

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ (+ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΟΛΗΣ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«Φυσικές ιδιότητες του θαλασσινού νερού»



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ:ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΙΑΣΩΝ
ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:capt.ΤΣΙΓΚΟΥΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΤΟΠΟΣ, 2018
Ν.ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

Περιεχόμενα

Περίληψη/Abstract	σελ.4
Πρόλογος	σελ.5
Εισαγωγή	σελ.6
Κεφάλαιο 1^ο : Ωκεανογραφία - Ωκεανολογία	σελ.7
1.1. Ωκεανογραφική χημεία	σελ. 7
1.2. Ωκεανός	σελ. 7
1.3. Νερό	σελ. 8
1.3.1. Η προέλευση του νερού	σελ. 10
1.3.2. Ο κύκλος του νερού	σελ. 11
1.4. Η προέλευση των ωκεανών	σελ. 12
1.5. Τμήματα ωκεανού	σελ. 14
Κεφάλαιο 2^ο : Φυσικές ιδιότητες θαλασσινού νερού	σελ.15
2.1. Αλατότητα	σελ.15
2.2. Θερμοκρασία	σελ.17
2.3. Πίεση	σελ.18
2.4. Πυκνότητα	σελ.19
2.5. Συμπιεστότητα	σελ.19
2.6. Ιξώδες	σελ.20
2.7. Θερμοανθεκτικότητα	σελ.21
2.8. Θερμική διαστολή	σελ.21
2.9. Θερμική αγωγιμότητα	σελ.22
2.10. Ηλεκτρική αγωγιμότητα	σελ.22
2.11. Οπτική διαπερατότητα & Συντελεστής διάθλασης	σελ.23
2.12. Χρώμα	σελ.24
2.13. Ραδιενέργεια	σελ.25
2.14. Μετάδοση ήχου	σελ.26

Κεφάλαιο 3^ο : Ανθρώπινη επίδραση	σελ.27
3.1. Σημαντικότητα ωκεανών	σελ.30
Κεφάλαιο 4^ο : Θαλασσινό & Γλυκό νερό	σελ.32
4.1. Διαφορές θαλασσινού και γλυκού νερού	σελ.33
4.1.1. Αλμυρότητα	σελ.33
4.1.2. Πυκνότητα	σελ.33
4.1.3. Σημείο ψύξης	σελ.34
4.1.4. Ώσμωση	σελ.34
Συμπεράσματα	σελ.35
Επίλογος	σελ.36
Βιβλιογραφία	σελ.37

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναλύει τις ιδιαίτερες ιδιότητες του θαλασσινού νερού. Οι ειδικές ιδιότητες του νερού, τα ανώμαλα υψηλά σημεία τήξης και βρασμού, οι ειδικές και λανθάνουσες θερμότητες, οι ισχυρές ιδιότητες διαλύτη και η μέγιστη πυκνότητα στους 4°C που προκύπτει από την πολική δομή του μορίου του νερού είναι μερικές από αυτές που αναλύονται στη μελέτη. Τα διαλυμένα άλατα αυξάνουν την πυκνότητα του νερού και μειώνουν τόσο τη θερμοκρασία της μέγιστης πυκνότητας όσο και το σημείο πήξης. Τέλος εκτός από τις φυσικές ιδιότητες του θαλασσινού νερού, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ανθρώπινη επίδραση στους ωκεανούς, που εκτός από τις αρνητικές συνέπειες της ρύπανσης, σχετίζεται με την εκμετάλλευση των ωκεάνιων πόρων τόσο ως μέσο μετακίνησης όσο και ως μέσο αναψυχής.

Abstract

This paper analyzes the special properties of seawater. Specific water properties, abnormal high melting and boiling points, special and latent heat, strong solvent properties, and maximum density at 4 ° C resulting from the polar structure of the water molecule are some of those analyzed in the study. Dissolved salts increase the density of water and reduce both the maximum density and the setting point. Finally, apart from the natural properties of seawater, the human impact on oceans plays an important role, which, in addition to the negative effects of pollution, is related to the exploitation of ocean resources both as a means of transport and as a means of recreation.

Πρόλογος

Η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στην σχολή Εμπορικού Ναυτικού και αφορά στη διερεύνηση των φυσικών ιδιοτήτων του θαλασσινού νερού. Η παρούσα εργασία αποτελείται από 4 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται και επεξηγούνται οι έννοιες της ωκεανολογίας και του ωκεανού. Γίνεται αναφορά στο νερό, το στοιχείο που απαρτίζει τον ωκεανό, καθώς και στην προέλευσή τους (νερού και ωκεανών).

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις φυσικές ιδιότητες του θαλασσινού νερού αναλύοντας έννοιες όπως, αλατότητα, θερμοκρασία, πίεση, πυκνότητα, κ.α.. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η ανθρώπινη επίδραση στους ωκεανούς και η σημαντικότητά τους και στο 4^ο κεφάλαιο παρατίθενται οι διαφορές του θαλασσινού από το γλυκό νερό. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των συμπερασμάτων και του επίλογου. Στο τέλος της εργασίας υπάρχουν οι βιβλιογραφικές παραπομπές από όπου και έγινε χρήση των πληροφοριών.

Εισαγωγή

Η ωκεανογραφία περιλαμβάνει όλες τις μελέτες που σχετίζονται με τη θάλασσα και ενσωματώνει τις γνώσεις που έχουν αποκτηθεί στις θαλάσσιες επιστήμες που ασχολούνται με θέματα όπως τα ωκεάνια όρια και η τοπογραφία του πυθμένα, η φυσική και χημεία του θαλάσσιου νερού, οι τύποι ρευμάτων και οι πολυάριθμες φάσεις της θαλάσσιας βιολογίας. Η στενή αλληλεξάρτηση και η αμοιβαία εξάρτηση των μοναδικών επιστημών της θάλασσας έχουν αναγνωριστεί από καιρό.

Οι ωκεανοί διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην εξέλιξη της ζωής. Τα πρώτα οργανικά μόρια στη Γη έχουν πιθανώς συντεθεί σε υδατικά διαλύματα και ο πρωτόγονος βίτοπος πιθανότατα επιβίωσε κοντά σε ωκεάνια υδροθερμικά συστήματα (Stetter, 1998, HolmandAndersson, 1998, NisbetandSleep, 2001). Οι ωκεανοί προστατεύουν τα οργανικά μόρια από τη μαζική υπεριώδη ακτινοβολία (CleavesandMiller, 1998) και προστατεύουν τους ζώντες οργανισμούς από τον βαρύ κομητειακό και μετεωριστικό βομβαρδισμό του πλανήτη μας (Sleepetal., 2001, NisbetandSleep, 2001).

Κεφάλαιο 1^ο: Ωκεανογραφία - Ωκεανολογία

Η ωκεανογραφία, γνωστή και ως ωκεανολογία, είναι η μελέτη των φυσικών και βιολογικών πτυχών του ωκεανού. Είναι μια γεωεπιστήμη, η οποία καλύπτει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, συμπεριλαμβανομένης της δυναμικής των οικοσυστημάτων, τα ρεύματα των ωκεανών, τα κύματα και τη δυναμική των γεωφυσικών υγρών, τις τεκτονικές πλάκες και τη γεωλογία του θαλάσσιου δαπέδου, και τις φυσικές ιδιότητες του ωκεανού (Millero, 2013).

1.1. Ωκεανογραφική χημεία

Η ωκεανογραφική χημεία είναι η μελέτη της χημείας των ωκεανών: η συμπεριφορά των χημικών στοιχείων στους ωκεανούς της Γης. Ο ωκεανός είναι μοναδικός στο ότι περιέχει - σε περισσότερες ή μικρότερες ποσότητες - σχεδόν κάθε φυσικό στοιχείο του περιοδικού πίνακα. Μεγάλο μέρος της χημικής ωκεανογραφίας περιγράφει την κυκλοφορία αυτών των στοιχείων εντός του ωκεανού. Ένας άλλος σημαντικός τομέας σπουδών στη ωκεανογραφική χημεία είναι η συμπεριφορά των ισοτόπων και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ιχνηλάτες παλαιότερων και σημερινών ωκεανογραφικών και κλιματικών διεργασιών. Για παράδειγμα, η επίπτωση του ^{18}O (το βαρύ ισότοπο του οξυγόνου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της έκτασης του πολικού πάγου και τα ισότοπα του βορίου αποτελούν βασικούς δείκτες του pH και της περιεκτικότητας σε CO_2 των ωκεανών στο γεωλογικό παρελθόν (Millero, 2013).

1.2. Ωκεανός

Ο ωκεανός είναι ένα σώμα αλατώδους νερού που συνθέτει μεγάλο μέρος της υδροσφαίρας ενός πλανήτη (Perseus Digital Library, 2012). Στη Γη, ένας ωκεανός

είναι μόνο ένα τμήμα του Παγκόσμιου Ωκεανού. Αυτά είναι, κατά φθίνουσα σειρά ανά περιοχή, ο Ειρηνικός, ο Ατλαντικός, Ινδικός, ο Ανταρκτικός και ο Αρκτικός Ωκεανός (Spilhaus, 1942). Το θαλασσίνο νερό καλύπτει περίπου 360.000.000 km² (140.000.000 τετραγωνικά μίλια) και διαιρείται συνήθως σε αρκετούς κύριους ωκεανούς και μικρότερες θάλασσες, με τον ωκεανό να καλύπτει περίπου το 71% της επιφάνειας της Γης και το 90% της βιόσφαιρας της Γης.

Ο ωκεανός περιέχει το 97% του νερού της Γης και οι ωκεανογράφοι έχουν δηλώσει ότι έχει εξερευνηθεί λιγότερο από το 5% του Παγκόσμιου Ωκεανού (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012). Ο συνολικός όγκος είναι περίπου 1,35 δισεκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα με μέσο βάθος περίπου 3700 μέτρα (Charette and Smith, 2010; Qadri, 2007 & NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015). Δεδομένου ότι ο παγκόσμιος ωκεανός είναι το κύριο συστατικό της υδροσφαίρας της Γης, είναι αναπόσπαστο μέρος της ζωής, αποτελεί μέρος του κύκλου του άνθρακα και επηρεάζει τα κλιματικά πρότυπα. Ο παγκόσμιος ωκεανός είναι ο βιότοπος 230.000 γνωστών ειδών, αλλά επειδή μεγάλο μέρος του είναι ανεξερεύνητο, ο αριθμός των ειδών που υπάρχουν στον ωκεανό είναι πολύ μεγαλύτερος, πιθανώς πάνω από δύο εκατομμύρια (Drogin, 2009).

1.3. Νερό

Ο ωκεανός αποτελείται από νερό. Το νερό είναι μια διαφανής, άγευστη, άοσμη και σχεδόν άχρωμη χημική ουσία που αποτελεί το κύριο συστατικό των υγρών στοιχείων της Γης (των λιμνών και των ωκεανών) και των περισσότερων ζωντανών οργανισμών. Ο χημικός τύπος του είναι H₂O, που σημαίνει ότι κάθε ένα από τα μόρια του περιέχει ένα οξυγόνο και δύο άτομα υδρογόνου που συνδέονται με ομοιοπολικούς δεσμούς. Ο όρος «νερό» αναφέρεται αυστηρά στην υγρή κατάσταση της ουσίας που βρίσκεται σε κανονική θερμοκρασία και πίεση περιβάλλοντος. Υπάρχει όμως και στερεή κατάσταση (πάγος) ή αέρια κατάσταση (ατμός / υδρατμός). Στη φύση εμφανίζεται με διάφορες μορφές όπως το χιόνι, οι παγετώνες, τα παγόβουνα, τα σύννεφα, η ομίχλη, και η ατμοσφαιρική υγρασία.

Το νερό καλύπτει το 71% της επιφάνειας της Γης (Central Intelligence Agency, 2008). Είναι ζωτικής σημασίας για όλες τις γνωστές μορφές ζωής. Στη Γη,

το 96,5% του πλανήτη βρίσκεται στις θάλασσες και τους ωκεανούς, 1,7% στα υπόγεια ύδατα, το 1,7% στους παγετώνες και στους πάγους της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας, μικρό ποσοστό σε άλλα μεγάλα υδάτινα σώματα και 0,001% στον αέρα ως υδρατμοί, σύννεφα (που σχηματίζονται από πάγο και υγρό νερό αιωρούμενο στον αέρα) και υγροποίηση(Gleick and White, 1993&American Geophysical Union, 1995). Μόνο το 2,5% αυτού του νερού είναι γλυκό νερό και το 98,8% αυτού του νερού βρίσκεται σε πάγο και στα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο από το 0,3% του συνόλου των γλυκών υδάτων βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και ατμόσφαιρα και μια ακόμη μικρότερη ποσότητα γλυκού νερού της Γης (0,003%) περιέχεται μέσα σε βιολογικά σώματα και προϊόντα(Gleick and White, 1993). Μια μεγαλύτερη ποσότητα νερού βρίσκεται στο εσωτερικό της γης(Crockett, 2015).

Το ασφαλές πόσιμο νερό είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο και για άλλες μορφές ζωής, παρόλο που δεν παρέχει θερμίδες ή οργανικές θρεπτικές ουσίες. Η πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό βελτιώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες σε σχεδόν όλα τα μέρη του κόσμου, αλλά περίπου ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι εξακολουθούν να μην έχουν πρόσβαση σε ασφαλές νερό και πάνω από 2,5 δισεκατομμύρια δεν έχουν πρόσβαση σε επαρκή υγιεινή (United Nations, 2008). Ωστόσο, ορισμένοι παρατηρητές έχουν εκτιμήσει ότι μέχρι το 2025 περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού θα αντιμετωπίσει προβλήματα σε σχέση με το νερό (Kulshreshtha, 1998). Μια έκθεση, που εκδόθηκε τον Νοέμβριο του 2009, δείχνει ότι μέχρι το 2030, σε ορισμένες αναπτυσσόμενες περιοχές του κόσμου, η ζήτηση ύδατος θα υπερβεί την προσφορά κατά 50% (The 2030 Water Resources Group, 2010).

Το νερό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Περίπου το 70% του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους πηγαίνει στη γεωργία. Επίσης το αλάτι αποτελεί σημαντική πηγή τροφής για πολλά μέρη του κόσμου. Μεγάλο μέρος των μεγάλων αποστάσεων εμπορευμάτων (όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο) και τα μεταποιημένα προϊόντα μεταφέρονται με πλοία μέσω θαλασσών, ποταμών, λιμνών και καναλιών. Μεγάλες ποσότητες νερού, πάγου και ατμού χρησιμοποιούνται για ψύξη και θέρμανση, στη βιομηχανία και στα σπίτια. Το νερό είναι ένας εξαιρετικός διαλύτης για μια μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιομηχανικές διεργασίες, και στην μαγειρική. Το νερό είναι επίσης το κέντρο για πολλά αθλήματα και άλλες μορφές ψυχαγωγίας, όπως η κολύμβηση, οι κρουαζιέρες, τα αγωνιστικά σκάφη, το σερφινγκ, η αλιεία και οι καταδύσεις(Baroni et al., 2006).

1.3.1. Η προέλευση του νερού

Όλα τα θεωρητικά μοντέλα σχηματισμού των ωκεανών χρειάζονται μια σαφή απάντηση σε ένα βασικό ερώτημα:

«Πότε και πως το νερό εμφανίστηκε στον πλανήτη μας;»

Ωστόσο, η προέλευση του νερού στη Γη ο λόγος που υπάρχει σαφώς περισσότερο υγρό νερό στη Γη απ 'ότι στους άλλους βραχώδεις πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος, δεν είναι πλήρως κατανοητός παραμένοντας ένα από τα σημαντικότερα θέματα συζήτησης και αντιπαράθεσης στις γεωεπιστήμες και την αστροφυσική. Υπάρχουν πολλές υποθέσεις σχετικά με το πως μπορεί να έχει συσσωρευτεί ύδωρ στην επιφάνεια της Γης τα τελευταία 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια σε επαρκή ποσότητα για να σχηματιστούν ωκεανοί. Η γνώση του χρονικού διαστήματος της εμφάνισης του νερού στη Γη μπορεί να επιτρέψει την επιλογή μεταξύ των πιθανών σεναρίων του σχηματισμού των ωκεανών που προτείνονται μέχρι τώρα:

- 1. εμφάνιση του νερού κατά τη διάρκεια της προσαύξησης της Γης, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι ωκεανοί ήταν διαθέσιμοι από την αρχή (Dauphas, Robert and Marty, 2000; Morbidelli et al., 2000 & Robert, Gautier and Dubrulle, 2000)
- 2. συνεχής εμφάνιση νερού ανά τους αιώνες, η οποία συνεπάγεται την επέκταση των ωκεανών (Frank, Sigwarth and Craven, 1986 & Deming, 1999).

Σήμερα, η πιο αποδεκτή υπόθεση είναι η πρώτη, αλλά ο εξωγήινος φορέας του νερού (κάποιος κομήτης ίσως) και η ακριβής στιγμή της εμφάνισης (κατά τη διάρκεια της πλανητικής ανάπτυξης ή στο τέλος της αύξησης), είναι ακόμα θέματα προς συζήτηση (Owen, 1998; Delsemme, 1998; Morbidelli et al., 2000; Dauphas, Robert and Marty, 2000 & Dauphas, 2003).

1.3.2. Ο κύκλος του νερού

Το νερό στη Γη μετακινείται συνεχώς μέσα από τον κύκλο του νερού. Ο κύκλος του νερού, (γνωστός επίσης ως υδρολογικός κύκλος) περιγράφει τη συνεχή κίνηση του νερού πάνω και κάτω από την επιφάνεια της Γης (υδρόσφαιρα, ατμόσφαιρα και λιθόσφαιρα). Η μάζα του νερού στη Γη παραμένει αρκετά σταθερή με την πάροδο του χρόνου, και η διαδικασία του κύκλου επιταχύνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας. Το νερό μετακινείται από μία δεξαμενή σε άλλη, (από τα σύννεφα στον ωκεανό, από τον ωκεανό στην ατμόσφαιρα κ.λπ.) αλλάζοντας συνεχώς φυσική κατάσταση, από τη στερεά μορφή των πάγων στην υγρή μορφή των θαλασσών και την αέρια κατάσταση των υδρατμών (Durack, Wijffels and Matear, 2012 & www3.geosc.psu.edu, 2017).

Ο κύκλος του νερού περιλαμβάνει την ανταλλαγή ενέργειας, η οποία οδηγεί σε αλλαγές θερμοκρασίας. Λόγω της θέρμανσης και των ανέμων στην επιφάνεια της γης, τα νερά της εξατμίζονται και μαζεύονται ως υδρατμοί δημιουργώντας τα σύννεφα. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, υδροποιούνται και στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή ή άλλες μορφές νετού, εμπλουτίζοντας έτσι τις αποθήκες νερού της γης, είτε είναι αυτές επιφανειακές, όπως οι θάλασσες και οι λίμνες, είτε είναι υπόγειες. Με αυτόν τον τρόπο, όταν το νερό εξατμίζεται, καταναλώνει ενέργεια από το περιβάλλον και δροσίζει το περιβάλλον. Όταν συμπυκνωθεί, απελευθερώνει ενέργεια και θερμαίνει το περιβάλλον. Αυτές οι ανταλλαγές θερμότητας επηρεάζουν το κλίμα (Durack, Wijffels and Matear, 2012 & www3.geosc.psu.edu, 2017).

Η φάση εξάτμισης του κύκλου καθαρίζει το νερό το οποίο στη συνέχεια αναπληρώνει τη γη με γλυκό νερό. Η ροή του υγρού νερού και του πάγου μεταφέρει μεταλλικά στοιχεία σε ολόκληρο τον πλανήτη. Συμμετέχει επίσης στην αναμόρφωση των γεωλογικών χαρακτηριστικών της Γης, μέσω διεργασιών που περιλαμβάνουν διάβρωση και καθίζηση. Τέλος, ο κύκλος του νερού είναι επίσης απαραίτητος για τη συντήρηση των περισσότερων μορφών ζωής και οικοσυστημάτων στον πλανήτη (Durack, Wijffels and Matear, 2012 & www3.geosc.psu.edu, 2017).

1.4. Η προέλευση των ωκεανών

Η θεωρία του Alfred Wegener για την «ηπειρωτική ολίσθηση» κατευθύνει την προσοχή στην προέλευση των ηπείρων και στην πρώτη δημοσίευση του Wegener σχετικά με το θέμα, αυτή η έμφαση αντανakλάται στον τίτλο: "*Die Entstehung der Kontinente*" (1912). Μέχρι το 1915, η σκέψη του Wegener είχε ήδη καταλήξει σε μια κατανόηση πως με την «προέλευση των ηπείρων» ήταν επίσης αναγκαστική και η «προέλευση των ωκεανών». Αν οι ήπειροι δεν ήταν σταθερές, πρωταρχικά χαρακτηριστικά του πλανήτη, πάντα στο ίδιο μέρος, με την ίδια μορφή και έχοντας σχεδόν το ίδιο ύψος, τότε ούτε οι ωκεανοί ήταν πρωταρχικά χαρακτηριστικά του πλανήτη που είχαν το ίδιο σχήμα, τόπο και βάθος (International Commission of the History of Oceanography, 2016).

Εάν οι ήπειροι, όπως συμβαίνει στη θεωρία του Wegener, χωρίζονται και παρασύρονται, πρέπει να δημιουργούν νέους ωκεανούς στις θέσεις μεταξύ των θραυσμάτων μιας πρώην ηπείρου. Όταν ο Wegener δημοσίευσε το πρώτο του βιβλίο για το θέμα το 1915, άλλαξε τον τίτλο στο "*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*" για να αντικατοπτρίζει αυτή την πτυχή της εξέλιξης των επιφανειακών χαρακτηριστικών της Γης (International Commission of the History of Oceanography, 2016).

Ο Wegener προχώρησε ακόμη περισσότερο, υποθέτοντας ότι η πρωταρχική γη καλύφθηκε εξ ολοκλήρου από έναν ωκεανό λίγων χιλιομέτρων βαθιά και ονόμασε τον ωκεανό "Panthalassa". Το ακόμα σχετικά ζεστό δάπεδο αυτού του αρχέγονου ωκεανού υποβλήθηκε σε αναδίπλωση και θρυμματισμό ως συνέπεια της αξονικής περιστροφής της γης και σταδιακά κατέστη αρκετά χονδροειδής για να αναδυθεί εδώ και εκεί, από τον ωκεανό που δημιούργησε τις πρώτες ηπείρους. Αυτή η εμφάνιση δεν ήταν συμμετρική και οδήγησε στην εμφάνιση ενός ημισφαιρίου γης και ενός ημισφαιρίου ωκεανού. Αυτή η πρωτότυπη μεγάλη πρωτο-ηπειρωτική περιοχή, που ο Wegener ονόμασε "Pangea", χωρίστηκε και παρασύρθηκε σε όλη τη γεωλογική ιστορία μέχρι να φτάσει στη σημερινή της διαμόρφωση (International Commission of the History of Oceanography, 2016).

Η θεωρία που πρότεινε ο Wegener ήταν αντίθετη με δύο τρέχουσες θεωρίες στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Μια από αυτές ήταν η θεωρία της μονιμότητας των ηπείρων και των ωκεανών, η οποία βρέθηκε υπέρ κυρίως στη Βόρεια Αμερική. Η

άλλη ήταν η θεωρία της σύσπασης της γης, την οποία υποστήριζαν πολλοί ευρωπαίοι θεωρητικοί ως εξήγηση για τον σχηματισμό των οροσειρών. Ήταν ωστόσο, μια θεωρία της προέλευσης των ωκεανών, ειδικά στο έργο του Eduard Sueß, στο "*Das Antlitz der Erde*" (Το πρόσωπο της γης), σχετικά με την προέλευση και το χαρακτήρα των επιφανειακών χαρακτηριστικών της Γης, οι ωκεανοί υποτίθεται ότι έχουν δημιουργηθεί από την υποβαθμισμένη και την κατάρρευση μεγάλων ηπειρωτικών κομματιών κατά τη συρρίκνωση της Γης (International Commission of the History of Oceanography, 2016).

Αυτές οι δύο θεωρίες απέδωσαν την εμφάνιση πανομοιότυπων ζώων και φυτών σε διαφορετικές πλευρές των αβυζαντινών κοιλάδων με δύο διαφορετικούς τρόπους. Η θεωρία της ηπειρωτικής και ωκεάνιας μονιμότητας υποθέτει την ύπαρξη σχετικά στενών γειτονικών γεφυρών και νησιωτικών τόξων που αυξήθηκαν και έπεσαν σε όλη τη γεωλογική ιστορία, επιτρέποντας διαδρόμους μέσω των οποίων θα μπορούσαν να περάσουν τα ζώα και τα φυτά. Η θεωρία της συρρίκνωσης της γης, από την άλλη πλευρά, πρότεινε ότι ήταν η βύθιση αυτών των μεγάλων ηπειρωτικών θραυσμάτων και η δημιουργία θαλάσσιων λεκανών, που έκοψαν μια παλαιότερη συνέχεια που επέτρεψε στα ζώα και τα φυτά να διασκορπιστούν σε περιοχές που «κόπηκαν» από τους αναδυόμενους ωκεανούς (International Commission of the History of Oceanography, 2016).

Μεταξύ των υποστηρικτών της υπόθεσης Wegener για την προέλευση των ηπείρων και των ωκεανών ήταν οι παλαιοβιογεωγράφοι, ο Edgar Dacqué και ο Edgar Imrscher, οι οποίοι επεσήμαναν σε αρκετές δημοσιεύσεις μεταξύ 1915 και 1922 ότι ο Wegener έχει λύσει ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο οι άλλες δύο υποψήφιες θεωρίες δεν μπορούσαν. Ήταν το πρόβλημα ή ζήτημα του όγκου του νερού των ωκεανών. Η θεωρία της ηπειρωτικής μονιμότητας δεν μπορούσε να εξηγήσει γιατί, όταν εμφανίστηκαν οι γέφυρες, δεν προκάλεσαν σύγχρονες παραβάσεις στις ηπείρους: εκτοπίζοντας τεράστιους όγκους νερού. Η άλλη θεωρία αντιμετώπισε το αντίθετο πρόβλημα: αν τεράστια θραύσματα των ηπείρων βυθίστηκαν στον πυθμένα του ωκεανού, από πού θα έφτανε αρκετό νερό για να γεμίσει αυτές τις νεοσύστατες λεκάνες; Η θεωρία του Wegener δεν είχε τέτοιο πρόβλημα. Μόλις η αρχική πρωτο-ηπειρωτική χώρα είχε βγει από τα κύματα μέσα από τη θραύση του λεπτού, ακόμα, θερμού εξωτερικού κελύφους της στερεής γης, η σχετική επιφάνεια της ηπείρου και των ωκεανών θα παραμείνει η ίδια σε όλη τη γεωλογική ιστορία, αλλά η σχετική

θέση των ηπείρων και των ωκεανών θα ανακατανέμεται συνεχώς(International Commission of the History of Oceanography, 2016).

Ενώ η θεωρία της τεκτονικής πλάκας αντιμετωπίζει σήμερα την ηπειρωτική μετατόπιση ως επιφαινόμενο της εμφάνισης του νέου ωκεάνιου φλοιού που απλώνεται από τις κορυφογραμμές των ωκεανών, όπως και η θεωρία του Wegener, προτείνεται ότι η σχετική κάλυψη της επιφάνειας από έδαφος και νερό είναι πολύ αρχαία, αν όχι πρωταρχική, και ότι μόνο η σχετική θέση και το σχήμα των εκτάσεων γης και νερού αλλάζει διαχρονικά. Η θεωρία του Wegener αναγνωρίστηκε έτσι ως ωκεανογραφική και ηπειρωτική θεωρία από υποστηρικτές και αντιπάλους, και η σημασία του Wegener στην ωκεανογραφία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ήταν αρκετά μεγάλη(International Commission of the History of Oceanography, 2016).

1.5. Τμήματα ωκεανού

Παρόλο που περιγράφονται ως ξεχωριστοί ωκεανοί, το παγκόσμιο διασυνδεδεμένο σώμα του θαλασσινού νερού αναφέρεται μερικές φορές ως Παγκόσμιος Ωκεανός. Η έννοια ενός συνεχούς σώματος νερού με σχετικά ελεύθερη ανταλλαγή μεταξύ των τμημάτων του έχει θεμελιώδη σημασία για την ωκεανογραφία (Spilhaus, 1942). Τα μεγάλα ωκεάνια τμήματα - που απαριθμούνται πιο κάτω κατά φθίνουσα σειρά εμβαδού και όγκου - ορίζονται εν μέρει από τις ηπείρους, τα διάφορα αρχιπελάγη και άλλα κριτήρια. Οι ωκεανοί πλαισιώνουν μικρότερα, παρακείμενα υδατορρέυματα, όπως θάλασσες, κόλπους, όρμους και κολπίσκους(Seager, 2006).

Κεφάλαιο 2^ο : Φυσικές ιδιότητες Θαλασσινού νερού

Το θαλασσινό νερό ή το αλμυρό νερό είναι το νερό που προέρχεται από τη θάλασσα ή τον ωκεανό. Κατά μέσο όρο, το θαλασσινό νερό στους ωκεανούς του κόσμου έχει αλατότητα περίπου 3,5% (35 g / L). Αυτό σημαίνει ότι κάθε κιλό (περίπου ένα λίτρο κατ 'όγκο) θαλασσινού νερού έχει περίπου 35 γραμμάρια (1,2 oz) διαλυμένων αλάτων (κυρίως νάτριο (Na⁺) και χλωριούχα (Cl⁻) ιόντα). Η μέση πυκνότητα στην επιφάνεια είναι 1.025 kg / L. Το θαλασσινό νερό είναι πυκνότερο από το γλυκό νερό και το καθαρό νερό (πυκνότητα 1,0 kg / L στους 4 ° C), επειδή τα διαλυμένα άλατα αυξάνουν τη μάζα σε μεγαλύτερη αναλογία από τον όγκο.

Το σημείο πήξης του θαλασσινού νερού μειώνεται όσο αυξάνεται η συγκέντρωση άλατος. Στην τυπική αλατότητα, παγώνει περίπου στους -2 ° C (U.S. Office of Naval Research Ocean, 2007). Το ψυχρότερο θαλασσινό νερό που καταγράφηκε ποτέ (σε υγρή κατάσταση) ήταν το 2010, σε ένα ρεύμα κάτω από έναν παγετώνα της Ανταρκτικής, και μετρήθηκε -2,6°C (Gudrun, 2010). Το pH του θαλασσινού νερού τυπικά περιορίζεται σε περιοχή μεταξύ 7,5 και 8,4 (Chester and Jickells, 2012). Ωστόσο, δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτή κλίμακα αναφοράς pH για το θαλασσινό νερό και η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων που βασίζονται σε διαφορετικές κλίμακες αναφοράς μπορεί να είναι μέχρι 0,14 μονάδες (Stumm and Morgan, 1981).

2.1. Αλατότητα

Η αλατότητα ή η αλμυρότητα εκφράζει την ποσότητα του αλατιού που διαλύεται σε ένα σώμα νερού. Αν και η μεγάλη πλειοψηφία του θαλασσινού νερού έχει αλατότητα μεταξύ 31 g / kg και 38 g / kg, δηλαδή 3,1-3,8%, το θαλασσινό νερό δεν είναι ομοιόμορφα αλατούχο σε όλο τον κόσμο. Όταν συμβαίνει ανάμιξη με απορροή γλυκού νερού από εκβολές ποταμών, το θαλασσινό νερό μπορεί να είναι ουσιαστικά λιγότερο αλατούχο. Η μεγαλύτερη σε περιεκτικότητα αλάτι είναι η

Ερυθρά Θάλασσα, όπου οι υψηλοί ρυθμοί εξάτμισης, οι χαμηλές βροχοπτώσεις και η χαμηλή απορροή ποταμών και η περιορισμένη κυκλοφορία έχουν ως αποτέλεσμα ασυνήθιστα αλμυρό νερό. Η αλατότητα σε μεμονωμένα σώματα ύδατος μπορεί να είναι ακόμα μεγαλύτερη - περίπου δέκα φορές υψηλότερη στην περίπτωση της Νεκράς Θάλασσας.

Ο όρος «αλατότητα» είναι, για τους ωκεανογράφους, συνήθως συσχετισμένος με ένα σύνολο ειδικών τεχνικών μέτρησης. Καθώς οι κυρίαρχες τεχνικές εξελίσσονται, το ίδιο κάνουν οι διαφορετικές περιγραφές αλατότητας. Οι αλατότητες μετρήθηκαν σε μεγάλο βαθμό χρησιμοποιώντας τεχνικές βασιζόμενες σε τιτλοδότηση πριν από τη δεκαετία του 1980. Η τιτλοδότηση με νιτρικό άργυρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ιόντων αλογονιδίων (κυρίως χλωρίου και βρωμίου) για να δώσει μια χλωριότητα. Στη συνέχεια, η χλωριότητα πολλαπλασιάστηκε με συντελεστή που αντιστοιχεί σε όλα τα άλλα συστατικά. Οι προκύπτουσες «κουιότητες Knudsen» εκφράζονται σε μονάδες ανά χιλιάδες (ppt ή ‰).

Η χρήση μετρήσεων ηλεκτρικής αγωγιμότητας για την εκτίμηση της ιοντικής περιεκτικότητας του θαλασσινού νερού οδήγησε στην ανάπτυξη της κλίμακας που ονομάζεται πρακτική κλίμακα αλατότητας 1978 (PSS-78)(Unesco, 1981&Unesco, 1982). Οι αλατότητες που μετρώνται χρησιμοποιώντας το PSS-78 δεν έχουν μονάδες. Το επίθημα psu ή PSU (που δηλώνει την πρακτική μονάδα αλατότητας) μερικές φορές προστίθεται στις τιμές μέτρησης PSS-78(Millero, 2010 & Millero, 1993).

Το 2010 εισήχθη ένα νέο πρότυπο για τις ιδιότητες του θαλάσσιου νερού που ονομάζεται θερμοδυναμική εξίσωση θαλάσσιου νερού 2010 (TEOS-10), υποστηρίζοντας την απόλυτη αλατότητα ως υποκατάστατο της πρακτικής αλατότητας και τη συντηρητική θερμοκρασία ως αντικατάσταση της πιθανής θερμοκρασίας(IOC, SCOR and IAPSO, 2010). Το πρότυπο αυτό περιλαμβάνει μια νέα κλίμακα που ονομάζεται κλίμακα αλατότητας σύνθεσης αναφοράς. Οι απόλυτες αλατότητες σε αυτήν την κλίμακα εκφράζονται ως κλάσμα μάζας, σε γραμμάρια ανά χιλιόγραμμο διαλύματος. Οι αλατότητες σε αυτήν την κλίμακα προσδιορίζονται συνδυάζοντας μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας με άλλες πληροφορίες που μπορούν να εξηγήσουν τις περιφερειακές αλλαγές στη σύνθεση του θαλασσινού νερού. Μπορούν επίσης να προσδιοριστούν με απευθείας μέτρηση πυκνότητας.

Ένα δείγμα θαλασσινού νερού από τις περισσότερες θέσεις με μια χλωριότητα 19,37 ppt θα έχει μια αλμυρότητα Knudsen 35,00 ppt, μία πρακτική αλατότητα PSS-

78 περίπου 35,0 και μία απόλυτη αλατότητα TEOS-10 περίπου 35,2 g / kg. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυτού του νερού σε θερμοκρασία 15 ° C είναι 42,9 mS / cm (IOC, SCOR and IAPSO, 2010 & Culkin and Smith, 1980).

2.2. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι μια θερμοδυναμική ιδιότητα ενός υγρού, λόγω της δραστηριότητας ή της ενέργειας των μορίων και των ατόμων. Η θερμοκρασία είναι υψηλότερη σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ενέργεια. Η θερμοκρασία (T) στην ωκεανογραφία εκφράζεται συνήθως χρησιμοποιώντας την κλίμακα Κελσίου (C), εκτός από τους υπολογισμούς της περιεκτικότητας σε θερμότητα, όπου η θερμοκρασία εκφράζεται σε βαθμούς Kelvin (K). Όταν η περιεκτικότητα σε θερμότητα είναι μηδέν (χωρίς μοριακή δραστηριότητα), η θερμοκρασία είναι απόλυτα μηδενική στην κλίμακα Kelvin (Sverdrup et al., 1942).

Το εύρος της θερμοκρασίας στον ωκεανό είναι από το σημείο πήξης, που είναι περίπου 1,7°C (ανάλογα με την αλατότητα), σε μέγιστο περίπου 30°C στους τροπικούς ωκεανούς. Αυτό το εύρος είναι σημαντικά μικρότερο από το φάσμα των θερμοκρασιών του αέρα. Όπως και για όλες τις άλλες φυσικές ιδιότητες, η κλίμακα θερμοκρασίας έχει βελτιωθεί με διεθνή συμφωνία. Η κλίμακα θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι η κλίμακα διεθνούς πρακτικής θερμοκρασίας του 1968 (IPTS-68) και έχει αντικατασταθεί από τη Διεθνή Κλίμακα Θερμοκρασίας 1990 (ITS-90). Οι θερμοκρασίες θα πρέπει να αναφέρονται στο ITS-90, αλλά όλοι οι αλγόριθμοι υπολογιστών που σχετίζονται με την εξίσωση της κατάστασης που χρονολογούνται από το 1980 προηγούνται του ITS-90. Επομένως, οι θερμοκρασίες ITS-90 πρέπει να μετατραπούν σε IPTS-68 πολλαπλασιάζοντας το ITS-90 με 0.99976 πριν χρησιμοποιήσουν την εξίσωση των κρατικών υπορουτινών του 1980 (Sverdrup et al., 1942).

Η ευκολία με την οποία μπορεί να μετρηθεί η θερμοκρασία έχει οδηγήσει σε μια μεγάλη ποικιλία ωκεανικών και δορυφορικών οργάνων για τη μέτρηση των θερμοκρασιών των ωκεανών. Τα θερμομέτρα υδραργύρου βρίσκονταν σε κοινή χρήση από τα τέλη του 17^{ου} αιώνα μέχρι τη δεκαετία του '80. Τα θερμομέτρα αναστροφής (υδραργύρου), που εφευρέθηκαν από τον Negretti και το Zamba το

1874, χρησιμοποιήθηκαν σε φιάλες δείγματος νερού μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '80. Αυτά τα θερμόμετρα έχουν έξυπνη υαλοργία που κόβει τη στήλη υδραργύρου όταν τα θερμόμετρα αναποδογυρίζονται ανάποδα από τον παρατηρητή του πλοίου, καταγράφοντας έτσι τη θερμοκρασία σε βάθος. Η ακρίβεια των θερμόμετρων αναστροφής είναι 0,004 και 0,002 C. Οι θερμοστάτες χρησιμοποιούνται τώρα για τις περισσότερες *in situ* μετρήσεις. Οι καλύτεροι θερμοστάτες που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε ωκεανογραφικά όργανα έχουν ακρίβεια 0.002 C και ακρίβεια 0.0005-0.001 C (Sverdrup et al., 1942).

2.3. Πίεση

Η πίεση είναι η δύναμη που εφαρμόζεται κάθετα σε μια επιφάνεια ενός αντικειμένου ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειας αυτής. Οι μονάδες δύναμης είναι (μάζα χμήκος / ώρα²). Οι μονάδες πίεσης είναι (δύναμη / μήκος²) ή (μάζα / [μήκοςx χρόνος²]). Οι μονάδες πίεσης σε centimeters-gram-second (cgs) είναι dynes / cm² και σε meter-kilogram-second (mks) είναι Newtons / m². Ειδική μονάδα πίεσης είναι το Pascal, όπου 1 Pa $\frac{1}{4}$ = 1 N / m². Η ατμοσφαιρική πίεση μετριέται συνήθως σε ράβδους όπου 1 bar $\frac{1}{4}$ = 10⁶ dynes / cm² = 10⁵ Pa. Η πίεση του ωκεανού συνήθως αναφέρεται σε decibars όπου 1 dbar = 0,1 bar = 10⁵ dyne/cm² = 10⁴ Pa (Talley, Emery and Pickard, 2012).

Η δύναμη που οφείλεται στην πίεση προκύπτει όταν υπάρχει μια διαφορά πίεσης μεταξύ δύο σημείων. Η δύναμη κατευθύνεται από την υψηλή στην χαμηλή πίεση. Στον ωκεανό, η πίεση αυξάνεται όσο αυξάνεται και το βάθος και ονομάζεται υδροστατική πίεση. Υδροστατική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκεί ένα ρευστό το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία σε αντικείμενο ή επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σ' αυτό. Η πίεση αυτή οφείλεται στην εξωτερική δύναμη της βαρύτητας και μόνο, δηλαδή στο βάρος του ρευστού που βρίσκεται υπεράνω του αντικειμένου ή της επιφάνειας (Talley, Emery and Pickard, 2012).

Η πίεση στον ωκεανό ποικίλει από σχεδόν μηδέν (επιφάνεια) έως 10.000 dbar (βαθύτερη). Η πίεση συνήθως μετριέται σε συνδυασμό με άλλες ιδιότητες θαλάσσιου ύδατος όπως η θερμοκρασία και η αλατότητα. Οι ιδιότητες παρουσιάζονται συχνά ως συνάρτηση της πίεσης και όχι του βάθους. Η πίεση συνήθως μετράται με ένα όργανο

που ονομάζεται μανόμετρο. Η ακρίβεια των μετρήσεων της πίεσης είναι αρκετά υψηλή ώστε άλλες ιδιότητες όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, οι τρέχουσες ταχύτητες κλπ. μπορούν να εμφανιστούν ως συνάρτηση της πίεσης (Talley, Emery and Pickard, 2012).

2.4. Πυκνότητα

Η πυκνότητα ενός αντικειμένου είναι η αναλογία της μάζας του προς τον όγκο του. Η πυκνότητα μπορεί επίσης να εκφραστεί ως ειδικό βάρος, η οποία είναι η αναλογία της πυκνότητας ενός υλικού προς την πυκνότητα του νερού, όπου η πυκνότητα νερού σε μονάδες SI είναι 1000 χιλιογράμμων ανά κυβικό μέτρο. Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία και την αλατότητα του νερού. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, μειώνεται η πυκνότητα. Καθώς η αλατότητα των υδάτων αυξάνεται, αυξάνεται και η πυκνότητα επίσης. Αν και η πυκνότητα του θαλασσινού νερού ποικίλλει σε διάφορα σημεία του ωκεανού, μια καλή εκτίμηση της πυκνότητας του στην επιφάνεια του ωκεανού είναι 1025 κιλά ανά κυβικό μέτρο. Επομένως, η ειδική βαρύτητά του είναι 1.025 (Talley, Emery and Pickard, 2012).

Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού είναι σημαντική επειδή καθορίζει το βάθος στο οποίο ένα στρώμα νερού θα καταλήξει σε ισορροπία με το λιγότερο πυκνό στην κορυφή και το πιο πυκνό στο κάτω μέρος. Η πυκνότητα, συνήθως δηλούμενη με ρ , είναι η ποσότητα μάζας ανά μονάδα όγκου και εκφράζεται σε χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο (kg / m^3). Η πυκνότητα καθαρού νερού, χωρίς αλάτι, σε 0°C , είναι $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ σε ατμοσφαιρική πίεση. Στον ανοικτό ωκεανό, η πυκνότητα κυμαίνεται από περίπου $1021 \text{ kg} / \text{m}^3$ (στην επιφάνεια της θάλασσας) έως περίπου $1070 \text{ kg} / \text{m}^3$ (σε πίεση 10.000 dbar) (Talley, Emery and Pickard, 2012).

2.5. Συμπιεστότητα

Στη θερμοδυναμική και τη μηχανική των ρευστών, η συμπιεστότητα (γνωστή και ως συντελεστής συμπιεστότητας ή ισοθερμική συμπιεστότητα) είναι ένα μέτρο

της σχετικής μεταβολής του όγκου ενός υγρού ή στερεού ως απόκριση σε μια αλλαγή πίεσης. Το κρύο νερό είναι πιο συμπιεστό από το ζεστό νερό. Τα μόρια ενός αερίου είναι πολύ περισσότερο απομακρυσμένα μεταξύ τους από ότι τα μόρια ενός υγρού. Εξαιτίας αυτού τα αέρια είναι πολύ συμπιεστά και όταν κάθε εξωτερική πίεση εκλείπει τείνουν να εξαπλωθούν απεριόριστα. Σε αντίθεση με τα υγρά (Talley, Emery and Pickard, 2012).

Η πίεση αυξάνεται γρήγορα με το βάθος αφού η ποσότητα του υπερκείμενου νερού αυξάνει πολύ. Η αύξηση της πίεσης είναι σχεδόν σταθερή επειδή το νερό είναι ελάχιστα μόνο συμπιεστό. Συγκεκριμένα όταν το βάθος αυξάνει κατά 10 m, η πίεση αυξάνει κατά μία ατμόσφαιρα (1 atm). Το θαλασσινό νερό είναι σχεδόν ασυμπιεστο, αφού ο βαθμός συμπίεσής του περιορίζεται στο 0,000046 ανά bar κάτω από σταθερές συνθήκες. Μολονότι η συμπιεστότητα του θαλασσινού νερού είναι αρκετά χαμηλή, η συνολική της επίδραση είναι αξιόλογη, λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού που επηρεάζει. Έτσι αν η συμπιεστότητα του θαλασσινού νερού ήταν μηδενική το επίπεδο της θάλασσας θα ήταν υψηλότερο από ότι είναι σήμερα (Talley, Emery and Pickard, 2012).

2.6. Ιξώδες

Το ιξώδες ενός υγρού είναι το μέτρο της αντοχής του σε σταδιακή παραμόρφωση μετά από διατμητική ή εντατική τάση (Symon, 1971) που εκφράζεται επίσης και με την αντίσταση που προβάλλει κατά τη ροή του. Για τα υγρά, αντιστοιχεί στην άτυπη έννοια της «πηκτότητας» όπως για παράδειγμα, το μέλι έχει υψηλότερο ιξώδες από το νερό (Streeter, Wylie and Bedford, 1998). Το ιξώδες είναι η ιδιότητα ενός υγρού που αντιτίθεται στη σχετική κίνηση μεταξύ δύο επιφανειών του υγρού που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Με απλούς όρους, το ιξώδες σημαίνει τριβή μεταξύ των μορίων του υγρού.

Το ιξώδες του θαλασσινού νερού είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από αυτό του καθαρού νερού και αυτό οφείλεται στην ηλεκτροσυστολή που προκαλείται από τα ιόντα Na^+ και Cl^- . Τα συσσωματώματα των ενυδατωμένων ιόντων, που σχηματίζονται, προκαλούν αύξηση των εσωτερικών τριβών του θαλασσινού νερού οπότε αυξάνεται η αντίστασή του στη ροή. Από μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με

το ιξώδες υδατικών διαλυμάτων (και κατ' επέκταση του θαλασσινού νερού) φαίνεται, ότι ορισμένα ιόντα αυξάνουν το ιξώδες, ενώ άλλα το μειώνουν. Τα ιόντα που αυξάνουν το ιξώδες λέγονται δομητές (structure makers), ενώ αυτά που το μειώνουν λέγονται αποδομητές (structure breakers) και οι έννοιες αυτές διατυπώθηκαν από τους Cox και Wolfenden το 1934 και από τον Gurnay το 1953. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή οι δομητές είναι ιόντα που ενυδατώνονται ισχυρά, όπως τα Li^+ , Na^+ , H_3O^+ , OH^- , F^- , HCO_3^- και συνεπώς ενισχύουν τους δεσμούς υδρογόνου, ενώ οι αποδομητές είναι ασθενώς ενυδατούμενα ιόντα όπως K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Cl^- , Br^- , I^- και εξασθενούν τους δεσμούς υδρογόνου (Talley, Emery and Pickard, 2012).

2.7. Θερμοανθεκτικότητα

Η θερμοανθεκτικότητα είναι η ποιότητα μιας ουσίας που αντιστέκεται στη μη αναστρέψιμη μεταβολή της χημικής ή φυσικής δομής της, συχνά με αντίσταση στην αποσύνθεση ή τον πολυμερισμό, σε υψηλή σχετική θερμοκρασία. Τα θερμοανθεκτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν βιομηχανικά ως επιβραδυντικά φωτιάς. Ένα θερμοανθεκτικό πλαστικό, ένας ασυνήθιστος όρος, πιθανότατα να αναφέρεται σε ένα θερμοσκληρυνόμενο πλαστικό που δεν μπορεί να αναμορφωθεί όταν θερμαίνεται παρά σε ένα θερμοπλαστικό που μπορεί να μετασχηματιστεί και να αναδιαμορφωθεί. Η θερμοανθεκτικότητα είναι επίσης ιδιότητα ορισμένων πρωτεϊνών. Για να είναι θερμοανθεκτική μια πρωτεΐνη σημαίνει ότι είναι ανθεκτική στις αλλαγές στη δομή πρωτεϊνών λόγω της εφαρμοζόμενης θερμότητας.

2.8. Θερμική διαστολή

Η θερμική διαστολή είναι η τάση της ύλης να αλλάζει το σχήμα, την περιοχή και τον όγκο σε ανταπόκριση σε μια αλλαγή της θερμοκρασίας (Tipler and Mosca, 2008). Στο καθαρό νερό μετά την τήξη του, όταν θερμανθεί αρχικά συστέλλεται (έως τους 4°C) και μετά διαστέλλεται. Όμως τα διαλυμένα άλατα στη θάλασσα επισκιάζουν αυτό το φαινόμενο, με αποτέλεσμα το πιο ψυχρό νερό να είναι και το πιο πυκνό. Έτσι η θερμική διαστολή του θαλασσινού νερού παρουσιάζει μονότονη αύξηση. Ο πάγος

όμως με την τήξη αποβάλλει τα άλατα και έτσι συμπεριφέρεται σαν το καθαρό νερό. Γίνεται πιο ελαφρύς και επιπλέει. Η θερμική διαστολή επηρεάζει και τη μέση στάθμη της θάλασσας. Έχει υπολογιστεί με το δορυφορικό σύστημα TOPEX/POSEIDON ότι αύξηση της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας κατά 0.1°C σε παγκόσμια κλίμακα, αυξάνει λόγω διαστολής, την παγκόσμια μέση στάθμη κατά 1cm. Στη Μεσόγειο θάλασσα το ετήσιο εύρος της μεταβολής της στάθμης, λόγω συστολής-διαστολής μεταξύ χειμώνα και θέρους, εκτιμάται ότι φτάνει τα 10 περίπου cm (Talley, Emery and Pickard, 2012).

2.9. Θερμική αγωγιμότητα

Ως θερμική αγωγιμότητα (που συχνά συμβολίζεται με k) ορίζεται η χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης που προσδιορίζει την ευκολία ή δυσκολία διάδοσης της θερμότητας στο εσωτερικό ενός υλικού. Η Θερμική αγωγιμότητα μετριέται με τον "συντελεστή αγωγιμότητας" ο οποίος διαφέρει από σώμα σε σώμα. Ανάλογα με την ευκολία της διάδοσης της θερμότητας τα σώματα (υλικά) διακρίνονται σε ευθερμαγωγά, ή καλοί αγωγοί θερμότητας, (όπως π.χ. τα μέταλλα) και σε δυσθερμαγωγά, ή κακοί αγωγοί θερμότητας, ή κατ' επέκταση θερμομονωτικά, (όπως π.χ. το ξύλο, ο αμίαντος, τα υγρά και τα αέρια). Η θερμική αγωγιμότητα του θαλάσσιου νερού είναι $0,6 \text{ W/mK}$ στους 25°C και για αλμυρότητα 35 g/kg . Η θερμική αγωγιμότητα μειώνεται με την αύξηση της αλμυρότητας και την πτώση της θερμοκρασίας (Twt.mpei.ac.ru, 2018).

2.10. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από τη συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος και τη θερμοκρασία. Η αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού εξαρτάται κυρίως από την αλατότητα, αλλά και από τη θερμοκρασία και την πίεση. Όταν η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται, αυξάνεται και η αγωγιμότητα. Για κάθε 1°C που αυξάνεται η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα αυξάνεται 2 - 4% (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Αυτό αποδίδεται στην αυξανόμενη κινητικότητα των ιόντων, αλλά και στην αύξηση της διαλυτότητας πολλών αλάτων και οξειδίων και μπορεί να παρατηρηθεί σε ημερήσια βάση, καθώς κατά τη διάρκεια της ημέρας ο ήλιος ζεσταίνει τη θάλασσα και αυξάνεται η αγωγιμότητά της, ενώ τη νύχτα η αγωγιμότητα μειώνεται, αφού μειώνεται αντίστοιχα και η θερμοκρασία. Η αγωγιμότητα αυξάνεται, επίσης, με την αύξηση της πίεσεως. Συνεπώς, όταν γίνονται μετρήσεις αγωγιμότητας σε μεγάλα βάθη, είναι αναγκαίο να ληφθεί υπόψη η υδροστατική πίεση, ώστε να προβούμε σε σχετικές διορθώσεις (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

2.11. Οπτική διαπερατότητα & Συντελεστής διάθλασης

Οπτική διαπερατότητα ενός μέσου είναι ο λόγος της έντασης της εξερχόμενης από αυτό οπτικής ακτινοβολίας προς την ένταση της προσπίπτουσας σε αυτό ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος. Η οπτική διαπερατότητα του θαλασσινού νερού ορίζεται ως ο παραπάνω λόγος των εντάσεων μετά από διέλευση της ακτινοβολίας από θαλασσινό νερό πάχους ενός μέτρου. Το βάθος διείσδυσης του φωτός στο θαλασσινό νερό είναι καθοριστικό για την πρωτογενή παραγωγή (φωτοσύνθεση) και εξαρτάται από τη διαύγεια του θαλασσινού νερού και το μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Η ένταση του φωτός, κατά τη διέλευσή του από το θαλασσινό νερό εξασθενεί λόγω απορρόφησής του από τα μόρια του διαλύτη (νερό), από ιόντα ή μόρια που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτόν ή ακόμα λόγω πολλαπλών ανακλάσεων του σε αιωρούμενα σωματίδια και νανο- ή μικροπλαγκτόν. Όσο πιο ολιγοτροφική είναι μια θαλάσσια περιοχή, τόσο πιο διαυγή είναι τα νερά της, άρα τόσο μεγαλύτερο θα είναι το βάθος διείσδυσης του ορατού φωτός (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στη θάλασσα εξαρτάται και από τη γωνία πρόσπτωσης: όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της θάλασσας, τόσο μεγαλύτερο ποσοστό αυτής διεισδύει. Όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι λιγότερο από 10° , δηλαδή, όταν ο ήλιος είναι χαμηλά στον ορίζοντα, το 35% της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, ενώ, όταν οι ακτίνες του ηλίου προσπίπτουν κάθετα

στην επιφάνεια της θάλασσας, τότε η διείσδυση προσεγγίζει το 100%. Ο δείκτης διάθλασης του θαλασσινού νερού εξαρτάται από την αλατότητα και τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, αυξανόμενη της αλατότητας αυξάνεται ο δείκτης διάθλασης, ενώ αυξανόμενη της θερμοκρασίας μειώνεται ο δείκτης διάθλασης (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

2.12. Χρώμα

Το χρώμα της θάλασσας, όταν τη βλέπουμε από επάνω, είναι συνάρτηση της ανάκλασης του φωτός στην επιφάνειά της και της αναδύμενης φωτεινής ακτινοβολίας από το βάθος. Σε μικρές γωνίες παρατήρησης, ιδίως με έλλειψη κυματισμού, υπερτερεί η ανάκλαση του φωτός στην επιφάνεια, αλλά αυτό δεν έχει καμία σχέση με το χρώμα της θάλασσας και εξαρτάται από το χρώμα του ουρανού, των νεφών ή του κατοπτριζόμενου ήλιου. Πραγματική παρατήρηση του χρώματος της θάλασσας γίνεται αμέσως κάτω από την επιφάνεια ή με γωνία παρατήρησης τέτοια ώστε να αποφεύγεται η ανάκλαση όλων των ακτινών του ήλιου από το οπτικό μας πεδίο. Αυτό λοιπόν είναι το πραγματικό χρώμα και είναι συνάρτηση της σκέδασης και απορρόφησης του εισερχόμενου φωτός (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Η ακτινοβολία που αναδύεται από τη θάλασσα είναι μόνο η σκεδαζόμενη. Η εξασθένηση παίζει το ρόλο της στον καθορισμό των διαθέσιμων χρωμάτων μέσα στο νερό, ώστε αυτά να σκεδαστούν και κάποιο ποσοστό της σκέδασης να ξεφύγει προς την επιφάνεια. Η σκέδαση είναι πιο έντονη όπως είδαμε στην μπλε περιοχή του φάσματος. Αυτή είναι η μοριακή σκέδαση, η οποία περιγράφηκε πρώτα από τον Rayley και φέρει το όνομά του. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της τετάρτης δύναμης του μήκους κύματος (λ^{-4}) και είναι η ίδια αιτία που κάνει τον ουρανό να φαίνεται μπλε (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Η θάλασσα έχει πιο έντονο μπλε χρώμα από τον ουρανό, γιατί όχι μόνο σκεδάζεται περισσότερο η μπλε ακτινοβολία, αλλά κάτω από ένα βάθος, δεν υπάρχει άλλη διαθέσιμη ακτινοβολία εκτός από την μπλε, για να σκεδαστεί. Τα αιωρούμενα σωματίδια στη θάλασσα παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην αλλαγή του χρώματος των νερών ανάλογα με το είδος, το μέγεθος και την ποσότητά τους. Στα παράκτια

νερά και σε περιοχές κοντά σε εκβολές ποταμών μπορεί να είναι είτε φερτές ύλες από τη γύρω ξηρά, είτε φυτοπλαγκτόν που αναπτύσσεται εξαιτίας της παροχής θρεπτικών ουσιών από τα ποτάμια. Στον ανοικτό όμως ωκεανό είναι σχεδόν αποκλειστικά βιογενούς προέλευσης (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Νερά με μικρή βιολογική παραγωγικότητα, όπως στην περιοχή των τροπικών, έχουν ένα βαθύ μπλε χρώμα, ενώ νερά σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, με πολύ έντονη πρωτογενή παραγωγή (παραγωγή φυτοπλαγκτού), έχουν ένα κιτρινοπράσινο χρώμα. Πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να μην μπερδεύουμε την επίδραση του πυθμένα στον καθορισμό του χρώματος των παράκτιων νερών. Για να μετρηθεί ή να καθοριστεί το χρώμα της θάλασσας, προϋποθέτει την ύπαρξη επαρκούς βάθους ώστε ο πυθμένας να μην μπορεί να συμβάλλει στη μεταβολή του χρώματος της επιφάνειας. Στην παράκτια αβαθή ζώνη, το χρώμα του πυθμένα είναι καθοριστικό στη διαμόρφωση του χρώματος των νερών (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Γενικός κανόνας είναι ότι όσο πιο λευκός ή ανοιχτόχρωμος είναι ο πυθμένας τόσο πιο γαλαζοπράσινα γίνονται τα νερά, (με την προϋπόθεση ότι τα νερά είναι καθαρά και δεν έχουν αιωρούμενα σωματίδια). Η επικάλυψη του πυθμένα με υδρόβια φυτά τα οποία έχουν ένα σκούρο πράσινο χρώμα, μεταβάλλει σημαντικά το χρώμα των παράκτιων αβαθών νερών. Η ορυκτολογία των παράκτιων ιζημάτων είναι επίσης καθοριστική του χρώματος. Η άμμος με ανοικτό χρώμα (μεγάλο ποσοστό αστρίων και χαλαζία, απουσία φυλλόμορφων ορυκτών) προσδίδει στις παράκτιες ζώνες ένα γαλαζοπράσινο χρώμα (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

Το εξωτικό τουρκουάζ χρώμα είναι αποτέλεσμα ιζημάτων πυθμένα λευκού χρώματος, όπως είναι η άμμος από θραύσματα ασβεστιτικών κοραλλιών και θρύμματα από κελύφη ασπόνδυλων. Στη χώρα μας άμμος από ανοιχτόχρωμους ασβεστόλιθους, στα Ιόνια νησιά, προσδίδει επίσης ένα τουρκουάζ χρώμα στα νερά. Τέτοιες αποθέσεις όμως είναι περιορισμένες, μόνο σε μικρές παραλίες τύπου θύλακα (pocket beach) (Talley, Emery and Pickard, 2012 & Carruthers, 1944).

2.13. Ραδιενέργεια

Το θαλασσινό νερό είναι ελαφρώς ραδιενεργό: περιέχει μια μικρή αλλά σημαντική ποσότητα ραδιενεργών στοιχείων που υφίστανται αυθόρμητη ραδιενεργή

αποσύνθεση και παράγουν ενέργεια, υποατομικά σωματίδια και ένα υπόλοιπο πυρήνα μικρότερο από το αρχικό. Τα σωματίδια περιλαμβάνουν σωματίδια άλφα (δύο νετρόνια συν δύο πρωτόνια), βήτα σωματίδια (ηλεκτρόνια) και ενέργεια γάμμα. Τα ραδιενεργά στοιχεία ονομάζονται ραδιενεργά ισότοπα ή ραδιονουκλίδια ή νουκλίδια. Σχεδόν όλο το ραδιενεργό υλικό στον ωκεανό είναι φυσικό και αντιπροσωπεύει υλικό που βρίσκεται στη Γη από τη δημιουργία του (Waterencyclopedia, 2018).

2.14. Μετάδοση ήχου

Ο ήχος ταξιδεύει γρηγορότερα στα πυκνότερα μέσα. Έτσι η ταχύτητα του στο ξύλο, στο ατσάλι, στη γυψοσανίδα είναι δεκάδες φορές μεγαλύτερη από ότι στον αέρα. Στη θάλασσα ο ήχος έχει ταχύτητα 1,500 μέτρα το δευτερόλεπτο (m/s), πάνω από 4 φορές μεγαλύτερη δηλαδή, σε σχέση με τον αέρα (343 m/s). Όπως οι ακτίνες φωτός έτσι και οι ακτίνες ήχου όταν μεταπηδήσουν από ένα μέσο λιγότερο πυκνό μέσο (π.χ. αέρας) σε ένα περισσότερο πυκνό μέσο (π.χ. θαλασσινό νερό), διαθλούνται. Αλλάζουν δηλαδή κατεύθυνση και ταχύτητα διάδοσης (Carruthers, 1944).

Το 1960 μερικοί ωκεανογράφοι θέλανε να μελετήσουν πόσο μακριά κάτω από το νερό μπορούσε να ανιχνευθεί ήχος. Έγιναν εκρήξεις με γομώσεις 270 κιλών σε διάφορα βάθη του ωκεανού κοντά στο Perth της Αυστραλίας. Ήχοι από τις εκρήξεις αυτές εντοπίστηκαν στις Βερμούδες κοντά στη Βόρεια Αμερική. Χρειάστηκαν 13.364 δευτερόλεπτα (3.71 ώρες) προκειμένου να διανύσει ο ήχος αυτή την απόσταση. Μια απόσταση μεγαλύτερη από 19.000 χιλιόμετρα ή 12.000 μίλια (Carruthers, 1944).

Μια εξήγηση είναι η παρακάτω. Το βάθος του ωκεανού είναι περίπου 9000 μέτρα. Η θερμοκρασία του ωκεανού μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος. Ο ήχος διαδίδεται γρηγορότερα σε υψηλότερες θερμοκρασίες άρα κατεβαίνοντας σε βάθος θα πιστεύαμε ότι η ταχύτητα του θα μειωνόταν όλο και περισσότερο. Όμως στα 1300 μέτρα βάθους περίπου παρουσιάζεται ένα περίεργο φαινόμενο. Σε εκείνο το σημείο προκαλείται μεταβολή της πυκνότητας επειδή αυξάνεται η πίεση. Έτσι ο ήχος αντί να μειώνεται αυξάνεται λόγω της μεταπήδησης σε πυκνότερο μέσο. Αυτή η διάθλαση του ήχου, έχει ως αποτέλεσμα τα ηχητικά κύματα να ταξιδέψουν σε διάφορες κατευθύνσεις και με μεγάλη ηχητική ενέργεια (Carruthers, 1944).

Κεφάλαιο 3^ο : Ανθρώπινη επίδραση

Οι άνθρωποι έχουν τεράστιο αντίκτυπο στον ωκεανό. Οι κλιματικές αλλαγές, η άνοδος του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα, οι υπερβολικές θρεπτικές ουσίες και η ρύπανση σε πολλές μορφές μεταβάλλουν την παγκόσμια ωκεανογραφική χημεία. Οι ρυθμοί αλλαγής για ορισμένες πτυχές υπερβαίνουν σε μεγάλο βαθμό εκείνους στο ιστορικό και πρόσφατο γεωλογικό αρχείο. Σημαντικές τάσεις περιλαμβάνουν μια αυξανόμενη οξύτητα, μειωμένο οξυγόνο τόσο στα παράκτια και όσο και στα πελαγικά ύδατα, αυξανόμενα επίπεδα παράκτιου αζώτου και εκτεταμένες αυξήσεις στον υδράργυρο και τους οργανικούς ρύπους (Tomczak and Godfrey, 2003).

Οι περισσότερες από αυτές τις διαταραχές συνδέονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με την ανθρώπινη καύση ορυκτών καυσίμων, τα λιπάσματα και τη βιομηχανική δραστηριότητα. Οι συγκεντρώσεις αναμένεται να αυξηθούν τις επόμενες δεκαετίες, με αρνητικές επιπτώσεις στον βίοτοπο των ωκεανών και σε άλλους θαλάσσιους πόρους (Tomczak and Godfrey, 2003). Ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά αυτού του είδους είναι η οξίνιση των ωκεανών, που οφείλεται στην αυξημένη πρόσληψη CO₂ των ωκεανών που σχετίζεται με υψηλότερη ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO₂ και υψηλότερες θερμοκρασίες, επειδή επηρεάζει σοβαρά τους κοραλλιογενείς υφάλους και τα οστρακόδερμα (Tomczak and Godfrey, 2003).

Στην πραγματικότητα, στοιχεία των ανθρώπων μπορούν να βρεθούν σε όλους τους ωκεανούς, ακόμη και στις πιο απομακρυσμένες πολιτικές περιοχές, με τη μορφή πλωτών σκουπιδιών. Οι κύριοι τομείς που επηρεάζουν τον άνθρωπο μπορούν να χωριστούν σε εκείνους που σχετίζονται με τη ρύπανση των ωκεανών, την καταστροφή των οικοτόπων και την εισαγωγή ξένων ειδών. Καθένα από αυτά αξίζει ένα ολόκληρο κεφάλαιο, αλλά θα συνοψιστεί στην παρούσα ενότητα.

- **Ρύποι:** Οι άνθρωποι έχουν πολλά «απόβλητα» που συχνά απορρίπτονται στον ωκεανό - σκουπίδια, λύματα, πετρέλαιο, χημικά, θερμότητα, ακόμη και ο «θόρυβος» είναι μερικά από αυτά. Καθώς ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται στη Γη, αυτές οι πηγές ρύπανσης αυξάνονται επίσης. Σε μικρές ποσότητες, μεγάλο μέρος αυτής της ρύπανσης δεν βλάπτει τα ωκεάνια οικοσυστήματα. Στην πραγματικότητα, μερικές φορές η προσθήκη των αποβλήτων τροφίμων

μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα μιας περιοχής παρέχοντας μια πρόσθετη πηγή τροφής για τα θαλάσσια ζώα. Αλλά αυτό μεταβάλλει την «φυσική τάξη των πραγμάτων» και στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται καταστροφικό μακροπρόθεσμα (Anderson, 2006).

- **Σκουπίδια:** Οι παραλίες σε όλο τον κόσμο γεμίζουν με τα σκουπίδια που παράγει ο άνθρωπος - πολλά από τα οποία απορρίπτονται στη θάλασσα και στη συνέχεια πλέουν σε όλο τον κόσμο. Εδώ να τονίσουμε ότι όλοι οι ωκεανοί του κόσμου διασυνδέονται έτσι οτιδήποτε τοποθετείται σε έναν ωκεανό μπορεί να καταλήξει οπουδήποτε στη Γη. Τον Αύγουστο του 2006 η εφημερίδα "Santa Barbara News Press" ανέφερε μια περιοχή μεταξύ Χαβάης και Καλιφόρνιας, η οποία είχε έξι φορές περισσότερο πλαστικό (σε βάρος) από το πλαγκτόν. Δεδομένου ότι τα περισσότερα πλαστικά δεν διαλύονται αποτελεί ένα πρόβλημα που δεν θα διορθωθεί χωρίς τη βοήθεια του ανθρώπου (Anderson, 2006).
- **Λύματα:** είναι ένας ρύπος που μπορεί να είναι επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία. Οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες για να απαλλαγούν από τα επιβλαβή ανθρώπινα βακτηρίδια απελευθερώνουν τα απόβλητα στους ωκεανούς. Αυτό λειτουργεί καλά εκτός από δύο περιπτώσεις. Μια περίπτωση είναι όταν υπάρχει υπερφόρτωση του δικτύου αποχέτευσης και δεν μπορούν να απομακρυνθούν τα λύματα. Η δεύτερη περίπτωση είναι όταν υπάρχει λεκάνη απορροής (μία περιοχή της επιφάνειας του εδάφους, η οποία κλίνει προς ένα ιδιαίτερο σημείο εκφόρτισης και περικλείεται από τον υδροκρίτη, στην οποία συγκεντρώνονται ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που στη συνέχεια καταλήγουν σε ένα κεντρικό σύστημα) που δημιουργεί αποχέτευση. Κατά την πρώτη βροχή, αυτή η λεκάνη εκκενώνεται στον ωκεανό και τα εξαιρετικά υψηλά επίπεδα ανθρώπινων λυμάτων μολύνουν τις παραλίες. Πολλές πόλεις δοκιμάζουν τώρα το νερό των ωκεανών τους (μερικές φορές εβδομαδιαίως) και δημοσιεύουν τα αποτελέσματα - κλείνοντας τις παραλίες όπου τα επίπεδα ανθρώπινων λυμάτων ενδέχεται να δημιουργούν κινδύνους για την υγεία (Anderson, 2006).

- **Πετρελαιοκηλίδα:** ονομάζεται η απελευθέρωση υγρού πετρελαίου στο περιβάλλον, ιδίως στο θαλάσσιο οικοσύστημα εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας. Συνήθως συμβαίνουν όταν υπάρξει μια διαρροή ή ναυάγιο σε κάποιο πετρελαιοφόρο. Το πετρέλαιο διεισδύει μέσα στο φτέρωμα των πτηνών και τη γούνα των θηλαστικών, μειώνοντας τις μονωτικές του ιδιότητες, με αποτέλεσμα να είναι πιο ευάλωτα στις εναλλαγές θερμοκρασίας και να επιπλέουν δυσκολότερα στο νερό. Ο καθαρισμός και η ανάκτηση του πετρελαίου είναι δύσκολος και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος πετρελαίου, η θερμοκρασία του νερού, ο τύπος της ακτογραμμής και των ακτών(Holleman, 2010). Οι πετρελαιοκηλίδες μπορεί να χρειαστεί εβδομάδες, μήνες ή και χρόνια για να καθαριστούν(Sarbatly, Krishnaiah and Kamin, 2016).
- **Χημικές ουσίες:** προκαλούν πληθώρα προβλημάτων στον ωκεανό. Τα φυτοφάρμακα, που προέρχονται από την απορροή της γεωργίας στον ωκεανό, βλάπτουν τους θαλάσσιους οργανισμούς. Παράδειγμα της επίπτωσης των χημικών στο θαλάσσιο οικοσύστημα αποτελεί η χρήση του DDT (εντομοκτόνο). Όταν χρησιμοποιήθηκε αυτό το χημικό κατέληξε στην τροφική αλυσίδα προκαλώντας στα θαλάσσια πτηνά, όπως ο καφέ πελεκάνος, τη γέννηση αυγών με μαλακά κελύφη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα σχεδόν όλα τα αυγά να σπάσουν πριν αναπτυχθεί το μωρό και την εξαφάνιση αυτού του είδους. Σε αυτή την περίπτωση το DDT εξαλείφθηκε στις περισσότερες χώρες και ο πληθυσμός των καφέ πελεκάνων τελικά αποκαταστάθηκε στις περισσότερες περιοχές(Anderson, 2006).
- **Θερμική ρύπανση:** είναι ένα παραπροϊόν της χρήσης του ωκεανού ως παράγοντας ψύξης. Το δροσερό ωκεάνιο νερό λαμβάνεται ως ψυκτικό μέσο (στα εργοστάσια) και απελευθερώνεται ξανά σε υψηλότερη θερμοκρασία. Η άνοδος της θερμοκρασίας έχει ως κύρια επίπτωση τη μείωση της ποσότητας των διαλυμένων αερίων στο υδάτινο περιβάλλον συνεπώς και του διαλυμένου οξυγόνου (Anderson, 2006).
- **Ηχορύπανση:** αποτελεί μια από τις πιο πρόσφατες απειλές για τη θαλάσσια ζωή. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι ο θόρυβος που παράγεται από τα πλοία

παρεμβαίνει σε πολλά είδη θαλάσσιας ζωής. Ο αριθμός των μεγάλων δεξαμενόπλοιων που ταξιδεύουν τώρα στους ωκεανούς δημιουργεί ένα σημαντικό επίπεδο θορύβου που μπορεί να καταστήσει δύσκολη την επικοινωνία των φαλαινών(Anderson, 2006).

- **Καταστροφή των οικοτόπων:** συμβαίνει άμεσα όταν ο άνθρωπος αναπτύσσει θαλάσσιες περιοχές, συμπληρώνοντάς τις με ιζήματα για να δημιουργήσουν πιο χρήσιμη έκταση. Στον Ισημερινό πολλά μαγκρόβια (δέντρο που ζει στον ωκεανό) έχουν μετατραπεί σε λίμνες για την εκτροφή γαρίδας. Ο κατάλογος συνεχίζεται αφήνοντας τα θαλάσσια πλάσματα χωρίς κατάλληλο βίοτοπο για να ζήσουν. Η ρύπανση μπορεί επίσης να προκαλέσει καταστροφή των οικοτόπων, καθιστώντας την περιοχή ακατάλληλη για ζωή (Anderson, 2006).

3.1. Σημαντικότητα ωκεανών

Σε όλη την ιστορία οι άνθρωποι έχουν επηρεαστεί άμεσα ή έμμεσα από τους ωκεανούς. Τα ωκεάνια ύδατα χρησιμεύουν ως πηγή τροφής και πολύτιμων μεταλλευμάτων, ως τεράστια εθνική οδός για το εμπόριο και παρέχουν χώρο τόσο για αναψυχή όσο και για διάθεση αποβλήτων. Όλο και περισσότερο, οι άνθρωποι στρέφονται προς τους ωκεανούς για την παροχή τροφίμων είτε με άμεση κατανάλωση είτε έμμεσα με τη συγκομιδή ψαριών που στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία για ζωοτροφές. Έχει εκτιμηθεί ότι έως και το 10% της ανθρώπινης πρόσληψης πρωτεϊνών προέρχεται από τους ωκεανούς. Παρ' όλα αυτά, το δυναμικό παραγωγής των ωκεανών είναι μόνο εν μέρει υλοποιημένο. Άλλα βιολογικά προϊόντα των ωκεανών χρησιμοποιούνται επίσης εμπορικά. Για παράδειγμα, τα μαργαριτάρια που λαμβάνονται από στρείδια χρησιμοποιούνται σε κοσμήματα, και τα κοχύλια και τα κοράλλια έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως πηγή οικοδομικού υλικού(WWF, 2018).

Το νερό της θάλασσας επεξεργάζεται για να εξαγάγει εμπορικά πολύτιμα μέταλλα όπως το αλάτι, το βρώμιο και το μαγνήσιο. Παρόλο που έχουν βρεθεί περίπου 60 πολύτιμα χημικά στοιχεία διαλυμένα σε ωκεάνιο νερό, τα περισσότερα

βρίσκονται σε τέτοιες αραιωμένες συγκεντρώσεις, ώστε η εμπορική εκχύλιση δεν είναι κερδοφόρα. Σε μερικές άγονες περιοχές του κόσμου, όπως το νησί της Ανάληψης, το Κουβέιτ και το Ισραήλ, τα ωκεάνια ύδατα αφαλατώνονται για την παραγωγή γλυκού νερού(WWF, 2018).

Οι ρηχές υφαλοκρηπίδες έχουν αξιοποιηθεί ως πηγή άμμων και χαλικιών. Επιπλέον, εκτεταμένες καταθέσεις πετρελαϊκής άμμου έχουν αξιοποιηθεί σε υπεράκτιες περιοχές, ιδίως κατά μήκος των ακτών της Καλιφόρνια στις Ηνωμένες Πολιτείες και στον Περσικό Κόλπο. Στα βαθιά ωκεάνια όρια, οι όζοι μαγγανίου, που σχηματίζονται από την κατακρήμιση των οξειδίων του μαγγανίου και άλλων μεταλλικών αλάτων γύρω από έναν πυρήνα από βράχο ή κέλυφος, αντιπροσωπεύουν έναν δυνητικά πλούσιο και εκτεταμένο πόρο(WWF, 2018).

Διεξάγεται επί του παρόντος έρευνα για να διερευνηθεί τις τεχνικές εξόρυξης οξειδίων και μεταλλικών εκχυλίσεων. Το ίδιο το ωκεάνιο νερό θα μπορούσε να αποδειχθεί μια απεριόριστη πηγή ενέργειας σε περίπτωση ανάπτυξης αντιδραστήρων πυρηνικής σύντηξης, καθώς οι ωκεανοί περιέχουν μεγάλες ποσότητες δευτερίου.Οι ωκεανοί είναι επίσης σημαντικοί για ψυχαγωγική χρήση, καθώς κάθε χρόνο περισσότεροι άνθρωποι προσελκύονται από τα αθλήματα κολύμβησης, αλιείας, καταδύσεων και θαλάσσιων σκι (WWF, 2018).

Κεφάλαιο 4^ο : Θαλασσινό & Γλυκό νερό

Θα ήταν εύκολο να πούμε ότι η διαφορά ανάμεσα στο αλμυρό νερό και το γλυκό νερό αφορά είναι η ύπαρξη αλατιού στο νερό. Παρόλο που αυτό έχει βάση δεν είναι πραγματικά ακριβές. Η αλατότητα ή η πυκνότητα του αλατιού είναι πολύ υψηλότερη στο αλμυρό νερό, αλλά και το γλυκό νερό δεν είναι εντελώς απαλλαγμένο από αλάτι.

Τα άλατα που βρίσκονται στο αλμυρό νερό, καθώς και το υφάλμυρο νερό (το οποίο είναι μίγμα θαλασσινού και γλυκού νερού), είναι διαφορετικά από το αλάτι που καταναλώνουμε στο σπίτι. Το νερό αποτελείται από διάφορα στοιχεία, και καθώς τα στοιχεία καταστρέφονται, γίνονται ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα. Αυτά τα σωματίδια είναι καλύτεροι αγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι η ηλεκτρική ενέργεια ρέει μέσω του θαλασσινού νερού πιο εύκολα και αποτελεσματικά από ότι μέσω του γλυκού νερού.

Το θαλασσινό νερό, το οποίο βρίσκεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες της γης, είναι αρκετά διαφορετικό από το γλυκό νερό που περιέχεται στις λίμνες, τα ποτάμια και τα ρέματα σε όλη την υδρόγειο. Τα φυτικά και ζωικά είδη είναι προσαρμοσμένα να ζουν σε ένα είδος νερού ή το άλλο, αλλά λίγα μπορούν να ευδοκιμήσουν και στα δύο. Ορισμένα είδη είναι σε θέση να ανεχθούν αυτό που ονομάζεται υφάλμυρο νερό, το οποίο προκύπτει όταν το γλυκό νερό από ένα ποτάμι ή ρεύμα αποστραγγίζεται σε ένα σώμα αλμυρού νερού και μειώνει την αλατότητα του αλμυρού νερού.

4.1. Διαφορές θαλασσινού και γλυκού νερού

4.1.1. Αλμυρότητα

Ίσως η μεγαλύτερη διαφορά είναι στο ίδιο το όνομα. Το αλάτι περιέχει χλωριούχο νάτριο. Τα γλυκά νερά μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες αλατιού, αλλά δεν επαρκούν για να θεωρηθεί αλμυρό νερό. Το νερό του ωκεανού έχει μια μέση αλατότητα 3,5%. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν 35 γραμμάρια άλατος διαλυμένα σε κάθε λίτρο θαλάσσιου νερού. Η αλατότητα σχετίζεται με τις υπόλοιπες διαφορές μεταξύ ωκεανών και γλυκών υδάτων και αποτελεί πρόκληση για τους οργανισμούς που αναπτύσσονται στο θαλασσινό νερό. Πιστεύεται ότι το αλάτι στο νερό των ωκεανών προέρχεται από τη διήθηση αλατιού από τον ωκεάνιο πάτο καθώς και από αλάτι που αποστραγγίζεται από ποτάμια και ρέματα (Powell, 2018).

4.1.2. Πυκνότητα

Τα αλατούχα ύδατα είναι πυκνότερα από τα γλυκά νερά λόγω της διαλυτοποίησης του χλωριούχου νατρίου. Αυτό σημαίνει ότι ένας συγκεκριμένος όγκος αλμυρού νερού είναι βαρύτερος από τον ίδιο όγκο γλυκού νερού. Το θερμότερο θαλασσινό νερό είναι λιγότερο πυκνό από το ψυχρότερο θαλασσινό νερό, με αποτέλεσμα το ελαφρύτερο νερό να βυθίζεται στον πάτο του ωκεανού. Η μεγιστοποίηση της πυκνότητάς του στους 4°C είναι μια ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα του νερού. Η μείωση της θερμοκρασίας του νερού στους 4°C προκαλεί αύξηση της πυκνότητας και του βάρους του. Τα βαρύτερα αυτά στρώματα νερού βυθίζονται, προκαλώντας ανάμιξη των επιφανειακών στρωμάτων με τα βαθύτερα και εξισώνοντας έτσι τη θερμοκρασία στο σύνολο του όγκου μιας υδάτινης λεκάνης. Κάτω από τους 4°C η πυκνότητα του νερού μειώνεται με αποτέλεσμα μεγάλοι όγκοι νερού να μην παγώνουν ολοσχερώς, όταν η θερμοκρασία είναι ίση με μηδέν ή μικρότερη, αλλά μόνο επιφανειακά. Τα μόρια του πάγου έχουν κρυσταλλική διάταξη, με αποτέλεσμα ο πάγος να είναι λιγότερο πυκνός από το νερό κι έτσι να επιπλέει. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει τη ζωή σε λίμνες, θάλασσες και ποτάμια που παγώνουν κατά τη διάρκεια των ψυχρών εποχών του έτους (Powell, 2018).

4.1.3. Σημείο ψύξης

Τόσο το σημείο ψύξης όσο και το σημείο βρασμού των ωκεάνιων υδάτων διαφέρουν από το γλυκό νερό, αλλά μόνο το σημείο κατάψυξης προκαλεί ανησυχία στη φύση. Το μέσο σημείο ψύξης για το νερό των ωκεανών είναι -2°C , αν και μπορεί να είναι ακόμη χαμηλότερο από αυτό εάν η περιεκτικότητα σε αλάτι είναι υψηλότερη ή το νερό είναι υπό πίεση. Το τυπικό σημείο ψύξης για το γλυκό νερό είναι 0°C (Powell, 2018).

4.1.4. Ώσμωση

Όταν το νερό με διαφορετικές συγκεντρώσεις άλατος ή οποιαδήποτε διαλυμένη ουσία τοποθετείται κατά μήκος μιας ημιπερατής μεμβράνης, το νερό θα ρέει στην πλευρά της μεμβράνης με την υψηλότερη συγκέντρωση διαλυμένης ουσίας σε μια προσπάθεια εξισορρόπησης της συγκέντρωσης διαλυμένων ουσιών. Όταν συζητάμε για το νερό, η τονικότητα είναι σημαντική για τα φυτικά και ζωικά είδη που ζουν μέσα στο σώμα του νερού. Το αλατόνερο είναι υπερτονικό στους ιστούς σε φυτά και ζώα. Αυτό σημαίνει ότι αυτοί οι οργανισμοί χάνουν νερό στο περιβάλλον τους. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να πίνουν συνεχώς νερό και να αποβάλλουν το αλάτι. Αντιστρόφως, το γλυκό νερό είναι υποτονικό στα ζώα και στα φυτά. Αυτοί οι οργανισμοί σπάνια πρέπει να πάρουν νερό, αλλά πρέπει να το εκκενώσουν συχνά καθώς το νερό απορροφάται εύκολα σε μια προσπάθεια εξισορρόπησης της συγκέντρωσης αλατιού. Αυτή η προσαρμογή είναι γνωστή ως "osmoregulation" (Powell, 2018).

Συμπεράσματα

Το θαλασσινό νερό, το νερό που σχηματίζει τους ωκεανούς και τις θάλασσες, είναι ένα μείγμα 96,5% καθαρού νερού και 3,5% άλλων υλικών, όπως άλατα, διαλυμένα αέρια, οργανικές ουσίες και αδιάλυτα σωματίδια. Οι φυσικές του ιδιότητες καθορίζονται κυρίως από το καθαρό νερό 96,5%. Ο ρόλος που διαδραματίζουν οι ωκεανοί στην ανθρώπινη ύπαρξη είναι πολύ σημαντικοί καθώς επηρεάζει το κλίμα και την ανθρώπινη υγεία. Παρέχει τρόφιμα, φάρμακα και ορυκτά και ενεργειακούς πόρους. Υποστηρίζει τις θέσεις εργασίας και τις εθνικές οικονομίες καθώς χρησιμεύει ως «δρόμος» για τη μεταφορά αγαθών και ανθρώπων.

Οι άνθρωποι επηρεάζουν τον ωκεανό με διάφορους τρόπους. Η ανθρώπινη ανάπτυξη και η δραστηριότητα οδηγεί σε ρύπανση (λύματα, σκουπίδια, ηχορύπανση κ.α.), αλλαγές στη χημεία των ωκεανών (οξείδωση των ωκεανών) και φυσικές τροποποιήσεις (αλλαγές στις παραλίες, τις ακτές και τα ποτάμια). Επιπλέον, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν θέσει σε κίνδυνο αφανισμού πολλά από τα μεγάλα σπονδυλωτά από τον ωκεανό. Τέλος, ο ωκεανός αποτελεί πηγή έμπνευσης, αναψυχής, αναζωογόνησης και ανακάλυψης.

Επίλογος

Για να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία προηγήθηκε εκτεταμένη έρευνα μηνών σε πολλού τύπου πηγές. Όλες οι αναλύσεις και οι ορισμοί που υπάρχουν είναι επιστημονικά τεκμηριωμένοι όπως επίσης και οι αναφορές σε έρευνες. Οι δυσκολίες που αντιμετώπισα κατά την συγγραφή της εργασίας ήταν αρκετές. Η μεγαλύτερη δυσκολία, θα έλεγα, ότι ήταν η απόδοση των αγγλικών άρθρων στην ελληνική γλώσσα, με την καλύτερη δυνατή μετάφραση και χωρίς την αλλαγή του νοήματος.

Η ενασχόληση μου με την εργασία αυτή μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα πολύ ιδιαίτερο θέμα και να αποκομίσω γνώσεις που ίσως θα μου είναι χρήσιμες στις μελλοντικές μου αποφάσεις και στη μελλοντική μου σταδιοδρομία σ' αυτό το επάγγελμα.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. American Geophysical Union (1995). *Water vapor in the climate system*. Washington, DC: American Geophysical Union.
2. Anderson, G. (2006). *Outlook: Human's Impact on the Oceans*. [online] Marinebio.net. Available at: <http://www.marinebio.net/marinescience/06future/olhum.htm> [Accessed 20 May 2018].
3. Baroni, L., Cenci, L., Tettamanti, M. and Berati, M. (2006). Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(2), pp.279-286.
4. Carruthers, J. (1944). The Oceans: Their Physics, Chemistry, and General Biology. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 70(304), pp.159-160.
5. Central Intelligence Agency (2008). *The World Factbook — Central Intelligence Agency*. [online] Cia.gov. Available at: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html#Geo> [Accessed 18 May 2018].
6. Charette, M. and Smith, W. (2010). The Volume of Earth's Ocean. *Oceanography*, 23(2), pp.112-114.
7. Chester, R. and Jickells, T. (2012). *Marine geochemistry*. Chichester: Wiley-Blackwell.
8. Crockett, C. (2015). *Quest to trace origin of Earth's water is 'a complete mess'*. [online] Science News. Available at: <https://www.sciencenews.org/article/quest-trace-origin-earth's-water-'-complete-mess> [Accessed 18 May 2018].
9. Culkin, F. and Smith, N. (1980). Determination of the concentration of potassium chloride solution having the same electrical conductivity, at 15°C

- and infinite frequency, as standard seawater of salinity 35.0000 ‰ (Chlorinity 19.37394 ‰). *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 5(1), pp.22-23.
10. Dauphas, N. (2003). The dual origin of the terrestrial atmosphere. *Icarus*, 165(2), pp.326-339.
 11. Dauphas, N., Robert, F. and Marty, B. (2000). The Late Asteroidal and Cometary Bombardment of Earth as Recorded in Water Deuterium to Protium Ratio. *Icarus*, 148(2), pp.508-512.
 12. Delsemme, A. (1998). The deuterium enrichment observed in recent comets is consistent with the cometary origin of seawater. *Planetary and Space Science*, 47(1-2), pp.125-131.
 13. Deming, D. (1999). On the possible influence of extraterrestrial volatiles on Earth's climate and the origin of the oceans. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 146(1-4), pp.33-51.
 14. Drogin, B. (2009). Mapping an ocean of species. *Los Angeles Times*. [online] Available at: <http://articles.latimes.com/2009/aug/02/nation/na-fish2> [Accessed 18 May 2018].
 15. Durack, P., Wijffels, S. and Matear, R. (2012). Ocean Salinities Reveal Strong Global Water Cycle Intensification During 1950 to 2000. *Science*, 336(6080), pp.455-458.
 16. Encyclopedia Britannica (2018). *Pacific Ocean*. [online] Encyclopedia Britannica. Available at: <https://www.britannica.com/place/Pacific-Ocean> [Accessed 20 May 2018].
 17. Frank, L., Sigwarth, J. and Craven, J. (1986). On the influx of small comets into the Earth's upper atmosphere II. Interpretation. *Geophysical Research Letters*, 13(4), pp.307-310.
 18. Gleick, P. and White, G. (1993). *Water in crisis*. New York: Oxford University Press.
 19. Gudrun, S. (2010). *Den aller kaldaste havstraumen*. [online] forskning.no. Available at: <https://forskning.no/havforskning-klima-vaer-og-vind/2010/05/den-aller-kaldaste-havstraumen> [Accessed 18 May 2018].
 20. Holleman, M. (2010). *The Lingering Lessons of the Exxon Valdez Spill*. [online] Web.archive.org. Available at: <https://web.archive.org/web/20100613042140/http://www.commondreams.org/views04/0322-04.htm> [Accessed 20 May 2018].

21. International Commission of the History of Oceanography (2016). *The Origin of Oceans*. [online] History of Oceanography. Available at: <https://oceansciencehistory.wordpress.com/2016/01/30/the-origin-of-oceans-2/> [Accessed 20 May 2018].
22. IOC, SCOR and IAPSO (2010). *The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties*. [ebook] Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, pp.190-200. Available at: http://www.teos-10.org/pubs/TEOS-10_Manual.pdf [Accessed 20 May 2018].
23. Kulshreshtha, S. (1998). *Water Resources Management*, 12(3), pp.167-184.
24. Millero, F. (1993). What is PSU?. *Oceanography*, 6(3), p.67.
25. Millero, F. (2010). History of the Equation of State of Seawater. *Oceanography*, 23(3), pp.18-33.
26. Millero, F. (2013). *Chemical oceanography*. Boca Raton: Taylor & Francis.
27. Morbidelli, A., Chambers, J., Lunine, J., Petit, J., Robert, F., Valsecchi, G. and Cyr, K. (2000). Source regions and timescales for the delivery of water to the Earth. *Meteoritics & Planetary Science*, 35(6), pp.1309-1320.
28. NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration (2012). *Oceans & Coasts | National Oceanic and Atmospheric Administration*. [online] Noaa.gov. Available at: <http://www.noaa.gov/oceans-coasts> [Accessed 18 May 2018].
29. NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (2015). *Volumes of the World's Oceans from ETOPO1 | ngdc.noaa.gov*. [online] Web.archive.org. Available at: https://web.archive.org/web/20150311032757/http://ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo1_ocean_volumes.html [Accessed 18 May 2018].
30. Owen, T. (1998). The origin of the atmosphere. In: A. Brack, ed., *The Molecular Origins of Life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp.13-34.
31. Perseus Digital Library (2012). *Henry George Liddell, Robert Scott, A Greek-English Lexicon, Ἰκκαῖνος*. [online] Perseus.tufts.edu. Available at: http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.04.0057%3Aentry%3D*%29wkeano%2Fs [Accessed 18 May 2018].

32. Powell, J. (2018). [online] Sciencing.com. Available at: <https://sciencing.com/four-between-ocean-fresh-water-8519973.html> [Accessed 20 May 2018].
33. Qadri, S. (2007). *Volume of Earth's Oceans - The Physics Factbook*. [online] Hypertextbook.com. Available at: <https://hypertextbook.com/facts/2001/SyedQadri.shtml> [Accessed 18 May 2018].
34. Robert, F., Gautier, D. and Dubrulle, B. (2000). *Space Science Reviews*, 92(1/2), pp.201-224.
35. Sarbatly, R., Krishnaiah, D. and Kamin, Z. (2016). A review of polymer nanofibres by electrospinning and their application in oil–water separation for cleaning up marine oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 106(1-2), pp.8-16.
36. Seager, R. (2006). The Source of Europe’s Mild Climate. *American Scientist*, 94(4), p.334.
37. Spilhaus, A. (1942). Maps of the Whole World Ocean. *Geographical Review*, 32(3), p.431.
38. Streeter, V., Wylie, E. and Bedford, K. (1998). *Fluid mechanics*. Boston: WCB/McGraw Hill.
39. Stumm, W. and Morgan, J. (1981). *Aquatic chemistry*. New York: Wiley.
40. Sverdrup, H., Johnson, M., Fleming, R. and Sverdrup, H. (1942). *The Oceans*. New York: Prentice-Hall (printed in the U.S.A.).
41. Symon, K. (1971). *Mechanics ... 3rd ed*. Reading [Mass.]: Addison-Wesley.
42. Talley, L., Emery, W. and Pickard, G. (2012). *Descriptive physical oceanography*. Amsterdam: Academic Press.
43. The 2030 Water Resources Group (2010). *Charting Our Water Future: Economic frameworks to inform decision-making*. [ebook] Available at: http://www.mckinsey.com/App_Media/Reports/Water/Charting_Our_Water_Future_Full_Report_001.pdf [Accessed 18 May 2018].
44. Tipler, P. and Mosca, G. (2008). *Physics for scientists and engineers*. New York, NY: W.H. Freeman.
45. Tomczak, M. and Godfrey, J. (2003). *Regional oceanography*. Delhi: Daya Publishing House.

46. Twt.mpei.ac.ru (2018). *Thermal conductivity of seawater and its concentrates*. [online] Twt.mpei.ac.ru. Available at: <http://twt.mpei.ac.ru/tthb/2/Tab-5-5-13-2-Ther-Cond-Seawater.html> [Accessed 21 May 2018].
47. U.S. Office of Naval Research Ocean (2007). *Ocean Water: Temperature*. [online] Web.archive.org. Available at: <https://web.archive.org/web/20071212151229/http://www.onr.navy.mil/Focus/ocean/water/temp3.htm> [Accessed 18 May 2018].
48. Unesco (1981). Introduction of the practical salinity scale, 1978 and the new International equation of state of seawater, 1980 January 1982. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 28(12), p.1621.
49. Unesco (1982). *Background papers and supporting data on the practical salinity scale 1978*. Paris: Unesco.
50. United Nations (2008). *The Millennium Development Goals Report*. [ebook] New York: United Nations. Available at: http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2008/MDG_Report_2008_En.pdf#page=44 [Accessed 18 May 2018].
51. Waterencyclopedia (2018). *Radionuclides in the Ocean - seawater, sea, depth, oceans, temperature, important, types, system, source*. [online] Waterencyclopedia.com. Available at: <http://www.waterencyclopedia.com/Po-Re/Radionuclides-in-the-Ocean.html> [Accessed 21 May 2018].
52. WWF (2018). *Open ocean: importance*. [online] Wwf.panda.org. Available at: http://wwf.panda.org/our_work/oceans/open_ocean/ocean_importance/ [Accessed 20 May 2018].
53. www3.geosc.psu.edu (2017). *Estimated Flows of Water in the Global Water Cycle*. [online] Www3.geosc.psu.edu. Available at: http://www3.geosc.psu.edu/~dmb53/DaveSTELLA/Water/global%20water/global_water.htm [Accessed 18 May 2018].