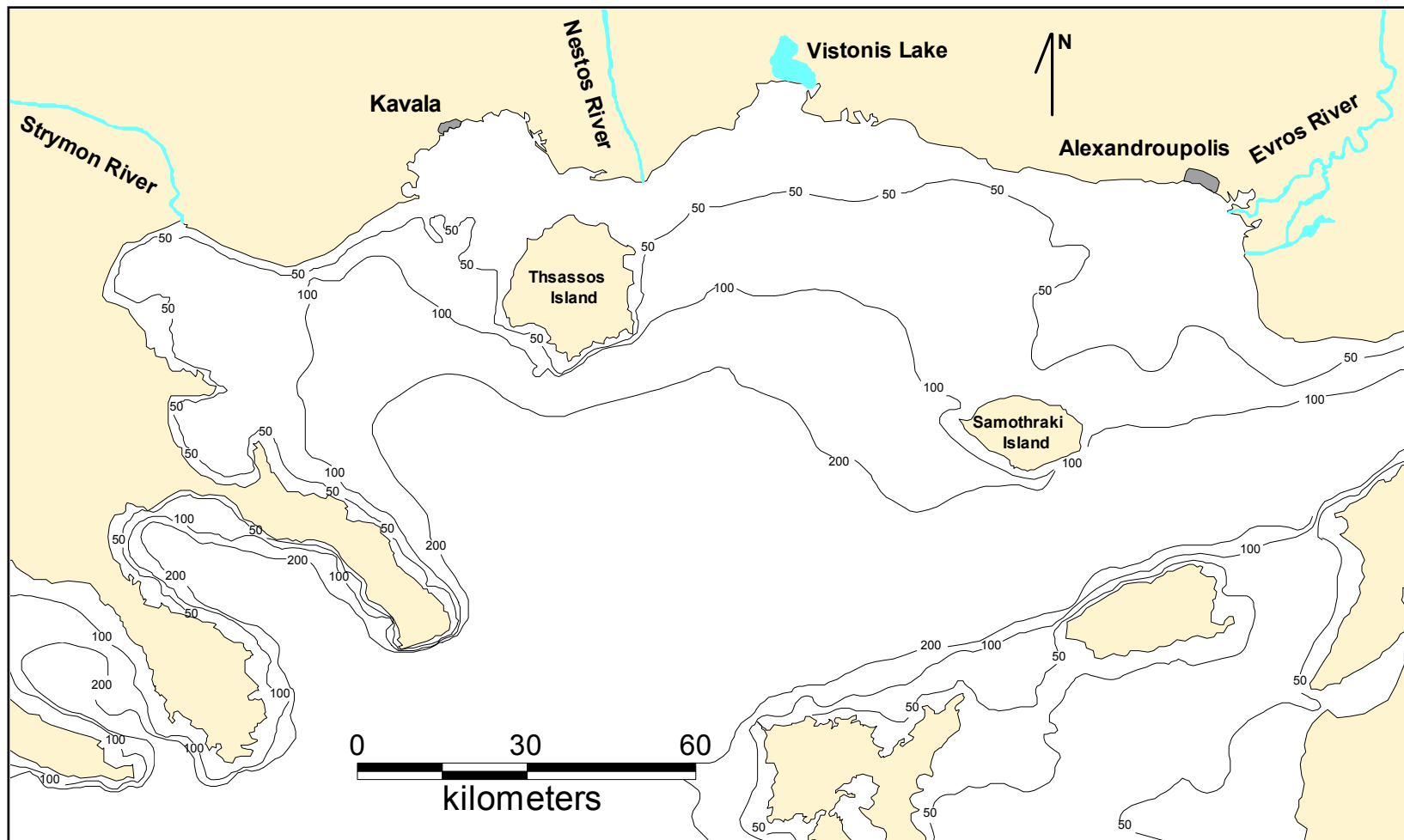
- Γεωμορφολογικά αυτόνομα σώματα νερού της παράκτιας ζώνης,
- ευρισκόμενα στο κατώτατο τμήμα χερσαίων λεκανών απορροής και κατά μήκος της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας,
- σε συνεχή ανταλλαγή με την ανοικτή θάλασσα,
- επηρεαζόμενα από ατμοσφαιρικές διαταραχές,
- στο εσωτερικό των οποίων λαμβάνουν χώρα έντονες φυσικές και βιογεωχημικές διεργασίες.

Τα παράκτια υδατικά συστήματα αποτελούν ολοκληρωμένες οικολογικές ενότητες υψηλής βιοποικιλότητας & παραγωγικότητας.

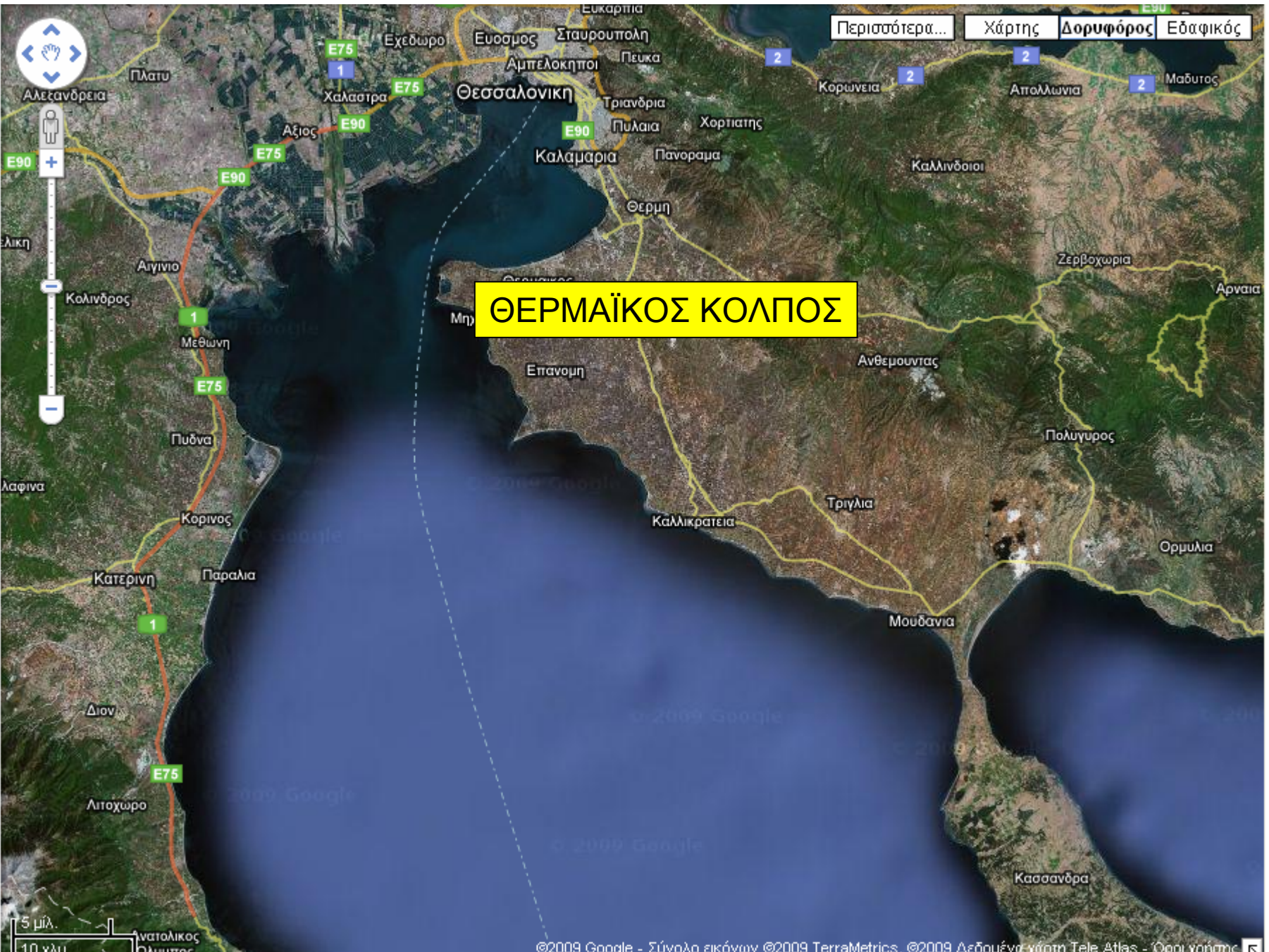
1.2. Ποια είναι τα παράκτια συστήματα

- Ημίκλειστοι κόλποι (embayments, fjords)
- Ποταμόκολποι (estuaries)
- Ποταμοεκβολές (river mouths)
- Λιμνοθάλασσες (lagoons, rias)
- Παράκτιες λίμνες (coastal lakes)
- Παράκτιοι Υγρότοποι (wetlands, ponds, swamps, salt marshes)
- Λιμενολεκάνες (ports, harbours)

Παράκτια υδατικά συστήματα κατά μήκος της ακτογραμμής της Περ. ΑΜΘ



Κατά μήκος της ακτογραμμής της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, αναπτύσσονται πλήθος παράκτιων υδατικών συστημάτων, όπως ημίκλειστοι κόλποι (Στρυμονικός Κόλπος, Κόλπος Ιερισσού, Κόλπος Καβάλας, Βιστωνικός Κόλπος, Κόλπος Αλεξανδρούπολης), ποταμοεκβολές (εκβολές π. Στρυμόνα, Νέστου και Έβρου), λιμνοθάλασσες (σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών π. Νέστου, Βιστωνίδα, Ισμαρίδα, λιμνοθάλασσες δέλτα Έβρου), παράκτιοι υγρότοποι (παραποτάμιο δάσος Νέστου, λίμνες Χρυσούπολης) καθώς και τεχνητές λιμενολεκάνες και μαρίνες.

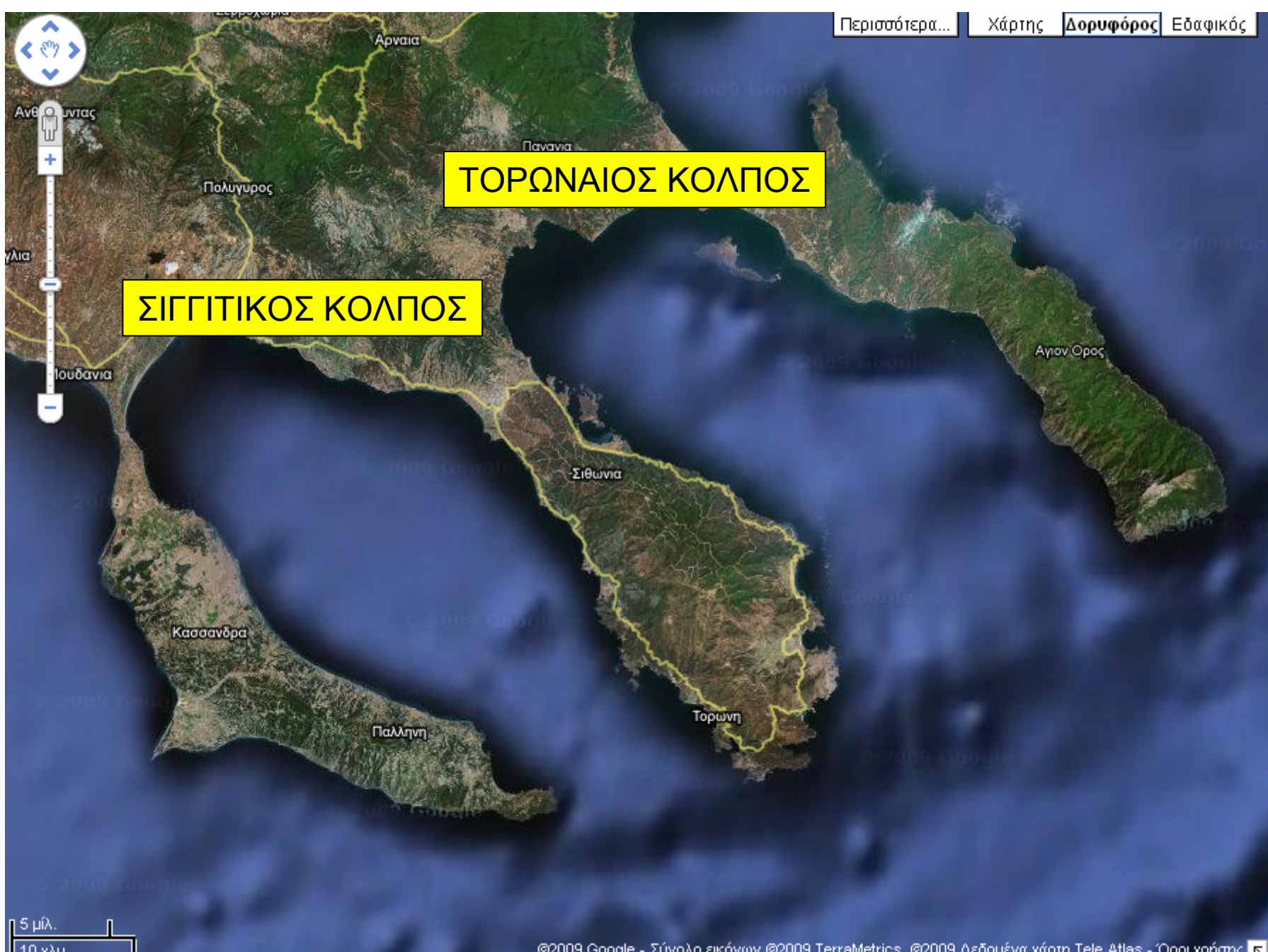


ΘΕΡΜΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

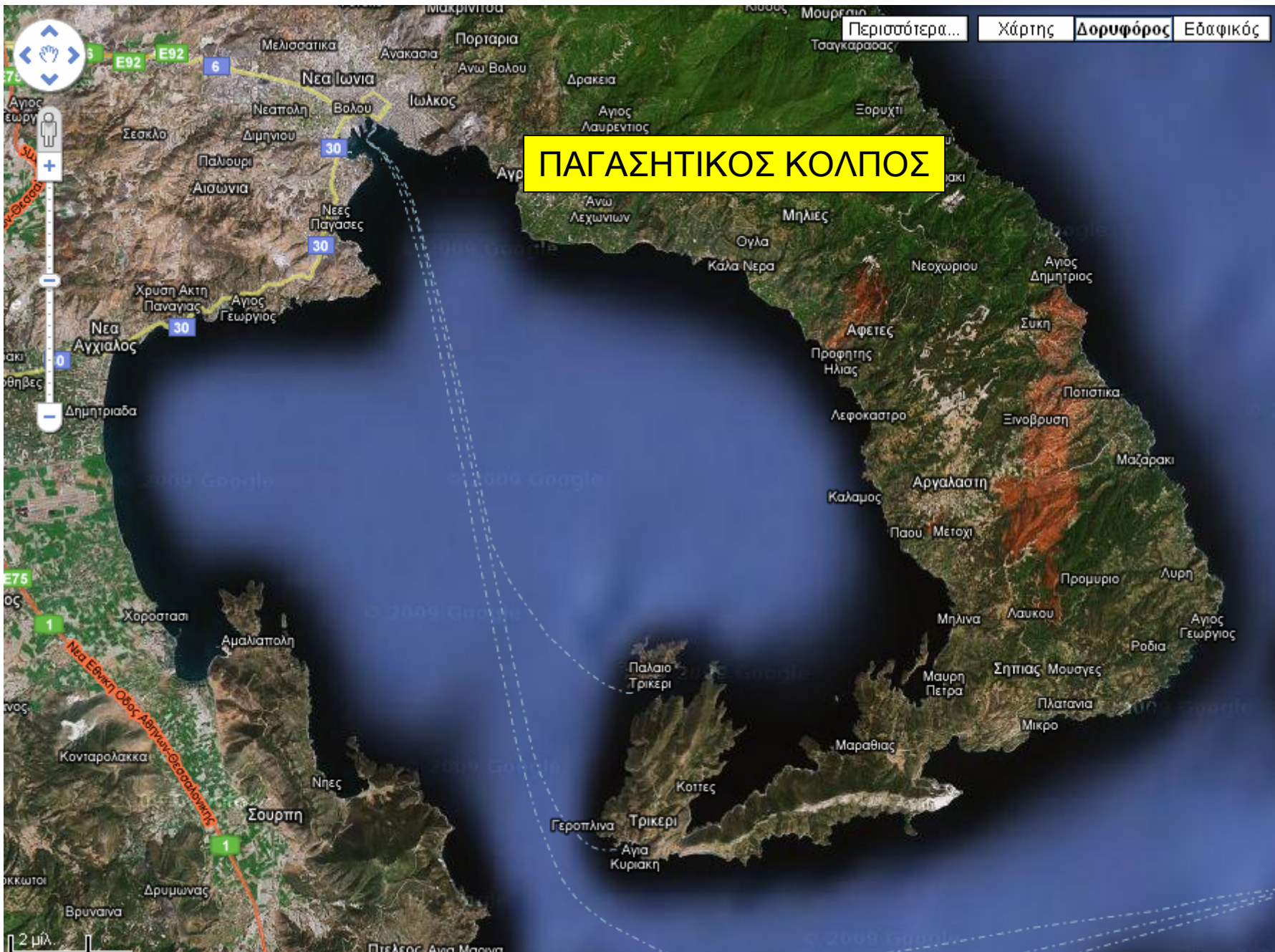


ΤΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

ΣΙΓΓΙΤΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ



5 μίλ.
10 χλμ



ΠΑΓΑΣΗΤΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

Περισσότερα...

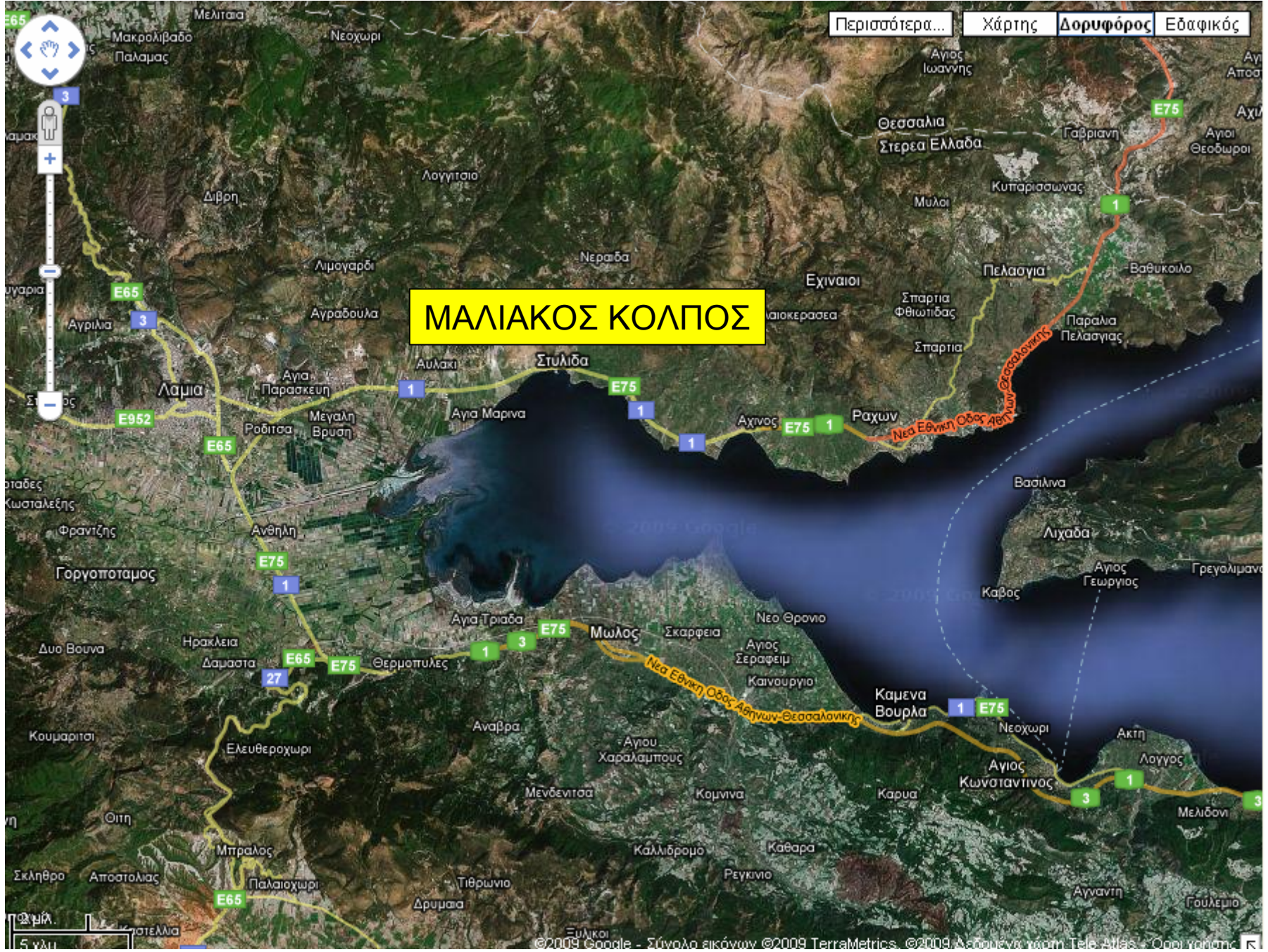
Χάρτης

Δορυφόρος

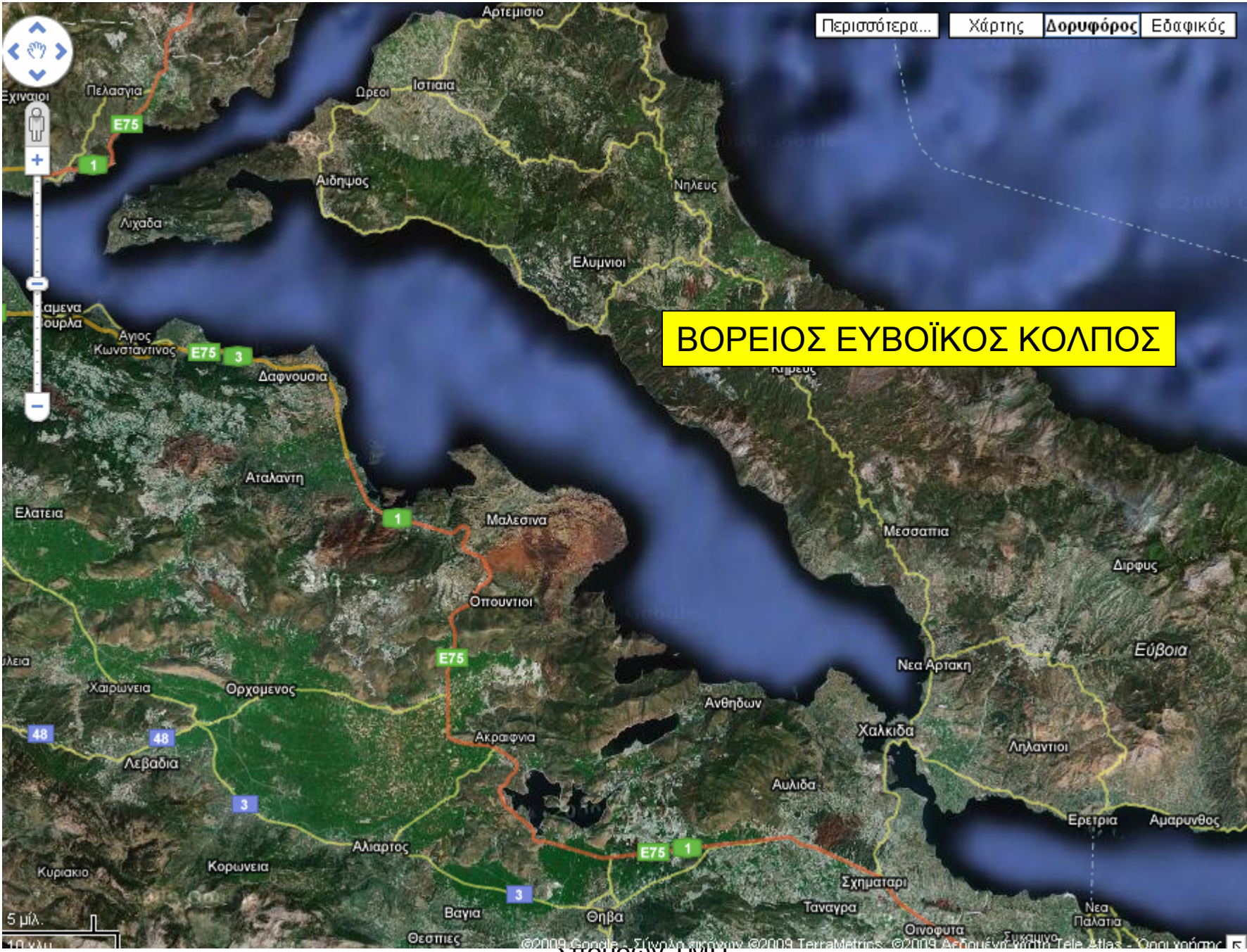
Εδαφικός

2 μίλ.

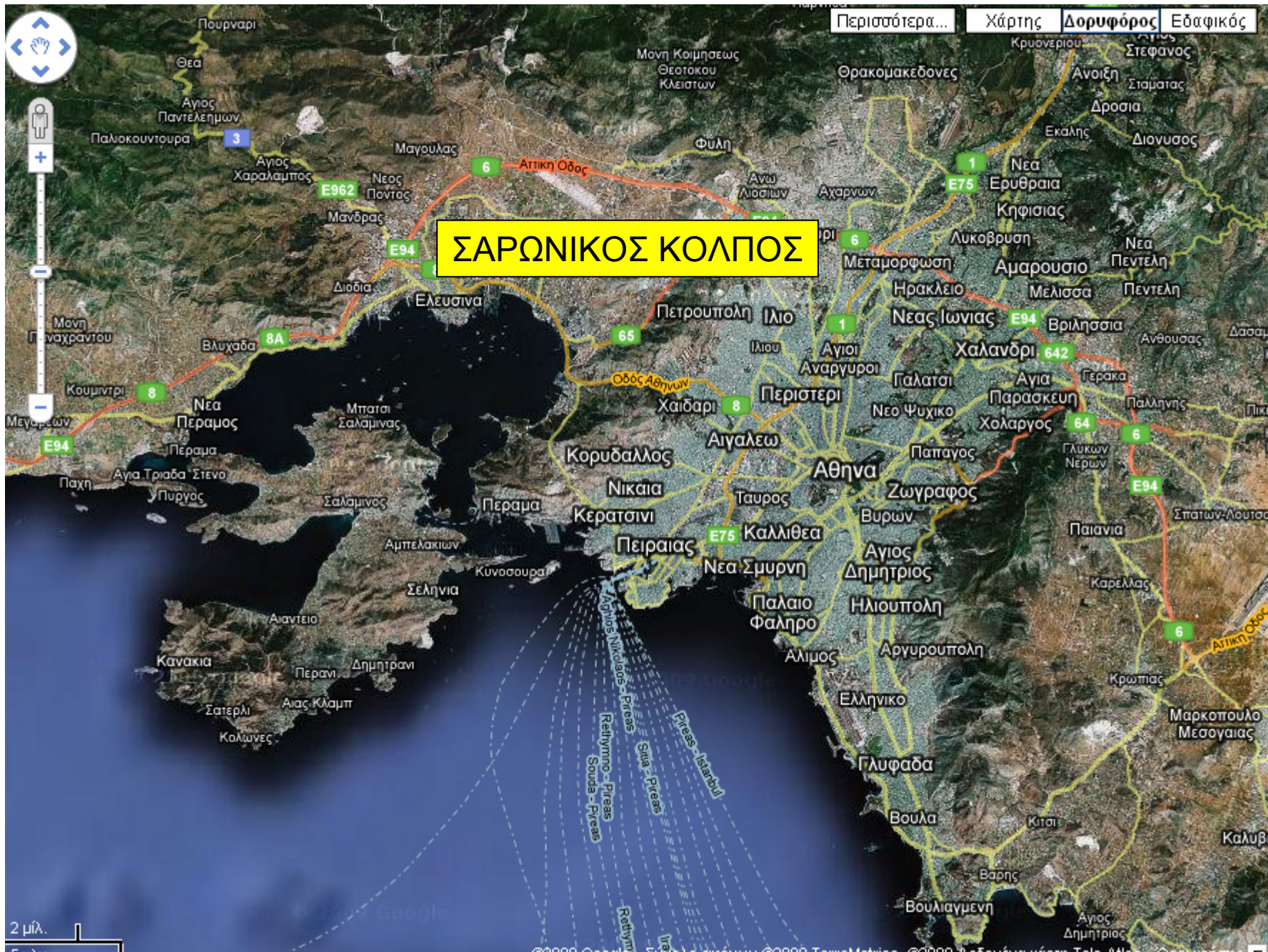
ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



Σπουδών ΤΜΓ



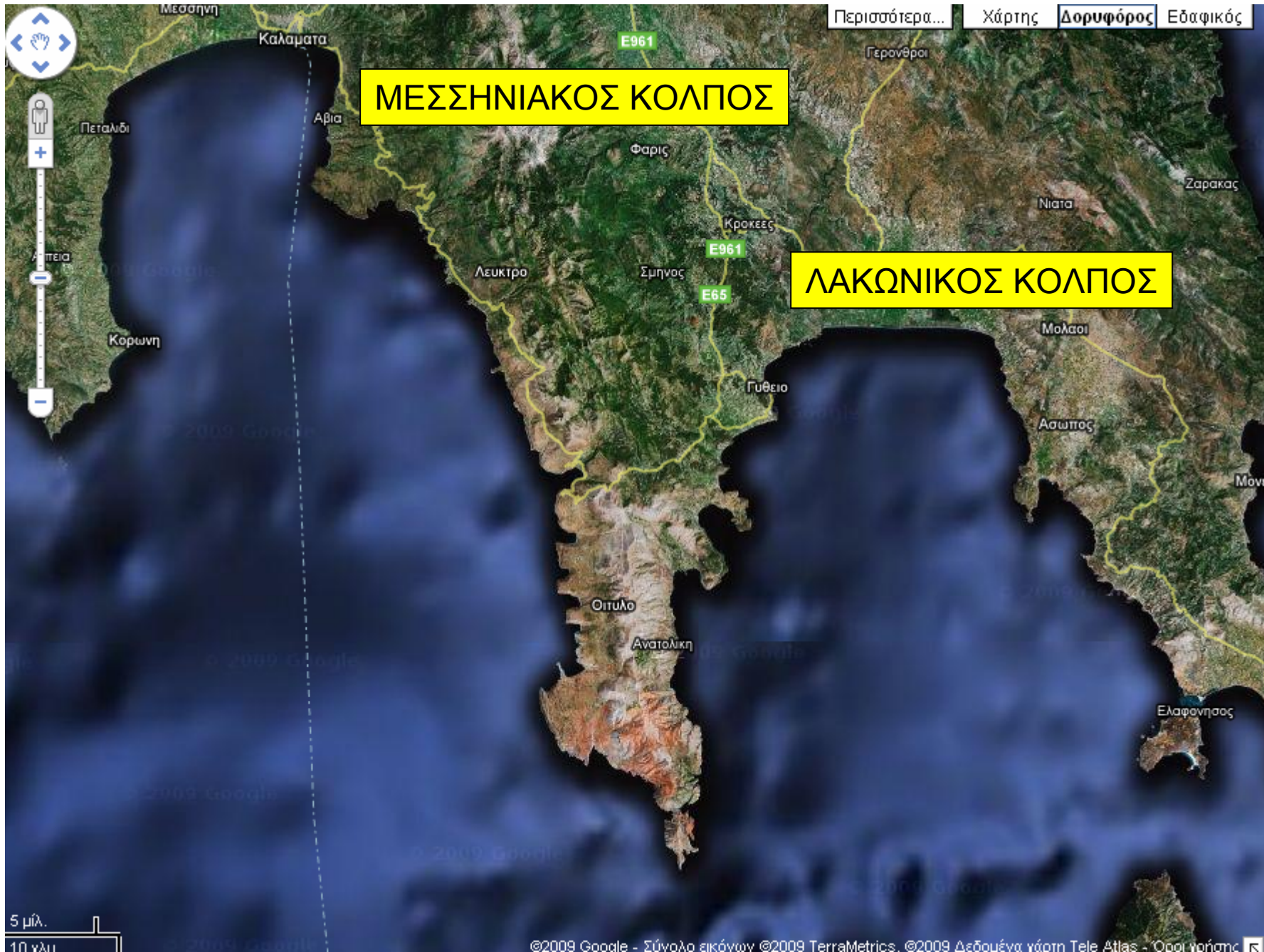
ΒΟΡΕΙΟΣ ΕΥΒΟΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ



Σπουδών ΤΜΠ



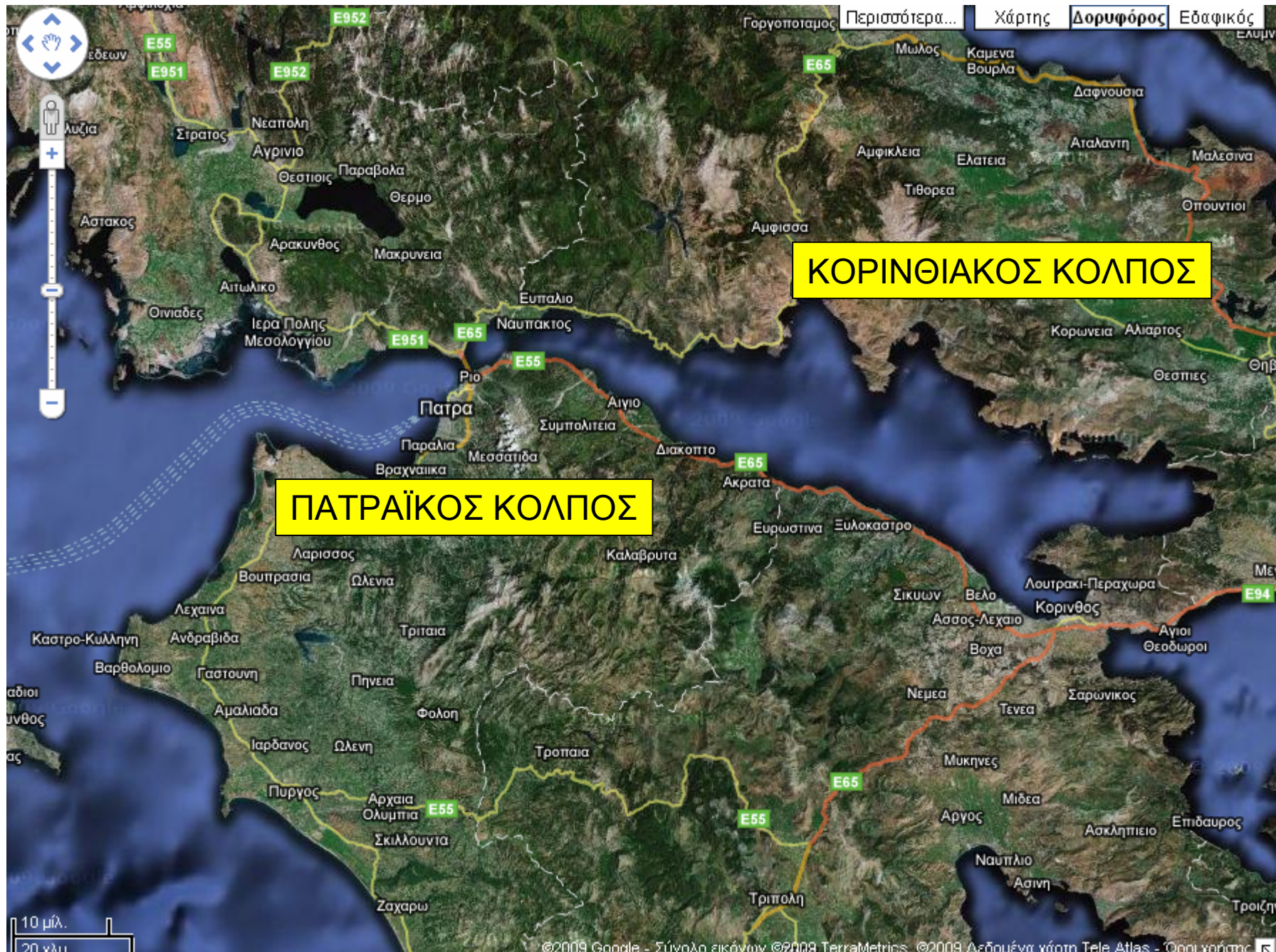
ΑΡΓΟΛΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ



ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

ΛΑΚΩΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

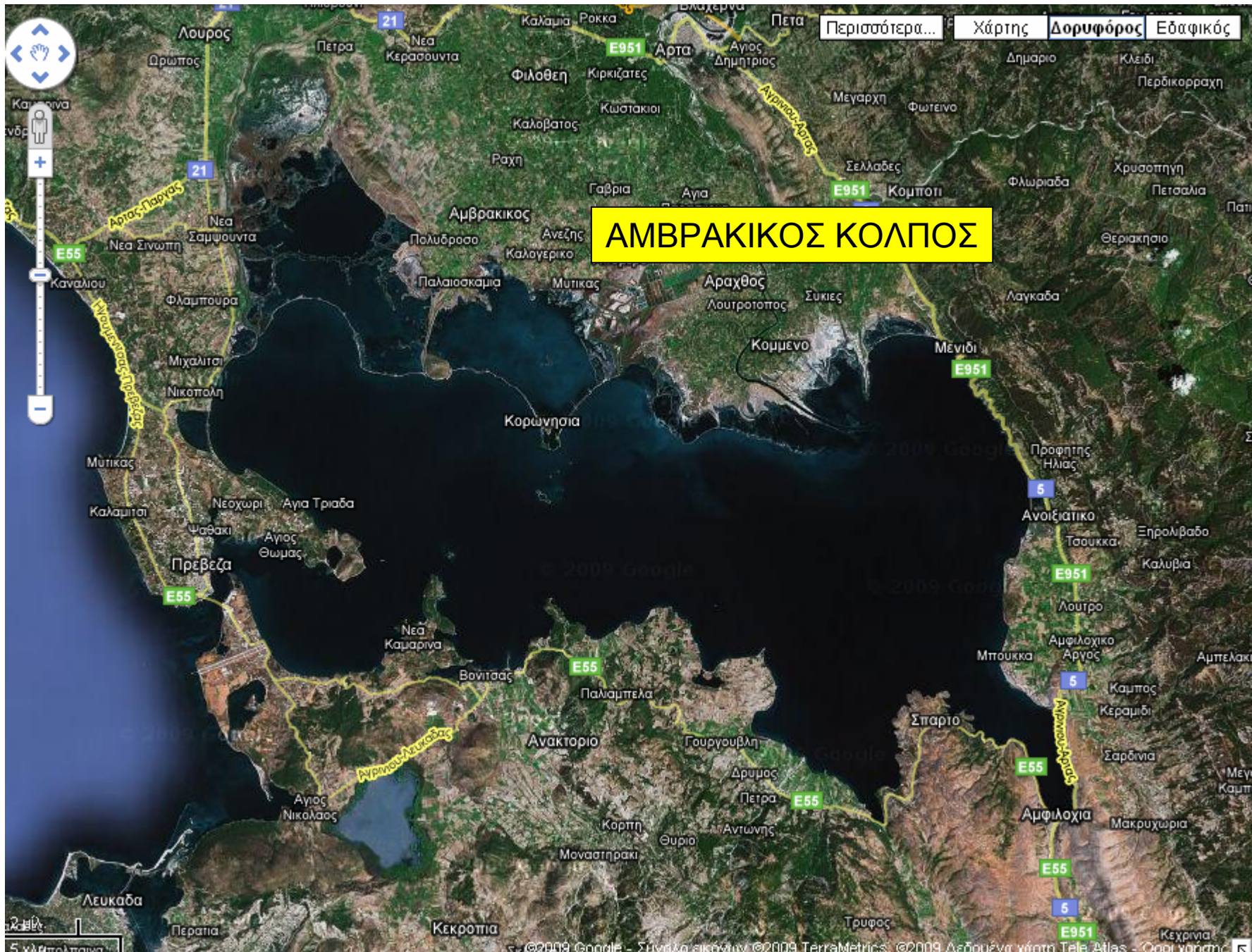
5 μίλ.
10 χλμ



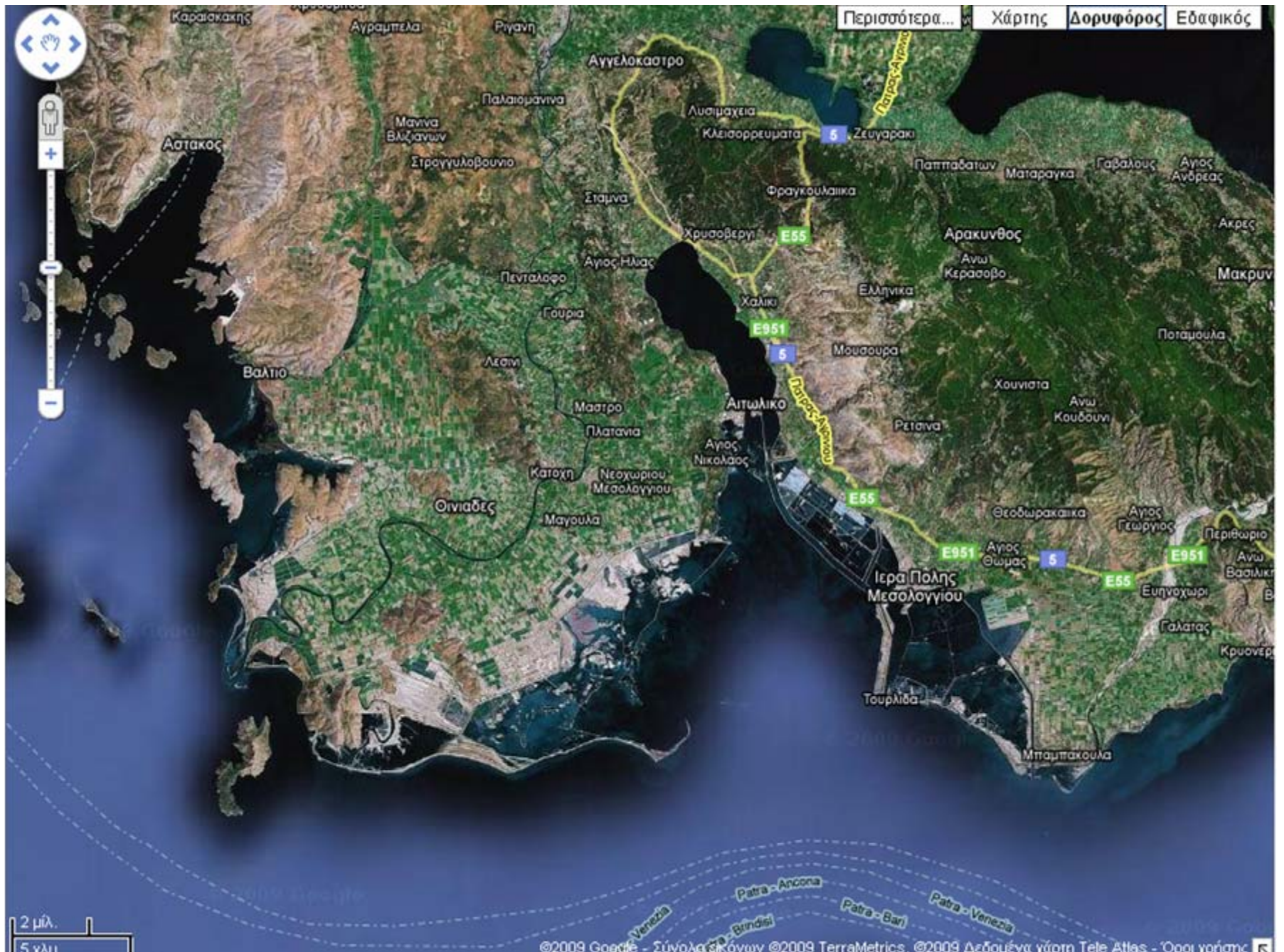
ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

10 μίλ.
20 χλμ

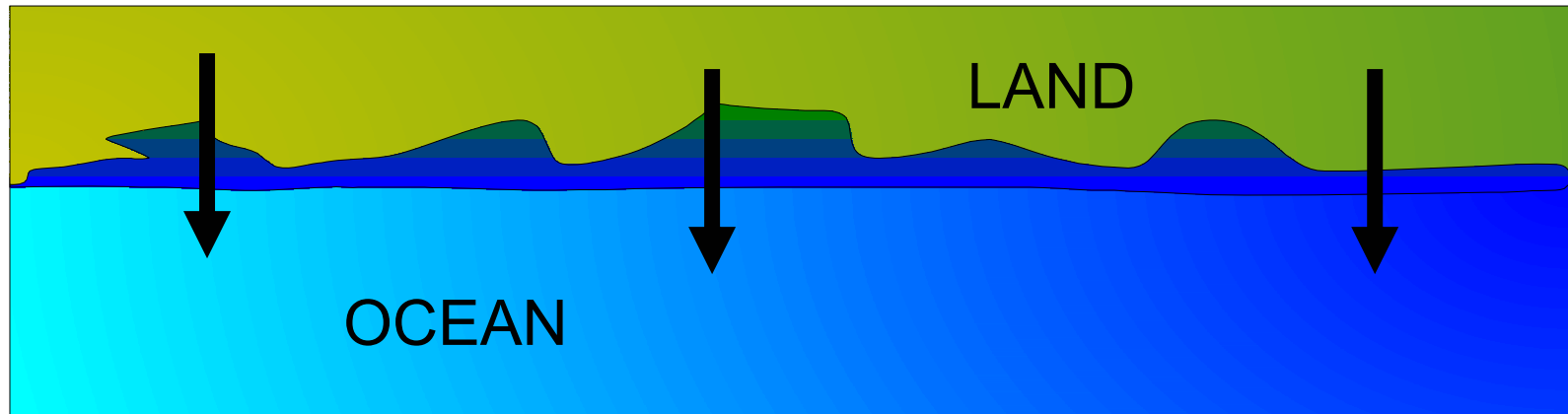


ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ



Σπουδών ΤΜΠ

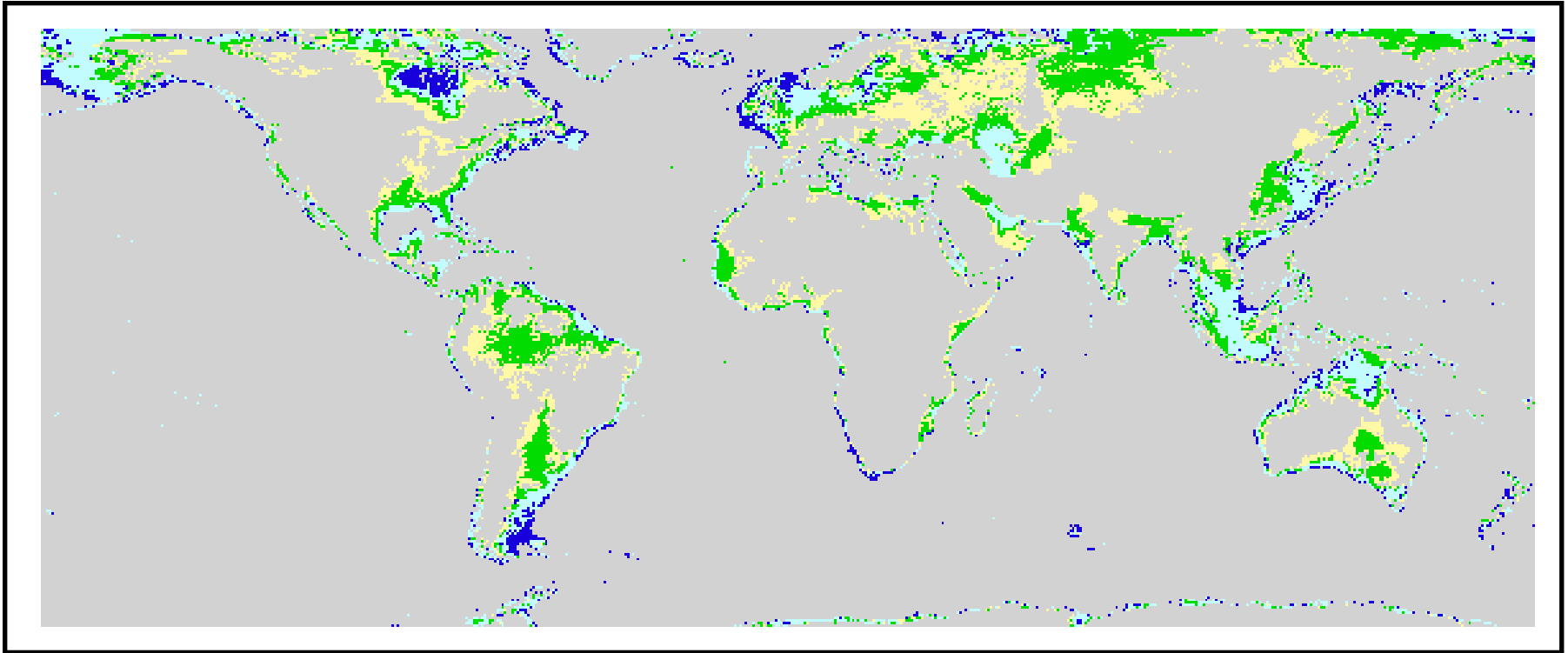
1.3. Ιδιαιτερότητες παράκτιων υδατικών συστημάτων



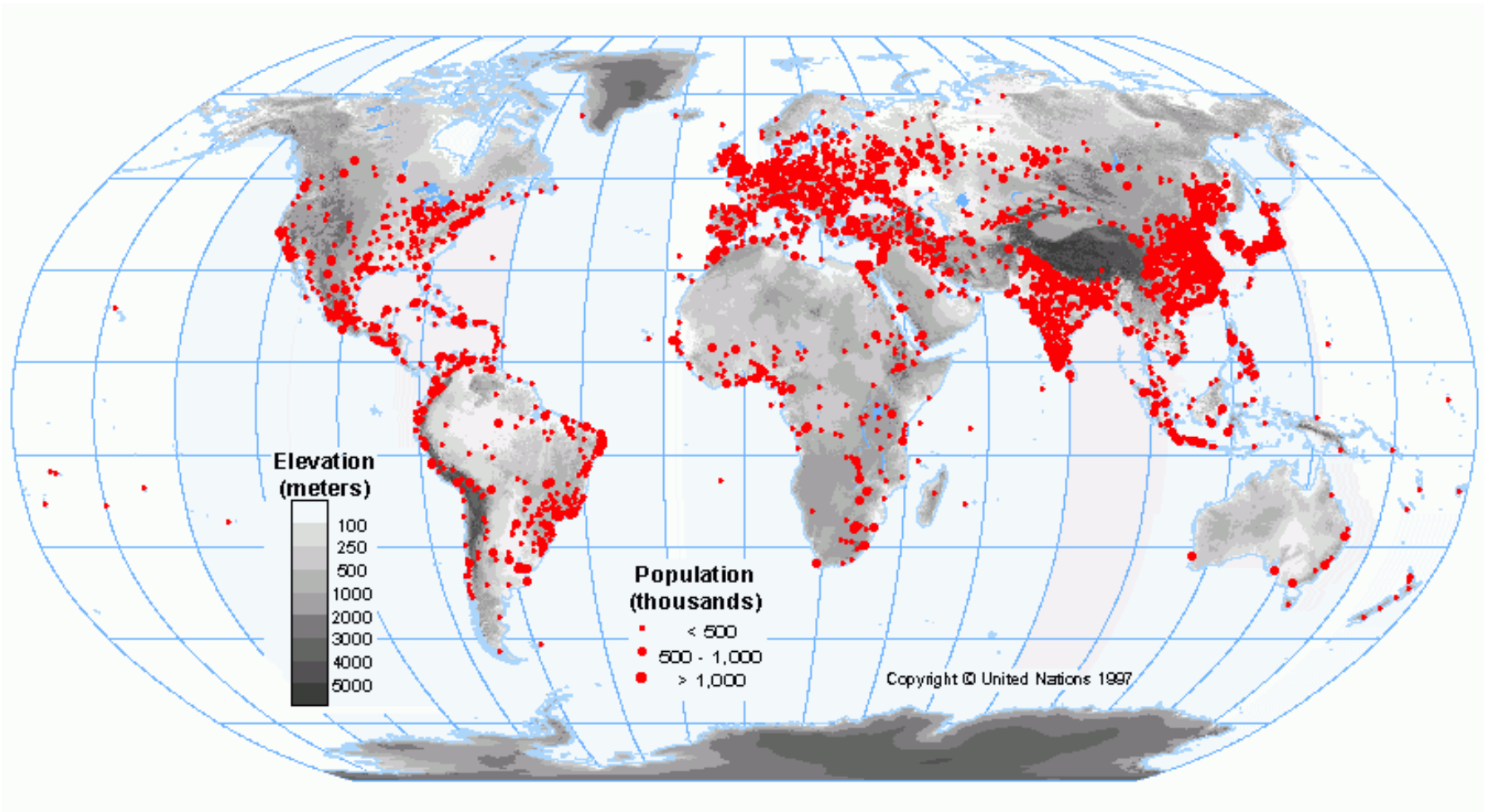
Η παγκόσμια παράκτια ζώνη είναι μήκους ~ 500,000 χλμ και μέσου πλάτους περίπου 50 χλμ, αντιστοιχεί στο 18% της επιφάνειας της Γης.

Το μεγαλύτερο μέρος των χημικών ενώσεων που εισέρχονται στον ωκεανό, διέρχονται μέσω της παράκτιας ζώνης και των υδατικών συστημάτων της (σημειακή & μη-σημειακή ρύπανση).

Τα παράκτια υδατικά συστήματα αποτελούν περιοχές μεταφοράς, μετασχηματισμού και αποθήκευσης χημικών ενώσεων, με αποτέλεσμα να λαμβάνουν χώρα έντονες φυσικές και βιογεωχημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα στη περιοχή αυτή.



Η Παγκόσμια Παράκτια Ζώνη οριζόμενη ως η περιοχή μεταξύ υψομέτρου +200 μ και βάθους -200 μ.



Κατανομή ανθρώπινου πληθυσμού στη Παγκόσμια Παράκτια Ζώνη

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
Σπουδών ΤΜΠ

Τύποι Παράκτιων Πόρων

Φυσικοί Παράκτιοι Πόροι

Ορυκτά κοιτάσματα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, γλυκό νερό

Βιολογικοί Παράκτιοι Πόροι

Φυτά και ζώα, μικρόβια

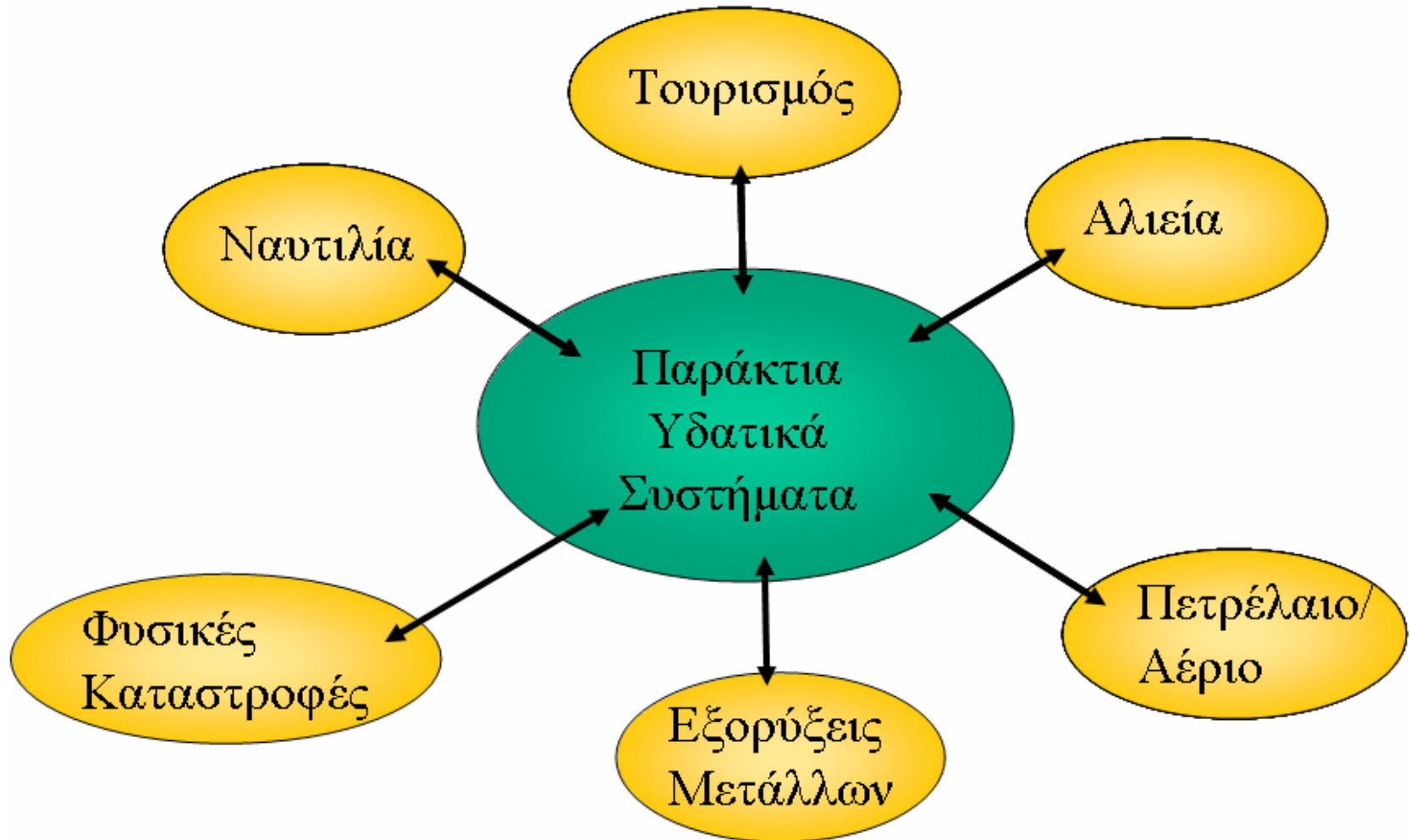
Ενεργειακοί Παράκτιοι Πόροι

Ενέργεια από τη θέρμανση ή τη κίνηση του νερού

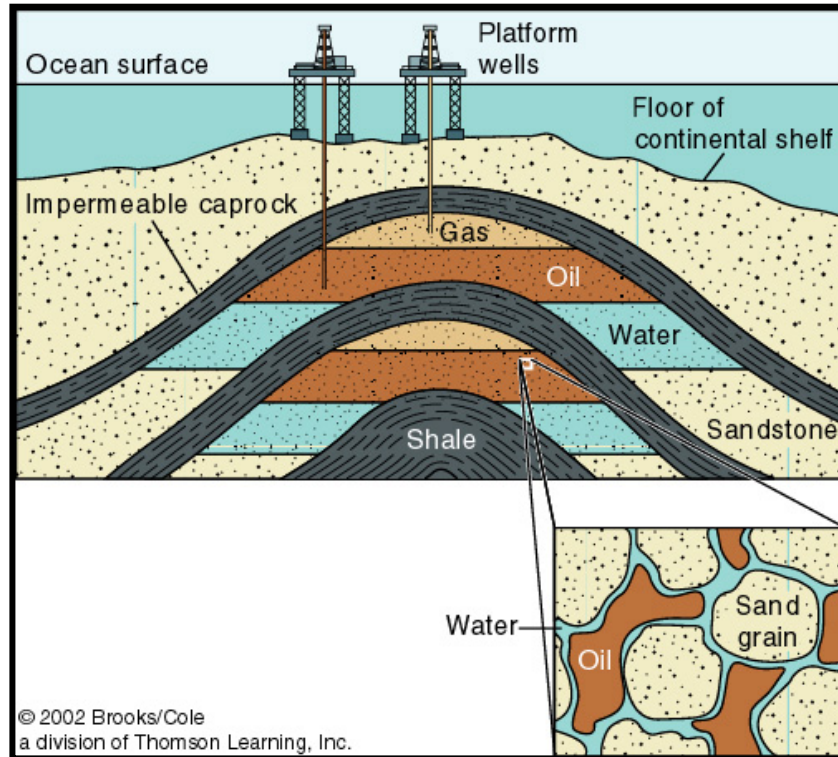
Άλλοι Παράκτιοι Πόροι

Ναυσιπλοΐα, Αναψυχή, απόρριψη παραπροϊόντων

Ανθρώπινες δραστηριότητες με επιδράσεις στα Παράκτια Υδατικά Συστήματα



Πετρέλαιο και Φυσικό Αέριο



Συνήθως βρίσκεται στο εσωτερικό παράκτιων
ιζημάτων

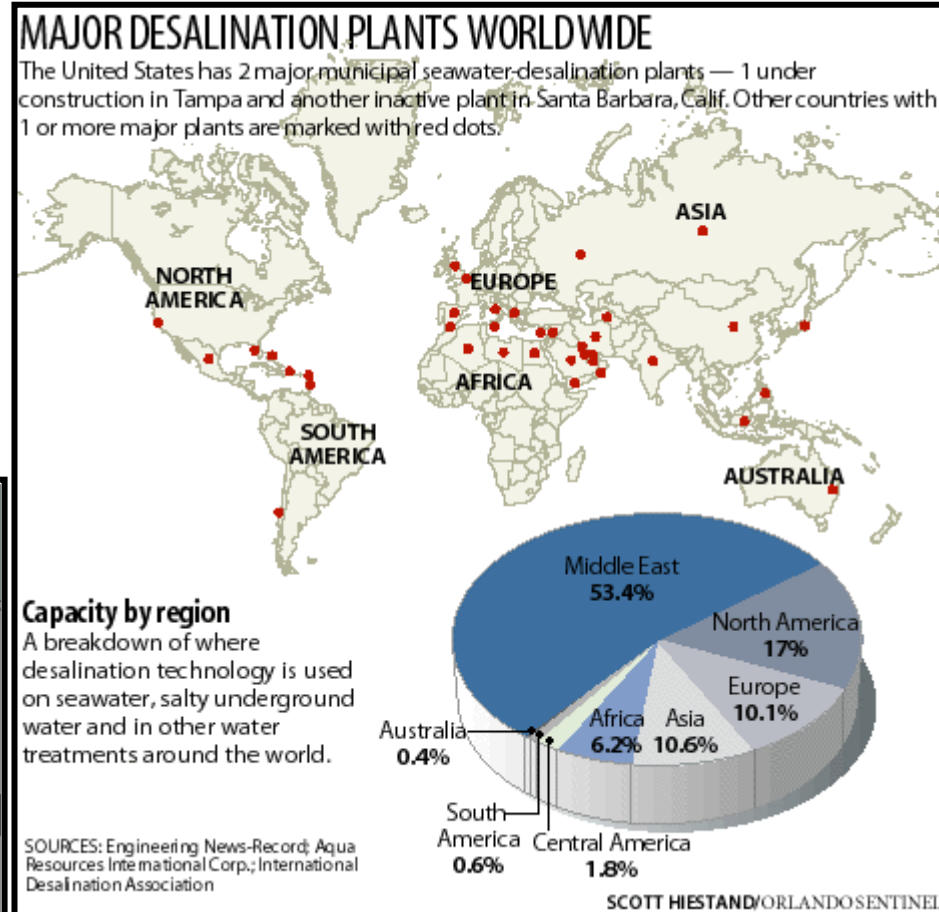
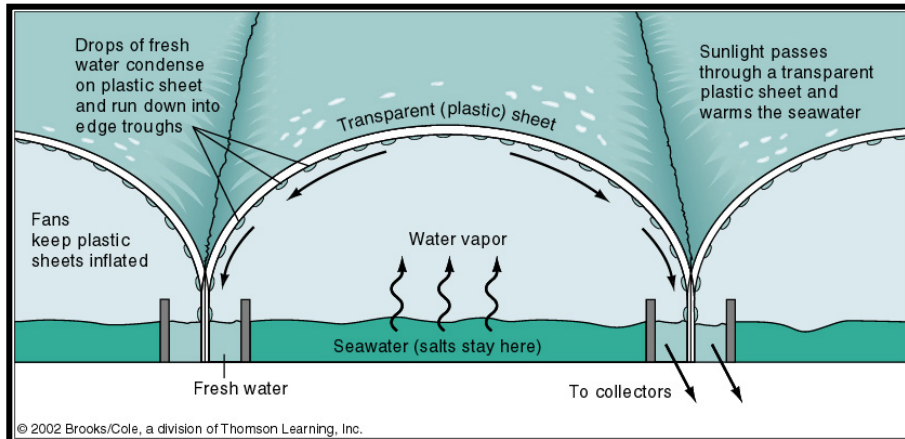
Άλατα και Ορυκτά

- Μαγνήσιο
- Χλωριούχο Νάτριο
- Φωσφορίτες

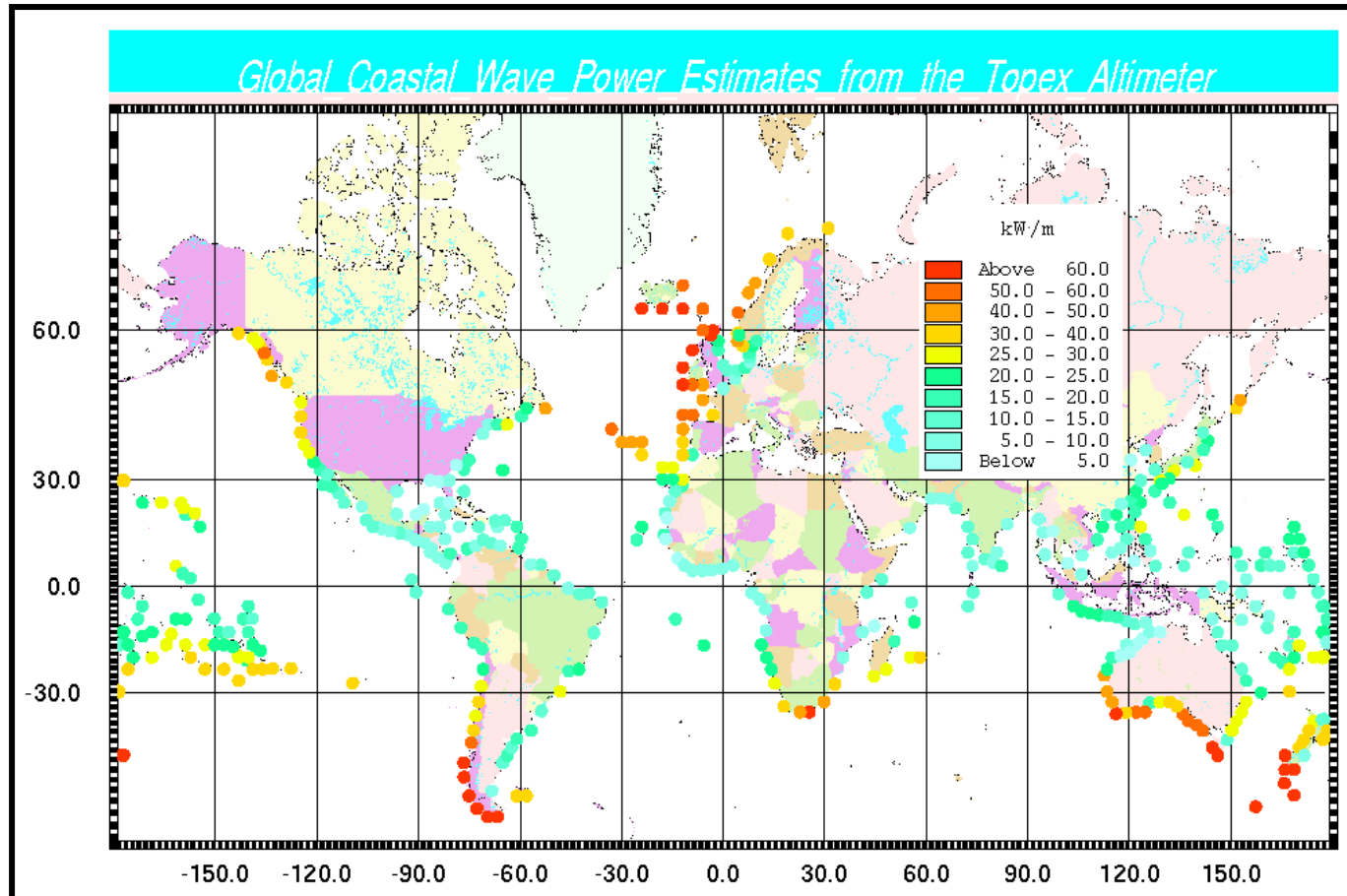


Γλυκό Νερό

- Υπάρχουν περίπου 1500 μονάδες αφαλάτωσης μεγάλης κλίμακας που παράγουν 3,5 εκατομμύρια κ.μ. την ημέρα













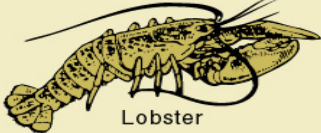
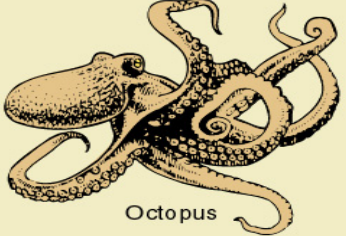
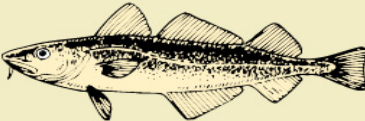

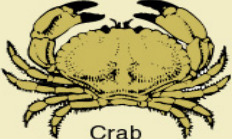

Θαλάσσια Ενέργεια



Ενέργεια που παράγεται από τα κύματα και τη παλίρροια

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
Σπουδών ΤΜΠ

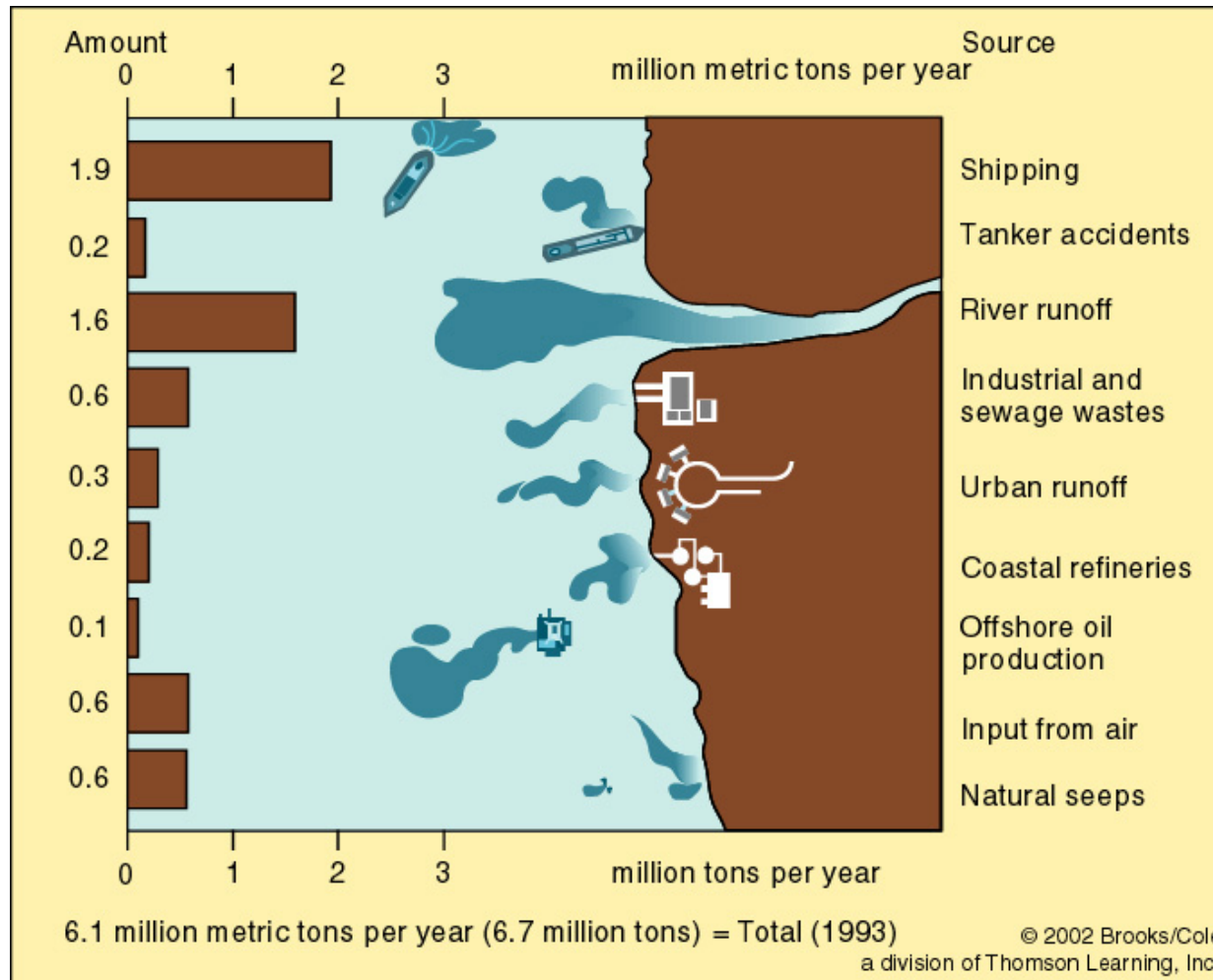
Βιολογικοί Πόροι

Fishes		Crustaceans	Mollusks
Bottom Dwellers	Pelagic Forms		
 Hake	 Sardine	 Krill	 Oyster
	 Anchovy		 Clam
	 Herring	 Shrimp	
 Haddock	 Mackerel	 Lobster	 Octopus
 Cod	 Tuna	 Crab	 Squid

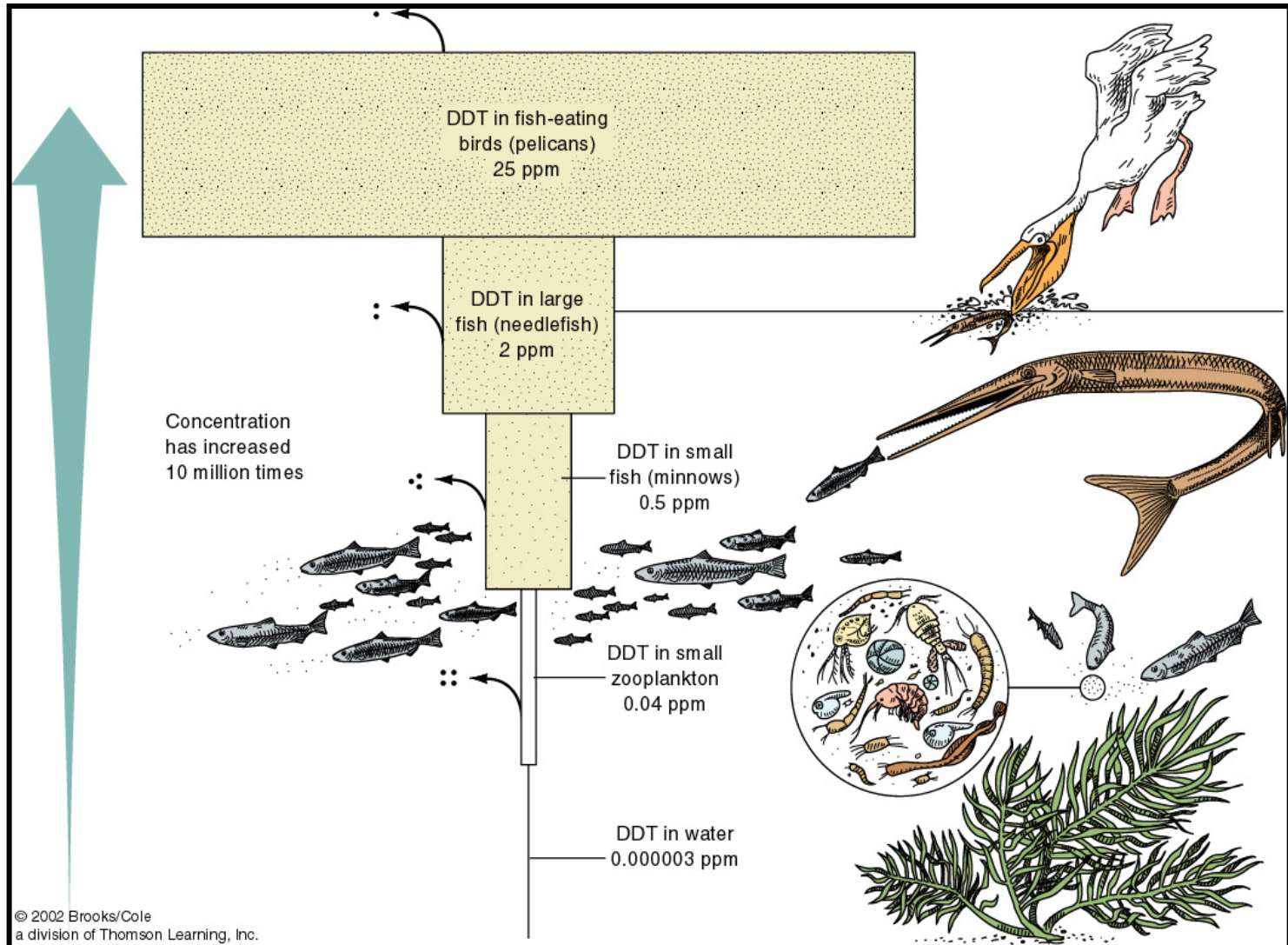
© 2002 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc.

Αλιεία - Υδατοκαλλιέργεια

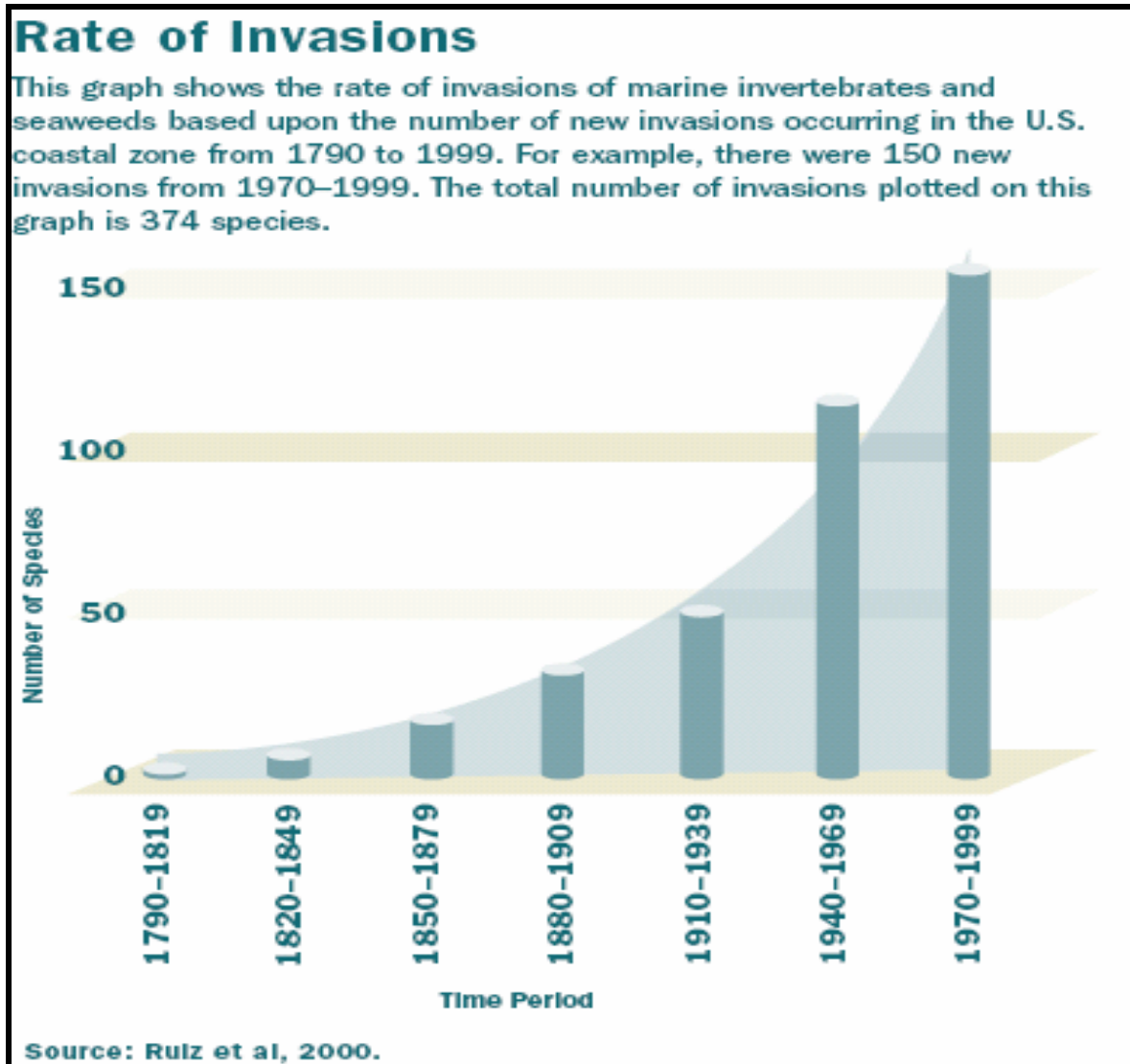
Απόρριψη Παραπροϊόντων



Θαλάσσια Ρύπανση - DDT

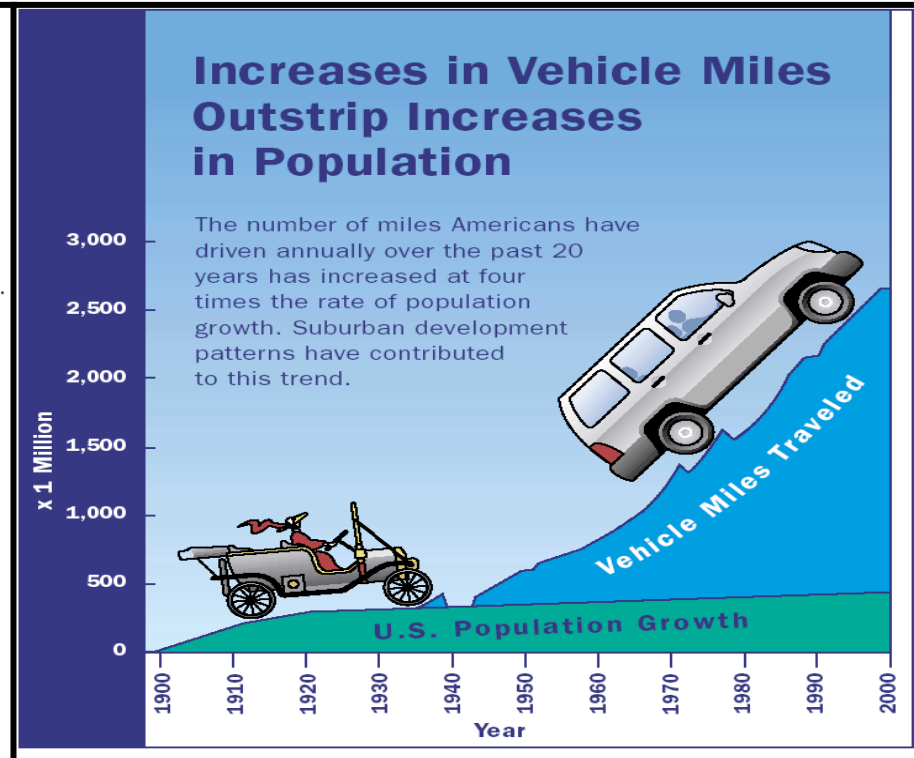
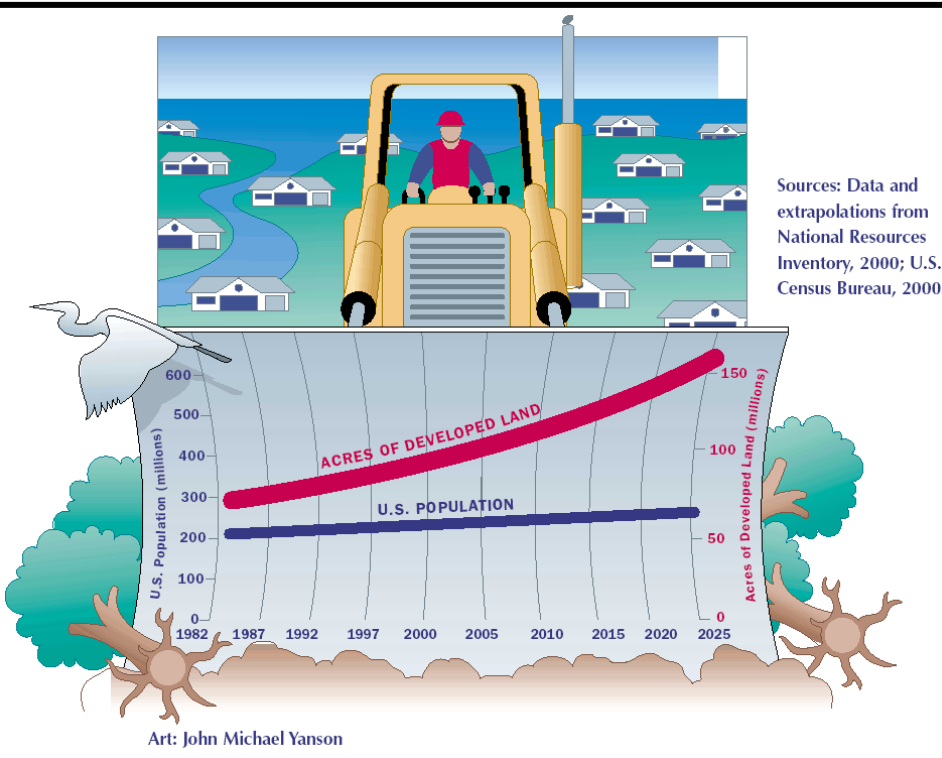


Διείσδυση «Εξωτικών» Είδη



Παράκτια Ανάπτυξη

- Η ανοικοδόμηση καταναλώνει τη παράκτια γη με ρυθμό 5 φορές μεγαλύτερο από το ρυθμό αύξησης του παράκτιου πληθυσμού.
- Πάνω από το 1/4 της παγκόσμιας παράκτιας ζώνης έχει μετατραπεί σε αστική, περι-αστική ή βιομηχανική κατά τα τελευταία 15 χρόνια.

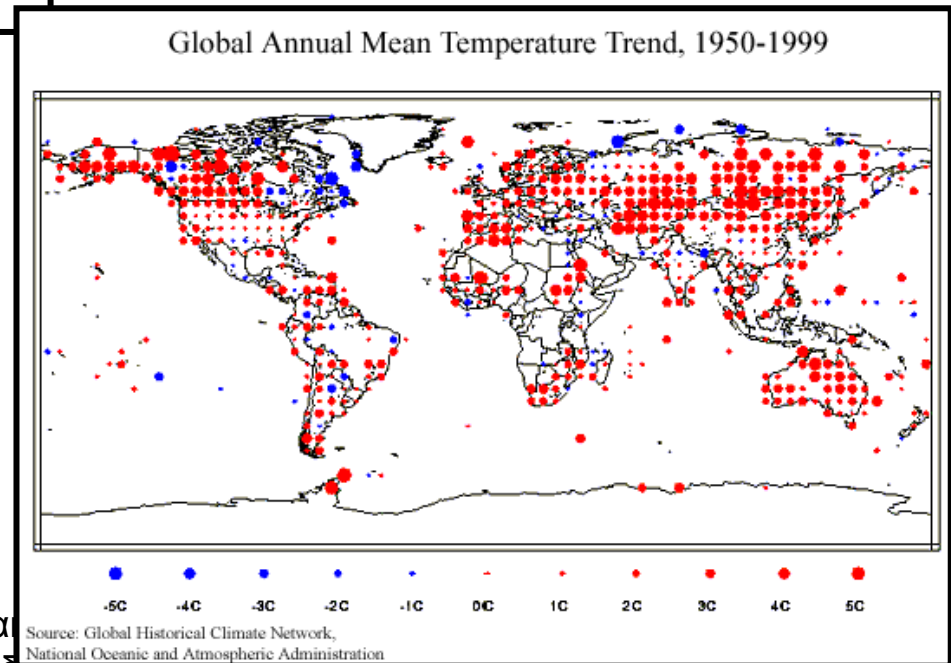
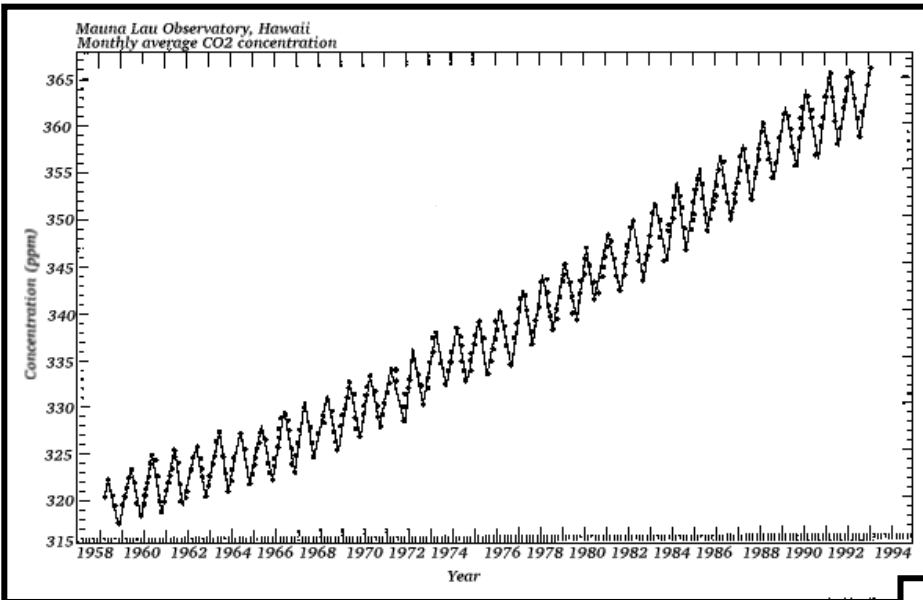


Διάβρωση Παράκτιων Ζωνών



Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
Σπουδών ΤΜΠ

Κλιματική Αλλαγή



Μεταπτυχιακή
Σπουδών ΠΜΣ

2. Προβλήματα περιβαλλοντικής υποβάθμισης των παράκτιων υδατικών συστημάτων

1. Ρύπανση (αστική, βιομηχανική & γεωργική)
2. Ευτροφισμός → ανάπτυξη φυτοπλαγκτού, υποξία και ανοξία
3. Υποβάθμιση φυτοκοινωνιών, κοραλλιογενών υφάλων και ζωοβένθους
4. Μεταβολή ρυθμού μεταφοράς ιζημάτων
5. Αποξήρανση υγροτόπων και επιφανειακή & υπόγεια διείσδυση θαλασσινού νερού
6. Υπεραλίευση και χρήση καταστροφικών αλιευτικών πρακτικών
7. Κλιματικές μεταβολές και άνοδος στάθμης θάλασσας



**ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ & ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο ρόλος του Μηχανικού Περιβάλλοντος στη Διαχείριση Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

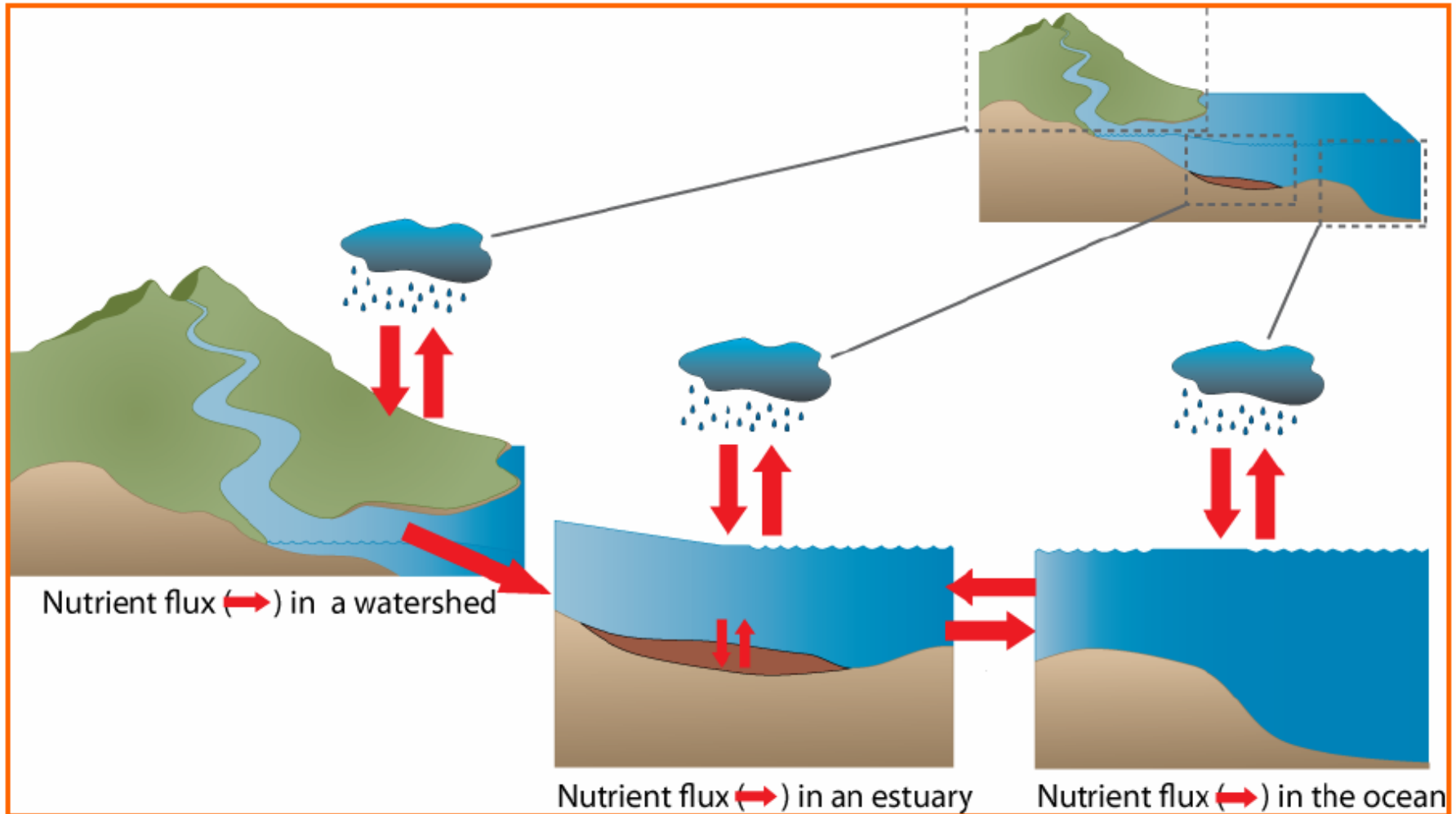
Ο σύγχρονος Μηχανικός Περιβάλλοντος θα πρέπει:

- να είναι γνώστης των σύνθετων και πολύπλοκων λειτουργιών, διεργασιών και μηχανισμών των Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων,
- να αντιλαμβάνεται την ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής,
- να γνωρίζει τη χρήση οργάνων και τη μεθοδολογία συλλογής, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων πεδίου από Παράκτια Υδατικά Συστήματα,
- να κατανοεί τη χρησιμότητα των μαθηματικών ομοιωμάτων ως σύγχρονο εργαλείο διαχείρισης περιβαλλοντικών συστημάτων,
- να είναι γνώστης της διαδικασίας σχεδιασμού και κατάστρωσης μαθηματικών ομοιωμάτων, της διασύνδεσής τους με δεδομένα πεδίου, της εφαρμογής τους, και
- να έχει τη δυνατότητα εξέτασης εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης για το περιορισμό των επιπτώσεων των ανθρωπογενών παρεμβάσεων και τη διατύπωση προτάσεων περιβαλλοντικής βελτίωσης των παράκτιων συστημάτων.

1.3. Ιδιαιτερότητες παράκτιων υδατικών συστημάτων

Τα παράκτια υδατικά συστήματα είναι εξαιρετικά δυναμικά συστήματα, καθώς επηρεάζονται:

- από το ανοικτό θαλάσσιο όριο από:
 - ❖ παλιρροιακές μεταβολές (tides)
 - ❖ γεωστροφική κυκλοφορία (geostrophic circulation)
 - ❖ ανεμογενείς επιδράσεις (wave-induced currents)
 - ❖ κινήσεις βαρομετρικών συστημάτων (storm surges)
 - ❖ ρεύματα πυκνότητας (density currents)
 - ❖ κυματισμούς (waves)
 - ❖ κλιματική αλλαγή (climate change)
- από το χερσαίο όριο, από:
 - ❖ ανθρωπογενείς δραστηριότητες
 - ❖ πλημμυρικές ποτάμιες παροχές



Ροές μάζας μεταξύ της λεκάνης απορροής, του παράκτιου υδατικού συστήματος και της παρακείμενης ανοικτής θάλασσας

Συστήματα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Καθώς η επιστήμη προσπαθεί να γενικεύσει τη δυναμική συμπεριφορά των διαφόρων συστημάτων, η ταξινόμηση των παράκτιων συστημάτων προσφέρει παρόμοιες προσεγγίσεις σε συστήματα που ανήκουν στην ίδια ταξινομική ομάδα.

Για τη ταξινόμηση των παράκτιων συστημάτων υπάρχουν διεθνώς δύο γενικά συστήματα:

- α) το γεωμορφολογικό σύστημα, και
- β) το σύστημα στρωματοποίησης.

Η **γεωμορφολογική κατάταξη** βασίζεται στα τοπογραφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος, καθώς και στη δυναμική ιζημάτων που εισέρχονται σε αυτό.

Το **σύστημα στρωματοποίησης** αναφέρεται στην ύπαρξη στρωμάτων (layers) νερού με διαφορετική πυκνότητα (συνήθως προερχόμενο από διαφορετικές πηγές, όπως το ποτάμιο νερό χαμηλής πυκνότητας και το ωκεάνιο νερό υψηλής πυκνότητας)

Γεωμορφολογικό Σύστημα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Τα παράκτια υδατικά συστήματα χρονολογούν την ύπαρξή τους από τη τελευταία μεσοπαγετώδη περίοδο (περίπου 20.000 χρόνια πριν), όταν η στάθμη της θάλασσας ανήλθε κατά περίπου 120 μέτρα.

Οι κύριες γεωμορφολογικές ομάδες παράκτιων υδατικών συστημάτων είναι:

α) Οι πλημμυρισμένες ποταμοεκβολές (drowned river valleys),

Πρόκειται για λεκάνες που προέκυψαν από τη επέκταση της θάλασσας σε μία υπάρχουσα ποτάμια κοιλάδα, οπότε τα χερσαία όρια του συστήματος είναι μία ισοϋψής καμπύλη της παλαιάς υδρολεκάνης.

Τα συστήματα αυτά έχουν συνήθως ένα σχήμα V από το ποτάμιο κανάλι, και είναι μικρού βάθους (>20 μ.) και διαθέτουν ομαλές πλευρικές κλίσεις.

Γεωμορφολογικό Σύστημα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

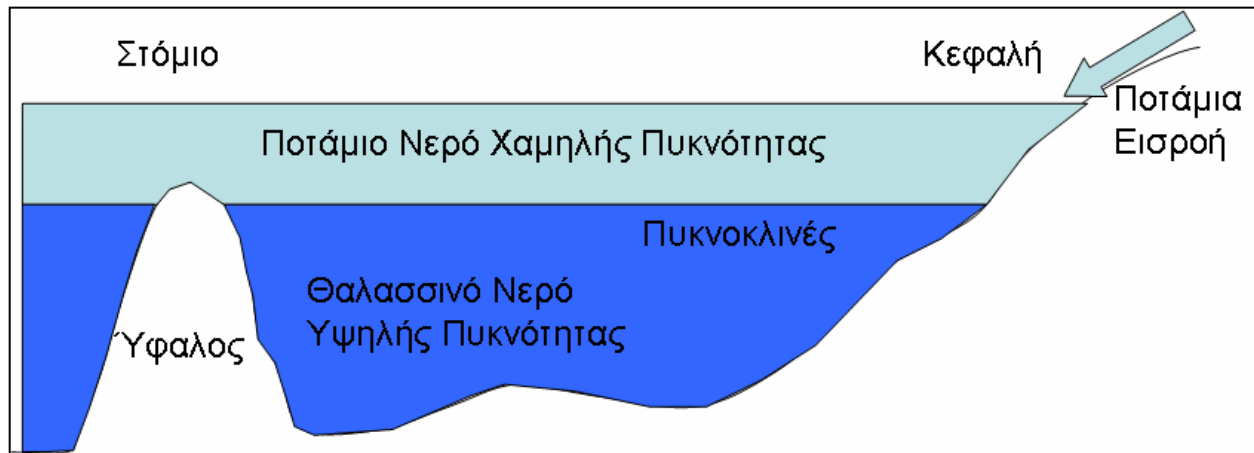
β) τα φιόρδ (fjords)

Είναι πλημμυρισμένες παγετώδεις κοιλάδες που πλημμύρισαν με θαλασσινό νερό. Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός ύφαλου, προερχόμενου από το υλικό διάβρωσης του παγετώνα το οποίο αποτίθεται κοντά στο στόμιό τους, και από την εισροή ποταμού στη κεφαλή τους.

Είναι βαθύτερα συστήματα,

Διαθέτουν απότομες πλαγιές,

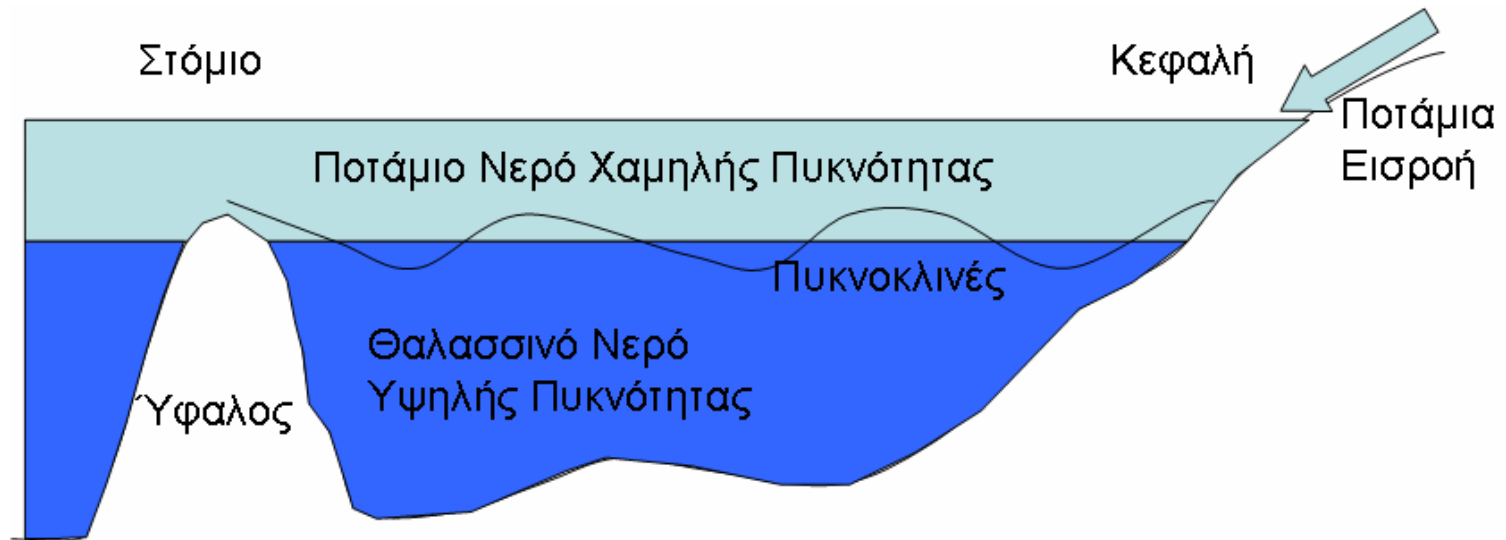
Είναι συνήθως στρωματοποιημένα, με το βαρύτερο θαλασσινό νερό να εγκλωβίζεται στο πυθμένα πίσω από τον ύφαλο που ενεργεί ως φυσικό φράγμα



Γεωμορφολογικό Σύστημα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

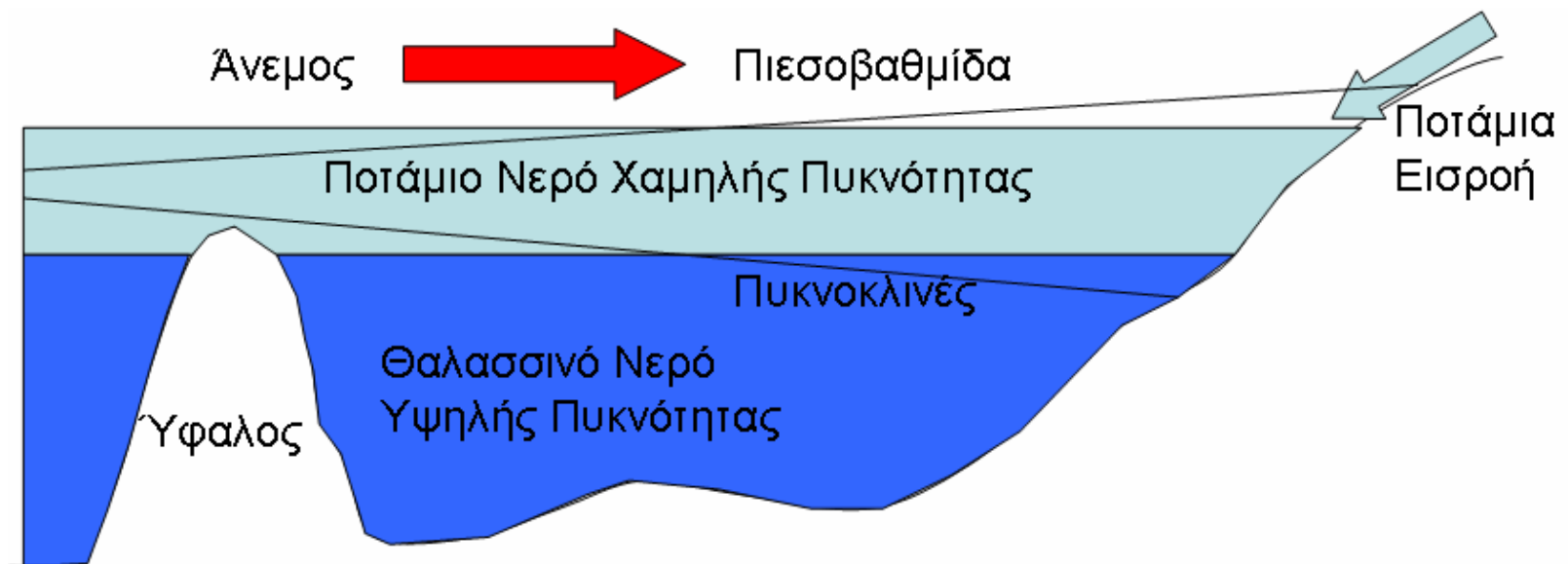
Η ανανέωση του νερού στο πυθμένα του φιόρδ μπορεί να προέλθει από δύο μηχανισμούς:

α) εάν το όριο διαχωρισμού του νερού χαμηλής και υψηλής πυκνότητας (το οποίο ονομάζεται πυκνοκλινές) βρίσκεται κοντά στη κορυφή του υφάλου, τότε παράγονται εσωτερικά κύματα (internal waves) τα οποία συμβάλουν στη μεταφορά νερού πυθμένα πάνω από τον ύφαλο και έξω από τη λεκάνη του φιόρδ



Γεωμορφολογικό Σύστημα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

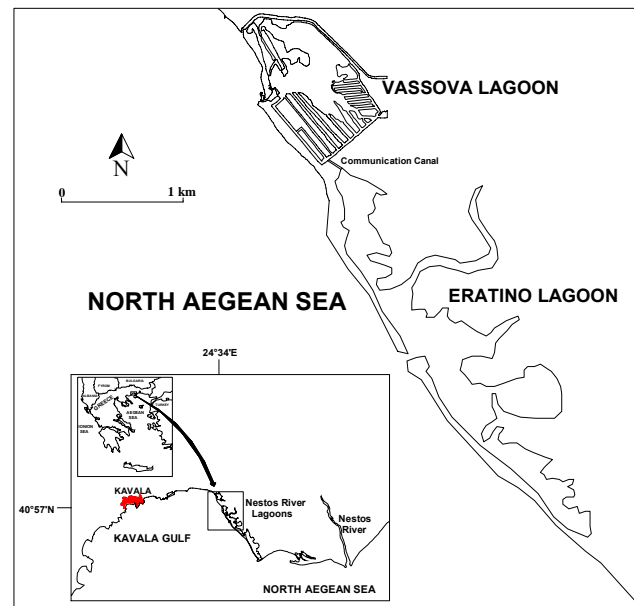
β) Η επίδραση του ανέμου είναι δυνατόν αν μεταφέρει νερό πάνω από τον ύφαλο, καθώς ο άνεμος που κινείται από το στόμιο προς τη κεφαλή του φιόρδ, αυξάνει τη στάθμη της θάλασσας στη κεφαλή. Η πιεσοβαθμίδα που προκαλείται με φορά από τη κεφαλή προς το στόμιο, εξισορροπείται από την άνοδο του πυκνοκλινούς στη περιοχή του στομίου, ένα φαινόμενο που ονομάζεται upwelling



Γεωμορφολογικό Σύστημα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

γ) οι παράκτιες λιμνοθάλασσες (bar-built estuaries & coastal lagoons)

Πρόκειται για ρηχές λεκάνες που οφείλουν τον ημίκλειστο χαρακτήρα τους στην προέκταση ενός αμμώδους συνήθως βραχίονα (spit, sand bar) που τροφοδοτείται με ίζημα από τα διαμήκη παράκτια ρεύματα. Η λεκάνη δημιουργείται κατά την έξοδο στη θάλασσα ενός ή περισσοτέρων ποταμών. Το μέγεθος του ανοίγματος που επιτρέπει ο βραχίονας εξαρτάται από τη ποτάμια ροή ή τη παλιρροιακή κυκλοφορία, και σε πολλές περιπτώσεις η λεκάνη αποκλείεται κατά περιόδους



ΜΕΤΙ

Γεωμορφολογικό Σύστημα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Οι λεκάνες των συστημάτων αυτών είναι συνήθως ρηχές (μερικά μέτρα βάθος). Το στόμιο του συστήματος έχει τη μορφή στενού καναλιού που παράγει έντονα παλιρροιακά ρεύματα (0.15 m/s ή μεγαλύτερα), με μεγέθη ικανά να μεταφέρουν ιζήματα ακόμη και μεγάλης κοκκομετρικής διαμέτρου.

Το παλιρροιακό στόμιο συνήθως περιορίζει την επίδραση των παλιρροιών στο εσωτερικό της λεκάνης, προκαλώντας μία διαφορά φάσης μεταξύ της ημίκλειστης λεκάνης και της παρακείμενης ανοικτής θάλασσας που μπορεί να φθάσει τις 90° σε πολύ στενά κανάλια. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η άνοδος της στάθμης στη λεκάνη είναι σχεδόν μηδενική όταν η ωκεάνια στάθμη βρίσκεται στο μέγιστο ή στο ελάχιστό της.

Σύστημα Ταξινόμησης Στρωματοποίησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Γενικά το γλυκό νερό που εισέρχεται στα παράκτια αυτά συστήματα δημιουργεί ένα ανώτερο στρώμα νερού χαμηλής πυκνότητας που καλύπτει την επιφάνεια του συστήματος και εξέρχεται προς την ανοικτή θάλασσα.

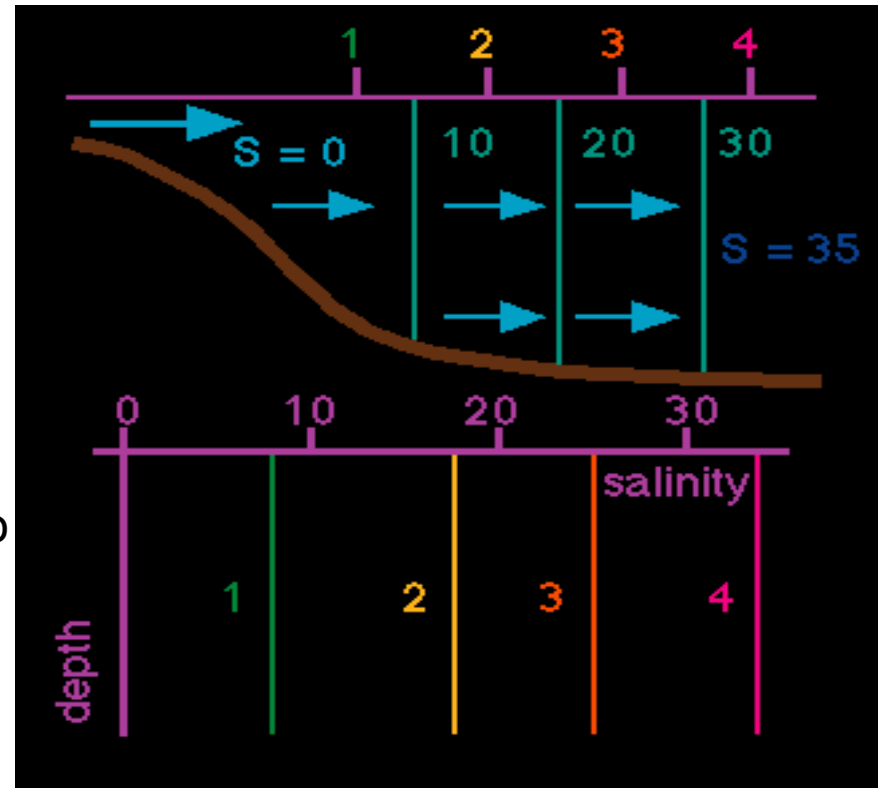
Ταυτόχρονα, συμβαίνει η εισροή ωκεάνιου νερού με μεγαλύτερη πυκνότητα που καταλαμβάνει το κατώτερο στρώμα του συστήματος. Η παρουσία των δύο διαφορετικών στρωμάτων συνοδεύεται από την εμφάνιση της μεταξύ τους διεπιφάνειας, μέσω της οποίας γίνεται η μείξη των δύο υδάτινων μαζών. Η ταξινόμηση αυτή σχετίζεται με το βαθμό στρωματοποίησης – μείξης των δύο αυτών στρωμάτων, η οποία προσδιορίζει και τη κατανομή των λοιπών παραμέτρων νερού και ρύπων στο σύστημα.

Σύστημα Ταξινόμησης Στρωματοποίησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

α) συστήματα πλήρους ανάμειξης

Ρηχά συστήματα μικρού όγκου, όπου η αλατότητα σε κάθε σημείο είναι σχετικά ομοιόμορφη από την επιφάνεια ως το πυθμένα, (πλήρης τυρβώδης μείξη ποτάμιου και θαλασσινού νερού).

Η αλατότητα εμφανίζει διαμήκη αύξηση από τη κεφαλή του συστήματος προς το στόμιό του

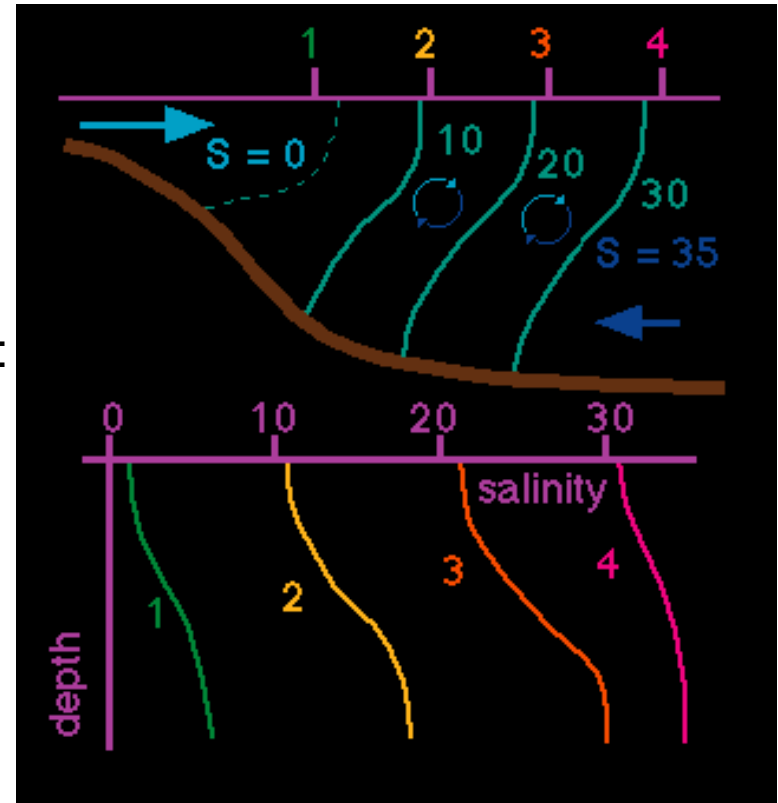


Σύστημα Ταξινόμησης Στρωματοποίησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

β) συστήματα μερικής ανάμειξης

Ρηχά συστήματα όπου η αλατότητα αυξάνει σταδιακά από τη κεφαλή προς το στόμιο σε κάθε βάθος.

Αναγνωρίζονται δύο βασικά στρώματα νερού: το νερό χαμηλής αλατότητας που έχει ποτάμια προέλευση, και το θαλασσινό νερό που καταλαμβάνει το πυθμένα. Τα δύο στρώματα διαχωρίζονται από μία ζώνη μείξης.



Τυπική κυκλοφορία ποταμοεκβολών (estuarine circulation), καθώς υπάρχει μία καθαρή επιφανειακή ροή προς τον ωκεανό και μία ροή αντίθετης φοράς του υπο-επιφανειακού θαλάσσιου νερού

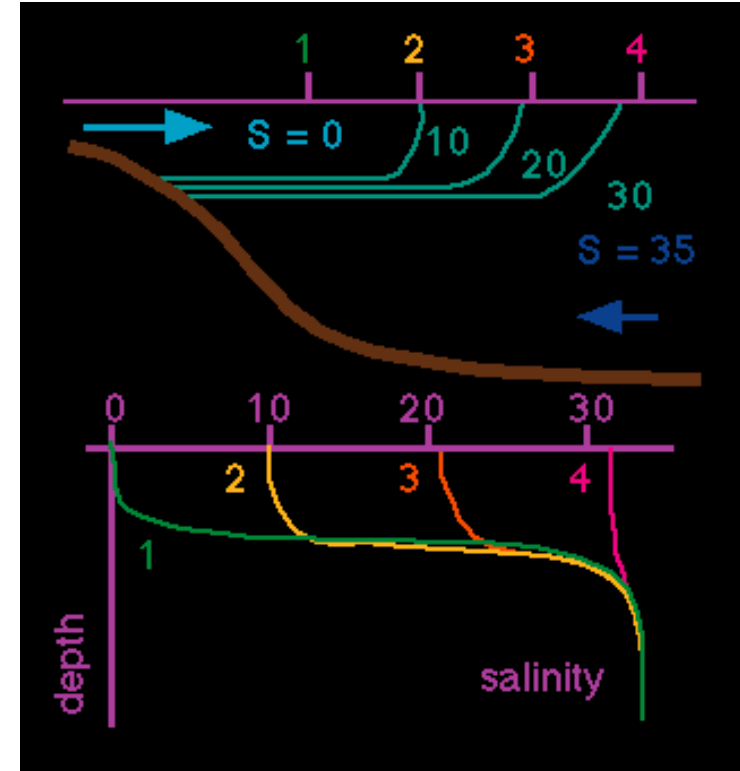
Σύστημα Ταξινόμησης Στρωματοποίησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

γ) συστήματα υψηλής στρωμάτωσης

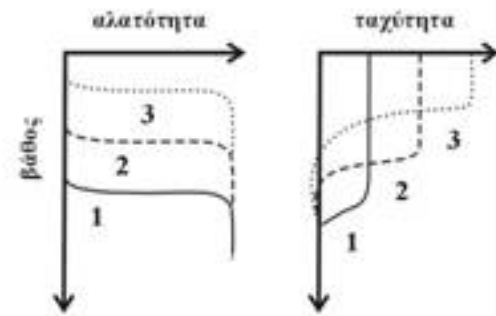
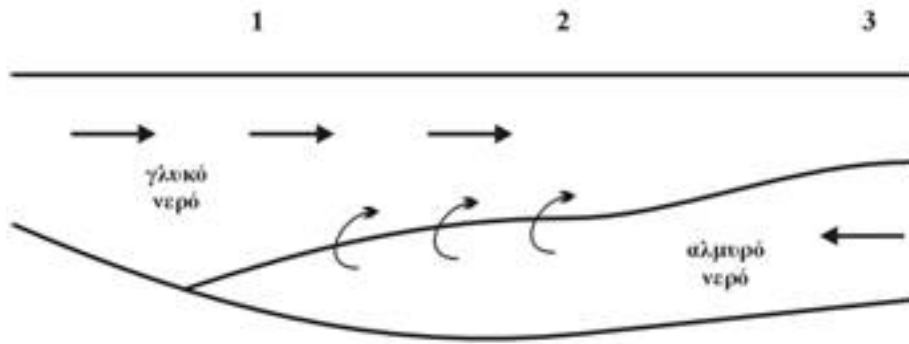
Τυπικά βαθιά συστήματα όπου η αλατότητα του ανώτερου στρώματος αυξάνει από τη κεφαλή προς το στόμιο, σε τιμή σχεδόν ίση με αυτή του ανοικτού ωκεανού. Το βαθύτερο στρώμα έχει σχετικά ομοιόμορφη ωκεάνια αλατότητα, σε κάθε βάθος σε όλο το μήκος του συστήματος.

Η καθαρή ροή των δύο στρωμάτων είναι όμοια με αυτή των μερικά αναμεμιγμένων συστημάτων, εκτός από το ότι η μείξη που συμβαίνει στην διεπιφάνεια προκαλεί εισροή πυθμιαίου νερού προς την επιφάνεια. Αντίθετα, το νερό χαμηλής αλατότητας δεν διαλυτοποιείται στο βαθύτερο στρώμα.

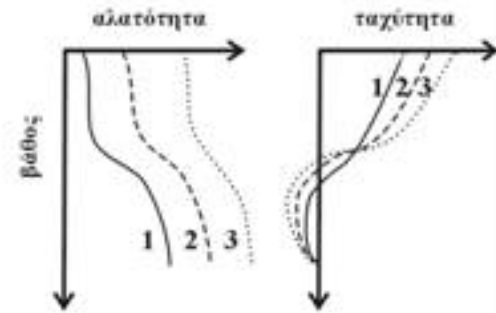
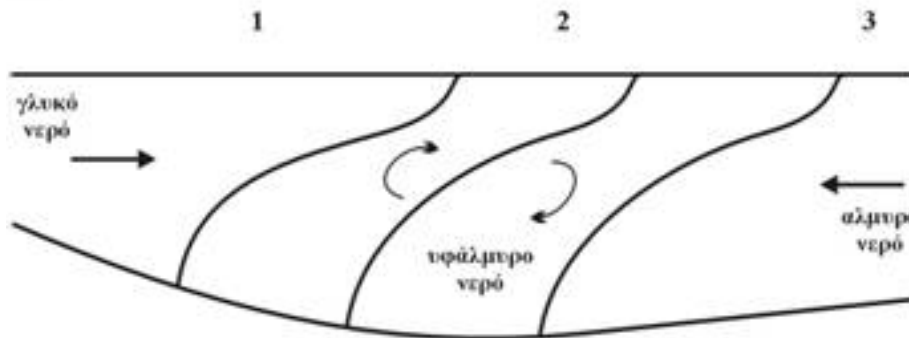
Στο εσωτερικό του συστήματος αναπτύσσεται ένα ισχυρό αλοκλινές στη διεπιφάνεια, με αλοβαθμίδα των 20‰



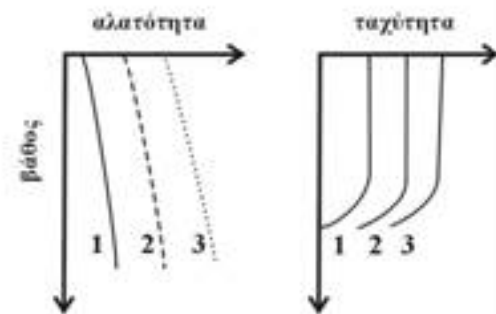
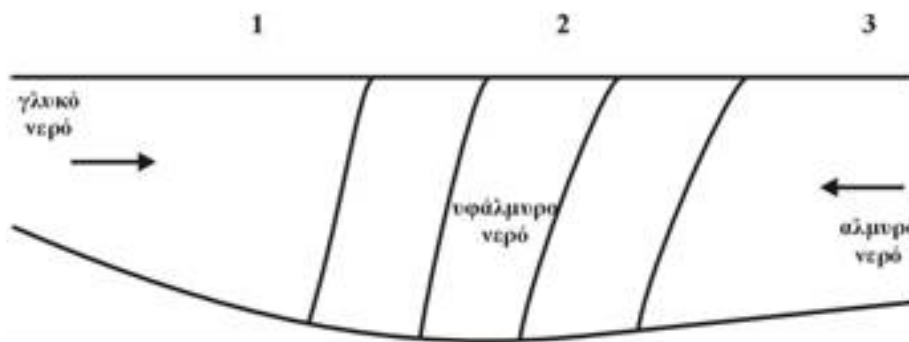
(i)



(ii)



(iii)



Παραδείγματα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Τα πλήρως αναμιγμένα συστήματα είναι εξαιρετικά σπάνια στη πραγματικότητα, ωστόσο αρκετά συστήματα προσεγγίζουν αυτές τις συνθήκες.

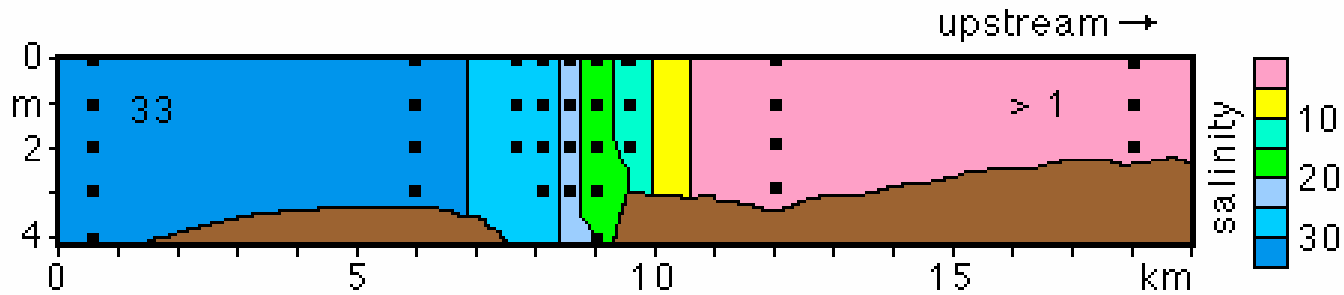
Για τη κατάταξή τους σε αυτή τη κατηγορία συγκρίνουμε το λόγο R/V , όπου R είναι ο όγκος γλυκού νερού που εισέρχεται στο σύστημα κατά τη διάρκεια ενός παλιρροιακού κύκλου (12.5 ώρες), και V ο παλιρροιακός όγκος δηλ. ο όγκος νερού που εισέρχεται από την ανοικτή θάλασσα στο σύστημα κατά τη φάση πλήμμης της παλίρροιας.

Τα συστήματα πλήρους ανάμειξης χαρακτηρίζονται από **πολύ χαμηλούς λόγους R/V** , μικρότερους του 0.005.

Αυτό σημαίνει ότι το γλυκό ποτάμιο νερό έχει όγκο πολλές τάξεις μικρότερο αυτού της θαλάσσιας εισροής.

Συμβαίνει σε περιοχές με πολύ μεγάλο παλιρροιακό εύρος, όπου δημιουργούνται έντονα παλιρροιακά ρεύματα, τα οποία εισάγουν τύρβη στο σύστημα προκαλώντας τη πλήρη κατακόρυφη ανάμειξη.

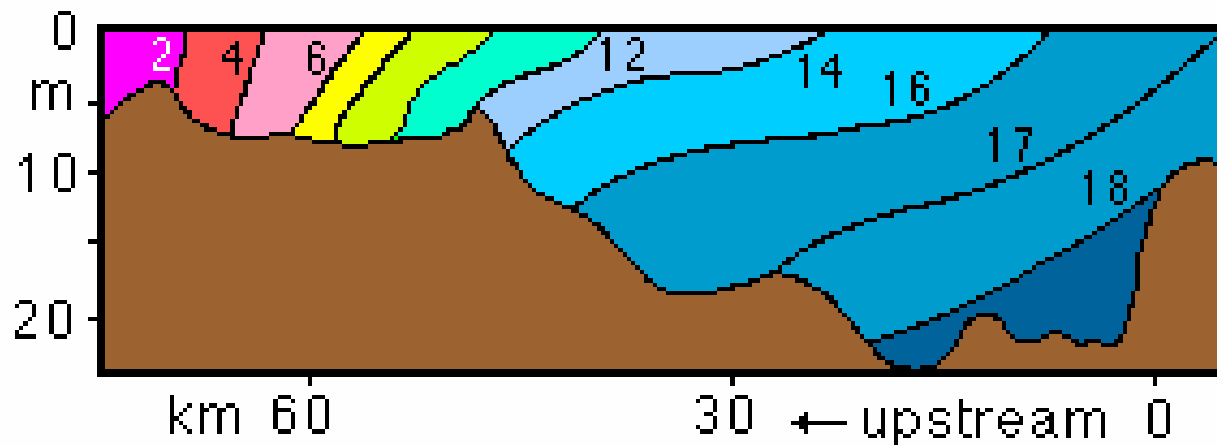
Παραδείγματα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων



Κατανομή αλατότητας κατά μήκος του Myall River (Αυστραλία).

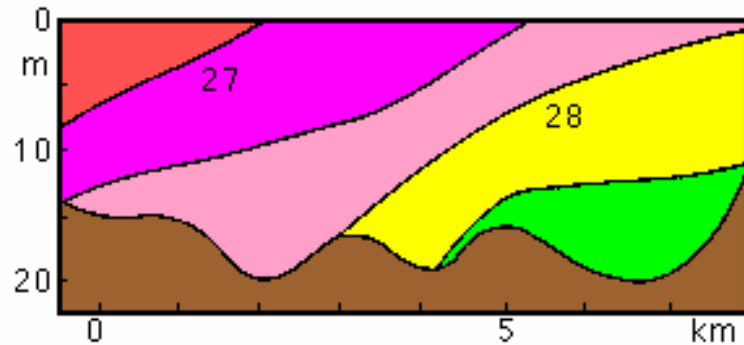
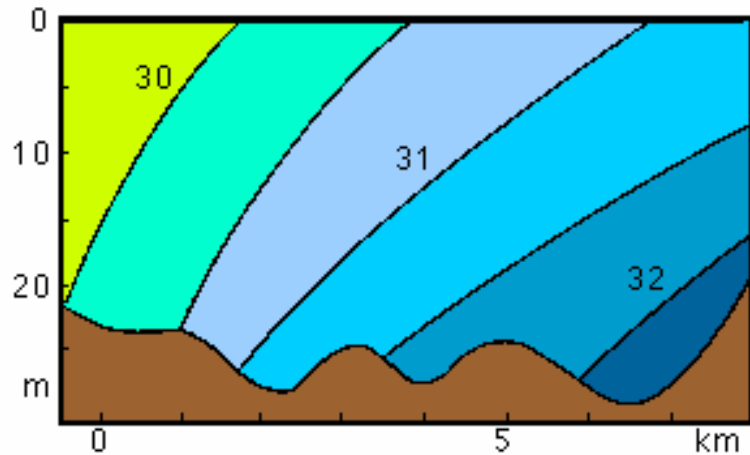
Παραδείγματα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Στα συστήματα μερικής ανάμειξης, ο λόγος R/V είναι αυξημένος μεταξύ **0.005 – 0.1**. Τα παλιρροιακά ρεύματα είναι ιδιαίτερα έντονα ώστε το σύστημα γίνεται παντού τυρβώδες. Στα ρηχά συστήματα η τύρβη είναι το αποτέλεσμα της τριβής πυθμένα, δημιουργώντας διατμητικές τάσεις μέσα στην υδάτινη στήλη. Η τυρβώδης μείξη που αναπτύσσεται προκαλεί ανταλλαγή μάζας, ορμής και άλατος μεταξύ των δύο στρωμάτων και προς τις δύο κατευθύνσεις.



Κατανομή αλατότητας κατά μήκος του Chesapeake Bay.

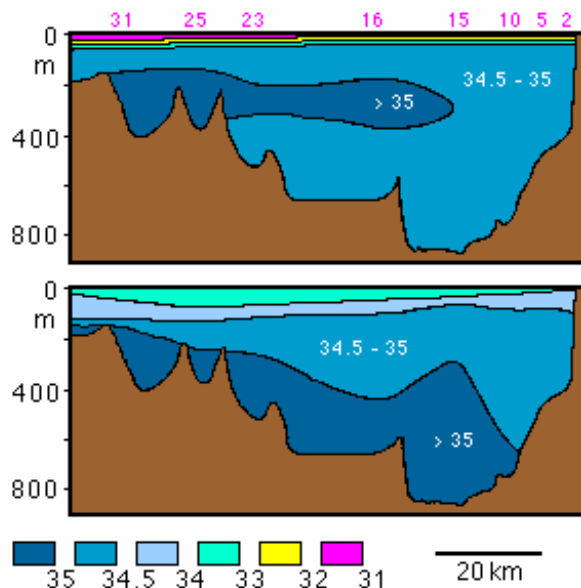
Παραδείγματα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων



Κατανομή αλατότητας κατά μήκος του Mersey River υπό συνθήκες πλήμμης (εισόδου θαλασσινού νερού) και άμπωτης (εξόδου θαλασσινού νερού).

Παραδείγματα Ταξινόμησης Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

Η αύξηση του λόγου R/V στα επίπεδα των $0.1 - 1.0$ μετατρέπει το σύστημα σε **ισχυρά στρωματωποιημένο**. Το επιφανειακό στρώμα γλυκού νερού κινείται αντίθετα σε σχέση με το παλιρροιακό ρεύμα δημιουργώντας έντονη διατμητική τάση στη διεπιφάνεια. Η τάση αυτή δημιουργεί αστάθειες με τη μορφή εσωτερικών κυμάτων που συχνά θραύονται τοπικά εκτοξεύοντας αλμυρό νερό στο ανώτερο στρώμα. Η διεργασία αυτή ονομάζεται εισδοχή (entrainment) και ορίζεται ως η μεταφορά μάζας και άλατος από το λιγότερο τυρβώδες στρώμα προς το στρώμα υψηλής τύρβης, επομένως η εισδοχή είναι διεργασία μονής κατεύθυνσης.



Κατανομή αλατότητας κατά μήκος του Hardanger Fjord το καλοκαίρι (πάνω διάγραμμα) και το χειμώνα (κάτω διάγραμμα).

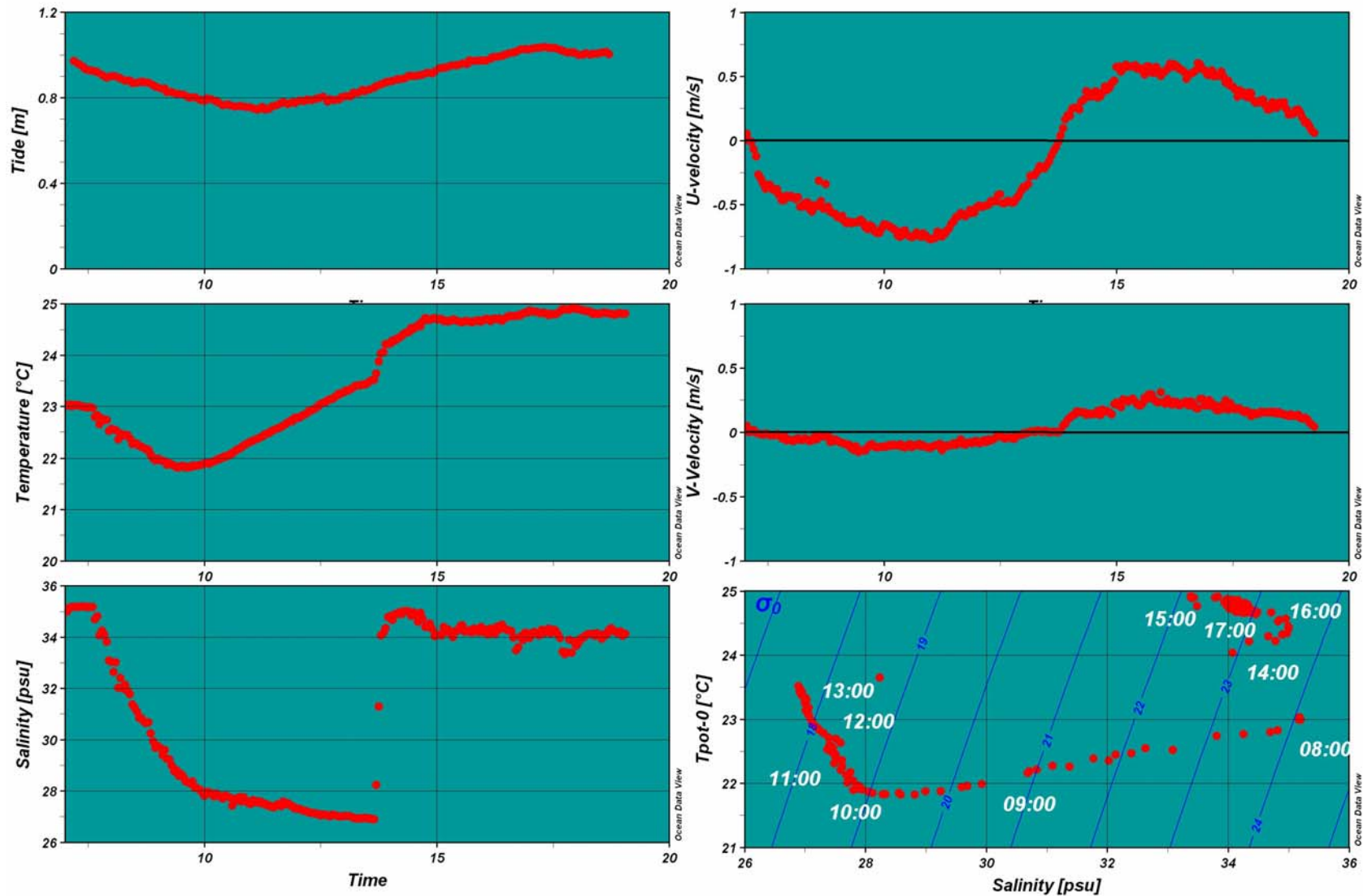
ρόγραμμα
ΜΠ

Κύριες Διεργασίες Παράκτιων Υδατικών Συστημάτων

A) Παλιρροιακά Ρεύματα (Tidal Currents)

Η ένταση των παλιρροιακών ρευμάτων εξαρτάται από το λόγο του παλιρροιακού εύρους της στάθμης της θάλασσας προς το μέσο βάθος της παράκτιας λεκάνης. Συνήθως ο λόγος αυτός κυμαίνεται μεταξύ 10 και 100%. Αυτό σημαίνει ότι **τα παλιρροιακά ρεύματα στις παράκτιες λεκάνες είναι γενικά μεγάλης έντασης.**

Τα ρεύματα αυτά έχουν σημαντική επίδραση στη **μετακίνηση αιωρούμενου υλικού (σωματιδίων, όπως ρύποι, ιζήματα, πλαγκτόν, κλπ.)**, προκαλώντας την οριζόντια διασπορά τους ή/και τη κατακόρυφη μείξη τους. Τα έντονα παλιρροιακά ρεύματα μπορούν να **διαβρώσουν το θαλάσσιο πυθμένα** προκαλώντας την επανα-αιώρηση των ιζημάτων. Το μέσο παλιρροιακό εύρος στο Παγκόσμιο Ωκεανό είναι της τάξης του 1 μ, ωστόσο σε κάποιους ωκεανούς φθάνει τα 2-3 μ. Το εύρος αυτό ενισχύεται στις παράκτιες λεκάνες, όπου λόγω του φαινομένου του συντονισμού (resonance) παράγονται μακροπαλίρροιες (macrotides), δηλ. παλίρροιες με πολύ υψηλό εύρος. Μόνο σε πολύ περιορισμένες λεκάνες συναντούμε χαμηλά παλιρροιακά εύρη, της τάξης των περίπου 20 εκ., που καλούνται μικροπαλίρροιες (micro-tides).



Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας (αριστερά πάνω), της θερμοκρασίας (αριστερά μέση), της αλατότητας (αριστερά κάτω), παλιρροιακού ρεύματος (δεξιά πάνω), στη λιμνοθάλασσα Βάσσηρα κατά τη διάρκεια ενός πλήρους παλιρροιακού κύκλου.

B) Εισροή Γλυκού Νερού (Freshwater Inflow)

Το γλυκό νερό εισέρχεται στις παράκτιες λεκάνες μέσω των ποταμών, των χειμάρρων, καθώς και πιθανών υπόγειων εκροών (π.χ., υποθαλάσσιων πηγών).

Η εισροή του προκαλεί την ανάπτυξη ενός επιφανειακού στρώματος χαμηλής πυκνότητας που κινείται από τη κεφαλή προς το στόμιο του συστήματος. Εισέρχεται επίσης στα παράκτια συστήματα μέσω της βροχόπτωσης.

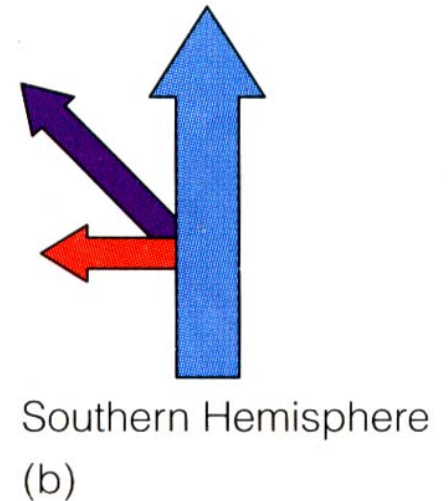
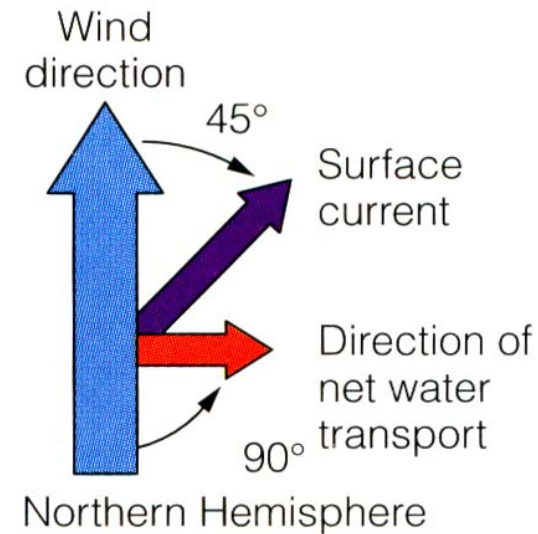
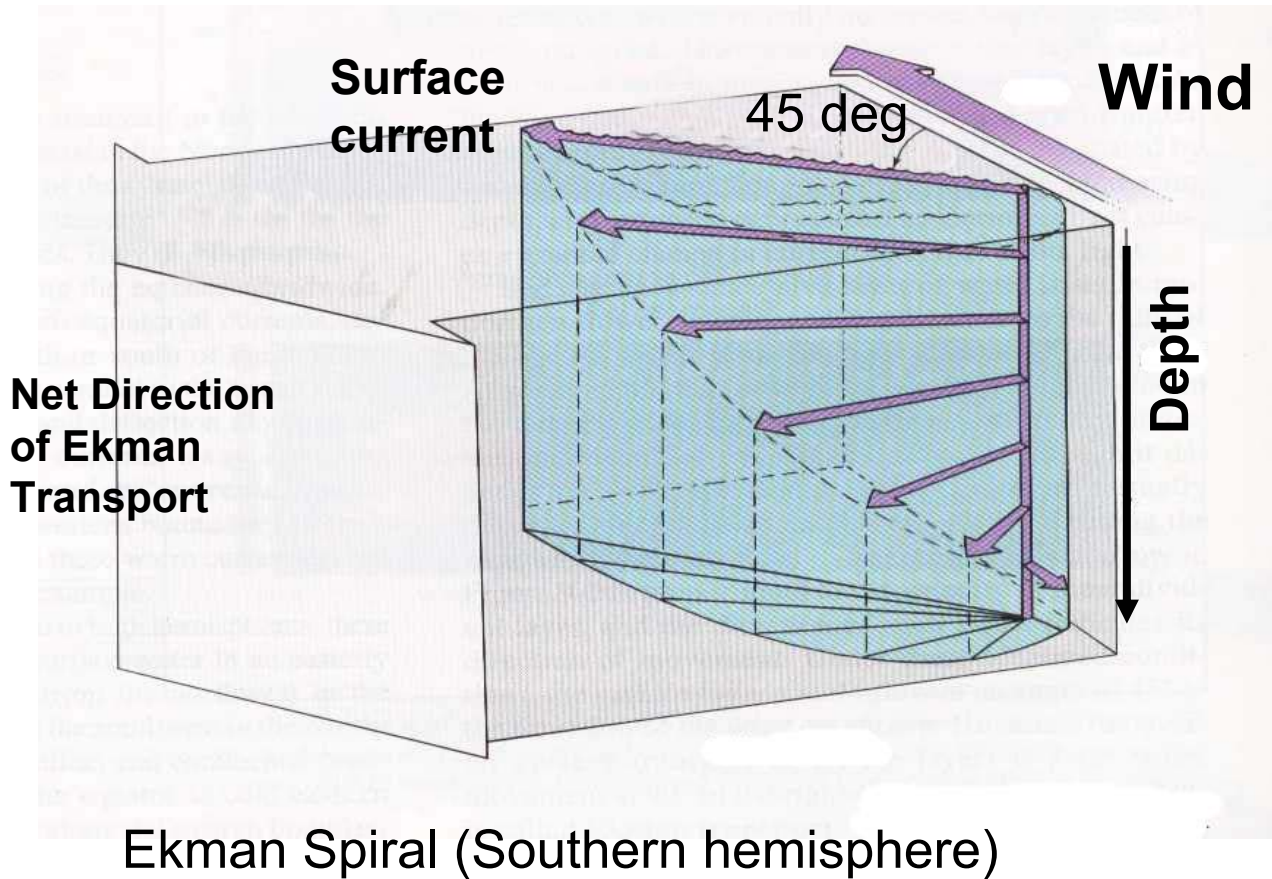
Το σχετικό μέγεθος της εισροής γλυκού νερού στα παράκτια συστήματα εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, το χερσαίο ανάγλυφο, η αστικοποίηση, η απόληψη νερού για άρδευση, η βιομηχανική και ανθρώπινη χρήση νερού, κλπ. Η εισροή γλυκού νερού **επηρεάζει τη δυναμική της παράκτιας λεκάνης καθώς μεταβάλλει τη κατανομή της αλατότητας**, άρα και της πυκνότητας, ενώ **προκαλεί την έξοδο μεγάλων όγκων θαλασσινού νερού από το σύστημα προς την ανοικτή θάλασσα**.

Γ) Επίδραση Ανέμου (Wind Forcing)

Η σημασία της επίδρασης του ανέμου αυξάνει στις παράκτιες λεκάνες λόγω του περιορισμένου βάθους της υδάτινης στήλης των λεκανών αυτών.

Έτσι, η επίδραση του ανέμου επηρεάζει σχεδόν ολόκληρη την υδάτινη στήλη και όχι μόνο το επιφανειακό στρώμα (στρώμα Ekman) που επηρεάζεται στη περίπτωση του ανοικτού ωκεανού. Ωστόσο, το παραγόμενο ανεμογενές ρεύμα (wind-induced current) έχει ένταση υψηλότερη στην επιφάνεια της θάλασσας η οποία βαίνει σταδιακά μειούμενη με το βάθος. Σύμφωνα με παρατηρήσεις πεδίου, η ένταση του ανεμογενούς ρεύματος είναι περίπου το 3% της έντασης του ανέμου που το δημιουργεί, η δε διεύθυνσή του εκτρέπεται κατά 45° δεξιόστροφα από τη διεύθυνση του ανέμου

Ekman Spiral



Δ) Επίδραση Τριβής Πυθμένα (Bottom Friction)

Η τριβή πυθμένα θεωρείται σημαντική δύναμη στη δυναμική ισορροπία των παράκτιων λεκανών, λόγω και πάλι του περιορισμένου βάθους τους.

Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους:

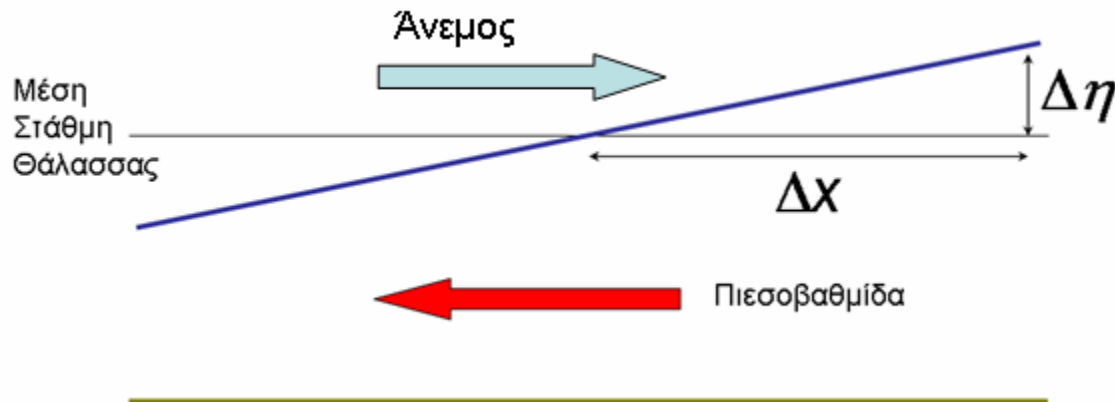
α) στο γεγονός ότι η πυθμιαία τριβή είναι μία επιφανειακή δύναμη, επομένως αυξάνει τη σχετική σημασία της όταν το βάθος μειώνεται, προκαλώντας σημαντική επίδραση στη φυσική και οικολογική δυναμικών των παράκτιων συστημάτων, σε αντίθεση με την ανοικτή θάλασσα όπου η τριβή πυθμένα θεωρείται ότι επιδρά σε σχεδόν αμελητέο τμήμα της υδάτινης στήλης.

β) η τριβή πυθμένα είναι σημαντική ώστε να αυξάνεται με το τετράγωνο της ταχύτητας του ρεύματος. Έτσι, καθώς οι παράκτιες λεκάνες εμφανίζουν πολύ υψηλότερα ρεύματα από την ανοικτή θάλασσα, η σημασία της τριβής πυθμένα στη παράκτια δυναμική αυξάνει.

Ε) Πιεσοβαθμίδα (Pressure Gradient)

Η κυρίαρχη δύναμη σε όλα τα ωκεάνια συστήματα είναι οριζόντια πιεσοβαθμίδα, η οποία προκαλείται από δύο διεργασίες: α) τη μεταβολή στη κλίση της στάθμης της θάλασσας, όταν το νερό είναι σταθερής πυκνότητας (βαροτροπική πιεσοβαθμίδα), και β) από τις οριζόντιες μεταβολές της πυκνότητας σε ένα δεδομένο επίπεδο βάθους της υδάτινης στήλης (βαροκλιτική πιεσοβαθμίδα).

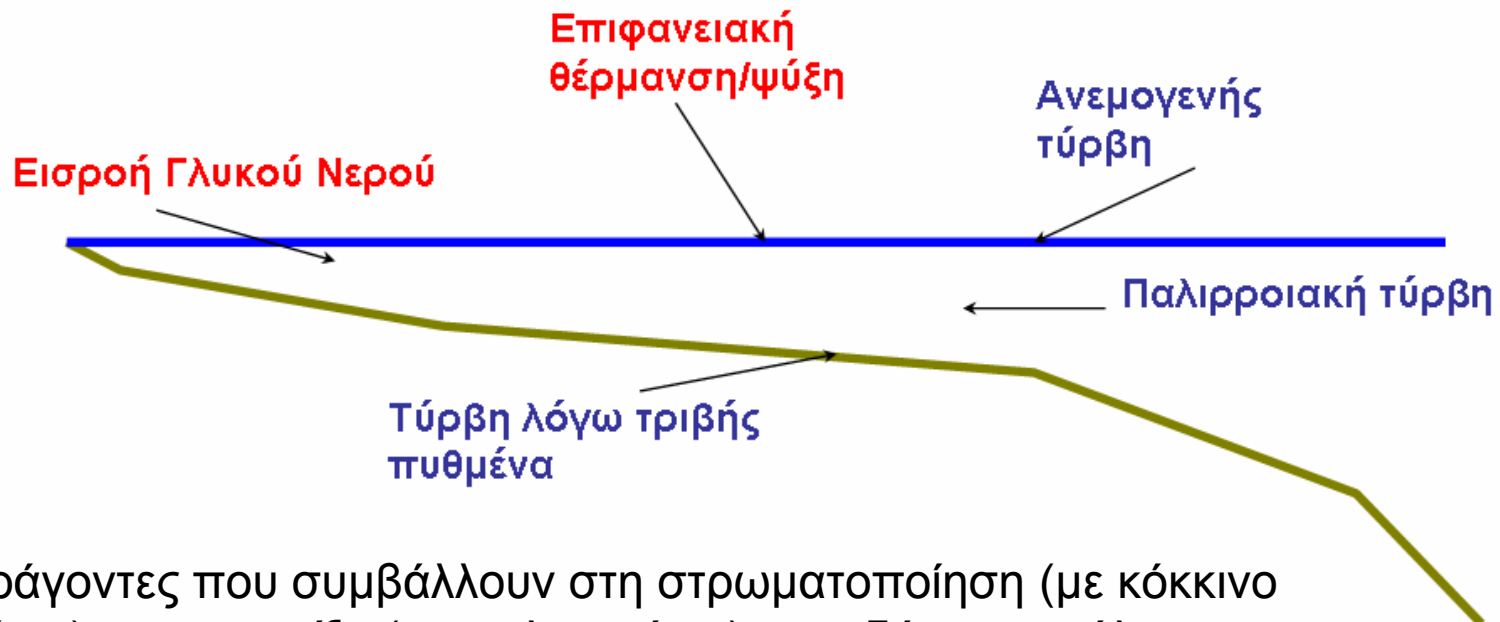
Η πιεσοβαθμίδα παράγεται άμεσα μέσω της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας που προκαλούν οι παλίρροιες, η επίδραση της περιστροφής της Γης (δύναμη Coriolis), ο άνεμος και τα θραυόμενα κύματα. Τέλος, παράγεται από διαφορές πυκνότητας της υδάτινης στήλης, λόγω διαφορών θερμοκρασίας και αλατότητας, ειδικά στις περιοχές εισροής γλυκού νερού στα παράκτια συστήματα.



ΣΤ) Στρωματοποίηση (Stratification)

Η στρωματοποίηση συμβαίνει στις παράκτιες λεκάνες λόγω της επιφανειακής θέρμανσης (κυρίως κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι), και της εισροής γλυκού νερού. Ταυτόχρονα, όπως είδαμε προηγουμένως, οι παράκτιες περιοχές έχουν αυξημένες ροές γλυκού νερού, περιορισμένο βάθος, εντονότερα παλιρροιακά και ανεμογενή ρεύματα. Τα έντονα παλιρροιακά και ανεμογενή ρεύματα προκαλούν μείωση της στρωματοποίησης και κατακόρυφη ανάμειξη

Προκύπτει λοιπόν ότι οι παράκτιες λεκάνες χαρακτηρίζονται από έντονες μεταβολές στο χώρο και το χρόνο στις συνθήκες στρωματοποίησης τους.

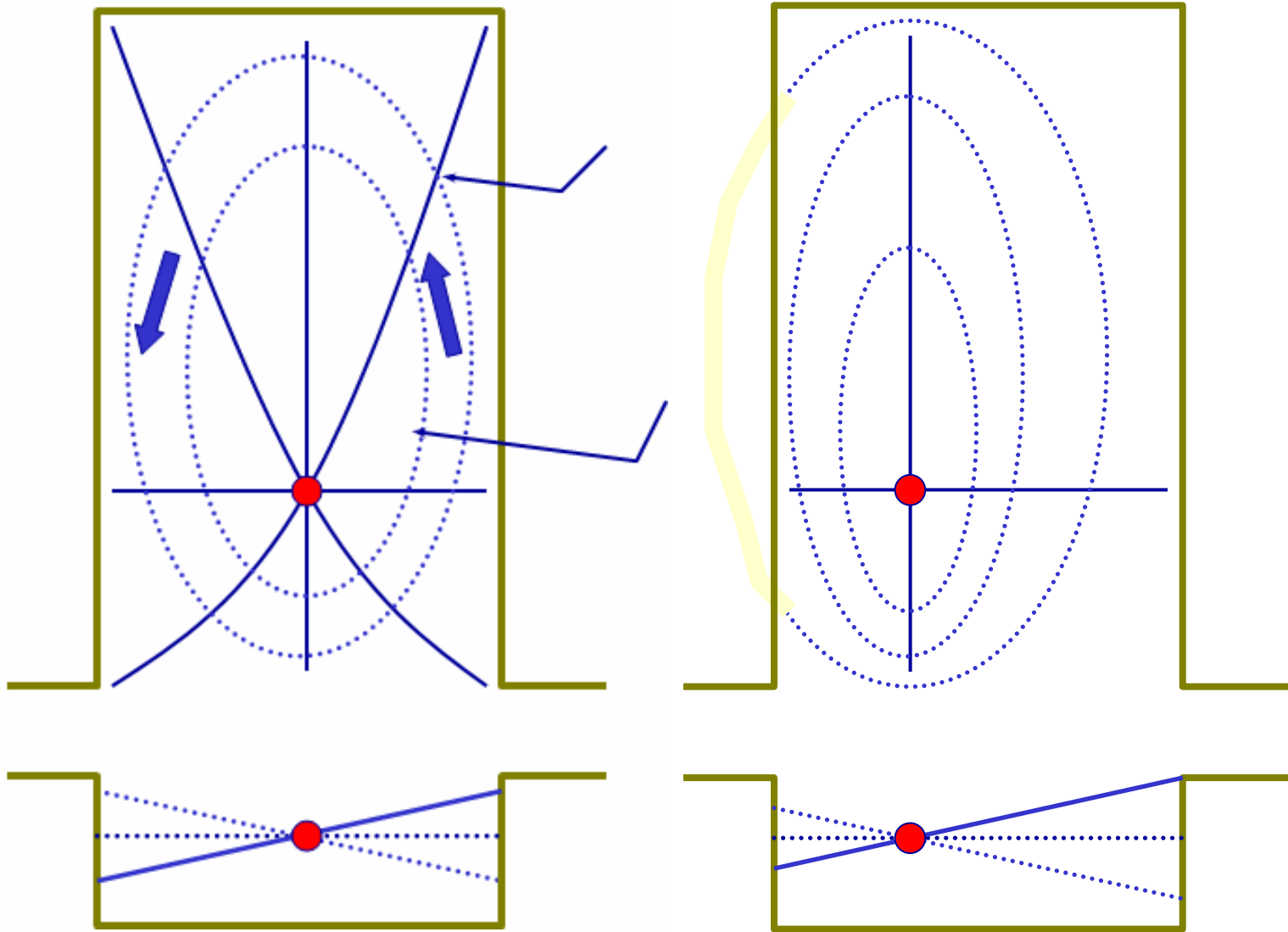


Παράγοντες που συμβάλλουν στη στρωματοποίηση (με κόκκινο χρώμα) και στη μείξη (με μπλε χρώμα) της υδάτινης στήλης

Z) Τοπογραφικές Επιδράσεις

Οι τοπογραφικές επιδράσεις κατηγοριοποιούνται σε:

α) επίδραση στη κλασσική κυκλοφορία παράκτιας λεκάνης, η οποία είναι αντι-ωρολογιακή γύρω από τη λεκάνη στο Β. Ημισφαίριο και ωρολογιακή στο Ν. Ημισφαίριο. Πράγματι, στο Β. Ημισφαίριο το νερό κινείται δεξιόστροφα προς τη κοντινότερη ακτογραμμή (αντίστροφα στο Ν. Ημισφαίριο), δημιουργώντας μία περιδύνηση (gyre). Έτσι, το γλυκό νερό που εκρέει από ένα ποταμό σε μία παράκτια λεκάνη εκτρέπεται και κινείται δεξιόστροφα σχηματίζοντας προς αυτή τη διεύθυνση στρώμα μεγαλύτερου πάχους. Ταυτόχρονα, το νερό που εισέρχεται στη λεκάνη κατά τη διάρκεια μίας παλίρροιας κινείται και αυτό δεξιόστροφα (αντίθετα από το γλυκό νερό), καταλαμβάνοντας μεγαλύτερο πάχος στρώματος κατά τη διεύθυνση αυτή



Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
Σπουδών ΤΜΓ