

**ΤΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ
ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΗ**

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΑΓΚΟΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΘΕΜΑ:

*“Τα θαλάσσια ρεύματα και η σημασία τους στη θαλάσσια
ζωή”*

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΒΑΙΚΟΣ
ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

A.Γ.Μ:3599

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:

A/A	Όνοματεπώνυμο	Ειδικότης	Αξιολόγηση	Υπογραφή
1				
2				
3				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΝΙΚΟΣ ΤΣΟΥΛΗΣ

Contents

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΣΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ.....	6
2.1 Η Θερμόαλη κυκλοφορία.....	6
Η επίδραση του ανέμου στα φαινόμενα της παράκτιας ανάδυσης (coastal upwelling) και της παράκτιας καταβύθισης (coastal downwelling).....	8
Το φαινόμενο El Niño.....	8
2.2 Ανεμογενής κυκλοφορία.....	12
Κυκλοφορία και Υδάτινες Μάζες.....	12
3. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ.....	13
4. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ.....	20
5. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	21
5.1 Animation της NASA με τα θαλάσσια ρεύματα της Γης.....	21
5.2 Νότιος Ωκεανός (Southern Ocean).....	22
5.3 Ατλαντικός Ωκεανός.....	23
5.4 Παρακείμενες Λεκάνες Ατλαντικού Ωκεανού.....	25
Μεσόγειος Θάλασσα.....	25
Μαύρη Θάλασσα.....	25
5.5 Ειρηνικός Ωκεανός.....	26
5.6 Το ρεύμα του Κόλπου (Gulf Stream).....	29
Το Gulf Stream και οι κλιματικές προοπτικές στην Ευρώπη.....	31
6. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ.....	35
6.1 Στατικοί ρευματογράφοι (current meters).....	35
6.2 Παρασυρόμενοι πλωτοί μετρητές (drifters).....	36
6.3 Μετρήσεις με ραντάρ υψηλής συχνότητας (HF Radar).....	37
6.4 Υπολογισμός ρευμάτων με τη χρήση δορυφορικών μετρήσεων.....	39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θαλάσσιο ρεύμα ονομάζεται κάθε συνεχής κίνηση του θαλάσσιου νερού προς την ίδια κατεύθυνση σε μία περιοχή της θάλασσας. Η κίνηση αυτή προκαλείται από δυνάμεις που δρουν επί της μέσης ροής του υδάτινου όγκου, όπως η θραύση των κυμάτων, ο άνεμος, οι δυνάμεις Coriolis, η βαρυτική καταβύθιση, οι διαφορές θερμοκρασίας και αλμυρότητας, κλπ., ενώ οι παλίρροιες, που δημιουργούν παροδικά περιοδικώς εναλλασσόμενα ρεύματα, τα παλιρροϊκά ρεύματα, προκαλούνται από τις έλξεις της Σελήνης και του Ηλίου. Η βαθυμετρική διαμόρφωση του βυθού, το σχήμα της ακτογραμμής και οι αλληλεπιδράσεις με άλλα θαλάσσια ρεύματα επηρεάζουν τόσο την κατεύθυνση όσο και την ταχύτητα («δύναμη») ενός ρεύματος.

Τα ωκεάνια ρεύματα διατρέχουν μεγάλες αποστάσεις και συνολικά δημιουργούν την παγκόσμια αλοθερμική κυκλοφορία, που διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στο κλίμα πολλών περιοχών της Γης. Τα μεγάλα ρεύματα επηρεάζουν τη μέση θερμοκρασία των γειτονικών τους περιοχών. Π.χ. τα θερμά ρεύματα που διασχίζουν μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη αυξάνουν τη θερμοκρασία των γειτονικών τους περιοχών ξηράς θερμαίνοντας τις θαλάσσιες αύρες που φυσούν επάνω από αυτές. Το πλέον χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα είναι ίσως το Ρεύμα του Κόλπου, που καθιστά τη βορειοδυτική Ευρώπη και ιδίως τις Βρετανικές Νήσους πολύ θερμότερες από οποιαδήποτε άλλη περιοχή της Γης που βρίσκεται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος. Μία άλλη, αντίθετη περίπτωση είναι η Λίμα του Περού, όπου το κλίμα είναι δροσερότερο (υποτροπικό) από αυτό της τροπικής ζώνης στην οποία βρίσκεται, εξαιτίας της επιδράσεως του Ρεύματος Χούμπολτ.

Τα επιφανειακά θαλάσσια ρεύματα κατευθύνονται σε κάποιες περιπτώσεις από τον άνεμο και αναπτύσσουν χαρακτηριστικά δεξιόστροφες ροές στο Βόρειο Ημισφαίριο και αριστερόστροφες ροές στο Νότιο Ημισφαίριο εξαιτίας των δυνάμεων που ασκούν οι άνεμοι. Σε τέτοια ρεύματα, το φαινόμενο της σπείρας Έκμαν έχει ως αποτέλεσμα το ρεύμα να ρέει υπό γωνία ως προς τον άνεμο που το καθοδηγεί. Οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν τα επιφανειακά ρεύματα μετακινούνται ελαφρά ανάλογα με την εποχή του έτους, κάτι εμφανέστερο στα ισημερινά ρεύματα.

Οι ωκεάνιες λεκάνες γενικώς έχουν από επάνω τους ένα μη συμμετρικό επιφανειακό ρεύμα, του οποίου ο ανατολικός κλάδος που ρέει προς τον ισημερινό είναι ευρύς και διάχυτος, ενώ ο δυτικός κλάδος που ρέει προς τους πόλους είναι πολύ στενός. Το φαινόμενο αυτό είναι συνέπεια της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της. Τέτοιος κλάδος είναι και το Ρεύμα του Κόλπου.

Τα βαθιά θαλάσσια ρεύματα συντηρούνται από διαφορές πυκνότητας και θερμοκρασίας. Τα ρεύματα αυτά, που αποκαλούνται και «υποθαλάσσιοι ποταμοί», ρέουν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και δεν ανιχνεύονται άμεσα. Η σημαντική κάθετη κίνηση των υδάτινων μαζών, όπου παρατηρείται, είναι γνωστή ως ανάδυση και κατάδυση. Τα τελευταία χρόνια τα βαθιά ρεύματα ερευνώνται με τη χρήση ενός στόλου 4.000 υποθαλάσσιων μίνι-ρομπότ που ονομάζονται Argo.

Τα Νότια Ισημερινά Ρεύματα του Ατλαντικού και του Ειρηνικού Ωκεανού διασχίζουν τον ισημερινό της Γης. Παρά το ότι η δύναμη Coriolis είναι πολύ ασθενής κοντά στον ισημερινό, οι όγκοι νερού που κινούνται σε ρεύματα στις δύο πλευρές του σποκλίνουν ελαφρώς προς τους πόλους και αντικαθίστανται από βαθύτερα νερά. Η ισημερινή αυτή ανάδυση που συμβαίνει στα ισημερινά ρεύματα που κινούνται προς τα δυτικά είναι σημαντική επειδή τα νερά που αναδύονται από τα βάθη του ωκεανού είναι συχνά πλούσια σε θρεπτικά συστατικά για τους θαλάσσιους οργανισμούς. Σε αντίθεση, γενικώς δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη της θαλάσσιας ζωής επικρατούν στα περισσότερα μέρη των τροπικών περιοχών των ωκεανών, επειδή η ισχυρή διαστρωμάτωση των υδάτινων όγκων απομονώνει τα βαθιά ψυχρά και πλούσια σε θρεπτικά συστατικά νερά από τη φωτιζόμενη από το ηλιακό φως επιφάνεια.

Ο όγκος των επιφανειακών θαλάσσιων ρευμάτων αποτελεί μόλις το 8% του όγκου των θαλασσών, περιοριζόμενος στα ανώτερα 400 μέτρα, και διαχωρίζεται από τα βαθύτερα στρώματα εξαιτίας διαφορών στη θερμοκρασία και στην αλμυρότητα που επηρεάζουν την πυκνότητα των υδάτων.

Η ροή των θαλάσσιων ρευμάτων μετράται σε sverdrup (sv). 1 sv ισούται με ρυθμό ροής όγκου 1 εκατομμυρίου κυβικών μέτρων ανά δευτερόλεπτο.

2. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΣΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ

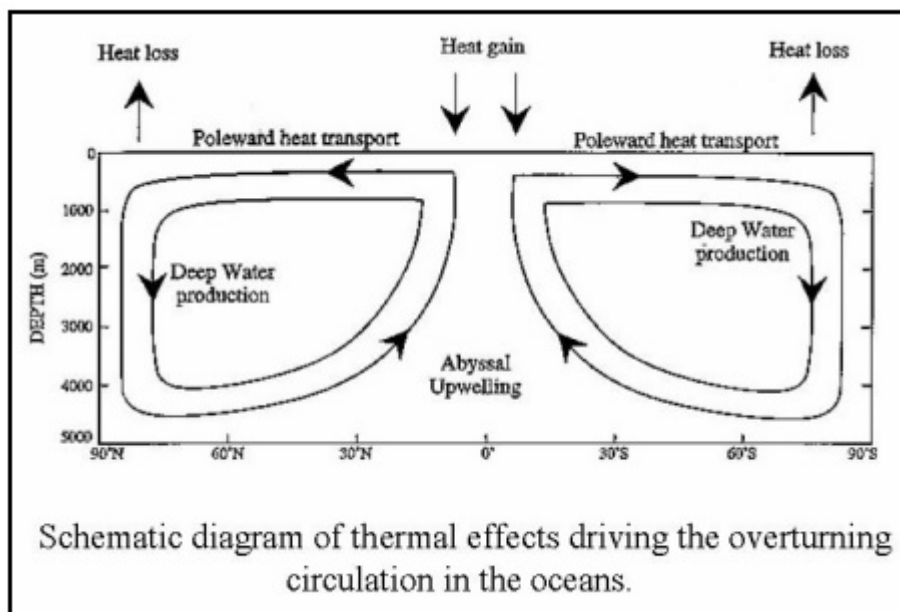
Τα ωκεάνια κυκλοφορία διαιρείται σε δύο τμήματα, την θερμόαλη και την ανεμογενή συνιστώσα ωκεάνιας κυκλοφορίας. Αυτό σημαίνει ότι η ωκεάνια κυκλοφορία οφείλεται κατά ένα μέρος στις μεταβολές της πυκνότητας του νερού οι οποίες προκαλούνται από τις καιρικές και κλιματικές μεταβολές και κατά ένα μέρος στην επίδραση της ανεμογενούς τάσης. Ο τρόπος με τον οποίο οι παράγοντες αυτοί προσδιορίζουν την ωκεάνια κυκλοφορία αναλύεται παρακάτω.

2.1 Η Θερμόαλη κυκλοφορία

Η όρος θερμόαλη κυκλοφορία αναφέρεται στη κίνηση του νερού λόγω μεταβολής της πυκνότητάς του η οποία προκαλείται από μεταβολή της θερμοκρασία ή της αλατότητάς του σε κάποιο σημείο. Η θέρμανση ενός απλού δοχείου νερού στη κουζίνα, δίνει άνοδο του θερμαινόμενου νερού από το πυθμένα στην επιφάνεια του δοχείου, λόγω διαστολής του. Η βύθιση του ψυχρού νερού σε κάποιο άλλο σημείο του δοχείου, προκύπτει από την αρχή της συνέχειας του όγκου του δοχείου. Στον ωκεανό, η κατάσταση είναι διαφορετική, διότι η θερμική ενέργεια προσφέρεται από την επιφάνεια, με την επίδραση του Ηλίου, και όχι από το πυθμένα. Η θέρμανση ενός ρευστού από την επιφάνεια δεν του επιτρέπει να ανυψωθεί, με αποτέλεσμα να μην λαμβάνει χώρα κατακόρυφη θερμική κυκλοφορία. Ωστόσο πειράματα με μεγάλα δοχεία έδειξαν ότι η θέρμανση του νερού σε ένα μόνο σημείο, οδηγεί στην διαστολή και ανύψωση της στάθμης του νερού στο σημείο αυτό και στην οριζόντια κίνηση του θερμού νερού προς τη ψυχρή περιοχή. Έτσι, η μεγαλύτερη θέρμανση της θάλασσας στα χαμηλά γεωγραφικά πλάτη αναγνωρίστηκε ως υπεύθυνη για τη κίνηση του νερού από τον Ισημερινό προς τους Πόλους.

Ωστόσο, η προσφορά θερμότητας στα μικρά γεωγραφικά πλάτη είναι μόνο ένα μέρος του θερμικού ισοζυγίου. Έχουμε ήδη δείξει ότι υπάρχει μία απώλεια θερμότητας από τους ωκεανούς στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη. Το αποτέλεσμα της ψύξης του νερού είναι η αύξηση της πυκνότητάς του, η οποία προκαλεί τη βύθιση και την αντικατάσταση του νερού σε μεγάλα βάθη. Η θερμόαλη κυκλοφορία (thermohaline circulation) οφείλεται στην αύξηση της πυκνότητας του επιφανειακού νερού, είτε άμεσα με τη ψύξη είτε έμμεσα με τη δημιουργία πάγου στην επιφάνεια η οποία αποβάλλει το αλάτι, με αποτέλεσμα την αύξηση της πυκνότητας του εναπομείναντος νερού. Στο Βόρειο Ατλαντικό, η ψύξη του νερού το χειμώνα θεωρείται υπεύθυνη για τη βύθιση του επιφανειακού νερού σε σημαντικά βάθη. Στην Ανταρκτική, η δημιουργία πάγου αυξάνει τη πυκνότητα του νερού με την αποβολή άλατος. Προκύπτει έτσι ότι το κύριο χαρακτηριστικό της θερμόαλης κυκλοφορίας που είναι η κατακόρυφη κίνηση και η βύθιση του επιφανειακού νερού σε κάποια μεσαία βάθη ή ακόμη και στο πυθμένα, με αποτέλεσμα η συνέχεια του όγκου να προκαλεί οριζόντια ροή. Αύξηση της αλατότητας του νερού μπορεί να προκληθεί επίσης και με την εξάτμισή του στους τροπικούς, αλλά γενικά αυτή συνοδεύεται από θέρμανση του νερού με αποτέλεσμα η διαστολή λόγω θέρμανσης να υπερισχύει της αύξησης της

πυκνότητας λόγω εξάτμισης. Συνεπώς, η εξάτμιση δεν θεωρείται σημαντικός παράγοντας θερμόαλης κυκλοφορίας.



Σχηματικό διάγραμμα της θερμόαλης ωκεάνιας κυκλοφορίας

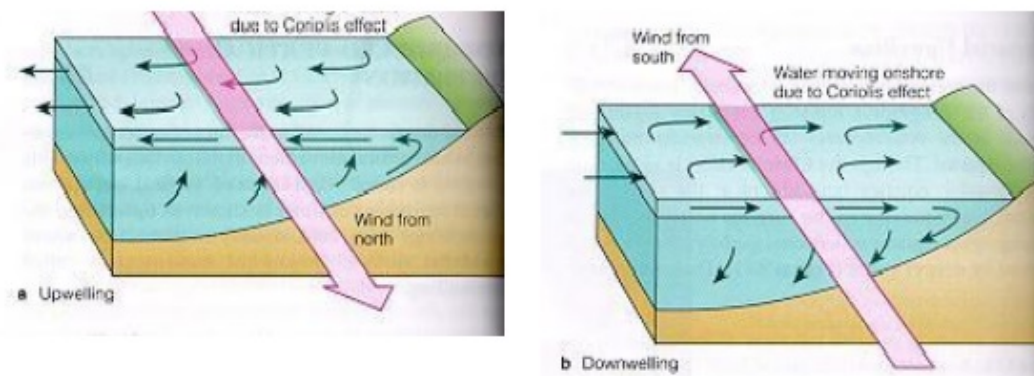
ΠΗΓΗ:

<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>

Η κύρια κατακόρυφη κυκλοφορία στους ωκεανούς οφείλεται κατά βάση στη βύθιση και ανύψωση υδάτινων μαζών σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Στις πολικές αυτές περιοχές, η απουσία πυκνοκλινούς επιτρέπει τη κατακόρυφη κίνηση υδάτινων μαζών οι οποίες μπορεί να βυθιστούν στο πυθμένα ή να ανυψωθούν στην επιφάνεια. Αντίθετα, η πολύ έντονη στρωματοποίηση της υδάτινης στήλης στα χαμηλά γεωγραφικά πλάτη αποτελεί ένα εμπόδιο στη κατακόρυφη κίνηση των μαζών. Έτσι, σημαντική βύθιση ψυχρών επιφανειακών μαζών σε μεγάλα βάθη συμβαίνει στις πολικές και υπο-πολικές περιοχές του Ατλαντικού ωκεανού. Στο Βόρειο Ατλαντικό, η σημαντικότερη βύθιση επιφανειακών μαζών συμβαίνει στη Νορβηγική θάλασσα, δημιουργώντας το Νερό Μεγάλου Βάθους του Β. Ατλαντικού (North Atlantic Deep Water, NEW). Στο νότιο ημισφαίριο η σημαντικότερη βύθιση συμβαίνει στη θάλασσα Waddell, όπου οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα δημιουργούν το Antarctic Bottom Water (ABS), το πυκνότερο νερό της Γης που βυθίζεται στην υφαλοκρηπίδα της Ανταρκτικής.

Η επίδραση του ανέμου στα φαινόμενα της παράκτιας ανάδυσης (coastal upwelling) και της παράκτιας καταβύθισης (coastal downwelling)

Η ανάδυση κατά μήκος της ακτής δημιουργείται από τη μεταφορά Ekman (το νερό κινείται προς τα δεξιά του ανέμου). Έτσι, τα νερά που κινήθηκαν στα ανοικτά αντικαθίστανται από βαθύ νερό που είναι ψυχρό και πλούσιο σε θρεπτικά.



Ανάδυση και καταβύθιση νερού κοντά στην ακτή

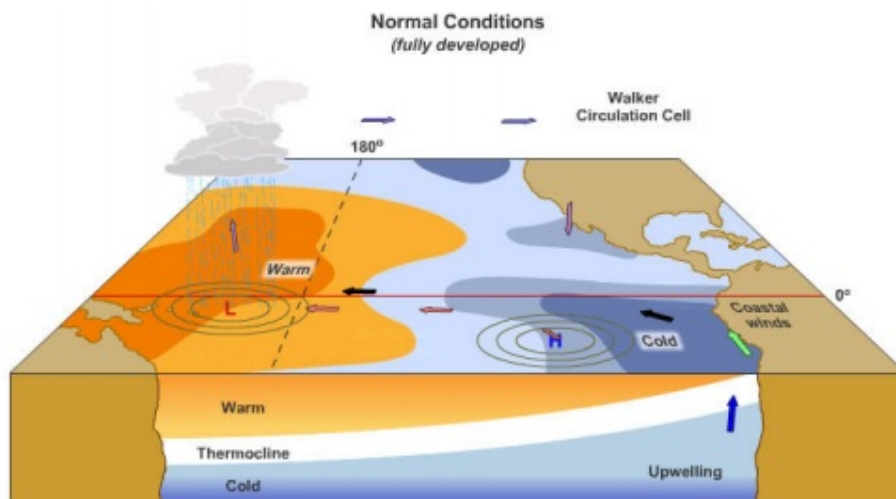
ΠΗΓΗ: http://www.omilosmeleton.gr/pdf/Circulation_Greek.pdf

Η καταβύθιση δημιουργείται από μεταφορά Ekman προς την πλευρά της ακτής (το νερό κινείται προς τα δεξιά του ανέμου).

Στο φαινόμενο El Niño που περιγράφεται στη συνέχεια, η ανάβλυση του νερού στις ακτές της Ν. Αμερικής που αναφέρεται οφείλεται ακριβώς στο μηχανισμό που περιγράφηκε παραπάνω.

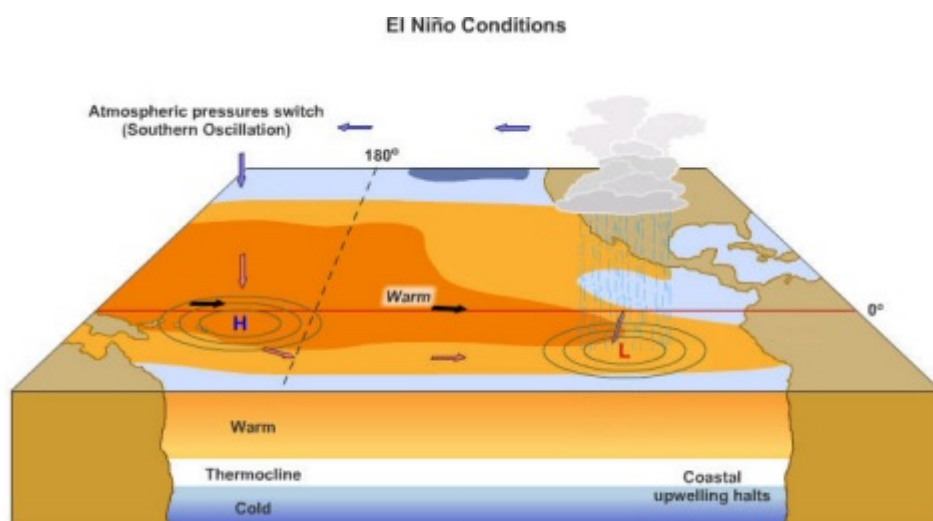
Το φαινόμενο El Niño

Οποιαδήποτε διαταραχή στο σύστημα ατμόσφαιρας-ωκεανών επηρεάζει τον καιρό της γής. Ακόμα και φαινόμενα που, εν πρώτοις, εξελίσσονται σε τοπική κλίμακα μπορούν να προκαλέσουν καιρικές διαταραχές σε μεγάλες εκτάσεις απομακρυσμένες από την περιοχή εξέλιξης του φαινομένου της διαταραχής.



Κανονικές συνθήκες στον ισημερινό (Ειρηνικός Ωκεανός)

ΠΗΓΗ: http://www.omilosmeleton.gr/pdf/Circulation_Greek.pdf



Συνθήκες El Niño στον ισημερινό (Ειρηνικός Ωκεανός)

ΠΗΓΗ: http://www.omilosmeleton.gr/pdf/Circulation_Greek.pdf

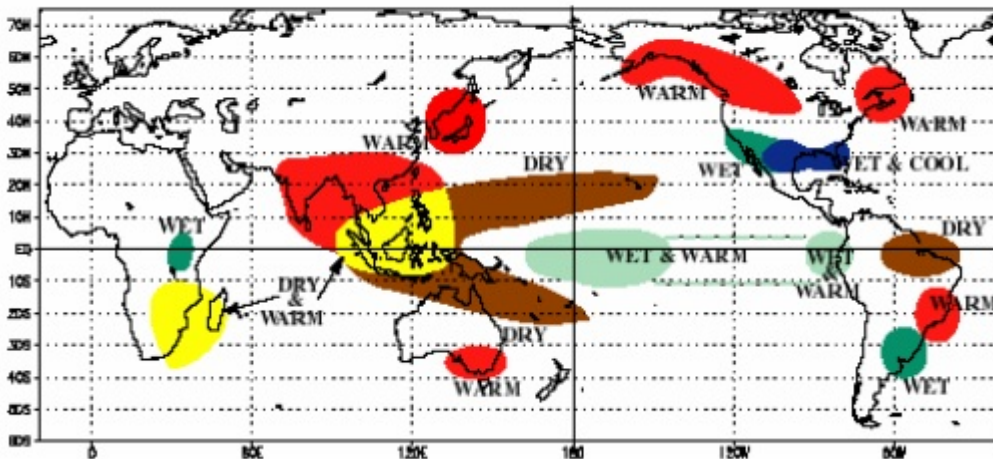
Το El Niño είναι ένα τέτοιο κλιματικό φαινόμενο που παρατηρήθηκε κατ' αρχήν από τους ψαράδες της Νότιας Αμερικής, οι οποίοι το συνδιάσαν με τη δραματική μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων και την εμφάνιση ζεστών ρευμάτων στην περιοχή αλιείας με μια (ακανόνιστη) περιοδικότητα ορισμένων χρόνων.

Για να κατανοηθεί καλύτερα το φαινόμενο, θα περιγράψουμε το μηχανισμό του El Niño Southern Oscillation (ENSO). Στην περιοχή του ισημερινού όπως αναφέρθηκε, ο ήλιος μεταφέρει τη μέγιστη δυνατή ενέργεια με μορφή ακτινοβολίας στα επιφανειακά νερά των ωκεανών. Σε κανονικές συνθήκες οι trade winds πνέουν στο Ν. Ημισφαίριο από νοτιανατολικές προς βορειοδυτικές κατευθύνσεις. Ως συνέπεια,

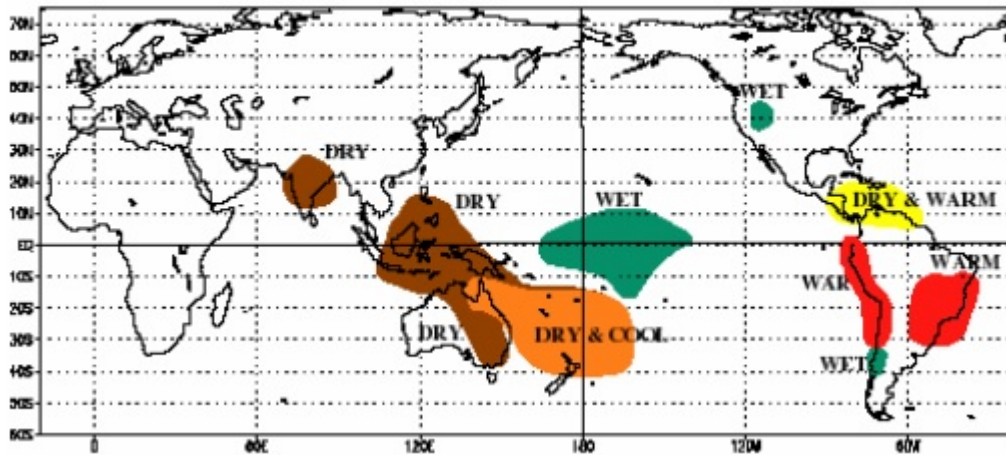
μέσω της δύναμης σύρσης οι άνεμοι αυτοί ωθούν τις μάζες του νερού στη δυτική λεκάνη του Ειρηνικού και σχηματίζουν το γνωστό ύβωμα του νερού. Με αυτόν τον τρόπο, η διαφορά της θαλάσσιας στάθμης στην Ινδονησία και στο Περού είναι περί το 1.5 μέτρο. Καθώς όμως το νερό κινείται στην περιοχή του ισημερινού θερμαίνεται σε μια τεράστια γεωγραφική έκταση που είναι γνωστή ως θερμή λεκάνη του Δυτικού Ειρηνικού (West Pacific warm pool).

Η αντίστοιχη επιφανειακή θερμοκρασία εκεί, είναι 8°C υψηλότερη από ότι στις ακτές της Νότιας Αμερικής. Τα ατμοσφαιρικά στρώματα είναι επίσης υγρά στα δυτικά εξαιτίας ακριβώς αυτής της διάβασης του νερού από τις τροπικές περιοχές του ωκεανού. Όταν ο θερμός αέρας ανυψώνεται (λόγω διόγκωσης και μείωσης της πυκνότητάς του) στα δυτικά, προκαλούνται πολλές και μεγάλες βροχοπτώσεις στην περιοχή της Ινδονησίας (το χαρακτηριστικό του τοπικού κλίματος) ενώ οι ανατολικές ακτές είναι σχετικά ξηρές. Καθώς τώρα το θερμό επιφανειακό νερό απομακρύνεται από τον Ανατολικό Ειρηνικό δίνεται η δυνατότητα να δημιουργηθεί και να αναβλύσει ψυχρό νερό από τα βαθύτερα στρώματα (upwelling) του Ανατολικού Ειρηνικού. Αυτό το ψυχρό νερό είναι πλούσιο σε θρεπτικά άλατα και έτσι αποτελεί πρώτη ύλη για το φυτο-και το ζωοπλαγκτόν και εν συνεχεία για όλα τα θαλάσσια οικοσυστήματα.

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Επιπτώσεις του ENSO στο κλίμα

ΠΗΓΗ: http://www.omilosmeleton.gr/pdf/Circulation_Greek.pdf

Σε κάποιες τώρα περιπτώσεις, οι trade winds εξασθενούν στο κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό. Κατά συνέπεια, η διαφορά στη στάθμη στο δυτικό και ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού, μετατοπίζει τη θερμή λεκάνη του Δυτικού Ειρηνικού προς τα ανατολικά με σκοπό την εξισορρόπηση της στάθμης (λόγω της βαρύτητας), Αυτή ακριβώς η αναστροφή (ταλάντωση) ονομάζεται El Niño/Southern Oscillation (ENSO). Υπάρχει βέβαια και αντίστοιχη αναστροφή στα βαρομετρικά συστήματα, η οποία όμως δεν θα μας απασχολήσει εδώ. Η περιοδικότητα της ταλάντωσης είναι περί τα 3-4 έτη και το όλο φαινόμενο ENSO είναι αποτέλεσμα αυτής της ατμοσφαιρικής και της αντίστοιχης ωκεάνειας αναστροφής. Καθώς το φαινόμενο αναπτύσσεται, προκαλεί ανύψωση του θερμοκλινούς στο δυτικό Ειρηνικό και πτώση στον ανατολικό. Έτσι, μειώνεται η ανάβλυση του ψυχρού βαθέως νερού και κατά συνέπεια σταματά η τροφοδοσία των επιφανειακών στρωμάτων με θρεπτικά άλατα. Εν συνεχεία έχουμε μία μεγάλη αύξηση στην επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας (στα ανατολικά πάντα) και δραματική πτώση στην ανάπτυξη του πλαγκτόν. Ο θερμός αέρας που συνδέεται με την μετατόπιση της θερμής λεκάνης του Δυτικού Ειρηνικού προς τα ανατολικά προκαλεί στη συνέχεια μεγάλες βροχοπτώσεις και πλημμύρες στην Αμερική και ξηρασία στην Ινδονησία και την Αυστραλία. Οι επιπτώσεις του ENSO στο παγκόσμιο κλίμα φαίνονται στο παραπάνω σχήμα.

Ενα συμβάν El Niño διαρκεί τυπικά 12-18 μήνες. Τα τελευταία 98 χρόνια συνέβησαν 23 συμβάντα El Niño τα τέσσερα ισχυρότερα των οποίων συνέβησαν μετά το 1980. Το γεγονός αυτό ώθησε διάφορους να συσχετίσουν το El Niño με τις ευρύτερες κλιματικές αλλαγές, πράγμα όμως που από επιστημονική άποψη (στις ακριβείς τουλάχιστον επιστήμες) δεν μπορεί να γίνει δεκτό. Η αλήθεια είναι ότι το όλο θέμα της κλιματικής αλλαγής “πουλάει” έντονα και αυτός είναι ο λόγος που πολλοί σχετικοί και άσχετοι ομιλούν για αυτό. Η απλή αλήθεια είναι ότι τα στατιστικά στοιχεία που υπάρχουν συγκεντρωμένα (ακόμα και αυτά που είναι πραγματικά μακροχρόνια, 100+ έτη) δεν επαρκούν για την εξαγωγή τέτοιων συμπερασμάτων. Το

μόνο που μπορεί να πεί κανείς με βεβαιότητα και που αιτιολογείται από τα γεγονότα είναι ότι την τελευταία 20ετία το φαινόμενο παρουσιάζεται συχνότερα ενισχυμένο από ότι στο παρελθόν. Αυτό όμως μπορεί κάλλιστα να αποτελεί τμήμα ενός πολύ ευρύτερου κλιματικού κύκλου για τον οποίο δεν έχουμε ακόμα τα δεδομένα που χρειάζονται για να μελετηθεί επαρκώς.

Τα πιο πρόσφατα El Niños συνέβησαν τις περιόδους 1986-1987, 1991-1992, 1993, 1994, 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005 και 2006-2007. Το φαινόμενο του 1997-1998 ήταν ιδιαίτερα έντονο: υπήρχε άνοδος της ατμοφαιρικής θερμοκρασίας κατά 1.5°C, τη στιγμή που σε ένα τυπικό συμβάν El Niño είναι 0.25°C.

2.2 Ανεμογενής κυκλοφορία

Η ανεμογενής κυκλοφορία (wind-driven circulation) αφορά κυρίως τα ανώτερα στρώματα του ωκεανού, και συνεπώς είναι μία οριζόντια κυκλοφορία, σε αντίθεση με την θερμόαλη. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στη κίνηση του επιφανειακού νερού λόγω υπερκείμενης κίνησης του ανέμου, σαν αποτέλεσμα της τριβής μεταξύ των δύο ρευστών. Τα ωκεάνια ρεύματα είναι λοιπόν αποτέλεσμα της συνδυασμένης επίδρασης των θερμόαλων κινήσεων και των ανεμογενών κινήσεων. Η θερμόαλη κυκλοφορία συνδέεται περισσότερο με τα βαθύτερα στρώματα ενώ η ανεμογενής με τα επιφανειακά στρώματα του ωκεανού. Και στις δύο περιπτώσεις η κυκλοφορία παραμένει σημαντικά μακριά από τη περιοχή που δημιουργήθηκε.

Κυκλοφορία και Υδάτινες Μάζες

Η κυκλοφορία των κύριων ωκεάνιων περιοχών δείχνει σημαντικές ομοιότητες. Έτσι, στο επιφανειακό στρώμα, επικρατεί ένα μεγάλο αντί-κυκλωνικό σύστημα (anticyclonic) με ωρολογιακή περιστροφή τόσο στον Βόρειο Ατλαντικό όσο και στο Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό. Αντίθετα, στο Νότιο Ατλαντικό, στον Ινδικό Ωκεανό και στο Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό επικρατούν συστήματα αντί-ωρολογιακής περιστροφής. Άλλο κοινό χαρακτηριστικό είναι ότι στο Βόρειο Ατλαντικό και Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό, τα ωκεάνια ρεύματα έχουν μικρότερο εύρος και μεγαλύτερη ένταση στο δυτικό τμήμα του κάθε ωκεανού. Στην περιοχές του Ισημερινού των τριών ωκεανών υπάρχουν παρόμοια ωκεάνια συστήματα τα οποία δημιουργούν ένα Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα (North Equatorial Current) που κινείται προς τα δυτικά, και ένα Νότιο Ισημερινό Ρεύμα (South Equatorial Current) προς τα δυτικά. Στον Ειρηνικό Ωκεανό, τα δύο αυτά ρεύματα διαχωρίζονται από μία ροή με ανατολική διεύθυνση (North Equatorial Counter Current), το οποίο οφείλεται στη μηνιαία μεταβολή της ανεμογενούς τάσης κατά μήκος του Ισημερινού. Μία άλλη συνιστώσα του Ισημερινού συστήματος ρευμάτων είναι η παρουσία ενός υπο-επιφανειακού Ισημερινού Ρεύματος (Equatorial Undercurrent), το οποίο κινείται ανατολικά κατά μήκος του Ισημερινού, σε βάθος περίπου 100 μ.

3. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα θαλάσσια ρεύματα οφείλονται σε τρεις κύριες αιτίες.

Η πρώτη είναι η διαφορά πυκνότητας που παρατηρείται στις θαλάσσιες μάζες λόγω διαφοράς αλατότητας και θερμοκρασίας: όταν μεγάλες μάζες νερού διαφορετικής πυκνότητας συναντώνται, δεν μπορούν να αναμειχθούν, με αποτέλεσμα η πυκνότερη να περνάει κάτω από τη λιγότερο πυκνή δημιουργώντας ένα ρεύμα.

Η δεύτερη αιτία είναι οι άνεμοι οι οποίοι είναι υπεύθυνοι της κυκλοφορίας του μεγαλύτερου μέρους των επιφανειακών υδάτων μέχρι το βάθος των 200-300 m. Οι άνεμοι που οφείλονται σε προσωρινές μετεωρολογικές διαταραχές προκαλούν ρεύματα μικρής έντασης και διάρκειας. Αντίθετα, τα μεγάλα ατμοσφαιρικά ρεύματα που είναι σχετικά μόνιμα προκαλούν ισχυρά και διαρκή ρεύματα.

Η τρίτη αιτία είναι η διαφορά επιπέδου που υπάρχει ανάμεσα σε διάφορα σημεία του ωκεανού η οποία αντισταθμίζεται με τη δημιουργία ρευμάτων.

Οι μετακινήσεις θαλάσσιων μαζών που προκύπτουν για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω επηρεάζονται από το φαινόμενο Coriolis. Η επίδραση του φαινομένου Coriolis είναι κυρίως αισθητή πάνω στα ρεύματα που προκύπτουν από τους ανέμους τα οποία υφίστανται μια εκτροπή της πορείας τους προς τα δεξιά στο Βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο Νότιο. Η εκτροπή αυτή είναι της τάξεως των 45ο στα μέσα γεωγραφικά πλάτη για τα επιφανειακά ύδατα. Επειδή το επιφανειακό ρεύμα μεταδίδεται με την τριβή σε μεγαλύτερα βάθη με βαθμιαία μείωση της ταχύτητάς του, το φαινόμενο Coriolis εκτρέπει το ρεύμα όλο και περισσότερο στα βαθύτερα στρώματα κατά τρόπο ώστε σε ένα ορισμένο βάθος το ρεύμα που επικρατεί να έχει αντίθετη κατεύθυνση από το επιφανειακό ρεύμα από το οποίο προέκυψε. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό σαν Spiral του Ekman από το όνομα του Σουηδού ερευνητού που πρώτος το μελέτησε.

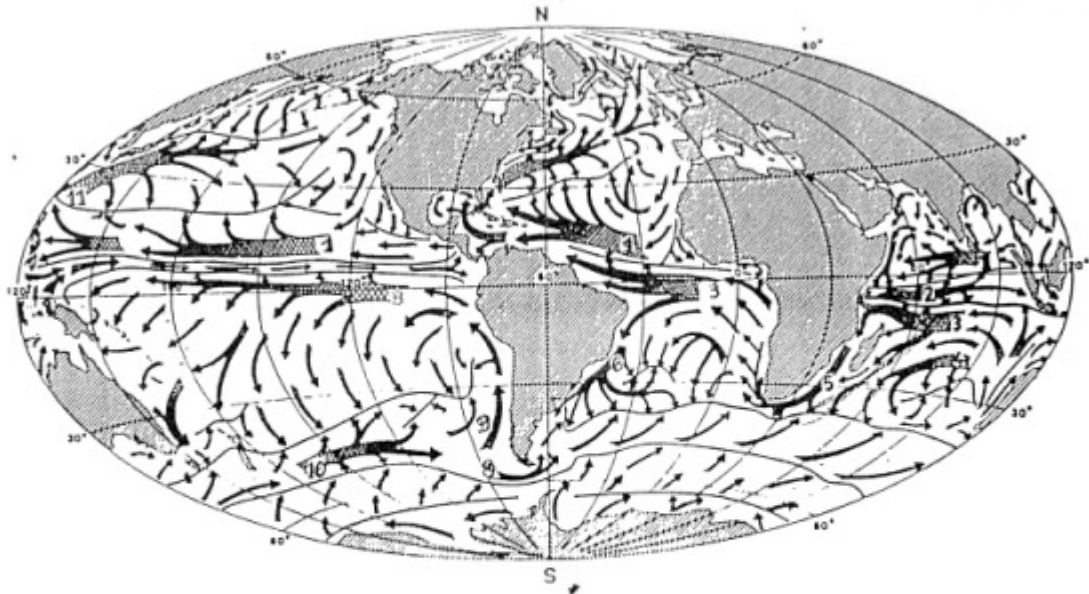
Τα μεγάλα συστήματα επιφανειακών και υπο-επιφανειακών ωκεάνιων ρευμάτων εξαρτώνται από την ατμοσφαιρική κυκλοφορία η οποία επηρεάζεται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη από τους ωκεανούς και στα δύο ημισφαίρια από τις αντικυκλωνικές ζώνες.

Στις αντικυκλωνικές ζώνες οφείλεται η ύπαρξη Δυτικών ανέμων στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και Βορειοανατολικών στην τροπική ζώνη του Ν. Ημισφαιρίου. Οι δύο αυτές ζώνες τροπικών ανέμων χωρίζονται μεταξύ τους από μία ζώνη ηρεμίας η οποία βρίσκεται λίγο βορειότερα του γεωγραφικού ισημερινού.

Η ατμοσφαιρική αντικυκλωνική κυκλοφορία προκαλεί στα δύο ημισφαίρια μια έντονη αντικυκλωνική κυκλοφορία των υδάτων. Το φαινόμενο Coriolis προκαλεί μια δισυμμετρία στην κυκλοφορία αυτή κατά τρόπο ώστε στο Β. Ημισφαίριο για παράδειγμα τα ρεύματα να είναι πιο ισχυρά στις δυτικές ακτές του ωκεανού απ' ότι στις ανατολικές.

Εκατέρωθεν της τροπικής ζώνης ηρεμίας οι άνεμοι δημιουργούν δύο ρεύματα με Δυτική κατεύθυνση: το Β. Ισημερινό ρεύμα που προκύπτει από τους

Βορειοανατολικούς ανέμους και το Ν. Ισημερινό ρεύμα που προκύπτει από τους Νοτιοανατολικούς ανέμους. Τα ρεύματα αυτά προκαλούν στις δυτικές όχθες των ωκεανών μια αντικυκλωνική κυκλοφορία από Βορρά προς Νότο. Έτσι δημιουργούνται αντίστοιχα στο Β. και το Ν.



Επιφανειακά θαλάσσια ρεύματα. 1. Β. Ισημερινό ρεύμα. 2. Αντίθετο Ισημερινό ρεύμα. 3. Ν Ισημερινό ρεύμα. 4. Ινδο-Αυστραλιανό ρεύμα. 5. Ρεύμα Μαδαγασκάρης και του ακρωτηρίου Agulhas. 6. Ρεύμα της Βραζιλίας. 7. Ρεύμα του Κόλπου. 8. Ρεύμα του ακρωτηρίου Horn. 9. Ρεύμα του Humboldt. 10. Κλάδος της Δ.-Α. κυκλοφορίας της Θάλασσας της Αυστραλίας. 11. Kuroshio ρεύμα (F. Mosetti, 1964).

ΠΗΓΗ: http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO121_Thalassia/256398/more.pdf

Ημισφαίριο, τα ρεύματα Kuroshio και Α. Αυστραλιανό στον Ειρηνικό ωκεανό και τα ρεύματα του Κόλπου της Βραζιλίας στον Ατλαντικό ωκεανό τα οποία είναι θερμά λόγω του ότι διασχίζουν από Δυτικά προς Ανατολικά ζώνες που βρίσκονται κοντά στον Ισημερινό.

Στις ανατολικές όχθες των ίδιων ωκεανών (Ειρηνικός και Ατλαντικός), η κυκλοφορία τροφοδοτείται από ύδατα που φθάνουν από μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Στο Ν.

ημισφαίριο, η τροφοδοσία γίνεται στον Ειρηνικό ωκεανό από το ρεύμα του Περού κατά μήκος της δυτικής ακτής της Ν. Αμερικής και στον Ατλαντικό ωκεανό από το ρεύμα της Βεγγάλης κατά μήκος της δυτικής ακτής της Ν. Αφρικής. Στο Β. ημισφαίριο η τροφοδοσία γίνεται στον Ειρηνικό ωκεανό από το ρεύμα της Καλιφόρνιας και στον Ατλαντικό ωκεανό από το ρεύμα των Καναρίων που συναντούν αντίστοιχα το Β. ισημερινό Ειρηνικό και το Β. ισημερινό Ατλαντικό ρεύμα. Τα ρεύματα αυτά, που κατεβαίνουν κατά μήκος των ανατολικών ακτών των ωκεανών και παρεκκλίνουν προς τα βαθιά νερά (δεξιά παρέκκλιση στο Β. ημισφαίριο και αριστερή στο Ν. Ημισφαίριο) λόγω του φαινομένου Coriolis προκαλούν μια πτώση του επιπέδου του νερού στις ακτές η οποία αντισταθμίζεται με την άνοδο βαθύτερων υδάτων στα επιφανειακά στρώματα. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό σαν Upwelling και έχει σαν συνέπεια την πτώση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων και τον εμπλουτισμό τους με θρεπτικά άλατα. Τα Upwelling συχνά ενισχύονται από την επίδραση εποχιακών ανέμων που φυσούν παράλληλα προς την ακτή από Βορρά στο Β. ημισφαίριο και από Νότο στο Ν. ημισφαίριο.

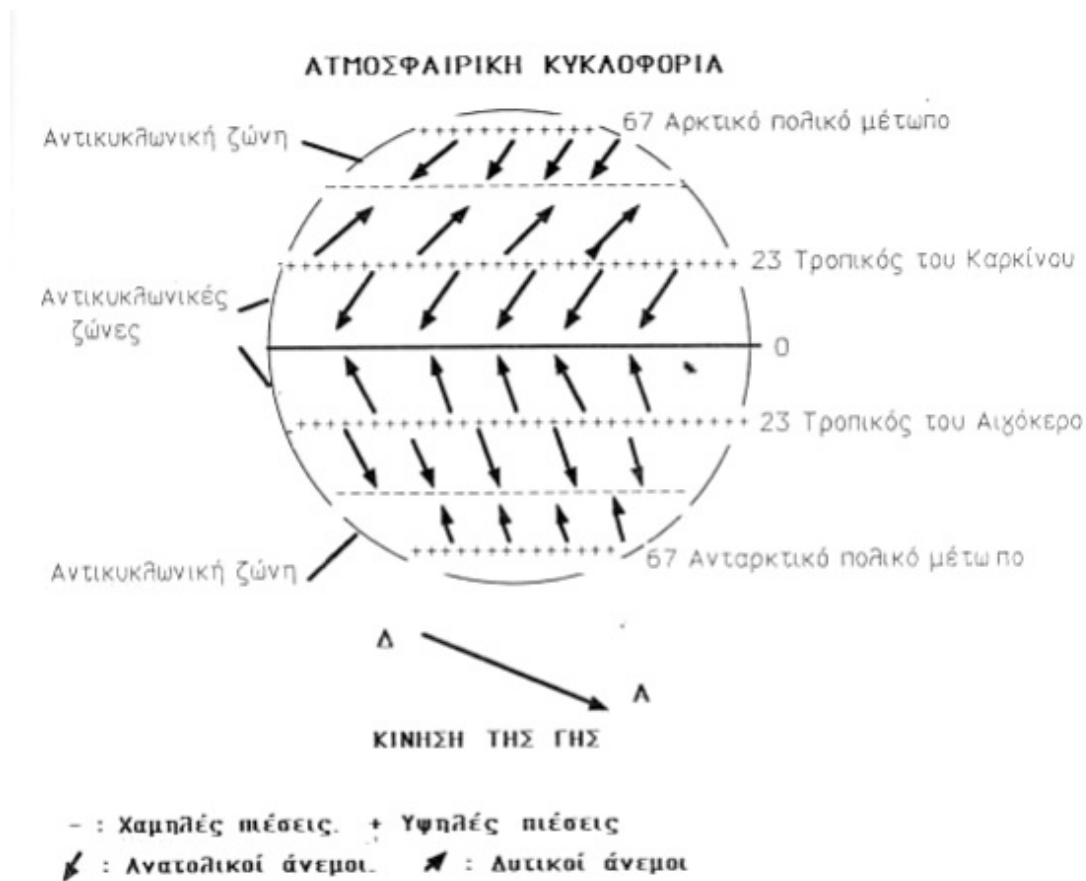
Σε κάθε έναν από τους 3 μεγάλους ωκεανούς παρατηρείται, μέσα στην τροπική ζώνη ηρεμίας δηλαδή ανάμεσα στο Βόρειο και Νότιο αντικυκλωνικό ρεύμα, μια ουδέτερη ζώνη στην οποία εντοπίστηκε ένα αντίθετο ισημερινό επιφανειακό ρεύμα μικρής έντασης με Ανατολική κατεύθυνση που τροφοδοτείται από μέρος των υδάτων που μεταφέρονται από τα Β. και Ν. ισημερινό ρεύμα. Επίσης, το 1951 εντοπίστηκε στον Ειρηνικό ωκεανό από τον αμερικανό Cromwell ένα υπο-επιφανειακό αντισταθμιστικό ρεύμα με Ανατολική κατεύθυνση που βρίσκεται κάτω από το αντίθετο επιφανειακό ισημερινό και το Ν. ισημερινό και μεταφέρει το πλεόνασμα νερού που συγκεντρώνεται στη δυτική ακτή του ωκεανού από το Β. ισημερινό και το Ν. ισημερινό ρεύμα. Ένα αντίστοιχο ρεύμα, του Lomonosov, έχει εντοπισθεί από το 1961 στον ατλαντικό ωκεανό που απομακρύνει το πλεόνασμα νερού που μεταφέρεται στις ακτές της Νότιας Αμερικής από το Β. ισημερινό και το Ν. ισημερινό ρεύμα. Η ύπαρξη των υπο-επιφανειακών ρευμάτων συνδέεται με την έντονη εξάτμιση και το χαμηλό ύψος βροχοπτώσεων που χαρακτηρίζουν τις τροπικές ζώνες του ωκεανού και που συντελούν στην αύξηση της πυκνότητας των υδάτων παρά την υψηλή τους θερμοκρασία. Τα ύδατα αυτά περνούν κάτω από τα ισημερινά ύδατα που είναι ελαφρότερα λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων που χαρακτηρίζουν τις ισημερινές περιοχές. Η μετακίνηση των υπο-επιφανειακών ρευμάτων προς ανατολάς είναι δυνατή επειδή η επίδραση του φαινομένου Coriolis πλησίον του ισημερινού είναι σχεδόν μηδαμινή.

Στον Ινδικό ωκεανό, το σχήμα κυκλοφορίας των ρευμάτων είναι διαφορετικό επειδή επηρεάζεται από τους μουσσώνες. Σε σχέση με τον Ειρηνικό και τον Ατλαντικό, ο Ινδικός ωκεανός μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας ημι-ωκεανός που οριοθετείται στο Β. γεωγραφικό πλάτος των 15ο περίπου από την τεράστια μάζα της Ασιατικής ηπείρου η οποία μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη της διαδοχής μουσσώνων διαφορετικής κατεύθυνσης. Κατά την περίοδο του αρκτικού χειμώνα, η Ασιατική ήπειρος χαρακτηρίζεται από υψηλές πιέσεις που δημιουργούν στον Ινδικό ωκεανό ένα ρεύμα Βόρειο-ανατολικής κατεύθυνσης, τον χειμερινό ή ξηρό μουσσώνα. Αντίθετα, κατά την περίοδο του αρκτικού θέρους, η ασιατική ήπειρος υφίσταται την επίδραση χαμηλών πιέσεων οι οποίες προκαλούν την αναστροφή της κατεύθυνσης του

μουσσώνα που αρχίζει να φυσάει από Νότιο-δυτική κατεύθυνση (θερινός μουσσώνας). Επειδή ο θερινός μουσσώνας φυσάει από τον ωκεανό προς την ξηρά, είναι υπερκορεσμένος με υγρασία με αποτέλεσμα να προκαλεί σε όλο το Νότιο τμήμα της Ασιατικής ηπείρου ισχυρότατες βροχοπτώσεις που σε μερικές περιπτώσεις είναι καταστροφικές.

Αυτή η διαδοχή των μουσσώνων έχει εμφανείς επιπτώσεις στην κυκλοφορία των επιφανειακών υδάτων του ωκεανού. Κατά την περίοδο του χειμερινού μουσσώνα, το γενικό σχήμα κυκλοφορίας των επιφανειακών υδάτων του Ινδικού ωκεανού ομοιάζει με αυτό που παρατηρείται στον Ειρηνικό και τον Ατλαντικό. Δηλαδή, χαρακτηρίζεται από ένα Β. ισημερινό και από ένα Ν. ισημερινό ρεύμα με Δυτική κατεύθυνση που χωρίζονται από ένα αντίθετο επιφανειακό ρεύμα και ένα υπο-επιφανειακό αντισταθμιστικό ρεύμα με ανατολική κατεύθυνση (ανάλογο των ρευμάτων του Cromwell και Lomonosov) που απομακρύνουν το πλεόνασμα νερού που φθάνει στη Δυτική όχθη με το Β. και Ν. ισημερινό ρεύμα. Κατά την περίοδο του θερινού μουσσώνα, το Β. ισημερινό ρεύμα, το επιφανειακό και το υπο-επιφανειακό με Ανατολική κατεύθυνση εξακολουθούν να παρατηρούνται. Αντίθετα, το Ν. ισημερινό αντικαθίσταται από το ρεύμα του μουσσώνα το οποίο έχει Ανατολική κατεύθυνση μέχρι το Νότιο τμήμα της Αραβικής θάλασσας και μετά γίνεται σχεδόν παράλληλο προς το Β. ισημερινό ρεύμα.

Σε όλο το τμήμα του Ινδικού ωκεανού που τα ρεύματα αλλάζουν εποχιακά επηρεαζόμενα από την αλλαγή της κατεύθυνσης των μουσσώνων, η κυκλοφορία των επιφανειακών υδάτων είναι εξαιρετικά πολύπλοκη για να μπορέσει να περιγραφεί λεπτομερώς. Η πολυπλοκότητα αυτή ενισχύεται από το εξαιρετικά ακανόνιστο περίγραμμα των Νότιων και Νοτιοανατολικών Ασιατικών ακτών που εμποδίζει αυτά τα ρεύματα να πραγματοποιήσουν, ακόμη και κατά την περίοδο του χειμερινού μουσσώνα, ένα αντικυκλωνικό κύκλωμα παρόμοιο με αυτό που παρατηρείται στις Βόρειες περιοχές των δύο άλλων μεγάλων ωκεανών. Αντίθετα, στο Νότιο τμήμα του Ινδικού ωκεανού επικρατεί περίπου το ίδιο σχήμα κυκλοφορίας των υδάτων με αυτό που έχει περιγραφεί για τον Ειρηνικό και τον ατλαντικό ωκεανό: στη Δυτική ακτή του Ινδικού ωκεανού, το Ν. ισημερινό ρεύμα, παρεκτρεπόμενο από το φαινόμενο Coriolis, δίδει το ρεύμα της Μαδαγασκάρης το οποίο διατρέχει τις Ανατολικές ακτές της Αφρικής και μετά συνεχίζεται μέχρι το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας με το ρεύμα Agulhas που είναι ένα από τα πιο ισχυρά ρεύματα που έχουν παρατηρηθεί σε όλους τους ωκεανούς και που σταματά σε γεωγραφικό πλάτος 40ο Νότια. Επίσης, στη Δυτική ακτή του Ινδικού ωκεανού, ένα μέρος από τα ύδατα που μετατοπίζονται υπό την επίδραση των Δυτικών ανέμων, παρεκκλίνει προς τα αριστερά και σχηματίζει το Δ. Αυστραλιανό ρεύμα που συναντά με τη σειρά του το Ν. ισημερινό ρεύμα.



ΠΗΓΗ: http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO121_Thalassia/256398/more.pdf

Είναι προφανές ότι η επιφανειακή και υπο-επιφανειακή κυκλοφορία χαρακτηρίζονται από οριζόντια ρεύματα. Όμως, τα ρεύματα αυτά μπορούν, όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, να προκαλέσουν κατακόρυφες μετακινήσεις των υδάτων. Ένα κλασσικό παράδειγμα κατακόρυφης μετακίνησης των υδάτων είναι τα Upwelling, ο τρόπος σχηματισμού των οποίων περιεγράφη παραπάνω. Upwelling παρατηρούνται και στους 3 μεγάλους ωκεανούς: στον Ειρηνικό ωκεανό, το Καλιφορνιακό ρεύμα και το ρεύμα του Περού διαχωρίζονται από τις ακτές με ένα Upwelling. Το ίδιο συμβαίνει με το ρεύμα της Σομαλίας στον Ινδικό ωκεανό. Όμως, κατακόρυφες κινήσεις των υδάτων εμφανίζονται με την πιο τυπική τους μορφή μακριά από τα ισημερινά ρεύματα. Παρά το γεγονός ότι η κύρια ροή των ισημερινών ρευμάτων γίνεται κατά την κατεύθυνση των παραλλήλων, υπό την επίδραση του φαινομένου Coriolis δημιουργούνται παρακλάδια που ακολουθούν την κατεύθυνση των μεσημβρινών και παρουσιάζουν μια τάση να συγκλίνουν μεταξύ τους ή να αποκλίνουν. Όταν συγκλίνουν αυτο-αναιρούνται και σχηματίζεται ένα καθοδικό ρεύμα, ενώ όταν αποκλίνουν δημιουργείται μία υποπίεση που αντισταθμίζεται από ένα ανοδικό ρεύμα (Upwelling).

Σύγκλιση παρατηρείται στα όρια του Ν. ισημερινού ρεύματος και του αντίθετου ισημερινού ρεύματος καθώς και στην Ανταρκτική ζώνη όπου είναι γνωστή με το όνομα «Νότιο πολικό μέτωπο». Το Νότιο πολικό μέτωπο εντοπίζεται στον Αυστραλιανό ωκεανό μεταξύ 50ο και 62ο N και προκύπτει από τη σύγκλιση

επιφανειακών ανταρκτικών υδάτων με Βόρεια κατεύθυνση και υπο-ανταρκτικών με Νότια κατεύθυνση.

Απόκλιση παρατηρείται πλησίον του γεωγραφικού ισημερινού και της Ανταρκτικής ηπείρου. Πλησίον του γεωγραφικού ισημερινού, τα ύδατα του Ν. ισημερινού ρεύματος του Ειρηνικού ωκεανού αποκλίνουν και κατευθύνονται δεξιά προς τον Βορρά και αριστερά προς τον Νότο. Στην Ανταρκτική ζώνη, η απόκλιση είναι ασυνεχής και εντοπίζεται μεταξύ του Νότιου ορίου των Δυτικών ανέμων και μερικές περιοχές παραπλήσιες των ακτών όπου επικρατούν ρεύματα με Ανατολική κατεύθυνση.

Τα ρεύματα που επηρεάζουν τα ενδιάμεσα και βαθιά ύδατα είναι λιγότερο γνωστά από αυτά που επηρεάζουν τα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά ύδατα.

Οι κινήσεις των ενδιάμεσων υδάτων οφείλονται ως επί το πλείστον σε φαινόμενα σύγκλισης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα ενδιάμεσα ανταρκτικά ύδατα που δημιουργούνται στο επίπεδο του Νότιου πολικού μετώπου μετακινούνται δια μέσου των 3 μεγάλων ωκεανών μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των 10ο Ν. Επίσης, στο επίπεδο της υποτροπικής σύγκλισης στον Βορρά, τα ψυχρά ύδατα του ρεύματος του Labrador βυθίζονται κάτω από τα θερμότερα ύδατα του ρεύματος του Κόλπου στον Ατλαντικό ωκεανό, και τα ύδατα του ρεύματος Oyoshio βυθίζονται κάτω από αυτά του Kuroshio στον Ειρηνικό ωκεανό.

Η προέλευση και οι κινήσεις των υδάτων των βυθών απασχολούν εδώ και αρκετά χρόνια τους ωκεανογράφους. Σήμερα είναι γενικά αποδεκτό ότι το μεγαλύτερο μέρος των υδάτων όλων των ωκεανών σχηματίζεται στην Ανταρκτική ζώνη, στη θάλασσα Weddell και, σε μικρότερη κλίμακα, στη θάλασσα Ross. Από τις περιοχές αυτές, το νερό εξαπλώνεται προς τα Βόρεια και καλύπτει σχεδόν όλα τα μεγάλα βάθη των ωκεανών. Επίσης, πιστεύεται ότι μια ποσότητα του νερού των βυθών του Ατλαντικού ωκεανού σχηματίζεται στο Βορειοανατολικό τμήμα του Ατλαντικού ωκεανού από τη θάλασσα της Νορβηγίας.

Λιγότερο σημαντικά και διαδεδομένα είναι τα αντισταθμιστικά ρεύματα που προκύπτουν από τη διαφορά επιπέδου που χαρακτηρίζει διάφορα σημεία του ωκεανού. Παραδείγματα τέτοιων ρευμάτων είναι τα ρεύματα του τύπου Cromwell που απομακρύνουν τις τεράστιες ποσότητες υδάτων που μεταφέρουν το Β. και Ν. ισημερινό ρεύμα. Όμως, τα περισσότερο γνωστά είναι αυτά που δημιουργούνται στους πορθμούς ή στα στενά γενικότερα που διαχωρίζουν τους ωκεανούς από τις θάλασσες ή τις εσωτερικές από τις ανοιχτές θάλασσες. Στα στενά αυτά υπάρχουν πάντα δύο ρεύματα, ένα εισερχόμενο και ένα εξερχόμενο, η θέση και η ταχύτητα των οποίων εξαρτάται από τα γενικά χαρακτηριστικά των επικοινωνούντων θαλασσινών μαζών. Έτσι, για παράδειγμα, η Μεσόγειος υφίσταται μια σημαντική εξάτμιση που δεν μπορεί να εξισορροπηθεί από τις εκβολές των λίγων ποταμών που χύνονται σε αυτήν. Συνέπεια αυτού είναι να παρουσιάζει ένα σημαντικό έλλειμμα νερού που αντισταθμίζεται από τον Ατλαντικό ωκεανό μέσω του στενού του Γιβραλτάρ. Στο στενό του Γιβραλτάρ δημιουργείται ένα επιφανειακό ρεύμα που μεταφέρει στη Μεσόγειο ατλαντικά ύδατα αλατότητας 36,6% και ένα υπο-επιφανειακό ρεύμα που μεταφέρει στον Ατλαντικό ενδιάμεσα μεσογειακά ύδατα αλατότητας 38,6%. Το εισερχόμενο στη Μεσόγειο ρεύμα είναι ίσο με 1.000.000 m³ /sec περίπου και το

εξερχόμενο ίσο με 950.000 m³ /sec, γεγονός που στην πράξη σημαίνει ότι αν έκλεινε κανείς το στενό του Γιβραλτάρ το επίπεδο της Μεσογείου θα μειωνόταν κατά ένα μέτρο περίπου τον χρόνο. Τελείως αντίθετη είναι η περίπτωση της Μαύρης θάλασσας η οποία παρουσιάζει ένα πλεόνασμα νερού λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων και των σημαντικών ποσοτήτων γλυκού νερού επειδή εκβάλλουν σ' αυτήν οι ποταμοί που την περιβάλλουν. Το πλεόνασμα του γλυκού νερού της μαύρης θάλασσας δημιουργεί προς το Αιγαίο πέλαγος ένα εξερχόμενο επιφανειακό ρεύμα χαμηλής αλατότητας (18,2%) που περνάει από τον Βόσπορο, τη θάλασσα του Μαρμαρά και τα Δαρδανέλια. Αντίθετα, ένα ρεύμα βάθους υψηλότερης αλατότητας (38,5%) κατευθύνεται από το Αιγαίο προς τη μαύρη θάλασσα ακολουθώντας την ίδια πορεία. Από την ανάμειξη των δύο τύπων υδάτων που λαμβάνει χώρα στο επίπεδο των στενών, προκύπτει νερό ενδιάμεσης αλατότητας (22,3%) που απλώνεται στο βυθό της Μαύρης θάλασσας κάτω από τα 150 – 200 m. Αποτέλεσμα αυτού είναι η Μαύρη θάλασσα να χαρακτηρίζεται από έντονη ζώνωση και από μία πολύ μικρή αν όχι μηδαμινή κατακόρυφη κυκλοφορία των υδάτων της. Η ιδιάζουσα αυτή κατάσταση, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στα επιφανειακά στρώματα της Μαύρης θάλασσας παράγονται μεγάλες ποσότητες πλαγκτικών οργανισμών οι οποίες αποσυντιθέμενες καταναλώνουν πολύ οξυγόνου, συντελεί στο να παρατηρείται μια απότομη μείωση του οξυγόνου από τα 50 m βάθος και παντελής έλλειψη στα 150 – 200 m. Από το βάθος αυτό και μετά υπάρχει μόνο υδρόθειο και κατά συνέπεια κάθε είδος ζωής αποκλείεται εκτός από τα αναερόβια βακτήρια. Βέβαια, ο κατάλογος των παραδειγμάτων δεν περιορίζεται στις δύο περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Είναι πολύ πιο μακρύς αλλά εξαιρετικών κάποιων λεπτομερειών, οι κινήσεις που παρατηρούνται ακολουθούν το ένα ή το άλλο από τα δύο πρότυπα που περιγράφηκαν.

4. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Αν και η οικολογική σημασία των κυμάτων και των ρευμάτων έγκειται στις κινήσεις του νερού που προκαλούν, τα αποτελέσματα διαφέρουν σημαντικά.

Τα ρεύματα δεν επηρεάζουν τη διείσδυση του φωτός και δεν προκαλούν αποκόλληση των βενθικών οργανισμών από το υπό

βαθρο στο οποίο είναι προσκολλημένοι παρά μόνο σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις. Στα μαλακά υποστρώματα παρασύρουν το υλικό του υποβάθρου προκαλώντας μείωση της πανίδας και της χλωρίδας σε μια συγκεκριμένη περιοχή και αλλοίωση στη σύσταση των βιοκοινωνιών που βρίσκονται στην περιοχή που εναποτίθεται το παρασυρόμενο στρώμα.

Τα ευεργετικά του αποτελέσματα οφείλονται στη μεταφορά θρεπτικών συστατικών και αερίων από μία περιοχή σε μια άλλη και κυρίως στη διασπορά των πλαγκτικών οργανισμών.

Η γνώση των επιφανειακών θαλάσσιων ρευμάτων είναι απαραίτητη για τη μείωση του κόστους των θαλασσιών μεταφορών, αφού το ταξίδι μέσα τους μειώνει το κόστος καυσίμου. Κατά την εποχή των ιστιοφόρων πλοίων, η γνώση αυτή ήταν ακόμα σημαντικότερη. Παράδειγμα είναι το Ρεύμα Αγκούλας, που απέτρεπε επί μακρόν τους Πορτογάλους εξερευνητές να φθάσουν στην Ινδία. Στην εποχή μας, όσοι θέλουν να κάνουν τον γύρο του κόσμου με ιστιοφόρο χρησιμοποιούν επίσης τα επιφανειακά θαλάσσια ρεύματα για να αναπτύξουν και να διατηρήσουν ταχύτητα. Τα θαλάσσια ρεύματα είναι επίσης πολύ σημαντικά στη διάδοση πολλών θαλάσσιων μορφών ζωής, όπως του ευρωπαϊκού χελιού.

Τα θαλάσσια ρεύματα είναι σημαντικά στη μελέτη των θαλάσσιων συντριμμάτων και αντιστρόφως. Επηρεάζουν επίσης τις θερμοκρασίες και το κλίμα σε όλο τον κόσμο. Π.χ. το ωκεάνιο ρεύμα που φέρνει θερμά νερά από τον βόρειο τροπικό Ατλαντικό στη βορειοδυτική Ευρώπη εμποδίζει τον σχηματισμό πάγου στις ακτές, που θα εμπόδιζε τα πλοία να προσεγγίζουν και να φεύγουν από τα λιμάνια. Από την άλλη, τα ψυχρά ωκεάνια ρεύματα που ρέουν από τις πολικές περιοχές μεταφέρουν τεράστιες ποσότητες πλαγκτού που είναι κρίσιμες για την επιβίωση αρκετών ειδών των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, από τα οποία τρέφονται τα ψάρια. Για τον λόγο αυτό άφθονοι πληθυσμοί ιχθυοπανίδας ζουν στην επικράτεια τέτοιων ρευμάτων.

Τα θαλάσσια ρεύματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, παρόμοια με τα υδροηλεκτρικά έργα, όπως έχει ήδη προταθεί δοκιμαστικά για περιοχές στα ανοικτά της Ιαπωνίας, της Φλόριντα και της Χαβάης.

5. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

5.1 Animation της NASA με τα θαλάσσια ρεύματα της Γης

Οι θάλασσες και οι ωκεανοί της Γης μοιάζουν να ζωντανεύουν σε δύο animation της NASA που προσομοιώνουν τα ρεύματα των ωκεανών και την ανανέωση των υδάτων της Μεσογείου. Δορυφορικά δεδομένα και μετρήσεις στην επιφάνεια της θάλασσας συνδυάστηκαν με μαθηματικά μοντέλα σε μια προσομοίωση της ωκεάνιας κυκλοφορίας από τον Ιούνιο του 2005 μέχρι τον Οκτώβριο του 2007.

Στην αρχή του βίντεο μπορεί κανείς να διακρίνει το Ρεύμα του Κόλπου, το οποίο ξεκινά έξω από τη Φλόριντα και μεταφέρει θερμότητα μέχρι την Ευρώπη -χωρίς το ρεύμα αυτό, η Βρετανία θα κινδύνευε με μπει στην κατάψυξη.

<https://www.youtube.com/watch?v=L6N5tk3umiU>

Δύο άλλα σημαντικά ρεύματα είναι το Αγκούλας, το οποίο κινείται νότια κατά μήκος της ανατολικής ακτής της Αφρικής, καθώς και το Κουροσίο στον Ειρηνικό που μεταφέρει θερμότητα βορειοανατολικά στην Ιαπωνία. Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα ωκεάνια ρεύματα λειτουργούν ως κυλιόμενος μάντας που μεταφέρει θερμότητα από τους τροπικούς μέχρι τους πόλους και διαμορφώνει το κλίμα του πλανήτη.

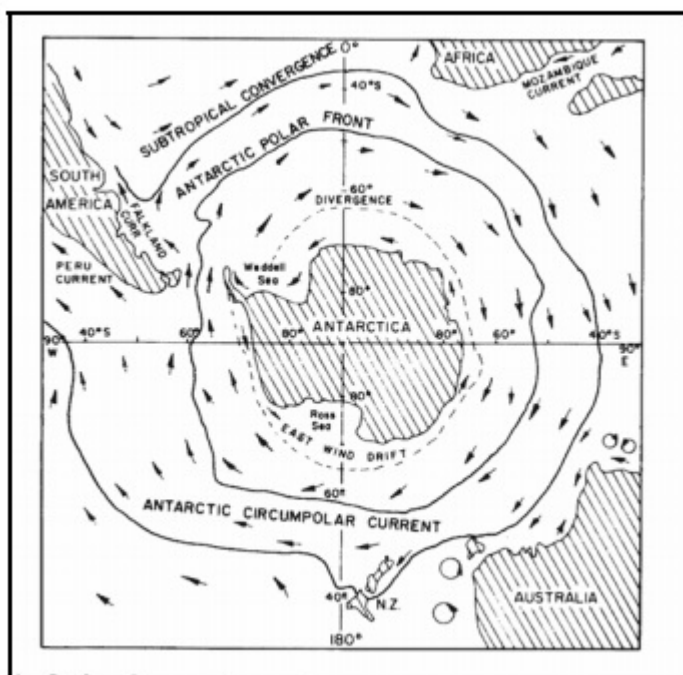
Ένα διαφορετικό animation που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του ίδιου ερευνητικού προγράμματος προσομοιώνει την κυκλοφορία των υδάτων στον ανατολικό Ατλαντικό και τη Μεσόγειο, γεμάτη κυκλοτερή ρεύματα που ονομάζονται δίνες.

<https://www.youtube.com/watch?v=-hJmjoowwGU>

Τα animation δημιουργήθηκαν στο Κέντρο Διαστημικής Πτήσεις Goddard σε συνεργασία με το Εργαστήριο Αερίωσης (JPL) και το MIT. Οι απεικονίσεις βοηθούν τους ερευνητές να κατανοήσουν το ρόλο της ωκεάνιας κυκλοφορίας στο κλίμα και τον κύκλο του άνθρακα.

5.2 Νότιος Ωκεανός (Southern Ocean)

Ο Νότιος Ωκεανός έχει ως νότιο όριο την Ανταρκτική Ήπειρο, αλλά δεν διαθέτει βόρειο όριο διότι συνδέεται με τους άλλους ωκεανούς. Κινούμενοι Βόρεια από την Ανταρκτική, η μέση επιφανειακή θερμοκρασία αυξάνει αργά και σταθερά. Το επιφανειακό νερό κινείται βόρεια και συναντά το νερό του Ατλαντικού, του Ινδικού και του Ειρηνικού Ωκεανού στο λεγόμενο Ανταρκτικό Πολικό Μέτωπο (Antarctic Polar Front). Το ψυχρό νερό του Νότιου Ωκεανού βυθίζεται κάτω από τη περιοχή του μετώπου (Antarctic Convergence) και κινείται βόρεια κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Καθώς κινείται βόρεια, το νερό αυξάνει τη θερμοκρασία του και ανυψώνεται αργά σε μία περιοχή που ονομάζεται Υποτροπική Σύγκλιση (Subtropical Convergence). Τα δύο αυτά μέτωπα διαιρούν το Νότιο Ωκεανό σε δύο περιοχές : α) την Ανταρκτική ζώνη, από την Ανταρκτική μέχρι το Πολικό Μέτωπο και β) την Υπο-Ανταρκτική ζώνη, από το Πολικό Μέτωπο έως την Υποτροπική Σύγκλιση. Στην Ανταρκτική ζώνη το επιφανειακό νερό έχει θερμοκρασίες από -1.90 C έως 40 C , ενώ στην Υπό-Ανταρκτική ζώνη από $4-140\text{ C}$.



Κυκλοφορία στο Νότιο Ωκεανό και μέσες θέσεις του Ανταρκτικού Πολικού Μετώπου και της Υποτροπικής Σύγκλισης

ΠΗΓΗ:

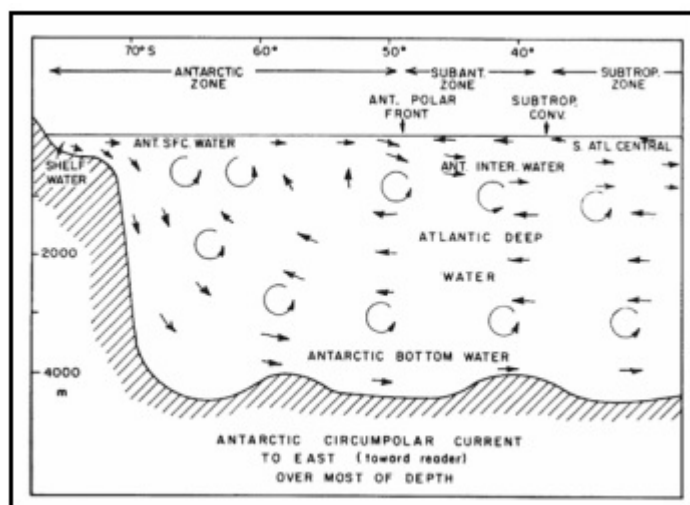
<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>

Η γεωγραφία του Νότιου Ωκεανού τον καθιστούν το μοναδικό ωκεανό στον οποίο τα ρεύματα κινούνται γύρω από τον άξονα περιστροφής της Γης. Το κύριο

χαρακτηριστικό της κυκλοφορίας του είναι η παρουσία του ισχυρού και με μεγάλο βάθος ανατολικής διεύθυνσης ρεύματος που ονομάζεται Antarctic Circumpolar Current (ACC). Το ρεύμα ACC έχει ταχύτητες της τάξης των 4-15 m/sec και η μεταφορά μάζας νερού είναι 110 Sv (1 Sv = 1 Sverdrup = 106 m³/sec). Το ρεύμα διακλαδίζεται και ένα τμήμα του κινείται βόρεια μεταξύ της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας. Ένα άλλο τμήμα του κινείται βόρεια ως το Ρεύμα του Περού κατά μήκος των δυτικών ακτών της Νότιας Αμερικής προς το Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό. Τέλος, ένα άλλο τμήμα του κινείται βόρεια μεταξύ Νότιας Αμερικής και Νησιών Φοκλαντς προς το Νότιο Ατλαντικό Ωκεανό.

5.3 Ατλαντικός Ωκεανός

Η επιφανειακή κυκλοφορία του Ατλαντικού Ωκεανού αποτελείται από δύο αντί-κυκλωνικά συστήματα (gyres), ένα με ωρολογιακή φορά στο Βόρειο Ατλαντικό και ένα με αντί-ωρολογιακή φορά στο Νότιο Ατλαντικό. Στο Νότιο Ατλαντικό το αντικυκλωνικό σύστημα έχει βάθος 200 μ. κοντά στον Ισημερινό και 800 μ. κοντά στην Υποτροπική Σύγκλιση. Η κίνηση του οφείλεται στους νότιο-ανατολικούς ανέμους οι οποίοι κυριαρχούν στη περιοχή μεταξύ 10 – 15ο N. Το ρεύμα που δημιουργείται ονομάζεται Νότιο Ισημερινό Ρεύμα (South Equatorial Current) και κινείται δυτικά προς τη Νότιο Αμερική. Ένα μέρος της ροής περνά στο Βόρειο ημισφαίριο. Το υπόλοιπο κινείται νότια κατά μήκος της Νοτίου Αμερικής με το όνομα Brazil Current. Το ρεύμα αυτό κινείται ανατολικά κατά πλάτος του Ατλαντικού σαν τμήμα του Ανταρκτικού Ρεύματος και αλλάζει διεύθυνση κινούμενο βόρεια με το όνομα Benguela Current. Το Brazil Current είναι θερμό και αλμυρό, καθώς προέρχεται από τροπικές περιοχές, ενώ το Benguela Current είναι ψυχρό και χαμηλής αλατότητας λόγω της συμμετοχής του Ανταρκτικού Ρεύματος. Ο Νότιος Ατλαντικός δέχεται νερά από το Falkland Current που κινείται βόρεια κατά μήκος της Νότιας Αμερικής.

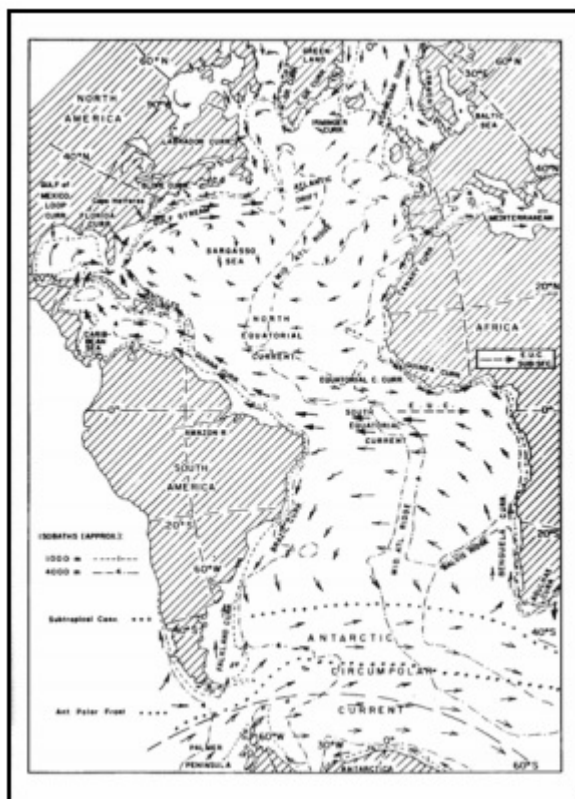


Κατακόρυφη κυκλοφορία στον Νότιο Ωκεανό και το Ν. Ατλαντικό Ωκεανό.

ΠΗΓΗ:

<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>

Η κυκλοφορία στο Βόρειο Ατλαντικό ξεκινά από το Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα (North Equatorial Current) το οποίο προκαλείται από τους Βόρειο-ανατολικούς ανέμους (Σχήμα 30). Το ρεύμα αυτό κινείται προς τη Δύση και ενώνεται με το νότιο τμήμα του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος το οποίο πέρασε στο Βόρειο Ημισφαίριο. Μέρος αυτής της ροής κινείται βόρειο-δυτικά ως Antilles Current, ενώ ένα άλλο τμήμα κινείται ανάμεσα στα νησιά της Καραϊβικής και εισέρχεται στο Κόλπο του Μεξικού. Από το Κόλπο του Μεξικού το νερό κινείται βόρεια μεταξύ Φλόριδας και Κούβας ως το Florida Current. Στις ακτές της Φλόριδα, το ρεύμα αυτό ενώνεται με το ρεύμα των Αντιλλών και σχηματίζει το Gulf Stream. Το Ρεύμα του Κόλπου κινείται βόρειο-ανατολικά προς τη Γροιλανδία στους 40ο Β. Από εκεί η ροή που κινείται βόρειο-ανατολικά ονομάζεται Ρεύμα Βόρειου Ατλαντικού (North Atlantic Current) που κινείται νότια προς τις ακτές της Ισπανίας και της Βόρειας Αφρικής για να ολοκληρωθεί έτσι το North Atlantic Gyre.



Ατλαντικός Ωκεανός – βαθυμετρία και επιφανειακή κυκλοφορία.

ΠΗΓΗ:

<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>

Στον Ισημερινό, στην επιφάνεια του Ατλαντικού Ωκεανού διακρίνουμε τρία κύρια ρεύματα : α) το Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα (North Equatorial Current) που κινείται δυτικά, β) το Βόρειο Ισημερινό Ανάστροφο Ρεύμα (North Equatorial CounterCurrent) μεταξύ 9- 5ο Β, και γ) το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα (South Equatorial Current) από τον ανατολικό Νότιο Ατλαντικό Ωκεανό, τμήμα του οποίου διασχίζει τον Ισημερινό για να κινηθεί βόρεια και δυτικά κατά μήκος των ακτών της Βραζιλίας. Το Βόρειο Ισημερινό Ανάστροφο Ρεύμα τροφοδοτείται με νερό και από το Βόρειο και το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα, αν και συχνά εξαφανίζεται από την επιφάνεια κατά τη διάρκεια του μισού έτους. Κάτω από την επιφάνεια και κινούμενο προς τα ανατολικά κατά μήκος του Ισημερινού υπάρχει το Ισημερινό Υπο-επιφανειακό Ρεύμα (Equatorial UnderCurrent) το οποίο τροφοδοτείται από νερό υψηλής αλατότητας κυρίως από το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα. Το βάθος του κυμαίνεται από τα 60-100 μ. και οι ταχύτητά του πάνω από 100 cm/sec και ο όγκος νερού που μεταφέρει είναι μεταξύ 15-35 Sv.

5.4 Παρακείμενες Λεκάνες Ατλαντικού Ωκεανού

Μεσόγειος Θάλασσα

Η Μεσόγειος Θάλασσα είναι μία ημί-κλειστη λεκάνη, η οποία αποτελεί περιοχή έντονων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της ατμόσφαιρας και της θάλασσας. Λόγω της σημαντικής εισροής θερμότητας και της έντονης εξάτμισης που υπερβαίνει τη βροχόπτωση, το ανατολικό της τμήμα αποτελεί μία περιοχή με υψηλές θερμοκρασίες και αλατότητες, οι οποίες ξεπερνιούνται μόνο από τη Μαύρη Θάλασσα. Η Μεσόγειος Θάλασσα ουσιαστικά διαιρείται σε δύο υπολεκάνες : την ανατολική και τη δυτική λεκάνη, από ένα ύφαλο βάθους 400 μ. μεταξύ της Σικελίας και της ακτής της Βορείου Αφρικής. Το μέγιστο βάθος της δυτικής λεκάνης είναι 3.400 μ. και της ανατολικής 4.200 μ. Η Μεσόγειος Θάλασσα διαθέτει δύο χαρακτηριστικές υπο-επιφανειακές υδάτινες μάζες : α) το νερό ενδιάμεσου βάθους (Intermediate Water) και β) το νερό μεγάλου βάθους (Deep Water). Το νερό ενδιάμεσου βάθους σχηματίζεται στη Λεβαντίνη Λεκάνη (νότια της Τουρκίας) κατά το χειμώνα και έχει θερμοκρασία 15ο C και αλατότητα 39,2 ppt. Ένα τμήμα του εισέρχεται στην Αδριατική από τα Στενά του Οτράντο και ένα άλλο τμήμα κινείται δυτικά σε βάθος 200-600 μ. κατά μήκος των ακτών της Β. Αφρικής, και μέσω των Στενών του Γιβραλτάρ βγαίνει προς τον Ατλαντικό. Εκεί αναμιγνύεται με το επιφανειακό νερό του Ατλαντικού και αποκτά θερμοκρασία 13ο C και αλατότητα 37,3 ppt. Η υπο-επιφανειακή έξοδος νερού από τη Μεσόγειο, προκαλεί την είσοδο επιφανειακού νερού από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Το νερό μεγάλου βάθους σχηματίζεται το χειμώνα στη Νότια Αδριατική Θάλασσα και στο Κόλπο της Λυών, με θερμοκρασία 12,6ο C και αλατότητα 38,4 ppt.

Μαύρη Θάλασσα

Η Μαύρη Θάλασσα έχει μέγιστο βάθος 2.240 μ. και συνδέεται με τη Μεσόγειο Θάλασσα μέσω των Στενών του Βοσπόρου και των Δαρδανελίων, που έχουν βάθος

μόνο 40-100 μ. Δεν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο κάτω από το βάθος των 180 μ. (νεκρή θάλασσα), διότι αυτό έχει αντικατασταθεί με διαλυμένο υδρόθειο του οποίου η συγκέντρωση αυξάνει με το βάθος. Η Μαύρη Θάλασσα δέχεται το γλυκό νερό πολλών ποταμών, με αποτέλεσμα τα Στενά των Δαρδανελλίων να εκρέουν επιφανειακό νερό χαμηλής αλατότητας και να δέχονται την εισροή νερού μεγάλης αλατότητας από το Αιγαίο Πέλαγος. Το μικρό βάθος και πλάτος των στενών προκαλεί σημαντικές ταχύτητες στα δύο στρώματα, σημαντική κατακόρυφη διατμητική τάση και συνεπώς τυρβώδη κατακόρυφη μείξη. Το αποτέλεσμα είναι το επιφανειακό νερό που αφήνει τη Μαύρη Θάλασσα με αλατότητα 16 ppt να φθάνει στη Μεσόγειο με αλατότητα 30 ppt.. Αντίθετα, το εισερχόμενο νερό της Μεσογείου εισέρχεται στα Στενά με αλατότητα 38,5 ppt και φθάνει στη Μαύρη θάλασσα ελαττωμένο στα 30 ppt. Το πυθμιαίο ακίνητο και μη-οξυγονομένο στρώμα της Μαύρης Θάλασσας δεν ανανεώνεται, ενώ το νερό υψηλής αλατότητας και οξυγόνου που φθάνει από το Αιγαίο στη Μαύρη Θάλασσα δεν επαρκεί για την βελτίωση των συνθηκών του.

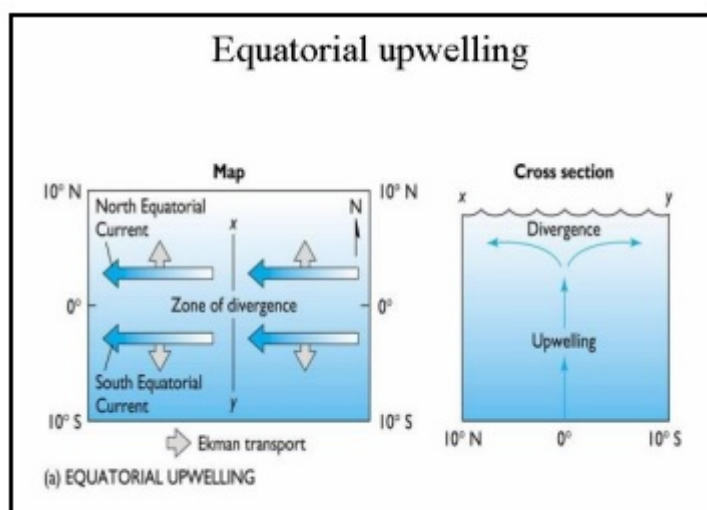
Το Αιγαίο Πέλαγος είναι μία από τις τέσσερις κύριες λεκάνες της Ανατολικής Μεσογείου. Συνδέεται με τη Μαύρη Θάλασσα μέσω της Θάλασσας του Μαρμαρά και των Στενών των Δαρδανελλίων, με το Ιόνιο Πέλαγος και με τη Λεβαντίνη Λεκάνη προς τα νότια. Τρεις κύριες υδάτινες μάζες επικρατούν στο Αιγαίο Πέλαγος : α) το επιφανειακό, β) το ενδιάμεσο και γ) το νερό μεγάλου βάθους. Το επιφανειακό στρώμα επηρεάζεται από την εκροή υφάλμυρου νερού από τη Μαύρη Θάλασσα που κινείται βόρεια και δυτικά κατά μήκος των ελληνικών ακτών. Η παροχή του νερού της Μαύρης Θάλασσας είναι 190 χλμ³ /έτος, με νερό χαμηλής αλατότητας κατά το καλοκαίρι και υψηλότερης το χειμώνα.

5.5 Ειρηνικός Ωκεανός

Η κυκλοφορία του επιφανειακού τμήματος του Ειρηνικού Ωκεανού είναι περίπου όμοια με αυτή του Ατλαντικού. Επικρατεί μία ωρολογιακής φοράς περιστροφική κίνηση στο Βόρειο Ειρηνικό και μία αντι-ωρολογιακή περιστροφή στο Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό, με ένα Ισημερινό σύστημα μεταξύ τους. Το Ισημερινό σύστημα στον Ειρηνικό είναι καλά ανεπτυγμένο και αποτελείται από τέσσερα κύρια ρεύματα, από τα οποία τα τρία είναι επιφανειακά. Τα τρία κύρια επιφανειακά ρεύματα είναι το Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα (North Equatorial Current, NEC) που κινείται δυτικά μεταξύ 8 – 20ο Β, το Νότιο Ειρηνικό Ρεύμα (South Pacific Current, SEC) που κινείται δυτικά μεταξύ 3-10ΟΒ, και το ενδιάμεσο Βόρειο Ισημερινό Ανάστροφο Ρεύμα (North Equatorial CounterCurrent, NECC) που κινείται ανατολικά. Το τέταρτο ρεύμα είναι το Ισημερινό Υπο-επιφανειακό Ρεύμα (Equatorial Under-current, EUC) που κινείται δυτικά μεταξύ 2ο Β – 2ο Ν. Το επιφανειακό σύστημα ρευμάτων οφείλεται στους επικρατούντες βορειο-ανατολικούς (στο Βόρειο ημισφαίριο) και νοτιοανατολικούς (στο Νότιο ημισφαίριο) ανέμους, οι οποίοι όμως εμφανίζουν ασυμμετρία ως προς την έντασή τους, λόγω της διαφοράς κατανομής ξηράς – θάλασσας γύρω από τον Ισημερινό.

Η σχετική κίνηση του NEC και του NECC δείχνει ότι η επίδραση της δύναμης Coriolis, απομακρύνει μεταξύ τους τα δύο ρεύματα, δημιουργώντας μία ζώνη απόκλισης (divergence zone). Η σχετική κίνηση των ρευμάτων NECC και SEC με την επίδραση της δύναμης Coriolis δημιουργεί μία ζώνη σύγκλισης (convergence zone). Επίσης, για τα ρεύματα που κινούνται συμμετρικά ως προς τον Ισημερινό, η κίνηση προς τα δυτικά θα προκαλέσει ζώνη απόκλισης, ενώ η κίνηση ανατολικά θα δώσει ζώνη σύγκλισης. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που το ανατολικά κινούμενο EUC, παραμένει κοντά και ρέει περίπου συμμετρικά, προς τον Ισημερινό.

Οι ζώνες απόκλισης έχουν σαν αποτέλεσμα την ανοδική κίνηση νερού (upwelling), το οποίο είναι συνήθως πλούσιο σε θρεπτικά άλατα, προάγοντας έτσι τη βιολογική παραγωγικότητα. Στις ζώνες σύγκλισης, επικρατεί συγκέντρωση του πλαγκτού του επιφανειακού στρώματος και η δημιουργία ωκεάνιων μετώπων. Τόσο οι ζώνες σύγκλισης όσο και απόκλισης αποτελούν περιοχές προσφοράς τροφής για τα αλιεύματα, και για το λόγο αυτό αποτελούν επικερδείς ζώνες αλιείας.



Φαινόμενο upwelling λόγω ανάπτυξης Ισημερινής ζώνης απόκλισης.

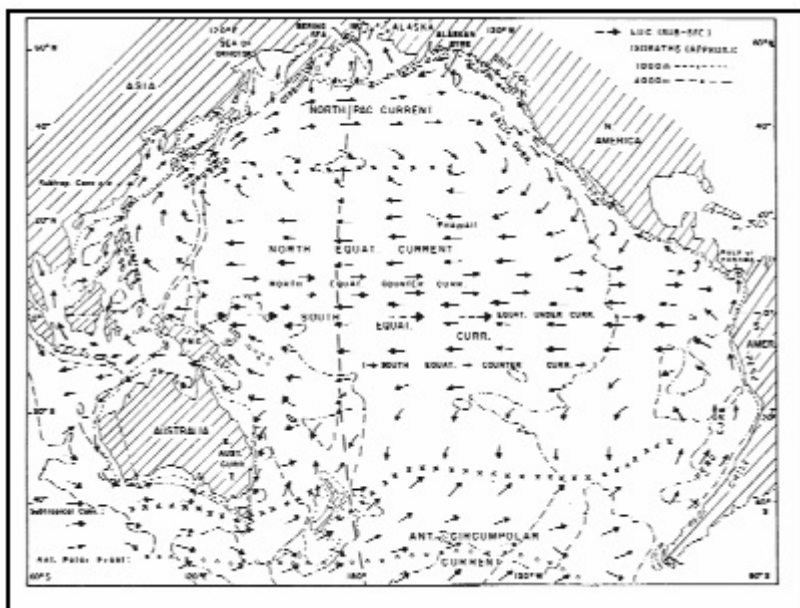
ΠΗΓΗ:

<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>

Το Ισημερινό Υπο-επιφανειακό ρεύμα (EUC) είναι μεγάλο σε μεταφορά όγκου νερού ρεύμα, που κινείται δυτικά 100 μ. περίπου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το ρεύμα μοιάζει με μία λεπτή κορδέλα που έχει πάχος μόνο 0,2 χλμ. και πλάτος 300 χλμ., μεταξύ του 1,5ο Β – 1,5Ν. Αναπτύσσει ταχύτητες της τάξης των 170 cm/sec και μεταφέρει νερό 70 Sv. Το EUC είναι συνδεδεμένο με τον Ισημερινό λόγω της επίδρασης της δύναμης Coriolis, η οποία σε ένα ρεύμα που κινείται ανατολικά τείνει να το εκτρέψει δεξιόστροφα, προς τον Ισημερινό, στο Βόρειο ημισφαίριο και αριστερόστροφα, στο Νότιο ημισφαίριο.

Η γενική κυκλοφορία του Βορείου Ειρηνικού είναι όμοια με αυτή του Ατλαντικού, όπου επικρατεί ένα βορειο-ανατολικά κινούμενο σύστημα στη δυτική πλευρά και μία νότιας κατεύθυνσης επιστρεφόμενη ροή στην ανατολική ακτή. Το σύστημα αυτής της

κυκλοφορίας ονομάζεται Περιδύνηση Βόρειο Ειρηνικού (North Pacific Gyre). Το NPG ξεκινά με τη προς δυσμάς κίνηση του NEC, το οποίο μόλις πλησιάσει τη δυτική ακτή διαχωρίζεται σε δυτική ροή (NEC) και μία βορειο-ανατολική ροή (Kuroshio). Ο όγκος μεταφοράς του ρεύματος Kuroshio είναι 40 Sv (ταχύτητα ρεύματος 75-250 cm/sec), αλλά στη περιοχή της Ιαπωνίας αυξάνεται σε 65 Sv, και συγκρίνεται σε επίπεδο σημασίας με το Gulf Stream στον Ατλαντικό Ωκεανό. Το ρεύμα Oyashio προστίθεται στο Kuroshio προερχόμενο από τη Θάλασσα Bering. Καθώς το Kuroshio προσεγγίζει την Βόρεια Αμερική, διακλαδίζεται : ο ένας κλάδος κινείται νότια ως California Current και ο άλλος κλάδος κινείται βόρεια ως Alaskan Gyre.



Ειρηνικός Ωκεανός – επιφανειακή κυκλοφορία.

ΠΗΓΗ:

<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>

Στο Νότιο Ειρηνικό, επικρατεί η Περιδύνηση Νότιου Ειρηνικού (South Pacific Gyre), το οποίο τροφοδοτείται από το νότο από το Antarctic Circumpolar Current. Το νερό κινείται στα ανατολικά παράλια της Αυστραλίας προς βορρά και ονομάζεται East Australian Current. Ένα άλλο τμήμα του Antarctic Circumpolar Current κινείται βόρεια κατά μήκος των ακτών της Νοτίου Αμερικής ως Peru Current. Το Peru Current είναι ρεύμα χαμηλής θερμοκρασίας, αλατότητας και διαλυμένου οξυγόνου, το οποίο φθάνει έως την υποτροπική ζώνη της Νοτίου Αμερικής. Λόγω των επικρατούντων νοτιο- ανατολικών ανέμων που κυριαρχούν στη περιοχή, το Peru Current δίνει συχνά φαινόμενα upwelling. Το upwelling απομακρύνει το κρύο νερό του Peru Current από τις ακτές του Περού, αντικαθιστώντας το από νερό μεγαλύτερου βάθους, υψηλότερης θερμοκρασίας και αλατότητας. Τα ψάρια της επιφάνειας κινούνται σε βαθύτερα στρώματα ή πεθαίνουν με αποτέλεσμα το θάνατο των πτηνών και τη πτώση της αλιευτικής παραγωγής. Η αύξηση της θερμοκρασίας

του επιφανειακού στρώματος αυξάνει την εξάτμιση και κατά συνέπεια εντείνει τις βροχοπτώσεις στις παρακείμενες ηπείρους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται El Niño και συνδέεται με πλημμυρικά φαινόμενα σε περιοχές που η βροχόπτωση είναι γενικά χαμηλή.

5.6 Το ρεύμα του Κόλπου (Gulf Stream)

Η πρώτη γνωστή αναφορά για το Ρεύμα του Κόλπου προέρχεται από τον Ισπανό θαλασσοπόρο Ponce de Leon (1513), όταν παρατήρησε ότι ένα πολύ ισχυρό, θερμό ρεύμα που προερχόταν από τη θάλασσα της Καραϊβικής παρέσερνε το πλοίο του προς τη Φλόριντα, ενώ πιθανόν να γνώριζαν για το Ρεύμα του Κόλπου οι Ινδιάνοι της Αμερικής, πολύ πριν από την ανακάλυψη της Αμερικής.

Αργότερα ο Benjamin Franklin (1770), στην προσπάθεια του να βελτιώσει την ταχυδρομική επικοινωνία με το Ηνωμένο Βασίλειο, πραγματοποίησε την πρώτη λεπτομερή μελέτη και χαρτογράφηση του Ρεύματος του Κόλπου. Το 1885, ο υποπλοίαρχος του Αμερικανικού ναυτικού M. F. Maury δημοσίευσε το βιβλίο «Η Φυσική Γεωγραφία της Θάλασσας και η Μετεωρολογία της». Σ' αυτό το πρώτο βιβλίο ωκεανογραφίας, ο συγγραφέας τονίζει τον ουσιαστικό ρόλο του Ρεύματος του Κόλπου στη ρύθμιση των χειμερινών θερμοκρασιών της δυτικής Ευρώπης.

Το Ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού είναι ένα ισχυρό και θερμό ρεύμα που δημιουργείται στη θάλασσα της Καραϊβικής. Αυτό το ρεύμα, ανοιχτά της Florida, έχει πλάτος 80 - 150 χιλ. και βάθος 800 - 1200 μέτρα. Η θερμοκρασία στα επιφανειακά νερά του φθάνει τους 30 - 35°C, έχει ταχύτητα από 104-233 km ανά ημέρα και μεταφέρει μάζες νερού σε συχνότητα 85 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων το δευτερόλεπτο. Το Ρεύμα του Κόλπου κατευθύνεται βόρεια κατά μήκος των ανατολικών ακτών των Ηνωμένων Πολιτειών και αργότερα ενώνεται με το ψυχρό ρεύμα του Labrador που φέρνει ψυχρότερες μάζες νερού από τον Αρκτικό ωκεανό. Έτσι, το κύριο Ρεύμα του Κόλπου επιβραδύνεται, γίνεται ψυχρότερο (25°C), αλλά ακόμη είναι θερμό και αλλάζει διεύθυνση, καθώς ρέει βόρειο-ανατολικά διασχίζοντας τον Ατλαντικό ωκεανό. Είναι το γνωστό Θερμό Ρεύμα του βόρειου Ατλαντικού. Αυτό ο ρεύμα όταν φθάνει στην Ευρώπη (ΒΔ της Ιρλανδίας) χωρίζεται στα δύο. Το βόρειο τμήμα του ρέει προς την Ισλανδία και το νότιο παρακλάδι του προς τις Αζόρες με κατεύθυνση τα Κανάρια νησιά. Το Θερμό Ρεύμα του βόρειου Ατλαντικού είναι μέρος ενός παγκόσμιου κυκλοφοριακού δακτυλίου ανακύκλωσης των νερών. Τα επιφανειακά νερά που θερμαίνονται στους τροπικούς ρέουν προς το βόρειο Ατλαντικό ωκεανό, ενώ τα ψυχρά βυθίζονται και ρέουν προς τον Ισημερινό για να θερμανθούν πάλι. Εξάλλου, τα επιφανειακά νερά του Θερμού Ρεύματος του βόρειου Ατλαντικού, κατά τη μεταφορά τους προς τις Πολικές περιοχές ψύχονται, λόγω της εξάτμισης και της μεταφοράς θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Ο ωκεανός παγώνει εκεί και ο σχηματισμός θαλάσσιου πάγου αυξάνει την αλατότητα των νερών. Έτσι, τα ψυχρά νερά γίνονται αλμυρότερα, πυκνότερα και συνεπώς βαρύτερα και βυθίζονται σε βάθη μεγαλύτερα των 3000 μέτρων. Σ' αυτό το στάδιο, καθώς τα νερά αυτά

βυθίζονται μεταφέρουν το 50% του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που έχουν απορροφήσει οι ωκεανοί. Χάρη σ' αυτή τη διαδικασία το CO₂ παγιδεύεται στα βάθη των ωκεανών για μερικές εκατοντάδες έως και χιλιάδες χρόνια.

Ερευνητές για την αλλαγή του κλίματος έχουν ανιχνεύσει τα πρώτα σημάδια μιας επιβράδυνσης στο Ρεύμα του Κόλπου - το ωκεάνιο ρεύμα που εμποδίζει τη Μεγάλη Βρετανία και την Ευρώπη από το να παγώσει. Η ταχύτητα του Ρεύματος επιβραδύνεται, επειδή το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει εξασθενήσει έναν από τους 'κινητήρες' του - τη βύθιση παγωμένου νερού στη θάλασσα της Γροιλανδίας - στο ένα τέταρτο και λιγότερο της προηγούμενης ισχύος του. Η αποδυνάμωση, που προκλήθηκε προφανώς λόγω της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας, θα μπορούσε να φέρει μεγάλες αλλαγές στο ρεύμα κατά τα επόμενα χρόνια ή δεκαετίες. Και αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει τη Μεγάλη Βρετανία και τις χώρες της βορειοδυτικής Ευρώπης σε μια απότομη πτώση των θερμοκρασιών. Μια τέτοια αλλαγή έχει προβλεφθεί καιρό τώρα από τους επιστήμονες αλλά η νέα έρευνα είναι ανάμεσα στις πρώτες που παρουσίασαν μια σαφή πειραματική ένδειξη του φαινομένου. Ο Δρ. Wadhams, καθηγητής της φυσικής ωκεανογραφίας στο πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ, χρησιμοποίησε βαθυσκάφη του βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού, για να ερευνησει στο βυθό της θάλασσας της Γροιλανδίας, τους αιώνιους πάγους της Αρκτικής και παρατήρησε τις αποδείξεις του φαινομένου αυτού.

"Μέχρι πριν από λίγο καιρό, βλέπαμε γιγάντιες "καμινάδες" στη θάλασσα, στις οποίες στήλες κρύου, πυκνού νερού βυθίζονταν από την επιφάνεια σε βάθος 3.000 μέτρων, όμως τώρα έχουν σχεδόν εξαφανιστεί", ανέφερε και συμπληρώνει: "Πρόκειται για την αρχή μιας κλιματικής αναστάτωσης. Καθώς το νερό βυθίζεται αντικαθίσταται από ζεστό νερό που φθάνει από τον Νότο, που διατηρεί έτσι μια συνεχή κυκλοφορία. Εάν ο μηχανισμός αυτό επιβραδυνθεί, πάει να πει ότι λιγότερη θερμότητα φθάνει στην Ευρώπη". Μια τέτοια αλλαγή θα μπορούσε να ασκήσει μεγάλη επίδραση στη Μεγάλη Βρετανία, η οποία βρίσκεται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος με τη Σιβηρία και κανονικά αν δεν υπήρχε το Ρεύμα θα ήταν πολύ πιο ψυχρή. Το Ρεύμα του Κόλπου, ισχυρό, ζεστό και ταχύ, μεταφέρει στο Ηνωμένο Βασίλειο 27.000 φορές περισσότερη θερμότητα από εκείνη που παράγουν συνολικά όλοι οι ενεργειακοί σταθμοί της χώρας, θερμαίνοντας τη Μεγάλη Βρετανία κατά 5- 8 βαθμούς Κελσίου. Ο Wadhams και οι συνάδελφοί του θεωρούν, εντούτοις, ότι τέτοιες ακριβώς αλλαγές θα μπορούσαν να βρίσκονται εν εξελίξει. Προβλέπουν δε ότι η επιβράδυνση του Ρεύματος του Κόλπου είναι πιθανό να συνοδευτεί και από άλλα αποτελέσματα, όπως η πλήρης τήξη του αρκτικού πάγου κατά το καλοκαίρι το νωρίτερο το 2020 και σχεδόν βέβαια μέχρι το 2080. Αυτό θα ήταν καταστροφή για την αρκτική άγρια φύση, όπως η πολική αρκούδα, η οποία θα μπορούσε ακόμα και να εξαφανιστεί.

Στα υποβρύχια ταξίδια του Wadhams κάτω από τον βόρειο πολικό πάγο, για να ερευνησουν τι συνέβαινε κάτω από τον πάγο χρησιμοποιήθηκε sonar. Έτσι μέτρησαν πως ο πάγος έχει γίνει λεπτότερος κατά 46% στα 20 προηγούμενα χρόνια. Τα αποτελέσματα από αυτές τις έρευνες τον προέτρεψαν να εστιάσει την προσοχή του στο κρηπίδωμα του πάγου Odden, το οποίο πρέπει να αυξάνεται κάθε χειμώνα στη θάλασσα της Γροιλανδίας και να υποχωρεί το καλοκαίρι. Η αύξηση αυτού του

κρηπιδώματος θα πρέπει να προκαλεί τον ετήσιο σχηματισμό των βυθισμένων υδάτινων στηλών. Καθώς το θαλάσσιο νερό παγώνει για να σχηματίσει το στρώμα του πάγου, οι κρύσταλλοι του πάγου αποβάλλουν το άλας τους στο περιβάλλον νερό, καθιστώντας το έτσι βαρύτερο από το υποκείμενο νερό. Εντούτοις, το κρηπίδωμα του πάγου Odden έχει σταματήσει να σχηματίζεται. Για τελευταία φορά εμφανίστηκε πλήρως το 1997. "Στο παρελθόν μπορούσαμε να δούμε 9 έως 12 γιγαντιαίες στήλες κάτω από το κρηπίδωμα κάθε χρονιά. Στο πιο πρόσφατο ταξίδι μας, βρήκαμε μόνο δύο και ήταν τόσο αδύνατες που το βυθισμένο νερό δεν θα μπορούσε να φθάσει στο βυθό", αναφέρει ο Wadhams, που αποκάλυψε τα συμπεράσματα του σε μια συνεδρίαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωεπιστημών στη Βιέννη.

Η ακριβής επίδραση τέτοιων αλλαγών είναι δύσκολο να προβλεφθεί επειδή τα ρεύματα και τα καιρικά συστήματα θέλουν χρόνια μέχρι να ενεργοποιηθούν και επειδή υπάρχουν δύο άλλες περιοχές γύρω από το Βόρειο Ατλαντικό, όπου το νερό βυθίζεται, βοηθώντας έτσι να διατηρηθεί η κυκλοφορία. Λίγα είναι γνωστά για το τι επιπτώσεις έχει σε αυτές η αλλαγή του κλίματος. Ο Wadhams πάντως προτείνει ότι το φαινόμενο θα μπορούσε να είναι δραματικό. "Ένα από τα τρομερά που προβλέπει η ταινία 'Μετά την Επόμενη μέρα' είναι ότι η κυκλοφορία των ρευμάτων στον Ατλαντικό Ωκεανό αναστατώνεται, επειδή η βύθιση του ψυχρού νερού στον Βόρειο Ατλαντικό ξαφνικά σταματάει. Αυτό ήδη συμβαίνει, αν και με πολύ πιο αργό ρυθμό απ' ό,τι στην ταινία - σε διάρκεια ετών μάλλον, παρά μερικών ημερών. Εάν συνεχιστεί το φαινόμενο, θα γίνει πιο ψυχρό το κλίμα της βόρειας Ευρώπης". Μια δυνατότητα είναι ότι η Ευρώπη θα παγώσει, μια άλλη είναι ότι η επιβράδυνση του Ρεύματος του Κόλπου μπορεί να κρατήσει την Ευρώπη ψυχρή καθώς ο υπόλοιπος κόσμος θα θερμαίνεται - αλλά με περισσότερα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Το Gulf Stream και οι κλιματικές προοπτικές στην Ευρώπη

Οι πρόσφατες έντονες χιονοπτώσεις στη δυτική Ευρώπη και στην Αγγλία φέρνουν στην επικαιρότητα το υγρό στοιχείο της θάλασσας, τις ωκεάνιες διεργασίες, το Ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού (Gulf Stream) και κατά πόσον αυτό το ρεύμα έχει επηρεαστεί από τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Παλαιότερα υποστηριζόταν ότι αποκλειστικά υπεύθυνο για τη διαμόρφωση των ιδιαίτερα ήπιων κλιματικών συνθηκών της δυτικής Ευρώπης (Βρετανία, Ιρλανδία, Νορβηγία), σε σύγκριση με αυτές της ανατολικής ακτής του Καναδά που βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος, ήταν τα θερμά νερά που μεταφέρονταν προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη με το Ρεύμα του Κόλπου (Gulf Stream) και τις προεκτάσεις του, όπως είναι το ρεύμα του Βόρειου Ατλαντικού.

Η πρώτη γνωστή αναφορά για το Ρεύμα του Κόλπου προέρχεται από τον Ισπανό θαλασσοπόρο Ponce de Leon (1513), όταν παρατήρησε ότι ένα πολύ ισχυρό, θερμό ρεύμα που προερχόταν από τη θάλασσα της Καραϊβικής παρέσερνε το πλοίο του προς τη Φλόριντα, ενώ πιθανόν να γνώριζαν για το Ρεύμα του Κόλπου οι Ινδιάνοι της Αμερικής, πολύ πριν από την ανακάλυψη της Αμερικής. Αργότερα ο B. Franklin

(1770), στην προσπάθεια του να βελτιώσει την ταχυδρομική επικοινωνία με το Ηνωμένο Βασίλειο, πραγματοποίησε την πρώτη λεπτομερή μελέτη και χαρτογράφηση του Ρεύματος του Κόλπου. Το 1885, ο υποπλοίαρχος του Αμερικανικού ναυτικού M. F. Maury δημοσίευσε το βιβλίο «Η Φυσική Γεωγραφία της Θάλασσας και η Μετεωρολογία της».

Σ' αυτό το πρώτο βιβλίο ωκεανογραφίας, ο συγγραφέας τονίζει τον ουσιαστικό ρόλο του Ρεύματος του Κόλπου στη ρύθμιση των χειμερινών θερμοκρασιών της δυτικής Ευρώπης. Το Ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού είναι ένα ισχυρό και θερμό ρεύμα που δημιουργείται στη θάλασσα της Καραϊβικής. Αυτό το ρεύμα, ανοιχτά της Florida, έχει πλάτος 80 - 150 χιλ. και βάθος 800 - 1200 μέτρα. Η θερμοκρασία στα επιφανειακά νερά του φθάνει τους 30 - 35°C, έχει ταχύτητα από 104-233 km ανά ημέρα και μεταφέρει μάζες νερού σε συχνότητα 85 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων το δευτερόλεπτο. Το Ρεύμα του Κόλπου κατευθύνεται βόρεια κατά μήκος των ανατολικών ακτών των Ηνωμένων Πολιτειών και αργότερα ενώνεται με το ψυχρό ρεύμα του Labrador που φέρνει ψυχρότερες μάζες νερού από τον Αρκτικό ωκεανό. Έτσι, το κύριο Ρεύμα του Κόλπου επιβραδύνεται (8 χιλ την ημέρα), γίνεται ψυχρότερο (25°C), αλλά ακόμη είναι θερμό και αλλάζει διεύθυνση, καθώς ρέει βόρειο-ανατολικά διασχίζοντας τον Ατλαντικό ωκεανό.

Είναι το γνωστό Θερμό Ρεύμα του βόρειου Ατλαντικού. Αυτό ο ρεύμα όταν φθάνει στην Ευρώπη χωρίζεται στα δύο. Το βόρειο τμήμα του ρέει προς την Ισλανδία και το νότιο παρακλάδι του προς τις Αζόρες με κατεύθυνση τα Κανάρια νησιά. Το Θερμό Ρεύμα του βόρειου Ατλαντικού είναι μέρος ενός παγκόσμιου κυκλοφοριακού δακτυλίου ανακύκλωσης των νερών. Τα επιφανειακά νερά που θερμαίνονται στους τροπικούς ρέουν προς το βόρειο Ατλαντικό ωκεανό, ενώ τα ψυχρά βυθίζονται και ρέουν προς τον Ισημερινό για να θερμανθούν πάλι. Εξάλλου, τα επιφανειακά νερά του Θερμού Ρεύματος του βόρειου Ατλαντικού, κατά τη μεταφορά τους προς τις Πολικές περιοχές ψύχονται, λόγω της εξάτμισης και της μεταφοράς θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Ο ωκεανός παγώνει εκεί και ο σχηματισμός θαλάσσιου πάγου αυξάνει την αλατότητα των νερών. Έτσι, τα ψυχρά νερά γίνονται αλμυρότερα, πυκνότερα και συνεπώς βαρύτερα και βυθίζονται σε βάθη μεγαλύτερα των 3 χιλιομέτρων. Σ' αυτό το στάδιο, καθώς τα νερά αυτά βυθίζονται μεταφέρουν το 50% του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που έχουν απορροφήσει οι ωκεανοί. Χάρη σ' αυτή τη διαδικασία το CO₂ παγιδεύεται στα βάθη των ωκεανών για μερικές εκατοντάδες έως και χιλιάδες χρόνια.

Ωστόσο, το λιώσιμο των πάγων που προκαλείται από την παγκόσμια υπερθέρμανση του πλανήτη, ελευθερώνει τεράστιες ποσότητες γλυκών νερών στους ωκεανούς. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να μειώσει την αλατότητα και ως εκ τούτου την πυκνότητα των νερών, επηρεάζοντας με αυτό τον τρόπο το ρυθμό με τον οποίο τα νερά αυτά βυθίζονται βαθύτερα. Μπορεί επίσης η υπερθέρμανση του πλανήτη να ελαττώσει τη ροή των επιφανειακών ρευμάτων που τροφοδοτούν την κυκλοφορία στο Βόρειο Ατλαντικό και άρα να επηρεάσουν την ωκεάνια κυκλοφορία. Επιπλέον, η ποσότητα του παγιδευμένου CO₂ στον ωκεανό μπορεί να μειωθεί με αποτέλεσμα περισσότερο CO₂ να απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα αυξάνοντας έτσι την οξύτητα των

ωκεανών.

Τα τελευταία χρόνια, πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι το Ρεύμα του Κόλπου εξασθενεί και επιβραδύνεται στην κίνησή του εξαιτίας της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, ενώ ορισμένοι, επισείουν, λόγω κλιματικών αλλαγών, ακόμα και την πλήρη διακοπή της μετακίνησής του που θα οδηγήσει σε μια νέα εποχή παγετώνων στη Δυτική Ευρώπη. Πρόσφατες επιστημονικές έρευνες όμως, αναθεωρούν τη σημασία του ρόλου του Ρεύματος του Κόλπου στη μεταφορά θερμότητας από το Νότο προς το Βορρά. Στις περιοχές που βρίσκονται στα γεωγραφικά πλάτη μεταξύ 40° και 60° Β, οι άνεμοι είναι ο κυρίαρχοι παράγοντες καθώς μεταφέρουν το 80% της θερμότητας, ενώ μόλις το 20% μεταφέρεται από το Ρεύμα του Κόλπου και τις προεκτάσεις του.

Ειδικότερα έχει διαπιστωθεί ότι τρία είναι τα κύρια φαινόμενα που ευθύνονται για τους ήπιους χειμώνες στην ατλαντική ακτή της βόρειο-δυτικής Ευρώπης.

- α) Η προέκταση του Ρεύματος του Κόλπου, δηλαδή το θερμό ρεύμα του βόρειου Ατλαντικού μεταφέρει θερμότητα στην ατμόσφαιρα, καθώς ταξιδεύει προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη,
- β) Το χειμώνα, οι κυρίαρχοι δυτικοί άνεμοι προερχόμενοι από τις Ηνωμένες Πολιτείες, ταξιδεύουν πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό μεταφέροντας στην Ευρώπη ωκεάνιες αέριες μάζες, οι οποίες είναι θερμότερες από τον ηπειρωτικό αέρα.
- γ) Η θερμότητα που αποθηκεύεται στον Ατλαντικό ωκεανό το καλοκαίρι απελευθερώνεται το χειμώνα. Με άλλα λόγια, αν το Ρεύμα του Κόλπου τελικά εξασθενήσει ή διακοπή η κυκλοφορία του προς τη δυτική Ευρώπη, δεν θα υπάρξουν τόσο ραγδαίες καταστροφικές συνέπειες που μέχρι σήμερα προέβλεπαν ορισμένοι επιστήμονες.



ΠΗΓΗ: <http://sfrang2.blogspot.gr/2009/02/gulf-stream.html>

Εξάλλου, η παγκόσμια υπερθέρμανση, εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου, οδηγεί σε μαζική αύξηση της παροχής γλυκού νερού στις περιοχές της Αρκτικής (

τήξη των πάγων), αλλά και της αύξησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Τις τελευταίες δεκαετίες τα νερά του Βόρειου Ατλαντικού θερμαίνονται ενώ η αλατότητά τους μειώνεται. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία των ωκεανών, τις ωκεάνιες ζώνες μεταφοράς θερμότητας, αλατότητας και θρεπτικών συστατικών, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του παγκόσμιου κλίματος. Σημειώνεται ότι τα μεγάλα ωκεάνια ρεύματα, είναι γνωστό ότι διαμορφώνουν την αποκαλούμενη ‘‘Θερμό-αλη’’ παγκόσμια ζώνη ωκεάνιας μεταφοράς θερμότητας, αλατότητας και θρεπτικών και που διαμορφώνουν το κλίμα και τη διατήρηση της θαλάσσιας ζωής σε ολόκληρο τον πλανήτη Γη.

Αυτό που θα πρέπει να κρατήσουμε είναι ότι το Ρεύμα του Κόλπου αποτελεί ουσιαστικά μια από τις κινητήριες δυνάμεις της παγκόσμιας ωκεάνιας κυκλοφορίας με ποικίλες επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα και στις παγκόσμιες κλιματικές διακυμάνσεις και ιδιαιτερότητες. Επομένως και το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και οι Παγκόσμιες Κλιματικές Αλλαγές, αποτελούν σύμπλεγμα πολυσύνθετων και πολυπαραγοντικών διεργασιών που οι σχετικές μετρήσεις συνεχώς επικαιροποιούνται από τους ειδικούς επιστήμονες, ενώ οι αβεβαιότητές τους είναι μεγάλες, καθώς η χρονική και χωρική εκδήλωση των επιπτώσεων τους είναι ένα ακόμη επιστημονικό πεδίο αρκετά ομιχλώδες, αλλά σημαντικότερο για τη ζωή.

6. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Οι μετρήσεις των θαλάσσιων ρευμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην περιγραφή της θαλάσσιας κυκλοφορίας μιας παράκτιας περιοχής ή της ανοικτής θάλασσας. Οι μετρήσεις μπορεί να είναι τόσο επιφανειακές για τον προσδιορισμό της επιφανειακής οριζόντιας κυκλοφορίας, όσο και στο βάθος για τον καθορισμό της κατακόρυφης ανάμιξης βαθύτερων μαζών. Οι εκτιμήσεις της ταχύτητας των ρευμάτων γίνονται είτε απευθείας με μετρητές ταχύτητας, είτε εμμέσως από τη μέτρηση διάφορων άλλων παραμέτρων που καθορίζουν την κυκλοφορία, όπως η θερμοκρασία και η αλατότητα (ρεύματα πυκνότητας). Το θαλάσσιο ρεύμα εκφράζεται σε μονάδες ταχύτητας (μέτρα ανά δευτερόλεπτο: m/s). Ο πιο απλός τρόπος εκτίμησης της ταχύτητας είναι η παρατήρηση ενός επιπλέοντος αντικειμένου και η μέτρηση της απόστασης που διένυσε σε συγκεκριμένο χρόνο. Σήμερα, βέβαια, χρησιμοποιούνται πιο ακριβή όργανα για τη μέτρηση των θαλάσσιων ρευμάτων.

6.1 Στατικοί ρευματογράφοι (current meters)

Οι ρευματογράφοι τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις και βάθη, περιέχουν ηλεκτρονική μνήμη και μπαταρία και καταγράφουν την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ρεύματος στο συγκεκριμένο σημείο. Οι μετρήσεις αυτές ονομάζονται μετρήσεις τύπου Euler, από τον Ελβετό μαθηματικό Leonhard Euler (1707-1783), ο οποίος περιέγραψε τη ροή του υγρού μετρώντας την ταχύτητα και την κατεύθυνση σε ένα μόνο σημείο. Ο ωκεανογράφος κάνει ανάκτηση των δεδομένων ανά τακτά χρονικά διαστήματα και αλλαγή της μπαταρίας αν ξεπεραστεί το διάστημα ζωής από την περίοδο μέτρησης. Ένας χαρακτηριστικός και ιδιαίτερα διαδεδομένος ρευματογράφος παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα.



Στατικός βυθισμένος ρευματογράφος.

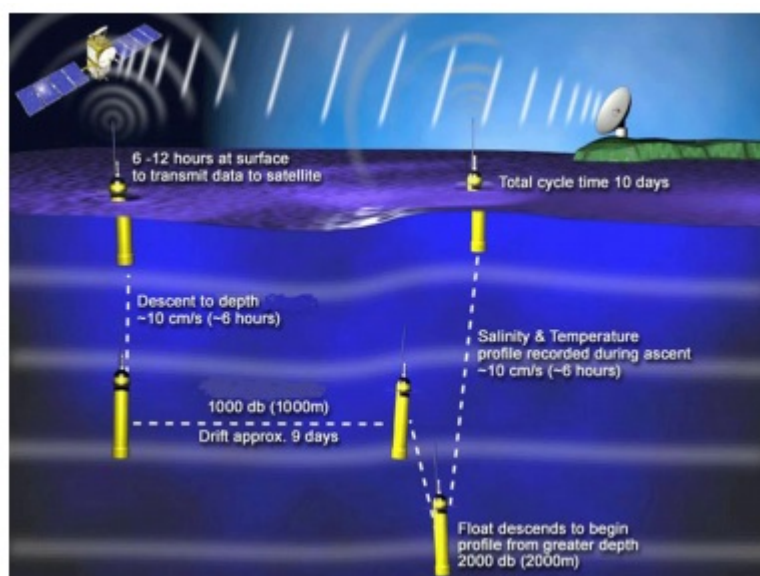
ΠΗΓΗ: Εργαστήριο Θαλάσσιας Τεχνικής και Θαλασσιών Έργων, ΑΠΘ

Ο ρευματογράφος αυτός μετράει τα θαλάσσια ρεύματα βασισμένος στο φαινόμενο Doppler. Ο μετρητής εκπέμπει μία σειρά από υψηλής συχνότητας ήχους, οι οποίοι συναντούν τα κινούμενα σωματίδια του νερού. Αν το σωματίδιο απομακρύνεται από το όργανο, τότε το επιστρέφον ηχητικό σήμα έχει χαμηλότερη συχνότητα. Αν το σωματίδιο πλησιάζει στο όργανο τότε το επιστρέφον ηχητικό σήμα έχει υψηλότερη συχνότητα. Επειδή τα σωματίδια μετακινούνται με την ίδια ταχύτητα με τα ρεύματα, η μέτρηση της ταχύτητάς τους αποτελεί και μέτρηση της ταχύτητας του θαλάσσιου ρεύματος. Τα όργανα αυτά ανάλογα με την ισχύ του ηχητικού σήματος μπορούν να μετρήσουν σε διάφορα βάθη ταυτόχρονα, καταγράφοντας την ταχύτητα όλης της στήλης του νερού (current profiler). Επίσης, μπορούν να καταγράφουν είτε κατά την κατακόρυφη, είτε κατά την οριζόντια διεύθυνση.

6.2 Παρασυρόμενοι πλωτοί μετρητές (drifters)

Οι μετρήσεις με παρασυρόμενους μετρητές (πλωτήρες) ονομάζονται και μετρήσεις τύπου Lagrange από το μαθηματικό Joseph Louis Lagrange (1736-1813), ο οποίος πρώτος περιέγραψε την τροχιά που ακολουθούν τα ρευστά. Οι μετρήσεις με παρασυρόμενους μετρητές μπορεί να είναι είτε επιφανειακές, είτε στο βάθος. Ο με-

τηρήτης περιέχει μνήμη, μπαταρία, σύστημα δορυφορικού γεωγραφικού εντοπισμού και σύστημα μετάδοσης των δεδομένων καταγραφής. Ο μετρητής αφήνεται «ελεύθερος» σε επιλεγμένες θέσεις σε μία θαλάσσια περιοχή και μετακινείται παρασυρόμενος από τα υπάρχοντα ρεύματα. Ο χρήστης επιλέγει αν ο μετρητής θα κινείται σε συγκεκριμένο βάθος ή αν θα κάνει μετρήσεις στην κατακόρυφο ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (π.χ. Σύστημα Αργώ). Η επιτυχία των μετρήσεων αυτού του είδους εξαρτάται σημαντικά από τον επαρκή αριθμό πλωτήρων που θα αφηθούν σε μία θαλάσσια περιοχή και από την «τύχη» που θα έχουν κατά την περίοδο μέτρησης. Το βασικό μειονέκτημα είναι η πιθανή απώλεια του οργάνου λόγω παγίδευσής του στην ακτή ή σε κάποιο βάθος ή λόγω καταστροφής του από τα διερχόμενα πλοία.



Σχηματική απεικόνιση ενός παρασυρόμενου πλωτήρα του συστήματος ΑΡΓΩ.

ΠΗΓΗ: NOAA

6.3 Μετρήσεις με ραντάρ υψηλής συχνότητας (HF Radar)

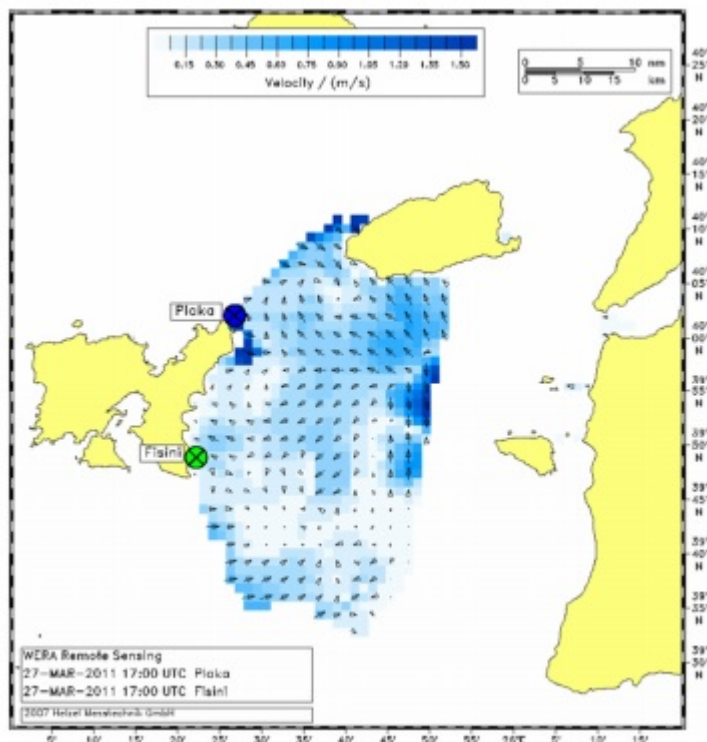
Τα ραντάρ υψηλής συχνότητας τοποθετούνται στην παράκτια ζώνη και μετρούν τις ταχύτητες των επιφανειακών ρευμάτων από την ακτογραμμή μέχρι και 200Km προς την ανοικτή θάλασσα. Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να λειτουργήσουν κάτω από οποιοσδήποτε μετεωρολογικές συνθήκες. Τοποθετούνται κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας και όχι σε υψηλό σημείο του εδάφους και μπορούν να καλύψουν αρκετά μεγάλες περιοχές ταυτόχρονα, σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους μέτρησης.



Ραντάρ υψηλής συχνότητας.

ΠΗΓΗ: Integrated Ocean Observing System, NOAA

Τα δεδομένα από τα ραντάρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή οριζόντιων χαρτών σε διάφορες κλίμακες ανάλυσης σε χρονικά διαστήματα μερικών λεπτών. Η τοποθέτηση περισσότερων ραντάρ σε μια περιοχή επιτρέπει ακριβέστερο υπολογισμό και των δύο συνιστωσών του ρεύματος (B-N, A-Δ). Η οριζόντια κατανομή των ταχυτήτων ρεύματος μετρημένων από ραντάρ στην περιοχή της Λήμνου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Η χρωματική κλίμακα παρουσιάζει την ένταση (m/s) του επιφανειακού ρεύματος στην περιοχή κάλυψης των ραντάρ.



Χαρακτηριστική οριζόντια κατανομή ταχυτήτων επιφανειακού ρεύματος στην περιοχή της Λήμνου από ραντάρ υψηλής συχνότητας.

ΠΗΓΗ: Poseidon System

6.4 Υπολογισμός ρευμάτων με τη χρήση δορυφορικών μετρήσεων

Ο υπολογισμός της γεωστροφικής κυκλοφορίας στους ωκεανούς με τη χρήση δορυφόρων γίνεται εμμέσως από τις μετρήσεις του υψομέτρου επιφανείας. Ο τρόπος μέτρησης της θαλάσσιας στάθμης με τη βοήθεια ειδικών ραντάρ δορυφόρων ονομάζεται δορυφορική υψομετρία (satellite altimetry). Τα τελευταία 20 χρόνια αρκετοί δορυφόροι, εφοδιασμένοι με ειδικά όργανα μέτρησης της στάθμης της θάλασσας, σαρώνουν όλη την επιφάνεια του παγκόσμιου ωκεανού και προσφέρουν μετρήσεις με σχετικά υψηλή χωρική ανάλυση. Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η συνεχής σάρωση ολόκληρου του παγκόσμιου ωκεανού. Το μειονέκτημά της είναι ότι πολλές παράκτιες περιοχές που απαιτούν υψηλότερη ανάλυση δεν περιλαμβάνονται στις συγκεκριμένες υπάρχουσες τροχιές.

Ένα παράδειγμα σάρωσης της Μεσογείου από το δορυφόρο της NASA J1 παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Η οριζόντια ανάλυση κατά μήκος μια τροχιάς είναι μερικών δεκάδων μέτρων και το χρονικό βήμα σάρωσης της ίδιας θαλάσσιας περιοχής είναι περίπου 10 ημέρες. Δηλαδή, από την περιοχή της Αλεξανδρούπολης ο συγκεκριμένος δορυφόρος θα λάβει μετρήσεις κάθε 10 ημέρες. Ο χρήστης μπορεί να προμηθευτεί δωρεάν ένα μεγάλο αριθμό δορυφορικών μετρήσεων στάθμης από διάφορους παρόχους (π.χ. NASA, ESA).

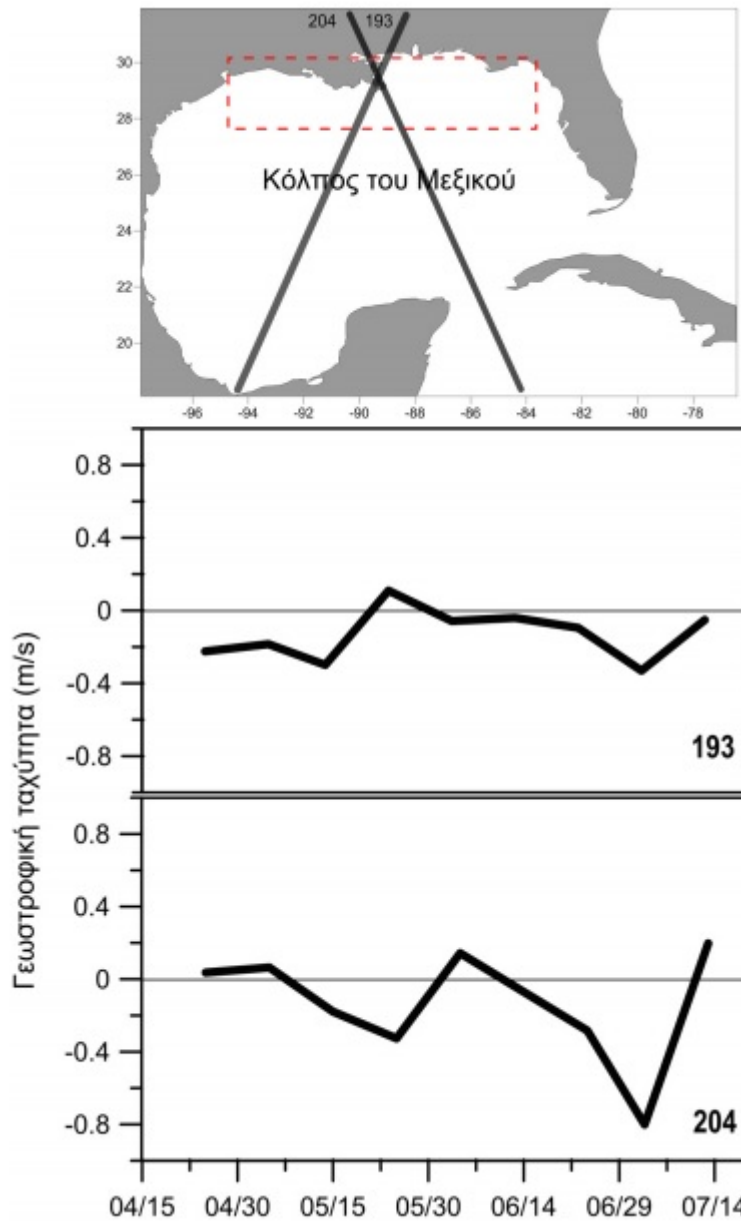


Οι τροχιές του δορυφόρου J1 πάνω από τη Μεσόγειο Θάλασσα.

ΠΗΓΗ: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2791/3/02_chapter_04.pdf

Ο υπολογισμός του γεωστροφικού ρεύματος απαιτεί τη γνώση του υψομέτρου ανάμεσα σε 2 τουλάχιστον σημεία κατά μήκος της τροχιάς του δορυφόρου, ώστε με τον υπολογισμό της μεταξύ τους απόστασης και της παραμέτρου Coriolis να είναι δυνατός ο υπολογισμός του μέτρου του ρεύματος με τη χρήση της εξίσωσης 4.35. Ένα παράδειγμα υπολογισμού γεωστροφικού ρεύματος παρουσιάζεται στο σχήμα παρακάτω. Στη βόρεια περιοχή του Κόλπου του Μεξικού υπολογίστηκε η εξέλιξη της

μέσης ταχύτητας που κινείται προς τα δυτικά και προς τα ανατολικά βάσει των μετρήσεων στάθμης που ελήφθησαν κατά μήκος των τροχιών 193 και 204 του δορυφόρου. Παρατηρούνται υψηλές ταχύτητες στο τέλος της περιόδου με κατεύθυνση προς τα δυτικά (αρνητικές), οι οποίες σχετίζονται με το δυτικό γεωστροφικό ρεύμα (μεγάλης κλίμακας) που προκαλείται από την εκροή του ποταμού Μισισσιπή.



Χαρακτηριστικό παράδειγμα υπολογισμού γεωστροφικού ρεύματος κατά μήκος δορυφορικής τροχιάς στην περιοχή του Κόλπου του Μεξικού.

ΠΗΓΗ: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2791/3/02_chapter_04.pdf

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%83%CE%B9%CE%BF_%CF%81%CE%B5%CF%8D%CE%BC%CE%B1
- ❖ <http://www.meteo-news.gr/2013/01/to-perifimo-reyma-tou-kolpou.html>
- ❖ <http://sfrang2.blogspot.gr/2009/02/gulf-stream.html>
- ❖ <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC147/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82/Chapter3.pdf>
- ❖ http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIO121_Thalassia/256398/more.pdf
- ❖ http://www.omilosmeleton.gr/pdf/Circulation_Greek.pdf
- ❖ <http://www.koutipandoras.gr/article/animation-tis-nasa-me-ta-thalassia-reymata-tis-gis-videos>
- ❖ https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2791/3/02_chapter_04.pdf