

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Χαρτογράφηση Κατανομής και Διερεύνηση της Συσχέτισης
Επιφανειακής Θαλάσσιας Θερμοκρασίας και
Χλωροφύλλης-α
στη Μεσόγειο Θάλασσα

Νεόφυτος Βασιλείου

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σταύρος Κολιός

Μάιος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Χαρτογράφηση Κατανομής και Διερεύνηση της Συσχέτισης
Επιφανειακής Θαλάσσιας Θερμοκρασίας και
Χλωροφύλλης-α
στη Μεσόγειο Θάλασσα**

Νεόφυτος Βασιλείου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σταύρος Κολιός**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στις 31 Μαΐου 2016, από τη Σχολή Διαχείρισης και Προστασίας Περιβάλλοντος του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2016

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διατριβής, είναι να διερευνηθούν οι χωροχρονικές διακυμάνσεις και οι συσχετίσεις μεταξύ της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α στη Μεσόγειο θάλασσα. Τέτοιες παραλλαγές και οι συσχετίσεις διαδραματίζουν έναν κρίσιμο ρόλο στην ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος και συγχρόνως επηρεάζονται από τις αλληλεπιδράσεις θάλασσας - ατμόσφαιρας.

Αναφέρεται ότι η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχει ζωτική σημασία για την αειφορία της Γης. Απεναντίας, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, το θαλάσσιο εμπόριο και οι μεταφορές επηρεάζουν σημαντικά το θαλάσσιο περιβάλλον, ιδίως στις παράκτιες περιοχές, λιμενικές ζώνες και στους θαλάσσιους άξονες. Αυτές οι επαγόμενες δραστηριότητες επιβάλλουν συνεχείς και ακριβείς μεθόδους για την παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Σήμερα, η σύγχρονη τηλεπισκόπηση συγκεντρώνει δεδομένα μέσω χρήσης των δορυφόρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση, για ισχυρό και ακριβές τρόπο για την παρακολούθηση πολλών και βασικών παραμέτρων θαλάσσιου περιβάλλοντος, όπως η χλωροφύλλη, η θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία, το εύρωτο βάθος, τα διαλυμένα οργανικά αποθέματα και να εξετάσει τις μακροπρόθεσμες κλιματικές τάσεις.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα σχετικά με χλωροφύλλη-α και επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία-α. Τα στοιχεία αυτά είναι δορυφορικά μηνιαία προϊόντα του οργάνου MODIS κατά τη διάρκεια του 2003-2013, QGIS και το SPSS πακέτα λογισμικού που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις.

Η μέση μηνιαία συσχέτιση μεταξύ χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θάλασσας θερμοκρασίας για ολόκληρη τη λεκάνη της Μεσογείου βρέθηκε αρνητική, σχεδόν για όλους τους μήνες. Μικρές εξαιρέσεις υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου (μέση συσχέτιση θετική, αλλά πολύ κοντά στο μηδέν). Η μέση συσχέτιση κυμαίνεται μεταξύ -0,3 και -0,55 στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Κατά τη διάρκεια του Φεβρουαρίου και του Μαρτίου βρέθηκαν οι πιο υψηλές τιμές του συντελεστή συσχέτισης.

Όσον αφορά τη συσχέτιση μεταξύ χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θερμοκρασία της θάλασσας σε ετήσια βάση, υπάρχει μια γενική αρνητική τάση που κυμαίνεται μεταξύ -0.2 και -0.3. Υπάρχει επίσης, μια πτωτική τάση για τα τέσσερα πιο πρόσφατα έτη της εξεταζόμενης περιόδου.

Summary

The aim of this dissertation, is to detect spatiotemporal variations and correlations between Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a around Mediterranean sea. Such variations and correlations play a crucial role to the quality of the sea environment and at the same time affect sea-atmosphere interactions.

It is mentioned that the quality of marine environment has a vital importance for the sustainable future of the Earth's planet. On the other hand, the human activities, the sea commerce and transportation affect significantly the marine environment especially in coastal areas, port areas and the sea-corridors. These induced activities impose contiguous and accurate methods for the marine environment monitoring. Nowadays, modern satellite instruments gather data and derived for them relative products can be used as an alternative, robust and accurate way to monitor many and basic marine parameters such as Chlorophyll, Sea Surface Temperature, Euphotic Depth, Dissolved organic matter and examine their long-term (climatic) tendencies.

For the needs of this study, satellite data regarding Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature are used. These data are satellite monthly products of MODIS instrument during 2003-2013, QGIS and SPSS software packages are use for the analyses.

The mean monthly correlation between Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature for the whole Mediterranean basin was found negative almost for all the months. Small exceptions were calculated during July and August (mean correlation positive but very close to zero). The mean correlation vary between -0.3 and -0.55 in the majority of cases. During February and March were found the highest values of the correlation coefficient.

Regarding correlation between Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature in annual basis, there is a general negative trend varying between -0.2 and -0.3. There is also, a decreasing trend for the four more recent years of the examined period.

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες στον καθηγητή Σταύρο Κολιό για την πολύτιμη καθοδήγηση του και στους πολυαγαπημένους μου γονείς, φίλους για την υποστήριξη τους. Η παρούσα διατριβή αφιερώνεται από καρδιάς σε όλους τους φοιτητές με αισθητηριακές και σωματικές αναπηρίες και στον Θεό, τον Δημιουργό των Πάντων!

*Πόσο άστοχο είναι να αποκαλούμε αυτόν τον πλανήτη Γη,
ενώ είναι εντελώς ξεκάθαρο ότι είναι Ωκεανός.*

Arthur Clarke, 1917-2008

Τη θάλασσα τη θάλασσα ποιος θα μπορέσει να την εξαντλήσει;

Γεώργιος Σεφέρης

Θάλασσα λανθασμένη δε γίνεται.

Οδυσσέας Ελύτης

.....

Πάντ' εστίν εξευρείν, αν μη τον πόνον φεύγη τις.

Δημοσθένης, 384-322 π.Χ

Σκέφτομαι συνέχεια για μήνες και χρόνια.

Τις 99 φορές το συμπέρασμα είναι λάθος.

Την εκατοστή φορά είναι σωστό.

Αλβέρτος Αϊνστάιν, 1879-1955

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Εισαγωγή	1
1.2	Καταγραφή προβλήματος, σκοπός και στόχος.....	1
1.3	Διασαφηνίσεις – προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών,εισαγωγικά στοιχεία.....	2
1.3.1	Επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία.....	2
1.3.1.1	Ορισμός.....	2
1.3.1.2	Διαχωρισμός θαλάσσιας θερμοκρασίας ανάλογα με τις κατηγορίες επιφανειακών στρωμάτων.....	2
1.3.1.3	Όργανα μέτρησης θαλάσσιας θερμοκρασίας.....	5
1.3.1.4	Κατανομή θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας.....	6
1.3.1.5	Διαβαθμίσεις θαλάσσιων στρωμάτων.....	11
1.3.1.6	Επιφανειακή κυκλοφορία θάλασσας.....	13
1.3.1.7	Φαινόμενο της ανάβλυσης.....	14
1.3.1.8	Φαινόμενα που επιδρούν στην επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία.....	15
1.3.2	Χλωροφύλλη-α.....	24
1.3.2.1	Ορισμός.....	24
1.3.2.2	Είδη χλωροφύλλης.....	25
1.3.2.3	Χλωροφύλλη-α.....	26
1.3.2.4	Σημασία της χλωροφύλλης-α.....	27
1.3.2.5	Όργανα μέτρησης χλωροφύλλης –α.....	29
1.3.2.6	Θαλάσσιοι οργανισμοί.....	29
1.4	QGIS, Geographic Information System (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών).....	36
1.5	Στατιστική, SPSS.....	40
1.6	Δορυφόροι.....	42
1.6.1	TERRA.....	42
1.6.2	AVHRR.....	45
1.6.3	SeaWiFS.....	52
2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	56
2.1	Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με την θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία στην Μεσόγειο Θάλασσα.....	56
2.2	Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με την χλωροφύλλη-α στην Μεσόγειο θάλασσα.....	59
2.3	Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τη συσχέτιση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α.....	63
3	Μεθοδολογία	70
3.1	Σκοπός διατριβής.....	70
3.2	Ερευνητικά Ερωτήματα.....	70
3.3	Περιοχή Μελέτης.....	70
3.4	Μεθοδολογία.....	74
4	Αποτελέσματα	82
4.1	Μηνιαίες χωρικές κατανομές παράμετρων στο πρόγραμμα GIS.....	82
4.1.1	Ιανουάριος.....	82
4.1.2	Φεβρουάριος.....	84
4.1.3	Μάρτιος.....	86
4.1.4	Απρίλιος.....	88
4.1.5	Μάιος.....	90
4.1.6	Ιούνιος.....	92
4.1.7	Ιούλιος.....	94
4.1.8	Αύγουστος.....	96
4.1.9	Σεπτέμβριος.....	98

4.1.10	Οκτώβριος.....	100
4.1.11	Νοέμβριος.....	102
4.1.12	Δεκέμβριος.....	104
4.2	Ετήσιες χωρικές κατανομές παραμέτρων στο πρόγραμμα GIS.....	106
4.2.1	Χρονολογικό έτος 2003.....	106
4.2.2	Χρονολογικό έτος 2004.....	108
4.2.3	Χρονολογικό έτος 2005.....	110
4.2.4	Χρονολογικό έτος 2006.....	112
4.2.5	Χρονολογικό έτος 2007.....	114
4.2.6	Χρονολογικό έτος 2008.....	116
4.2.7	Χρονολογικό έτος 2009.....	118
4.2.8	Χρονολογικό έτος 2010.....	120
4.2.9	Χρονολογικό έτος 2011.....	122
4.2.10	Χρονολογικό έτος 2012.....	124
4.2.11	Χρονολογικό έτος 2013.....	126
4.3	Μηνιαίες συσχετίσεις παραμέτρων SPSS.....	127
4.3.1	Ιανουάριος.....	127
4.3.2	Φεβρουάριος.....	128
4.3.3	Μάρτιος.....	129
4.3.4	Απρίλιος.....	130
4.3.5	Μάιος.....	131
4.3.6	Ιούνιος.....	132
4.3.7	Ιούλιος.....	133
4.3.8	Αύγουστος.....	134
4.3.9	Σεπτέμβριος.....	135
4.3.10	Οκτώβριος.....	136
4.3.11	Νοέμβριος.....	137
4.3.12	Δεκέμβριος.....	138
4.4	Ετήσιες συσχετίσεις παραμέτρων SPSS.....	144
4.4.1	Χρονολογικό έτος 2003.....	144
4.4.2	Χρονολογικό έτος 2004.....	144
4.4.3	Χρονολογικό έτος 2005.....	145
4.4.4	Χρονολογικό έτος 2006.....	146
4.4.5	Χρονολογικό έτος 2007.....	147
4.4.6	Χρονολογικό έτος 2008.....	148
4.4.7	Χρονολογικό έτος 2009.....	149
4.4.8	Χρονολογικό έτος 2010.....	150
4.4.9	Χρονολογικό έτος 2011.....	151
4.4.10	Χρονολογικό έτος 2012.....	152
4.4.11	Χρονολογικό έτος 2013.....	153
5	Αποτελέσματα.....	159
5.1	Αποτελέσματα, συζήτηση.....	159
5.2	Εισηγήσεις.....	161
	Παραρτήματα.....	162
A	Αποτελέσματα Παράμετρων στο SPSS.....	162
A.1	Αποτελέσματα παραμέτρων στο SPSS ανά μήνα.....	162
A.2	Αποτελέσματα παραμέτρων στο SPSS ανά έτος.....	165
	Βιβλιογραφία.....	168

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Η τηλεπισκόπηση, είναι μια μέθοδος η οποία έχει αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Είναι δεδομένο πλέον, ότι αποτελεί ένα σημαντικότερο εργαλείο για τους επιστήμονες όπου τους προσφέρει τη δυνατότητα να παρατηρούνε διάφορα περιβαλλοντικά φαινόμενα, με εύκολο και γρήγορο τρόπο.

Οι παράμετροι θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α, είναι στο επίκεντρο αρκετών επιστημόνων, οι οποίοι παρατηρούν γενικότερα την αλληλεπίδραση θάλασσας-ατμόσφαιρας. Οι παράμετροι αυτοί εξετάζονται μέσω δορυφορικών δεδομένων στην παρούσα διατριβή, στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας, μιας θάλασσας αρκετά μικρής σε μέγεθος, εντούτοις με έντονο ενδιαφέρον παγκοσμίως. Επηρεάζεται έμμεσα από διάφορα ακραία φαινόμενα, πχ Ελ Νίνο, Λα Νίνα και κυριαρχούν τα φαινόμενα των αναβλύσεων σε διάφορα της σημεία. Η Μεσόγειος, αν και θεωρείται σχετικά ολιγοτροφική θάλασσα, παρουσιάζονται αρκετά σημεία αυξημένα σε χλωροφύλλη-α, τα οποία υποδηλώνουν την παρουσία φυτοπλαγκτόν.

1.2 Καταγραφή προβλήματος, σκοπός και στόχος

Σκοπός της παρούσας διατριβής, είναι η υλοποίηση των χωρικών και χρονικών συσχετίσεων μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας ώστε να αναδειχθεί ο ρόλος τους και οι αλληλεπιδράσεις τους στην ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος αλλά και στις κλιματικές τάσεις και επιδράσεις τους στην συγκεκριμένη περιοχή.

Το θαλάσσιο περιβάλλον καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη ποιότητα της θαλάσσιας ζωής και επομένως της διατροφικής αλυσίδας του ανθρώπου. Επίσης λειτουργεί και ως

μηχανισμός επίδρασης του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος και του κλίματος. Κατά συνέπεια, με τέτοιους είδους μελέτη αποσκοπεί να αναδείξει μεταβολές των συγκεκριμένων μεταβλητών σε μηναία και ετήσια κλίμακα και να προσπαθήσει δείξει τις περιβαλλοντικές πιέσεις που δέχονται επιμέρους περιοχές

1.3 Διασαφηνίσεις – προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών, εισαγωγικά στοιχεία

1.3.1 Επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία

1.3.1.1 Ορισμός

Η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία (Sea Surface Temperature), είναι η θερμοκρασία του νερού στο στρώμα της επιφάνειας του ωκεανού. Φυσικά, η ακριβής έννοια της ποικίλλει ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης που χρησιμοποιείται και το βάθος του επιφανειακού στρώματος. Συνήθως αυτό, είναι μεταξύ 1 χιλιοστού έως και 20 μέτρων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία ποικίλλουν και θα συζητηθούν αναλυτικά στη συνέχεια. Η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία είναι πλήρως εξαρτώμενη από τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα (Wikipedia).

1.3.1.2 Διαχωρισμός θαλάσσιας θερμοκρασίας ανάλογα με τις κατηγορίες επιφανειακών στρωμάτων

Οι επιφανειακές θαλάσσιες θερμοκρασίες που βρίσκονται στην ανώτερη επιφάνεια της θάλασσας, κατηγοριοποιούνται ως οι εξής:

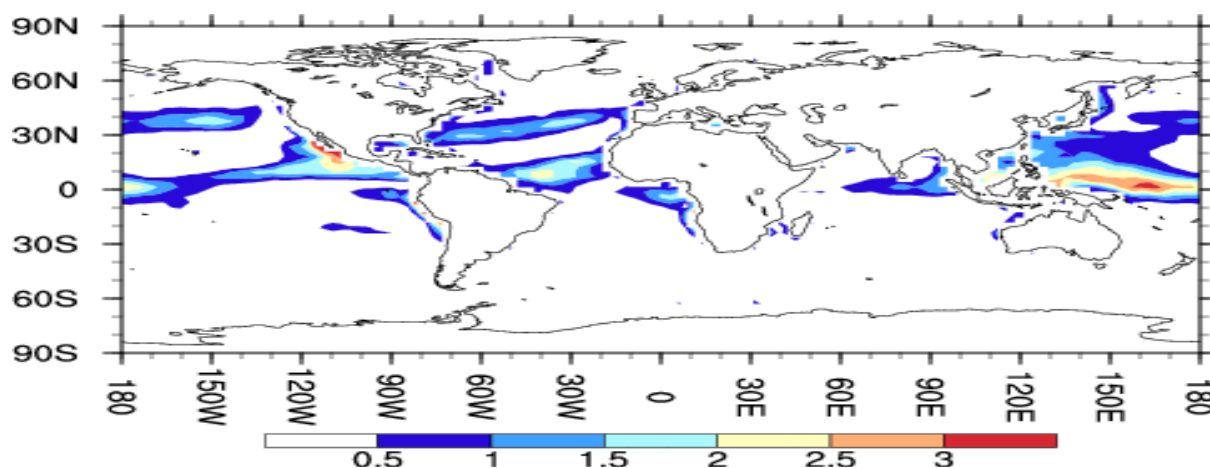
1. SST διεπαφής (SSTint)

Είναι θεωρητική θερμοκρασία η οποία αφορά ακριβώς τη διεπιφάνεια αέρα-θάλασσας. Αλληλεπιδρά άμεσα με την ατμόσφαιρα. Είναι η υποθετική θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος νερού του ωκεανού, με καμία πρακτική χρησιμότητα εφόσον δεν μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας την τρέχουσα τεχνολογία.

Μήκος 0-3μm.

2. SST επιφάνειας (SSTskin)

Καθορίζεται ως η ραδιομετρική θερμοκρασία επιφάνειας, η οποία μετρείται με ένα υπέρυθρο ραδιόμετρο στα 10-12 μm της φασματικής ζώνης συχνοτήτων. Αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία του νερού σε ένα μικρό βάθος 10-20 μm . Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας αυτής, συμπεριλαμβάνουν και τις χαμηλές θερμοκρασίες του στρώματος αυτού, κυρίως την νύχτα κάτω από καθαρό ουρανό με χαμηλή ταχύτητα ανέμου και τις θερμοκρασίες ζεστού επίπεδου στρώματος κατά τη διάρκεια της ημέρας.
Μήκος 3-10 μm



Εικόνα 1: Το μέσο ημερήσιο εύρος θερμοκρασιών (ημερήσια μέγιστη - ελάχιστη) σε SST_{skin}, που παράγεται (από τον Zenγκ και Beljaars (2005) παραμετροποίηση του κλίματος NCAR μοντέλο. Υπάρχουν ορισμένοι τομείς όπου η ημερήσια περιοχή είναι άνω των 2 Kelvin) (Zeng et al., 2005).

3. SST υποεπιφάνειας (SST_{sub-skin})

Η θερμοκρασία αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία στη βάση του skin SST. Η διαφορά μεταξύ SST_{int} και SST_{subskin} αφορά την καθαρή ροή θερμότητας μέσω του thermal skin layer. Για πρακτικούς λόγους η θερμοκρασία μπορεί να μετρηθεί σωστά με τη μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας από ραδιόμετρο μικροκυμάτων το οποίο λειτουργεί στις συχνότητες 6-11 GHz. Η θερμοκρασία αφορά στρώμα πάχους 1 χιλιοστών περίπου από την επιφάνεια του ωκεανού.

Μήκος 10 μm -1mm

*(Το thermal skin layer είναι μια πολύ μικρή περιοχή μικρότερη του 1mm βάθους, όπου η ανταλλαγή θερμότητας με την τυρβώδη ανάμειξη αναστέλλεται από την επιφάνεια της θάλασσας έτσι ώστε η καθαρή εξωτερική ροή θερμότητας διαμέσου της επιφάνειας δημιουργεί μια απότομη μείωση της θερμοκρασίας προς την επιφάνεια. Κάτω από το

thermal skin οι διαδικασίες που αφορούν την τύρβη εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη θερμοκρασία για τουλάχιστο μερικά εκατοστά βάθους).

4. SST depth

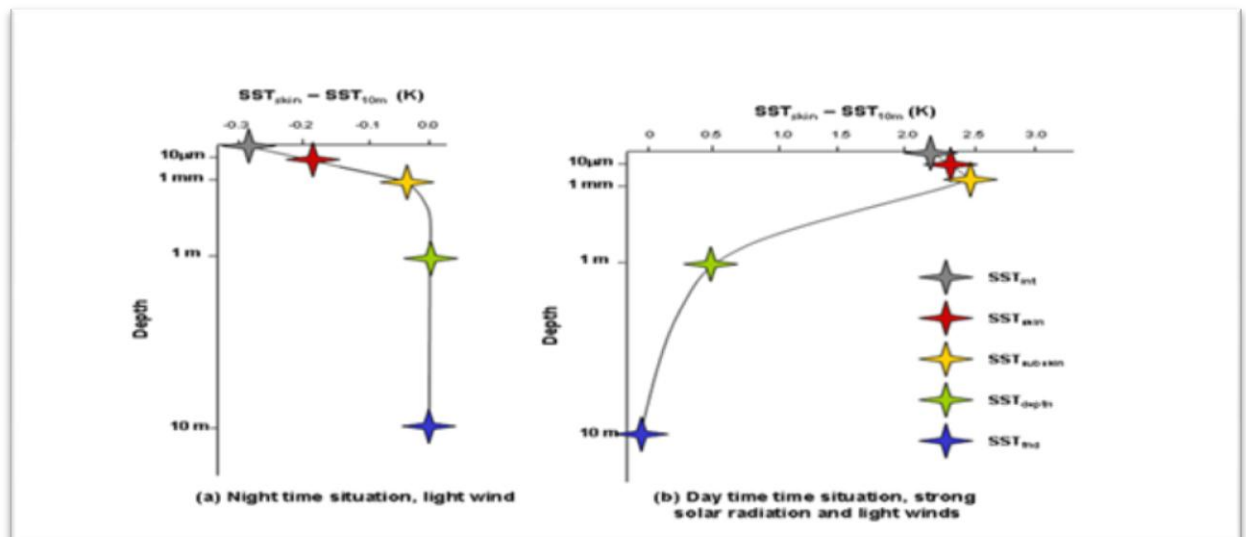
Είναι μια επιτόπια μέτρηση κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, και αναφέρεται γενικά ως επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία (SST). Η ορολογία εισάχθηκε για σκοπούς ευκολίας και για σκοπούς εκθέσεων που αφορούν τη μέτρηση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας γενικότερα, σε κάποιο βάθος.

Μήκος 1mm-1m

5. SST θεμελίωσης fnd (foundation)

Είναι η θερμοκρασία της στήλης νερού ελεύθερης ημερήσιας μεταβλητότητας της θερμοκρασίας ή ίση με την SS subskin με την απουσία οποιουδήποτε ημερήσιου σήματος. Εκπροσωπεί γενικά την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία που είναι απαλλαγμένη από η θερμοκρασία του μεικτού στρώματος. Παρέχει δηλαδή την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία που είναι απαλλαγμένη από τυχών ημερήσιες διακυμάνσεις (ημερήσια/νυχτερινή θέρμανση ή ψύξη λόγω ανέμων ή ακτινοβολίας) και αλλάζει μόνο σταδιακά μαζί με το ανώτερο στρώμα του ωκεανού.

Μήκος 1m-10m



Εικόνα 2: Κάθετη θερμοκρασία στην επιφάνεια του ωκεανού κατά τη διάρκεια της (α) ημέρας και (β) νύχτας (Laboratoire d’Oceanographie spatiale).

1.3.1.3 Όργανα μέτρησης θαλάσσιας θερμοκρασίας

- Θερμόμετρα, πλοία

Ο Βενιαμίν Φραγκλίνος, τον 18^ο αιώνα ενώ ταξίδευε μεταξύ ΗΠΑ και Ευρώπη για την έρευνα του Ρεύματος του Κόλπου, χρησιμοποίησε ένα θερμόμετρο υδραργύρου από ένα πλοίο. Αργότερα στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε θερμόμετρο σε ένα κουβά με νερό που προέρχεται από το επιφανειακό στρώμα της θάλασσας. Τον 19^ο αιώνα, έπαιρναν τους κουβάδες και μετρούσαν τη θερμοκρασία του νερού, η οποία δυστυχώς όμως, διέφερε από τον κάθε κουβά λόγω του υλικού που ήταν κατασκευασμένος. Το 1963, η θερμοκρασία του νερού λαμβάνονταν αφού μετρούσαν στο λιμάνι μέσω των μεγάλων πλοίων, με ένα σφάλμα μετρήσεων λόγω της θερμότητας του από το μηχανοστάσιο (William et al., (2001), Wikipedia). Όλα αυτά τα μέσα των μετρήσεων παρουσιάζουν αρκετά σφάλματα και αποκλίσεις.

- Drifting buoys (θαλάσσιες πλατφόρμες)

Μεταξύ το 1985-1994, τοποθετήθηκαν πολλές σηματοδότες στα ύδατα των ΗΠΑ για παρακολούθηση του Ειρηνικού Ωκεανού με σκοπό την παρακολούθηση του Ελ Νίνο. Οι θαλάσσιες πλατφόρμες, μετρούν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία με την βοήθεια των δορυφόρων. Παρατηρούνται ακόμα και η πίεση για πρόγνωση καιρού, όπου τα δεδομένα γίνονται in situ βαθμονόμηση και επαληθεύονται οι δορυφορικές παρατηρήσεις. Λαμβάνουν μέρος στην χρήση τους τα πλοία και τα αεροσκάφη (Qiu et al., (2009), NOAA).

- Υπέρυθρα ραδιόμετρα (αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο)

Τα δορυφορικά δεδομένα με τις υπόλοιπες μεθόδους συλλογής θαλασσιών παραμέτρων διαφέρουν αρκετά. Οι υπόλοιπες μέθοδοι, περιορίζονται χωρικά, και ως μέθοδοι in situ, έχουν πολύ περιορισμένο εύρος κάλυψης. Υπάρχουν επίσης πολλές φορές σφάλματα εξαιτίας διάφορων παραγόντων, διευρύνουν ακόμα το περιθώριο σφάλματος μεταξύ της μέτρησης με την επόμενη.

Όσο αφορά τα δορυφορικά δεδομένα, πλεονεκτούν στο γεγονός ότι η παρακολούθηση είναι συνεχής και το κόστος τους είναι αρκετά χαμηλό και καλύπτονται συνεχώς οι περιοχές σε μια εικόνα και η ταχύτητα λήψης είναι πολύ πιο υψηλή. Οι μετρήσεις, αφορούν μια ευρεία περιοχή (π.χ περιοχής Μεσογείου θάλασσας) δίχως περιορισμό και

αποτυπώνονται σε μορφή μιας και μόνο εικόνας. Παρά τα αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα των δορυφορικών δεδομένων, υστερούν στο γεγονός ότι είναι μικρότερης ακρίβειας και αφορά μόνο τα επιφανειακά δεδομένα. Υπάρχουν παρεμβολές στην ακτινοβολία, όπως είναι η ομίχλη, τα νέφη, αερολύματα, έντονες βροχοπτώσεις κτλ, κάτι όμως που μπορεί να διορθωθεί σε κάποιο βαθμό με την χρήση των κατάλληλων αλγορίθμων. Γενικά είναι προτιμότερο όμως, τα τελευταία χρόνια για τους ερευνητές να βασίζονται πάνω σε στοιχεία δορυφορικών εικόνων εφόσον τα πλεονεκτήματα υπερέχουν.

Όσο αφορά την θάλασσα, θεωρείται μέλαν σώμα. Έχει δηλαδή την ιδιότητα ως σώμα, να απορροφά όλο το φως που προσπίπτει πάνω του και κατ'επέκταση ολόκληρο το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη του κύματος και εκπέμπει ακριβώς το ίδιο. Όλα τα στερεά σώματα όταν θερμανθούν σε ψηλές θερμοκρασίες εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μια κατανομή σε διαφορετικές συχνότητες. Βάση νόμου του Κίρχωφ, ο λόγος της εκπεμπόμενης προς της απορροφούμενης ακτινοβολίας για κάθε μέλαν σώμα, ισούνται με την μονάδα, είναι δηλαδή ακριβώς ο ίδιος (Τραχανάς, 2013).

$$Ελ(T) = Rλ(T)/Wλ(T)$$

1.3.1.4 Κατανομή θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας

Παράγοντες θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας

- 1.Βάθος
- 2.Εναλλαγή μέρας και νύχτας
- 3.Γεωγραφικό πλάτος
- 4.Μήνες του χρόνου (εποχές)

Η θερμοκρασία των θαλασσών και ωκεανών εξαρτάται από την αλληλεπίδραση των παραγόντων που προκαλούν θέρμανση και την ψύξη των θαλασσών.

Ο κυριότερος παράγοντας είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Το 1/5 της ακτινοβολίας απορροφάται από την ατμόσφαιρα και το υπόλοιπο ποσοστό διεισδύει στην θάλασσα και την θερμαίνουν σε βάθος κάποιων δεκάδων μετρών.

Δευτερεύοντες παράγοντες είναι:

- Η μεταφορά της θερμότητας της γήινης σφαίρας από τον φλοιό της γης.
- Η ηφαιστειακή υποθαλάσσια ενέργεια.
- Οι διάφορες εξωθερμικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στη θάλασσα.
- Η θερμότητα που εκλύεται από την τριβή που δημιουργείται κατά την κίνηση των θαλάσσιων μαζών.

Σε αντίθεση, οι κυριότεροι παράγοντες ψύξης είναι:

- Η εξάτμιση από την επιφάνεια της θάλασσας με την οποία επιτυγχάνεται η μεταφορά της θερμότητας που χάνεται κατά 80 – 90%.
- Η ακτινοβολία από την επιφάνεια της θάλασσας προς την ατμόσφαιρα. Πρόκειται κυρίως για την υπέρυθη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος.

Από τα προηγούμενα συνάγεται ότι οι περισσότερες θερμικές ανταλλαγές επιτελούνται από την επιφάνεια της θάλασσας γεγονός που δείχνει τη θερμική εξάρτηση της θάλασσας από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια της γης. Βέβαια οι θερμικές αυτές ανταλλαγές δεν περιορίζονται στην επιφάνεια γιατί με τις κινήσεις των θαλάσσιων υδάτων τα αποτελέσματά τους μεταφέρονται σε βαθύτερα στρώματα.

Επίσης, η θάλασσα αντιδρά (ψύχεται και θερμαίνεται) βραδύτερα και λιγότερο από την ξηρά στις θερμικές μεταβολές με αποτέλεσμα να θεωρείται σαν θερμικός ρυθμιστής στη διαμόρφωση του κλίματος της ξηράς. Αν θεωρηθούν στο σύνολό τους οι ωκεανοί αποτελούν ένα ψυχρό περιβάλλον του οποίου η μέση θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 3,8 – 4 °C, αλλά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι:

- Το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο ευρίσκονται και
- Τα βάθη από τα οποία χαρακτηρίζονται

α) Ημερήσιες αλλαγές της θερμοκρασίας:

Τα επιφανειακά θαλάσσια στρώματα επηρεάζονται από τις ημερήσιες αλλαγές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας αλλά αντιδρούν με κάποια καθυστέρηση. Έτσι, το μέγιστο παρατηρείται γύρω στις 14 ω και το ελάχιστο γύρω στα μεσάνυχτα (1ω). Σε γενικές γραμμές, το εύρος των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας των επιφανειακών στρωμάτων είναι μικρό. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται:

- Το καλοκαίρι (όσον αφορά την εποχή),
- Στις τροπικές περιοχές (όσον αφορά το γεωγραφικό πλάτος),
- Στις παράκτιες περιοχές (όσον αφορά την απόσταση από την ξηρά).

β) Εποχιακές αλλαγές της θερμοκρασίας:

Οι εποχιακές αλλαγές της θερμοκρασίας είναι κυρίως αισθητές στα επιφανειακά ύδατα των εύκρατων περιοχών. Μειώνονται όσο προχωράμε προς τον Ισημερινό και προς τους πόλους. Στον Ισημερινό οι εποχιακές διακυμάνσεις δεν υπερβαίνουν τους 3°C και στους πόλους τους 2°C.

γ) Διαφορές θερμοκρασίας οφειλόμενες στο γεωγραφικό πλάτος:

Η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους είναι κυρίως αισθητή στα επιφανειακά ύδατα. Κατά γενικό κανόνα η θερμοκρασία της επιφάνειας αυξάνει όσο προχωράμε από τους πόλους προς τον Ισημερινό. Η μεταβολή που παρατηρείται από τον Βόρειο πόλο προς τον Νότιο, μπορεί σχηματικά να περιγραφεί από μια κωδωνοειδή καμπύλη. Οι βάσεις της καμπύλης αντιστοιχούν στις πολικές περιοχές στις οποίες η θερμοκρασία κατέρχεται στους (-2°C) και η κορυφή στον Ισημερινό στον οποίο η θερμοκρασία φτάνει τους 27°C. Βέβαια οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες δεν είναι χαρακτηριστικές μόνο των περιοχών του Ισημερινού αλλά και μερικών κλειστών θαλασσών όπως είναι ο κόλπος του Μεξικού (27°C) και η Ερυθρά Θάλασσα (34°C). Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι η θερμοκρασία αυξάνει όσο πλησιάζουμε τον Ισημερινό, οι υψηλότερες τιμές έχουν καταγραφεί λίγο βορειότερα του Ισημερινού σε γεωγραφικό πλάτος που ποικίλλει ανάλογα με την εποχή αλλά που βρίσκεται πάντα στο βόρειο ημισφαίριο. Αν ενώσουμε στο επίπεδο κάθε Μεσημβρινού τα σημεία που αντιστοιχούν στις περιοχές στις οποίες καταγράφονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες προκύπτει ο θερμικός Ισημερινός ο οποίος βρίσκεται μέσα στη ζώνη ηρεμίας (Castro and Huber, 1999).

Τα επιφανειακά θαλάσσια στρώματα επηρεάζονται από τις ημερήσιες αλλαγές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας αλλά αντιδρούν με κάποια καθυστέρηση. Έτσι, το μέγιστο παρατηρείται γύρω στις 14 ω και το ελάχιστο γύρω στα μεσάνυχτα (1ω). Σε γενικές γραμμές, το εύρος των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας των επιφανειακών στρωμάτων είναι μικρό. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται:

- Το καλοκαίρι (όσον αφορά την εποχή)

-Στις τροπικές περιοχές (όσον αφορά το γεωγραφικό πλάτος)

-Στις παράκτιες περιοχές (όσον αφορά την απόσταση από την ξηρά) (Castro and Huber,(1999).

Εποχιακές αλλαγές της θερμοκρασίας:

Οι εποχιακές αλλαγές της θερμοκρασίας είναι κυρίως αισθητές στα επιφανειακά ύδατα των εύκρατων περιοχών. Μειώνονται όσο προχωράμε προς τον Ισημερινό και προς τους πόλους. Στον Ισημερινό οι εποχιακές διακυμάνσεις δεν υπερβαίνουν τους 3°C και στους πόλους τους 2°C (Κεντούρη, 1998).

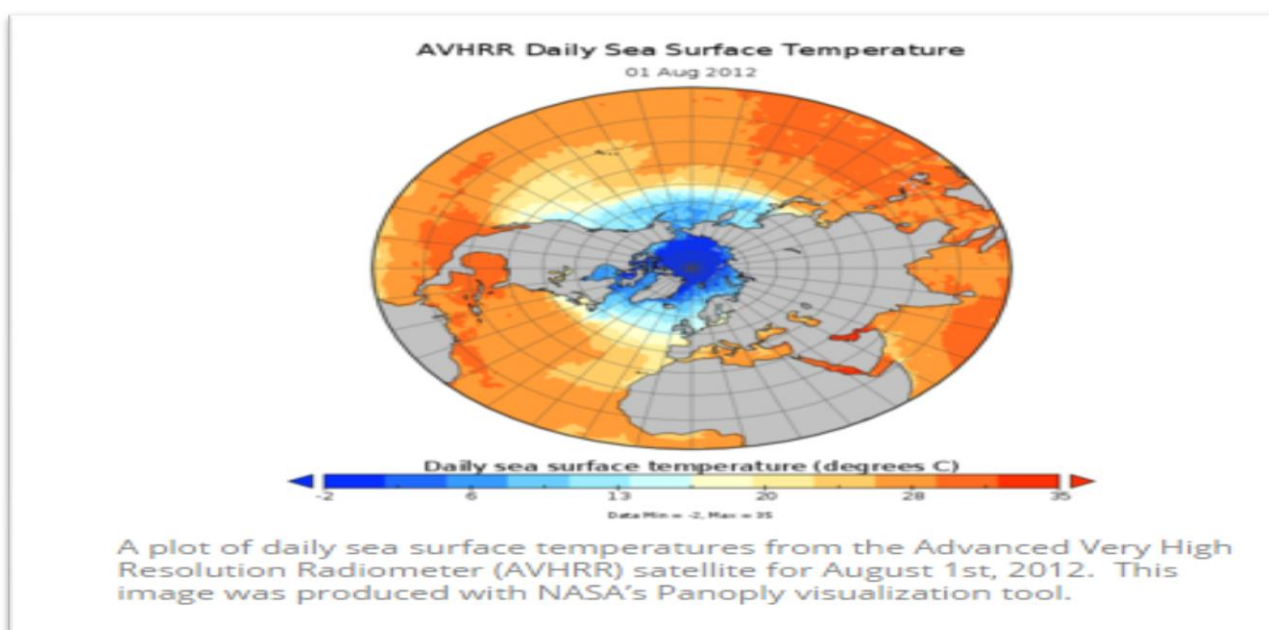
Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και οι επιφανειακές θερμικές ανταλλαγές προκαλούν τη θέρμανση του επιφανειακού στρώματος των ωκεανών και θαλασσών με την ανεμογενή τυρβώδη ανάμιξη (ανάμειξη όγκων νερού) η οποία κατανέμει τη θερμοκρασία από τα επιφανειακά στα βαθύτερα στρώματα.

Η θερμοκρασία είναι μια από τις παραμέτρους που καθορίζουν το θαλασσινό νερό. Οι επιφανειακές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, είναι σχεδόν ζωνικές στον παγκόσμιο ωκεανό. Αυτό διότι μεταβάλλεται συνήθως η θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία κατά ζώνες του γεωγραφικού πλάτους, με τιμές να κυμαίνονται στους 28°C στα παράκτια τροπικά νερά έως τους -2°C στα πολικά νερά. Οι ισόθερμες καμπύλες, αναπτύσσονται σχεδόν παράλληλα με το γεωγραφικό πλάτος. Μεγάλες αποκλίσεις από την παραλληλία, έχουμε κοντά στις ακτές των ηπείρων, όπου κυριαρχούν τα ρεύματα και οι αναβλύσεις. Το ετήσιο εύρος διακύμανσης των επιφανειακών θερμοκρασιών γίνεται μέγιστο στα ενδιάμεσα γεωγραφικά πλάτη, ενώ στα μεγάλα και μικρά είναι ελάχιστο (περίπου 2°C).

Οι ισόθερμες, οι καμπύλες δηλαδή των ίσων θερμοκρασιών, αποκλίνουν. Για παράδειγμα, αποκλίνουν από την ζωνική κατανομή στο Βόρειο Ατλαντικό, ο οποίος είναι θερμότερος από τον Βόρειο Ειρηνικό και επίσης κοντά στις ακτές των ανατολικών περιοχών των ωκεανών, στα μεσαία και μικρά γεωγραφικά πλάτη. Στα ανατολικά περιθώρια των ωκεανών, μικρών και μεσαίων γεωγραφικών πλατών, όπου η επιφανειακή θερμοκρασία πέφτει εξαιτίας της ανάδυσης βαθιών και ψυχών ρευμάτων προς την επιφάνεια. Στον τροπικό Ειρηνικό, η μεταφορά προς τα ανατολικά των θερμών επιφανειακών υδάτινων μαζών αναπτύσσει τροπικούς κυκλώνες.

Στο μέσο γεωγραφικό πλάτος (30°C – 40°C), υφίσταται το μέγιστο εύρος των ετήσιων διακυμάνσεων θερμοκρασίας το οποίο ανέρχεται μέχρι και τους 6°C. Στο βόρειο ημισφαίριο η μέγιστη τιμή παρουσιάζεται τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο και η ελάχιστη τον Φεβρουάριο-Μάρτιο. Στο νότιο ημισφαίριο όμως, δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο, η διακύμανση της θερμοκρασίας συνδέεται κυρίως με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στον Ισημερινό και στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη το ετήσιο εύρος είναι αρκετά μικρό, που δεν θα ξεπερνά τους 2°C. Όμως, σε θάλασσες που περιβάλλονται από χέρσο το εύρος των ετήσιων διακυμάνσεων ανέρχεται έως και τους 14°C.

Η θερμοκρασία μεταβάλλεται και ανάλογα με το βάθος. Οι επιφανειακές θαλάσσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας επηρεάζονται από την ένταση της ηλιακής και κοσμικής ακτινοβολίας, την ατμοσφαιρική κυκλοφορία και τα θαλάσσια ρεύματα. Η ένταση της ηλιακής και κοσμικής ακτινοβολίας (ήλιος), δρουν ως ενεργειακή πηγή. Η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, μεταφέρει τη θερμότητα μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανού και τα θαλάσσια ρεύματα κατανέμουν το ποσοστό της θερμοκρασίας που έχει απορροφήσει ο ωκεανός στα επιφανειακά και βαθιά θαλάσσια στρώματα. Έτσι η τιμή της θερμοκρασίας εξαρτάται γενικά από το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του χρόνου. Το μεγαλύτερο ποσοστό ανά μονάδα επιφάνειας το δέχεται ο Ισημερινός και όχι οι πόλοι και μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας υφίσταται το καλοκαίρι από ότι τον χειμώνα.



Εικόνα 3: Ημερήσια επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία (NOAA)

Η θερμοκρασία που έχει απορροφηθεί σε μια ωκεάνια περιοχή μεταφέρεται σε άλλα γεωγραφικά μήκη και πλάτη μέσω οριζόντιων υπό-επιφανειακών ρευμάτων ενώ η

θέρμανση των βαθιών ωκεάνιων λεκανών γίνεται μέσω των καθοδικών ρευμάτων. Το γεγονός ότι η θάλασσα έχει τη σημαντική ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας (μεγάλη θερμοχωρητικότητα), καθορίζει τον σπουδαίο της ρόλο στο παγκόσμιο κλίμα, μετριάζοντας με τον τρόπο της στις ακραίες καταστάσεις και συμβάλλοντας σε μια ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας σε ηπειρωτικές και παράκτιες περιοχές.

Οι κατακόρυφες επιφανειακές θερμοκρασιακές μεταβολές, διαφέρουν. Στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όπου οι θερμοκρασίες έχουν χαμηλές τιμές και δεν μεταβάλλονται με το βάθος, στα μικρά και μεσαία γεωγραφικά πλάτη, έχουμε τα τρία στρώματα θερμοκρασιών. Επίσης, οι θερμοκρασίες μεταβάλλονται αρχικά στην επιφάνεια, με την εξατμιστική ψύξη, την ηλιακή θέρμανση και την ανταλλαγή θερμότητας με την ατμόσφαιρα. Οι μάζες νερού, αφού αφήσουν την επιφάνεια, βυθίζονται σε κάποιο βάθος που καθορίζεται από την πυκνότητά του. Όσο πιο πυκνό, τόσο βαθιά θα βυθιστεί (Castro and Huber, 1999).

1.3.1.5 Διαβαθμίσεις θαλάσσιων στρωμάτων

Ανώτερο στρώμα:

Είναι το επιφανειακό και καλά αναμιγμένο (μικτό), εξαιτίας των ανέμων, κυμάτων και ρευμάτων. Βρίσκεται κάτω από την άμεση επίδραση της ηλιακής ενέργειας εφόσον είναι σε συνεχή επαφή και των θερμικών ανταλλαγών με την ατμόσφαιρα και την ανάμιξη που προκαλούν οι άνεμοι. Το βάθος του στρώματος, είναι 25-200 μέτρα και έχουν περίπου την ίδια θερμοκρασία λόγω της ανάμιξης του από ανεμογενή κύματα. Την άνοιξη και το καλοκαίρι, σε εύκρατα ή πολικά νερά, το ανώτερο τμήμα του επιφανειακού στρώματος εξαιτίας του ήλιου γίνεται θερμότερο. Το θερμό νερό είναι σαν λεπτός φακός και διαχωρίζεται με μια πολύ λεπτή μεταβατική ζώνη από το υποκειμενο ψυχρότερο νερό.

Μεταβατικό στρώμα (θερμοκλινές / μόνιμο θερμοκλινές):

Εδώ η θερμοκρασία ελαττώνεται έντονα με το βάθος, 200-1000 μέτρων. Διαρκεί όλη τη διάρκεια του χρόνου. Υπάρχει αρκετά μεγάλη σταθερότητα και διαχωρίζονται τα νερά του ανωτερου από αυτά των κατώτερων στρωμάτων. Στις πολικές περιοχές η ψύξη και βύθιση των επιφανειακών υδάτων, λόγω της αύξησης της πυκνότητάς τους, προκαλεί αναστροφή και ομογενοποίηση της υδάτινης στήλης και έτσι δεν παρατηρείται μόνιμο θερμοκλινές.

Εποχιακό θερμοκλινές:

Στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, η θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος εμφανίζει εποχικές μεταβολές. Τον χειμώνα η επιφανειακή θερμοκρασία είναι σχετικά μικρή, τα κύματα μεγάλα και το μικτό στρώμα μπορεί να επεκταθεί μέχρι το βάθος του κύριου θερμοκλινούς. Το καλοκαίρι η επιφανειακή θερμοκρασία αυξάνεται και το νερό γίνεται πιο σταθερό και παρατηρείται η ανάπτυξη εποχιακού θερμοκλινούς στην ανώτερη ζώνη.

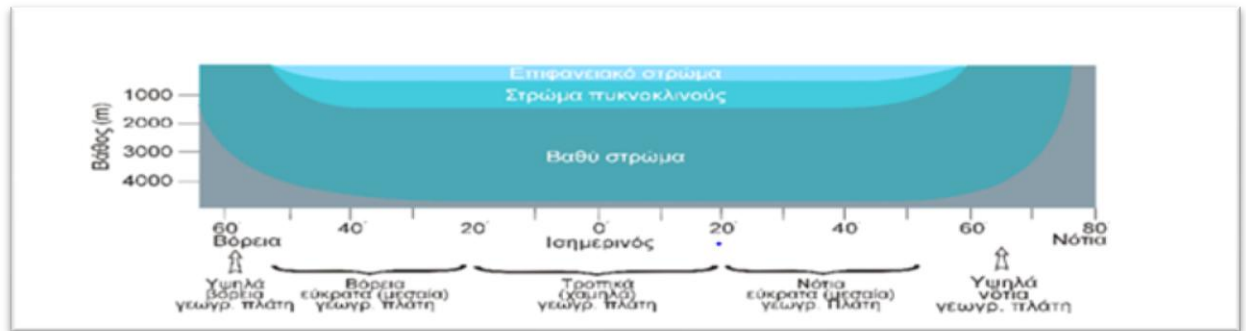
Βαθύτερο στρώμα:

Βρίσκεται κάτω από το κύριο θερμοκλινές σε βάθη μεγαλύτερα των 1000 μέτρων, όπου η θερμοκρασία μεταβάλλεται ελάχιστα με το βάθος, έτσι το νερό είναι σχεδόν ισόθερμο. Το βαθύ στρώμα και το βενθικό στρώμα τα οποία βρίσκονται βαθύτερα πέραν των 1500 μέτρων είναι διαφορετικά αλλά στη πραγματικότητα είναι όμοια, λόγω της ομοιομορφίας της θερμοκρασίας τους, που είναι μικρότερη των 4°C. Στους ωκεανούς, το 50% του νερού είναι ψυχρότερο από 2.3°C (Παπαθεοδώρου 2011, Καψιμάλη 2014, Kaplan et al., (1998), Castro and Huber (1999), Θεοδώρου 2004).

Στρωματοποίηση:

Η στρωματοποίηση της θάλασσας, χωρίζεται σε τρία βασικά στρώματα. Το επιφανειακό, το στρώμα πυκνοκλινούς και το βαθύ στρώμα. Όπως παρατηρούμε στο πιο κάτω σχήμα το επιφανειακό και το στρώμα πυκνοκλινούς έχουν ένα μικρό σχετικά συγκεκριμένο βάθος ενώ το βαθύ στρώμα είναι αρκετά μεγάλο σε έκταση βάθους μέγεθος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα.

Το επιφανειακό στρώμα είναι μέσου πάχους περίπου 100-200 μέτρα και αποτελεί το 2% του νερού των ωκεανών, παρουσιάζοντας έντονες εποχιακές διακυμάνσεις και είναι σε επαφή με την ατμόσφαιρα. Η παρουσία φωτός υπάρχει στο στρώμα σε μεγάλο βαθμό, εφόσον διεισδύει σε όλο το πάχος του στρώματος. Είναι υψηλής σημασίας για το γεγονός ότι αποτελεί το στρώμα του νερού όπου γίνεται η φωτοσύνθεση. Κάτω από το επιφανειακό στρώμα αμέσως μετά, βρίσκεται το στρώμα του πυκνοκλινούς, πάχους 700-800 μέτρων και αποτελεί το 18% των ωκεανών σε όγκο. Υπάρχει μόνο στα μικρά και μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Στο τέλος έχουμε το βαθύ στρώμα το οποίο είναι και το μεγαλύτερο σε όγκο εφόσον αποτελεί το 80% του νερού των ωκεανών (Παπαθεώρου, 2011).



Εικόνα 4: Στρωματοποίηση της υδάτινης στήλης με το βάθος (Παπαθεώρου, 2011)

1.3.1.6 Επιφανειακή κυκλοφορία θάλασσας

Το νερό το οποίο βρίσκεται σε κάποια οριζόντια κίνηση ονομάζεται ρεύμα. Υπάρχουν διάφορα είδη ρευμάτων. Σε αυτά, ανήκει το περιοδικό ρεύμα, το οποίου η ένταση μεταβάλλεται κυκλικά κατά κάπως διαλείμματα. Το εποχιακό ρεύμα, είναι ρεύμα το οποίο υφίσταται μεγάλες αλλαγές ως προς την ένταση η την κατεύθυνση λόγω εποχιακών ανέμων οι οποίοι το δημιουργούν. Το παράκτιο ρεύμα, κινείται παράλληλως προς την ακτή και κατακρίβεια έξω από τη ζώνη θραύσης των κυμάτων και δημιουργείται κυρίως από κύματα της θάλασσας τα οποία κτυπούν γωνιακώς πάνω στις παραλίες. Το ρεύμα που κινείται κοντά στη ακτή αποκαλείται ρεύμα πλησίον της ακτής. Το επιφανειακό ρεύμα, το οποίο θα αναφερθούμε στη συνέχεια είναι το ρεύμα το οποίο κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας και δεν εκτείνεται σημαντικά σε βάθος κάτω από την επιφάνεια της (Ωκεανογραφία).

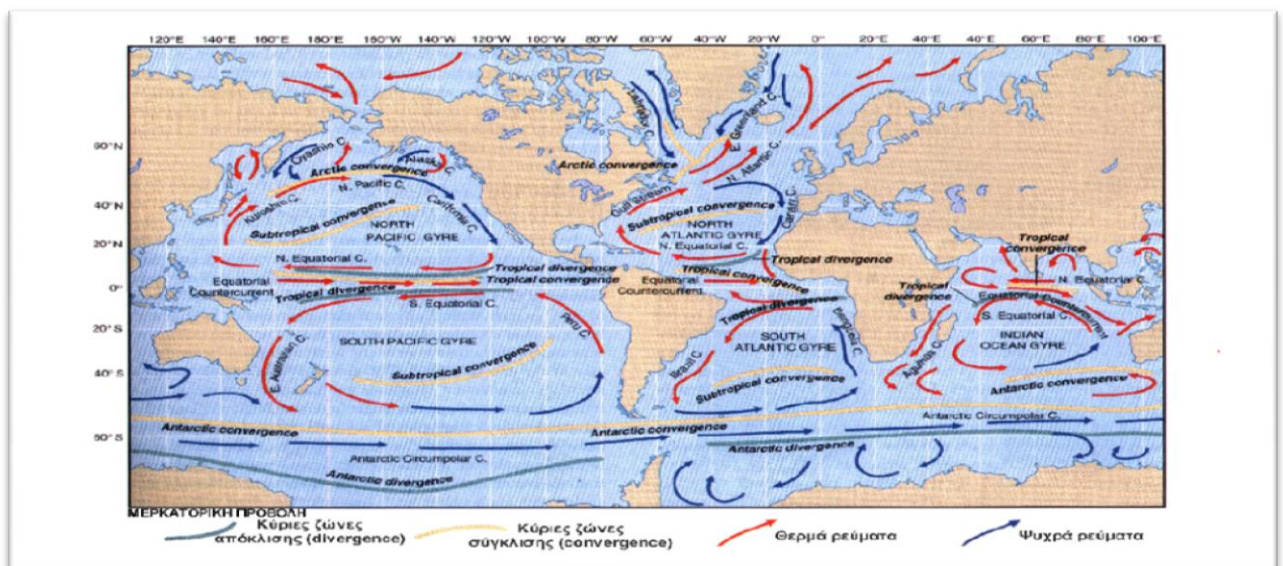
Το επιφανειακό ρεύμα και η επιφανειακή κυκλοφορία, αποτελούν το 10% του νερού των ωκεανών, καλύπτοντας τα άνω 400 μ των ωκεανών από την επιφάνεια. Δημιουργούνται πρωτογενώς από τη ροή του ανέμου (Τακβόρ).

Η πιο έντονη κίνηση των νερών πραγματοποιείται στην επιφάνεια μέσω επιφανειακών ρευμάτων και κυμάτων, γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να αναλυθεί η επιφανειακή κυκλοφορία. Τα κύματα και τα ρεύματα προκαλούνται από τον άνεμο ο οποίος προκαλείται από τη ηλιακή θερμότητα. Τα ρεύματα και οι άνεμοι επηρεάζονται κυρίως από την επίδραση Coriolis.

Όσο αφορά τους ανέμους, προκαλούνται από τη θερμική ενέργεια του ήλιου και το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται κοντά στην περιοχή του Ισημερινού,

όπου είναι ζεστά και κάνει κρύο στους πόλους, αυτό κάνει τον θερμό αέρα του Ισημερινού να ανυψώνεται και ο αέρας από τις γειτονικές περιοχές αναπληρώνουν τον ανερχόμενο αέρα δημιουργώντας έτσι τους ανέμους οι οποίοι αποκλείουν εξαιτίας της επίδρασης Coriolis.

Στα πεδία ανέμων της ατμόσφαιρας, ωθείται η επιφάνεια της θάλασσας και δημιουργούνται ρεύματα. Όταν τα επιφανειακά ρεύματα ωθούνται από τον άνεμο δεν κινούνται προς την ίδια διεύθυνση με αυτόν αλλά αποκλίνει κατά 45 μοίρες λόγω της επίδρασης Coriolis (Castro and Huber,1999: 65-68).

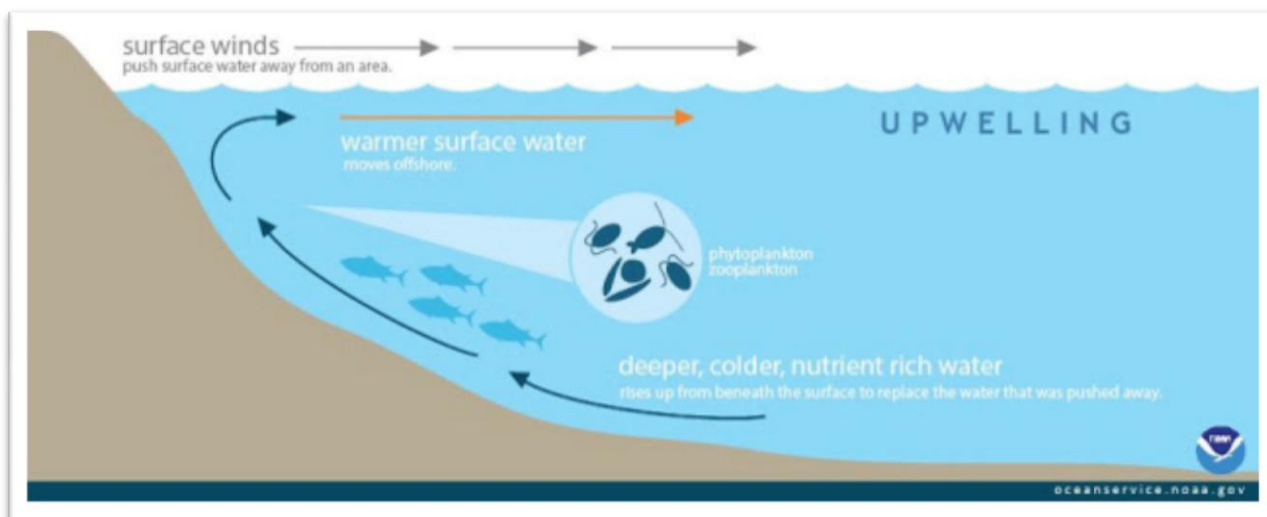


Εικόνα 5: Ανεμογενής κυκλοφορία των επιφανειακών ρευμάτων στους ωκεανούς (Τακβόρ).

1.3.1.7 Φαινόμενο της ανάβλυσης

Το φαινόμενο της ανάβλυσης, το οποίο είναι ωκεανογραφικό έχει μεγάλη σημασία για την αναπαραγωγή και ανάπτυξη των φυτοπλαγκτόν και κατά συνέπεια οδηγεί στην παραγωγή της αλιείας, όπου 25% των συνολικών θαλάσσιων αλλιευμάτων προέρχονται από σημεία αναβλύσεων. Τα παγωμένα, κατευθυνόμενα υπό τον άνεμο πυκνά νερά, εμπλουτισμένα σε θρεπτικά συστατικά, αντικαθιστούν τα θερμότερα νερά που βρίσκονται στην επιφάνεια του ωκεανού. Επομένως, οι κρίες θερμοκρασίας της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας υποηλώνουν συνήθως και την ύπαρξη σε χλωροφύλλη-α. Σημαντικό είναι το γεγονός του ότι κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνο, ο άνεμος οδηγεί έμμεσα ζεστό νερό στην ακτή της Νότιας Αφρικής, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο το κρύο νερό της ανάβλυσης (Wikipedia).

Μπορεί να ανιχνευτεί από εικόνες της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας. Οι θρεπτικές ουσίες που γονιμοποιούν το φυτοπλαγκτόν, το οποίο καταναλώνεται από το ζωοπλαγκτόν στο μεικτό στρώμα και αυτό καταναλώνεται από τα μεγαλύτερα ψάρια, αποτελώντας την απαρχή της τροφικής αλυσίδας (Bidigare et.al., 2009).



Εικόνα 6: Φαινόμενο ανάβλωσης (NOAA).

1.3.1.8 Φαινόμενα που επιδρούν στην επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία

Ελ Νίνο:

Πολλές φορές έχουμε ακούσει για το γνωστό φαινόμενο Ελ Νίνο, συνοδευόμενο με καταστροφές τεράστιας κλίμακας συνοδευόμενο από τσουνάμι, έντονες βροχοπτώσεις αλλά και αντιθέτως, έντονα φαινόμενα ξηρασίας. Καταρχήν το φαινόμενο Ελ Νίνο, ορίζεται αρχικά το αρχικό ετήσιο ασθενές θερμό ρεύμα του ωκεανού το οποίο ρέει στα νότια κατά μήκος της ακτής Περού και του Ισημερινού την περίοδο των Χριστουγέννων, αντικαθιστώντας το ψυχρό νότιο ρεύμα Humboldt. Ταυτίζεται με ασυνήθιστα ακραία φαινόμενα τα οποία επηρεάζουν την τοπική και περιφερειακή οικολογία και το κλίμα γενικότερα, αποτελώντας παγκόσμιο φαινόμενο που επιδρά στις μεταβολές της θερμοκρασίας και στην ένταση και την συχνότητα των βροχοπτώσεων. Παρουσιάζει σημαντική επίδραση στην μεταβολή της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας στον τροπικό Ειρηνικό.

Η επίδραση του φαινομένου Ελ Νίνο σε τοπική κλίμακα έχει επεκτεταμένες επιδράσεις οι οποίες θερμάνουν τα υδάτα στον ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό, προκαλώντας με την

σειρά του αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα (Glantz et al., (1996), Trenberth et al., 1997). Στην ουσία, πρόκειται για την αύξηση της θερμοκρασίας η οποία προκαλεί μια ανώμαλη θέρμανση των ωκεανών στην λεκάνη του Ειρηνικού. Είναι συνέπεια δηλαδή της διαταραχής ατμόσφαιρας - ωκεανών η οποία έχει μελετηθεί ότι επιδρά ακόμα και την στρατόσφαιρα και την τροπόσφαιρα (Van Loon 1982, Glantz 1996). Στα Ισπανικά, το Ελ Νίνο, μεταφράζεται ως το 'Χριστουγεννιάτικο βρέφος' (Trenberth 1997). Μετά την έξαρση του Ελ Νίνο, ακολουθούν τα φαινόμενα του Λα Νίνα, η <<αδελφή>> του Ελ Νίνο όπως χαρακτηρίζουν οι επιστήμονες σαν ένα μοτίβο, αν και όχι απαραίτητα όλες τις φορές, τα οποία διαφέρουν και έχουν και αυτά το αντίκτυπο τους στο παγκόσμιο κλίμα.

Για να εξηγηθεί το Ελ Νίνο, είναι ανάγκη να περιγραφεί το τι συμβαίνει στην περιοχή του Ειρηνικού πριν και μετά το φαινόμενο, σε κανονικές και μη συνθήκες. Καταρχήν, στις περιοχές του Ισημερινού, ο ήλιος ακτινοβολεί στο μέγιστο στα επιφανειακά νερά των ωκεανών με αποτέλεσμα να θερμαίνονται περισσότερο. Στον ανατολικό Ειρηνικό και στις θαλάσσιες παράκτιες περιοχές της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής χαρακτηρίζονται από υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις και χαμηλή θαλάσσια στάθμη. Στην αντίθετη πλευρά στον δυτικό Ειρηνικό, στις περιοχές της Ινδονησίας και βόρειας Αυστραλίας, οι ατμοσφαιρικές πιέσεις είναι υψηλές και η θαλάσσια στάθμη είναι σε χαμηλό επίπεδο συνθήκες αντίθετες της άλλης πλευράς της οποίας περιλαμβάνεται ο δυτικός Ειρηνικός, περιοχές της Ινδονησίας και βόρειας Αυστραλίας όπου οι ατμοσφαιρικές πιέσεις είναι χαμηλές και στάθμη της θάλασσας είναι υψηλή (Θεοδώρου 2004).

Πιο συγκεκριμένα, οι trade ανέμοι οποίοι πνέουν στο Ν.Ημισφαίριο από νοτιοανατολικά προς βορειοδυτικά και οι ανέμοι ωθούν τις μάζες του νερού στη δυτική λεκάνη του Ειρηνικού. Στην τροπική ζώνη, κυριαρχούν οι ανατολικοί ανέμοι που πνέουν από την Νότια Αμερική προς την Ασία και την Ωκεανία, οι οποίοι παρασέρνουν και συσσωρεύουν θερμά επιφανειακά νερά στο δυτικό Ειρηνικό και Ινδικό Ωκεανό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση κατά 50-60 εκατοστά της στάθμης της θάλασσας στην Ινδονησία σε σχέση με τη στάθμη στις ακτές του Ισημερινού και του Περού.

Την ίδια ώρα, ψυχρά νερά από τα βαθιά στρώματα της θάλασσας αναδύονται στις ακτές της Νότιας Αμερικής με αποτέλεσμα η θερμοκρασία στις δυτικές ακτές του Ειρηνικού και Ινδικού είναι 8 βαθμοί περισσότεροι σε σχέση με τις ανατολικές ακτές

του Ειρηνικού. Ο ατμοσφαιρικός αέρας έρχεται σε επαφή με τα θερμά νερά και έτσι θερμαίνεται, εφόσον διογκώνεται και μειώνεται η πυκνότητά του, ανέρχεται στην ατμόσφαιρα και προκαλούνται βροχοπτώσεις στα δυτικά, στη περιοχή της Ινδονησίας με το τροπικό της κλίμα και οι ανατολικές ακτές είναι ξηρές. Το επιφανειακό νερό, θερμό, απομακρύνεται από τον Ανατολικό Ειρηνικό και αναβλύεται ψυχρό νερό από τα βαθύτερα στρώματα του Ανατολικού Ειρηνικού, πλούσιο σε θρεπτικά άλατα, τα οποία τρέφουν τα φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Muller-Karger et al 1991).

Όλο αυτό το φαινόμενο όμως αλλάζει, κατά την παρουσία των συνθηκών Ελ Νίνο. Όλες οι πιο πάνω συνθήκες που αφορούν την κατανομή ατμοσφαιρικών πιέσεων, αντιστρέφονται. Κατά το φαινόμενο αυτό, οι trade ανέμοι εξασθενούν στο κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό και έτσι η διαφορά στη στάθμη στο δυτικό και ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού, αναγκαστικά μετατοπίζει τη θερμή λεκάνη του Δυτικού Ειρηνικού προς τα ανατολικά για να εξισορροπηθεί η στάθμη αυτή και ταυτόχρονα αναστέλλεται η παράκτυα και η ισημερινή ανάδυση. Στις ακτές του Περού και της Νότιας Καλιφόρνιας τα νερά είναι ασυνήθιστα θερμά.

Κατά το φαινόμενο Ελ Νίνο, η άνοδος στην ατμόσφαιρα θερμών και υγρών αέριων μαζών δεν περιορίζεται στον Δυτικό Ειρηνικό αλλά εντούτοις επεκτείνεται και στον κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό. Οι δυτικές ακτές της Βόρειας και Νότιας Αμερικής πλήττονται από καταρρακτώδες βροχές και ροές λάσπης. Στην αντιπέρα όχθη, στην Ινδονησία και σε άλλες περιοχές του δυτικού Ειρηνικού, κυριαρχούν η ξηρασία και δασικές πυρκαγιές. Οι συχνότητες των τροπικών κυκλώνων μειώνεται στον Ατλαντικό και αυξάνεται στον Ειρηνικό.

Η αύξηση θερμοκρασίας των νερών ανατολικά του Ειρηνικού, εξασθενεί τους Αληγείς ανέμους και οδηγεί σε πτώση της πίεσης στην ατμόσφαιρα. Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι ύποπτη η έναρξη ενός Ελ Νίνο εξαιτίας των μεταβολών της θερμοκρασίας του νερού του Ειρηνικού οι οποίες αυτές προκαλούν τις αντίστοιχες μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η ατμόσφαιρα αντιδρά ταχύτερα στις θαλάσσιες μεταβολές από ότι η θάλασσα στις αντίστοιχες ατμοσφαιρικές, και λητσι είναι πιθανό η ενεργοποίηση του Ελ Νίνο να προκαλείται από μακράς διάρκειας ωκεάνιας διακύμανσης. (Θεοδώρου 2004). Ο Bjerknes (1966, 1969, 1972), μελετώντας την εξασθένιση της κυκλοφορίας

Walker και την ενδυνάμωση της κυκλοφορίας Hadley κατά τη διάρκεια των επεισοδίων, σύνδεσε τις μεταβολές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας με μεταβολές των ζωνών σύγκλισης και των επιφανειακών ανέμων οι οποίοι επηρεάζουν ισχυρά την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία ώστε να εμφανίζεται πολύ ισχυρή σύζευξη στο σύστημα ατμόσφαιρας – ωκεανού στη περιοχή των τροπικών. Με βάση τούτου, συσχετίστηκε η Νότια Κύμανση με το ωκεάνιο φαινόμενο του Ελ Νίνο, το οποίο εμφανίζεται με μορφή μεγάλων μεταβολών της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στον Ειρηνικό ωκεανό.

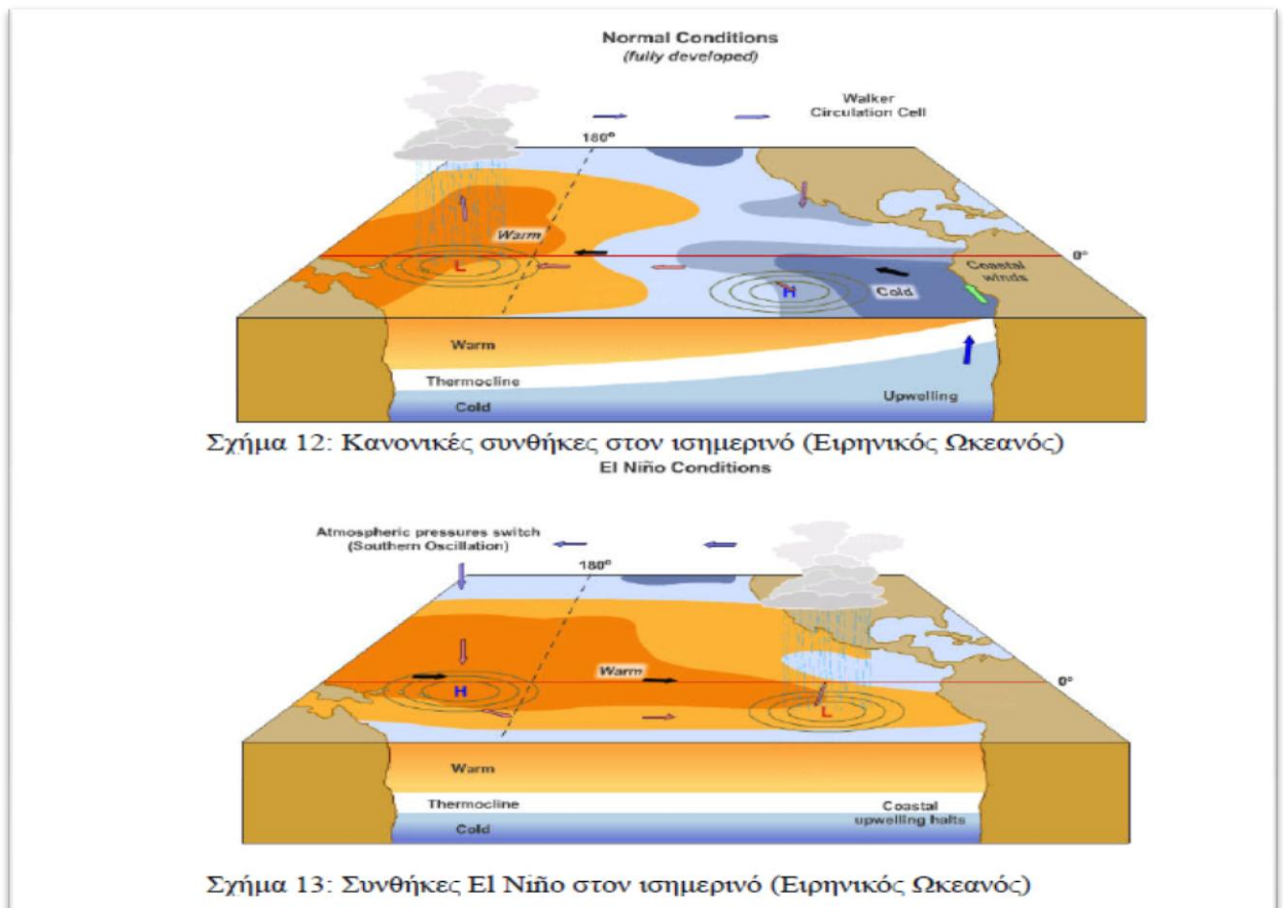
Η αντιστροφή αυτή, που αποτελεί στην ουσία ταλάντωση, ονομάζεται ENSO ή αλλιώς Νότια Ταλάντωση, όπου δηλαδή αυξομειώνονται οι πιέσεις ανατολικά και δυτικά του Ειρηνικού. Οι αληγείς ανέμοι εξασθενούν και οι βροχοπτώσεις μαζί με τις θερμάνσεις εξαπλώνονται σε αρκετά ευρεία έκταση του Ειρηνικού, όσο αφορά την ώριμη του φάση. Στην ψυχρή του μορφή (ή αλλιώς Λα Νίνα), η θερμόμενη περιοχή των τροπικών είναι περιορισμένη στα δυτικά και και αληγείς ανέμοι τώρα ενισχύονται σε αντίθεση με την ώριμη φάση του Ελ Νίνο (θερμή μορφή) (Philander et al., (1983, 1990), Τακβόρ).

Πίνακας 1: Κύκλος ζωής του Ελ Νίνο (Nicholls 1987, Glantz 1996)

<http://www.airpollab.org/sites/default/files/enso.pdf>

Φάσεις του Ελ Νίνο	Χαρακτηριστικά	Χρονιά
Πρόδρομη Φάση	Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας (SST) επιστρέφει στο φυσιολογικό, οι ανατολικοί ανέμοι εμπορίου αποδυναμώνονται, η ανάβλυση μειώνεται με αποτέλεσμα η SST να αρχίσει να αυξάνεται	-1
Φάση εκδήλωσης	Εξακολουθεί η εποχιακή αύξηση της θερμοκρασίας κατά μήκος των ακτών του Περού, τον μήνα Απρίλιο ή Μάιο	0

Φάση ανάπτυξης και ωρίμανσης	Η SST συνεχίζει να αυξάνεται, ενώ επίκεινται αλλαγές στον δείκτη της Νότιας Ταλάντωσης (SO), όπως πτώση πίεσης στη Ταιτή και αύξηση στο Ντάργουιν	0
Φάση αποσύνθεσης	Η SST μειώνεται, ενώ αυξάνεται η παράκτια ανάβλυση και ενισχύονται οι Ανατολικοί άνεμοι.	1

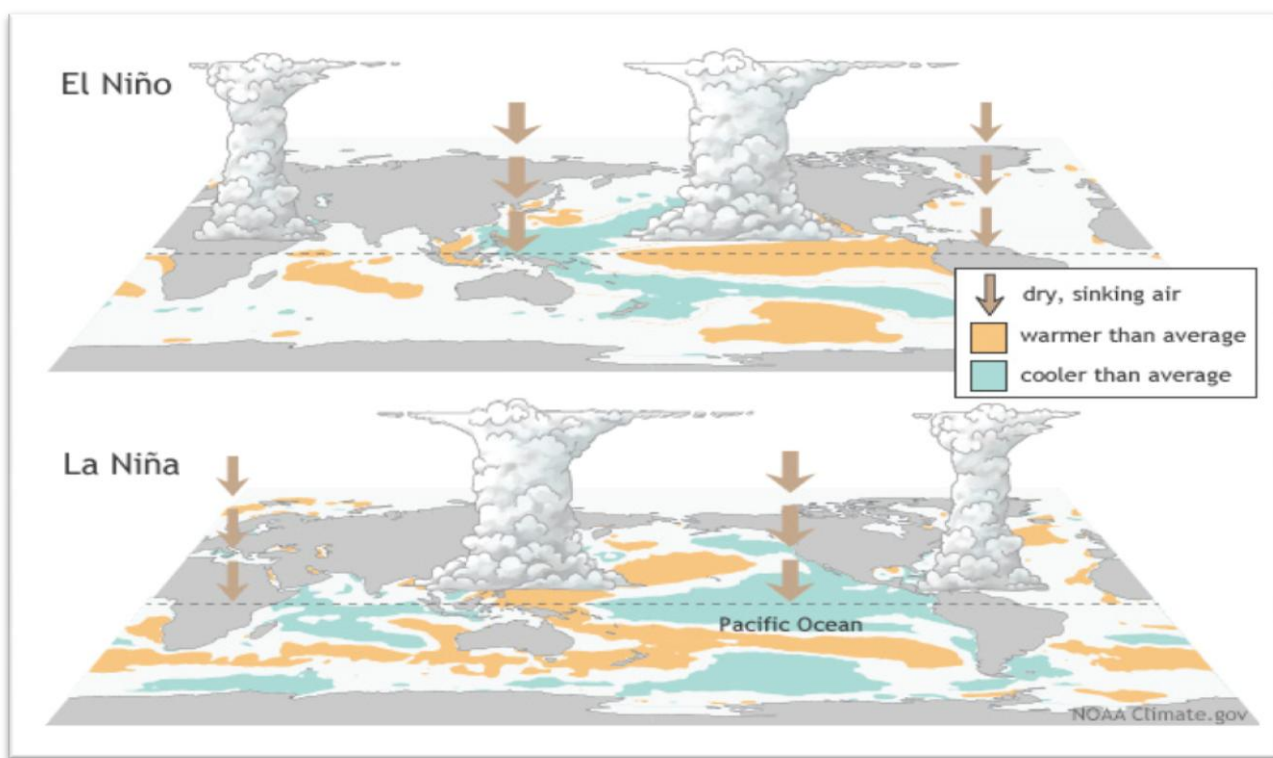


Εικόνα 7: Κανονικές συνθήκες και συνθήκες Ελ Νίνο στον Ειρηνικό Ωκεανό (Σουκισιάν)

Εξαιτίας του φαινομένου Ελ Νίνο, παρατηρούνται διακυμάνσεις στην επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία του Ειρηνικού και του Ινδικού Ωκεανού (Collins et al., 2010, Chavez et al. 1999, Annamalai et al 2005, Chambers et al., 1999. Tzipernman et al., 1994). Γενικότερα, οδηγείται αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων στην επιφάνεια

των τροπικών του Ειρηνικού Ωκεανού και αποδυναμώνεται η ισχυρή κλίση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας κατά μήκος του Ειρηνικού και έτσι συνεπάγεται αλλαγή στην ωκεάνια κυκλοφορία (IPCC (2007), Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών).

Με την παύση του φαινομένου Ελ Νίνο, ακολουθεί το φαινόμενο Λα Νίνα, το οποίο πραγματοποιείται κάθε 2-7 χρόνια περιοδικά, προκαλώντας και εκείνο με τη σειρά του παγκόσμιες αλλαγές στο κλίμα και στους ωκεανούς. Κατά το φαινόμενο αυτό επικρατούν ασυνήθιστα υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις στο νοτιοανατολικό Ειρηνικό και αντίθετα πολύ χαμηλές στην δυτική του πλευρά, με αποτέλεσμα να ισχυροποιούνται οι νοτιοανατολικοί Αληγείς άνεμοι που επαναφέρουν τα θερμά νερά στην θέση τους πριν το φαινόμενο Ελ Νίνο. Τα μεταφέρουν δυτικότερα και οι υψηλές πιέσεις του δυτικού Ειρηνικού εμποδίζουν το σχηματισμό των συνήθων εκεί εκτεταμένων νεφών. Στην ουσία συμβαίνει το αντίθετο με το φαινόμενο του Ελ Νίνο (Θεοδώρου, 2004).



Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση κατά την διάρκεια των δυο φαινομένων Ελ Νίνο και Λα Νίνα (<https://www.climate.gov/enso>)

Φαινόμενα-Ενδείξεις φαινομένου Ελ Νίνο:

1. Αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης στον Ινδικό Ωκεανό, την Ινδονησία και την Αυστραλία.

2. Ταυτόχρονη μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης στην Ταϊτή και γενικότερα στον Ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό.
3. Εξασθένηση των ανατολικών ανέμων στο Νότιο Ειρηνικό ή περιορισμός τους στις ανατολικότερες περιοχές.
4. Έντονες βροχοπτώσεις στο Περού, ακόμα και στις ερήμους της περιοχής.
5. Η μετατόπιση των θερμών υδάτων προς τον Ανατολικό Ειρηνικό συμπαρασύρει τη ζώνη βροχοπτώσεων ανατολικά. Έτσι βροχές εκδηλώνονται σε περιοχές όπου σπάνια βρέχει.

Χρονολογικά συμβάντα των Ελ Νίνο-Λα Νίνα:

Τα πιο αξιοσημείωτα επεισόδια Ελ Νίνο που έχουν καταγραφεί είναι στις περιόδους 1790-93, 1828, 1876-78, 1891, 1925-26, 1972-73, 1982-83, και 1997- 98. Πρόσφατα είχαμε επεισόδια τα οποία εκδηλώθηκαν το 1986-1987, 1991-1992, 1993, 1994, 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007 και 2009-2010 (Kousky and Higgins 2007, Wang and Fiedler 2007). Η ισχυρότερη παρουσία του Ελ Νίνο υπήρξε το 1997-1998 η οποία ήταν η ισχυρότερη του αιώνα (Davey and Anderson, 1998) αλλά και των πολύ πρόσφατων χρονολογιών 2014-2016. Σε ότι αφορά τα πιο πρόσφατα γεγονότα του Λα Νίνα υπήρξε ένα ισχυρό επεισόδιο κατά τη διάρκεια του 1988-1989. Επεισόδια Λα Νίνα επίσης πραγματοποιήθηκαν το 1904, 1908, 1910, 1916, 1924, 1928, 1938, 1950, 1955, 1964, 1970, 1973, 1975, 1988, 1995, το 1998-2000, και ένα μικρότερο το 2000-2001.

Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωμένες οι χρονολογιές έναρξης και λήξεις των φαινομένων Ελ Νίνο και Λα Νίνα, καθώς και η διάρκεια τους, συμπεριλαμβανομένων με σύμβολα τις χρονιές κατά τις οποίες είχαμε έντονη μεταβολή στην επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία.

Πίνακας 2: Καταστάσεις των φαινομένων Ελ Νίνο και Λα Νίνα από το 1950, με την εκκίνηση και τον τερματισμό τους ανά χρονιά και μήνα (Trenberth 1997).

Begin	Ελ Νίνο events End	Duration	Begin	La Nina events End	Duration
Aug 1951	Feb 1952	7	Mar 1950	Feb 1951	12
Mar 1953	Nov 1953	9	Jun 1954	Mar 1956	22

Apr 1957	Jan 1958	15	May 1956	Nov 1956	7
Jun 1963	Feb 1964	9	May 1964	Nov 1956	9
May 1965	Jun 1966	14	Jul 1970	Jan 1972	19
Sep 1968	Mar 1970	19	Jun 1973	Jun 1974	13
Apr 1972	Mar 1973	12	Sep 1974	Apr 1976	20
Aug 1976	Mar 1977	8	Sept 1984	Jun 1985	10
Jul 1977	Jan 1978	7	May 1988	Jun 1989	14
Oct 1979	Apr 1980	7	Sep 1995	Mar 1886	7
Apr 1982	Jul 1983	16			
Aug 1986	Feb 1988	19			
Mar 1991	Jul 1992	17			
Feb 1993	Sep 1993	8			
Jun 1994	Mar 1995	10			

Επίδρασεις Ελ Νίνο/Λα Νίνα:

Οι επιδράσεις του Ελ Νίνο παγκοσμίως ποικίλλουν. Λόγω της περιοχής μελέτης της Μεσογείου θάλασσας στην παρούσα διατριβή, θα επικεντρωθούμε στην εν λόγω περιοχή. Γενικότερα στην Ευρώπη ίσως να μη είναι σαφείς οι επιδράσεις αυτές (Bronnimann 2007). Η Ευρώπη, και γενικότερα η Μεσόγειος βρίσκεται μακριά από τον Ειρηνικό Ωκεανό, εντούτοις δέχεται επιδράσεις από το φαινόμενο ENSO (Ελ Νίνο - Southern Oscillation) (Bartholy and Pongracz, 2006). Μπορεί να προκαλέσει ένα υγρότερο, πιο νεφελώδη χειμώνα στη βόρεια Ευρώπη και ένα ηπιότερο, ξηρότερο χειμώνα στη Μεσόγειο. Αξίζει να αναφερθεί πως ο χειμώνας του 2006-2007 ήταν ασυνήθιστα ήπιος στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Δυτική Ευρώπη, με σημαντικά ελάχιστο χιόνι στις Άλπεις. (Bronnimann 2007). Διάφορες επιστημονικές μελέτες έδειξαν γενικά ότι κάθε γεγονός Ελ Νίνο, έχει διαφορετικές ανωμαλίες κυκλοφορίας στον Βόρειο Ατλαντικό και στην Ευρώπη, με αρκετά σημαντική μεταβλητότητα του φαινομένου. Για τους περισσότερους χειμώνες όπου συμβαίνει το Ελ Νίνο, υφίσταται χαμηλή θερμοκρασία στη Βορειοανατολική Ευρώπη και ανωμαλίες στα δυτικά της Γαλλίας. Η βροχόπτωση παρουσιάζει συχνά μείωση πάνω σπό τη Βόρεια Ευρώπη και αύξηση στη Μεσόγειο, κάτι που η μεταβολή της ποικίλλει.

Το ENSO επηρεάζει το Μεσογειακό κλίμα. Κατά τη διάρκεια των γεγονότων Ελ Νίνο η διαδρομή των κυκλώνων πάνω από τη Μεσόγειο είναι μετατοπισμένη βόρεια, γεγονός

που έχει επιπτώσεις στην βροχόπτωση. Λιγότερη βροχόπτωση παρατηρήθηκε στη ΝΔ Ευρώπη καθώς επίσης και στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας κατά τη διάρκεια των ψυχρών γεγονότων (Λα Νίνα) αλλά περισσότερη βροχόπτωση στις ίδιες περιοχές κατά τη διάρκεια των θερμών γεγονότων (Ελ Νίνο). Η θερμοκρασία στην Κωνσταντινούπολη στα τέλη του χειμώνα βρέθηκε να είναι υψηλή κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνο και χαμηλή κατά τη διάρκεια του Λα Νίνα. Επιπλέον βρέθηκε μια αύξηση (μείωση) της βροχόπτωσης στη βορειοδυτική (νότια) της Κωνσταντινούπολης κατά τη διάρκεια των γεγονότων Ελ Νίνο (Bronnimann 2007).

Διακύμανση Βόρειου Ατλαντικού:

Η διακύμανση Βόρειου Ατλαντικού, έχει παρομοιαστεί με αυτή του Ελ Νίνο. Στο Βόρειο Ατλαντικό κυριαρχούν δυο είδη ατμοσφαιρικής πίεσης. Το υψηλό βαρομετρικό της υποτροπικής περιοχής Αζόρων (ομάδα νησιών της Πορτογαλίας) και το βαρομετρικό χαμηλό της υπαρκτικής περιοχής Ισλανδίας. Σε κανονικές συνθήκες, τα βαρομετρικά συστήματα πνέουν από την Αμερική προς την Ευρώπη οι δυτικοί ανέμοι και βόρεια του χαμηλού της Ισλανδίας και νότια του υψηλού των Αζορών πνέουν στην αντίθετη κατεύθυνση, αντίστοιχα οι Ανατολικοί και Αληγείς ανέμοι (McCartney 1996). Με την παρουσία της διακύμανσης η ισχυροποίηση του υψηλού βαρομετρικού των Αζορών προκαλεί τη μετατόπιση των Δυτικών ανέμων βορειότερα με αποτέλεσμα στον ανατολικό Καναδά να πνέουν ανέμοι θερμότεροι και στη δυτική Ευρώπη ψυχρότεροι. Με την ισχυροποίηση του χαμηλού βαρομετρικού συστήματος στην Ισλανδία η ζώνη των Δυτικών ανέμων μετατοπίζεται νοτιότερα και έτσι οι ανέμοι που πνέουν προς τη δυτική Ευρώπη να είναι νότιοι και θερμότεροι (Castro and Huber 1999).

Δείκτης θετικής φάσης NAO (Διακύμανση Βόρειου Ατλαντικού) (Bell):

-Στην θετική φάση του φαινομένου, κυριαρχεί μια ισχυρότερη του συνηθισμένου υποτροπικού κέντρου ψηλής πίεσης και μια χαμηλότερη από το κανονικό στην Ισλανδία.

-Η αυξημένη διαφορά πίεσης οδηγεί σε ισχυρότερες καταιγίδες του χειμώνα στον Ατλαντικό Ωκεανό βορειότερα του, με αποτέλεσμα τους ζεστούς και υγρούς χειμώνες στην Ευρώπη και κρύο και ξηρό χειμώνα στο βόρειο Καναδά και στην Γροιλανδία.

Δείκτης αρνητικής φάσης NAO (Διακύμανση Βόρειου Ατλαντικού):

- Κυριαρχεί ένα υψηλό αδύναμο υποτροπικό υψηλά και ένα χαμηλά αδύναμο υποτροπικό στην Ισλανδία.
- Τα μειωμένα αποτελέσματα κλίσης της πίεσης σε όλο και πιο αδύναμες χειμώνες καταγίδες που διέρχονται σε μια πιο δυτικά-ανατολικά της οδού.
- Μεταδίνεται υγρός αέρας στη Μεσόγειο και κρύος στη βόρεια Ευρώπη
- Στην ανατολική ακτή των ΗΠΑ ο αέρας είναι πιο κρύος και υπάρχουν χιονοπτώσεις.
- Ηπιότερες θερμοκρασίες στην Γροιλανδία το χειμώνα

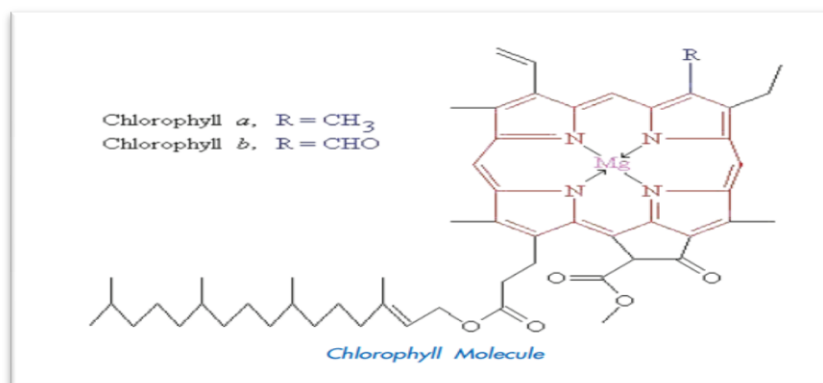
1.3.2 Χλωροφύλλη-α

1.3.2.1 Ορισμός

Η χλωροφύλλη πήρε το όνομα της από τις ελληνικές λέξεις χλώρο το οποίο υποδηλώνει το πράσινο χρώμα και φύλλο. Έχει απομονωθεί και ονομαστεί από τους Joseph Bienaimé Caventou και Pierre Joseph Pelletier το 1817. Είναι ένα βασικό βιοχημικό συστατικό, το οποίο είναι υπεύθυνο για την φωτοσύνθεση, μέσω της οποίας η ενέργεια που λαμβάνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, χρησιμοποιείται για τη παραγωγή της ζωής, εφόσον παράγεται το πολύτιμο οξυγόνο. Είναι ένα χημικό ή κεντρικό ιόν μετάλλου (μαγνήσιο), το οποίο είναι συνδεδεμένο στην πορφυρίνη, ένα μεγαλύτερο οργανικό μόριο. Η πορφυρίνη αποτελείται από άνθρακα, υδρογόνο και άλλα στοιχεία (άζωτο, οξυγόνο κτλ). Το ιόν μαγνησίου είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά ηλεκτρονίων κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.

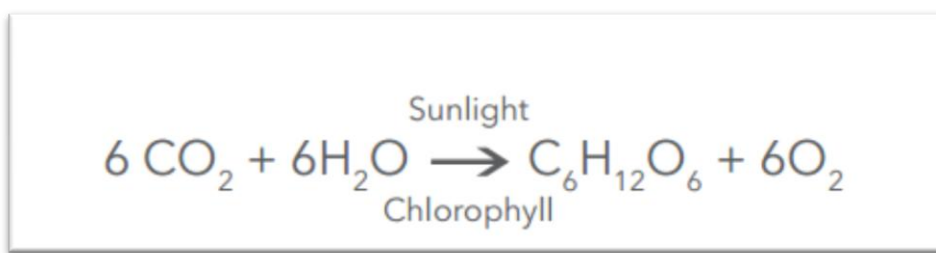
Τα μόρια χλωροφύλλης τα οποία είναι ενσωματωμένα στις θυλακοειδείς μεμβράνες των χλωροπλαστών, απορροφούν κατά κύριο λόγο το φως και μεταφέρουν την φωτεινή ενέργεια που λαμβάνουν με τη μεταφορά ενέργειας συντονισμού σε ένα συγκεκριμένο ζεύγος χλωροφύλλης στο κέντρο της αντίδρασης των φωτοσυστημάτων, το II με κέντρο αντίδρασης το P680 και το I που έχει κέντρο αντίδρασης το P700. Τα κέντρα αυτά έχουν πάρει την ονομασία τους από το μήκος κύματος, σε κλίμακα νανομέτρων με το κόκκινο για την μέγιστη απορρόφηση. Η ταυτότητα, λειτουργεί και φασματικές ιδιότητες των τύπων χλωροφύλλης σε κάθε φωτοσύστημα είναι ξεχωριστές όπως και η πρωτεΐνη που τους περιβάλλει. Αυτές οι χρωστικές ουσίες της χλωροφύλλης, διακρίνονται σε χλωροφύλλη-α και χλωροφύλλη-β. Το 1912, ο Willstatter (1928) έδειξε

ότι η χλωροφύλλη ήταν ένα μίγμα δύο ενώσεων, χλωροφύλλη-α και της χλωροφύλλης-β.



Εικόνα 8: Chlorophyll Molecule (The Basic of Chlorophyll Measure)

Το διοξείδιο του άνθρακα κατά τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης, μειώνεται από το νερό και η χλωροφύλλη δρα ως καταλύτης στην μεταφορά αυτή. Η πιο σημαντική χλωροφύλλη, είναι η χλωροφύλλη-α η οποία είναι άφθονη και δίνει το πράσινο χρώμα στα φυτά. Υπάρχουν όμως και άλλες μορφές χλωροφύλλης, η b,c, d που αυξάνουν το συνολικό φθορίζον σήμα.



Εικόνα 9: Χημική εξίσωση της φωτοσύνθεσης, με την παρουσία φωτός και χλωροφύλλης (The Basic of Chlorophyll Measure)

1.3.2.2 Είδη χλωροφύλλης

Οι διάφορες δομές της χλωροφύλλης, συγκεντρώνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll c1	Chlorophyll c2	Chlorophyll d	Chlorophyll f
<u>Molecular formula</u>	C ₅₅ H ₇₂ O ₅ N ₄ Mg	C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg	C ₃₅ H ₃₀ O ₅ N ₄ Mg	C ₃₅ H ₂₈ O ₅ N ₄ Mg	C ₅₄ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg	C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg
C2 group	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃	-CHO
C3 group	-CH=CH ₂	-CH=CH ₂	-CH=CH ₂	-CH=CH ₂	-CHO	-CH=CH ₂
C7 group	-CH ₃	-CHO	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃
C8 group	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃	-CH=CH ₂	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃
C17 group	-CH ₂ CH ₂ COO-Phytyl	-CH ₂ CH ₂ COO-Phytyl	-CH=CHCOOH	-CH=CHCOOH	-CH ₂ CH ₂ COO-Phytyl	-CH ₂ CH ₂ COO-Phytyl
C17-C18 bond	Single (chlorin)	Single (chlorin)	Double (porphyrin)	Double (porphyrin)	Single (chlorin)	Single (chlorin)
Occurrence	Universal	Mostly plants	Various algae	Various algae	Cyanobacteria	Cyanobacteria

Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, έχουμε την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας, η οποία προέρχεται κυρίως από τον ήλιο και μετατρέπεται σε χημική. Μέσω τούτης της διαδικασίας, δημιουργείται από τους αυτότροφους οργανισμούς οι οποίοι αποτελούν βάση της τροφικής αλυσίδας, το σύνολο της πρωτογενούς παραγωγικότητας. Η συνολική πρωτογενής παραγωγικότητα, ανέρχεται συνολικά σε ένα απίστευτα μεγάλο ποσό, $1,05 \times 10^{11}$ τόνων οργανικού άνθρακα το χρόνο (Field et al., 1998). Η φωτοσύνθεση γενικά, παρέχει την δυνατότητα σε οργανισμούς να χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό και να τα βιοσυνθέτουν, μέσω χρήσης ηλιακής ακτινοβολίας, υδατάνθρακες, εκλείοντας ταυτόχρονα οξυγόνο, απαραίτητο για τους ετερότροφους οργανισμούς αλλά και όζον, που προστατεύει τους οργανισμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία.

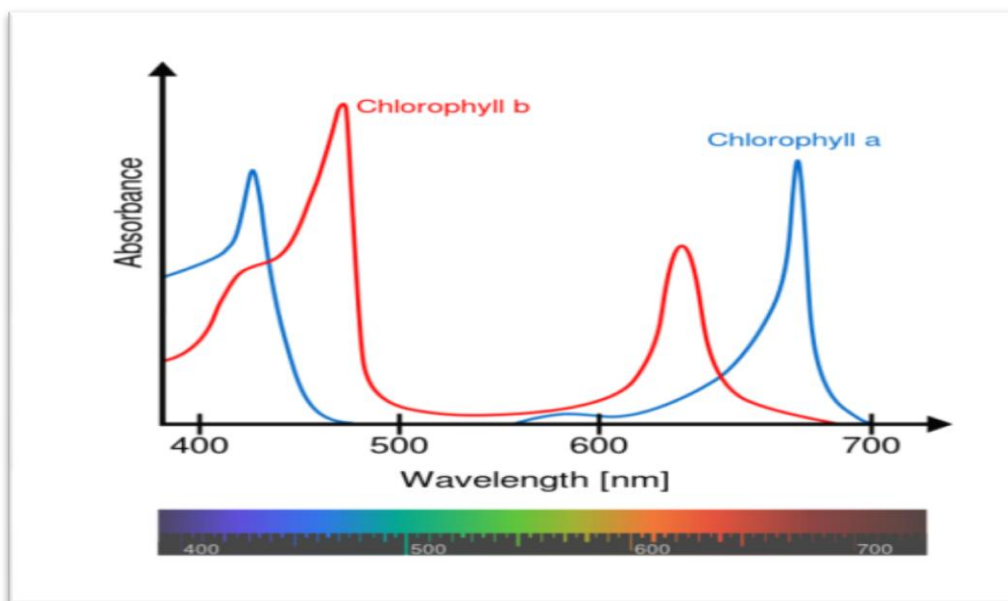
Η ποσότητα της θάλασσας σε φυτοπλαγκτόν αποτελεί σχεδόν το 1% του παγκόσμιου σε βιομάζα φωτοσύνθεσης, αλλά για σχεδόν το ήμισυ της πρωτογενούς παραγωγής στον κόσμο (Field et al., 1998, Bryant 2003).

1.3.2.3 Χλωροφύλλη-α

Η χλωροφύλλη-α, είναι απαραίτητη για τους περισσότερους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς ώστε να μπορέσουν να απελευθερώσουν τη χημική ενέργεια αλλά δεν είναι το μόνο χρωστική ουσία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη φωτοσύνθεση. Όλοι οι οξυγονικοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν την χλωροφύλλη α, αλλά διαφέρουν ως προς την απορρόφηση έντασης φωτός, όπως για παράδειγμα με την χλωροφύλλη-β (Raven 2005).

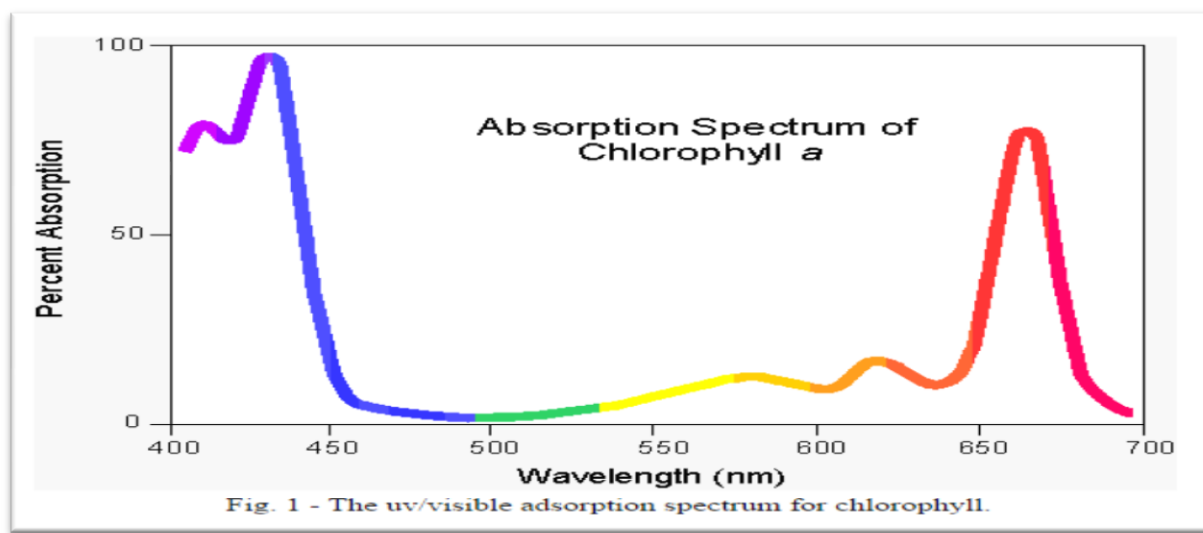
Η χλωροφύλλη-α δηλαδή, εμπλέκεται στη φωτοσύνθεση και μπορεί να μας υποδείξει στο περίπου την συγκέντρωση του φυτοπλακτόν στα υδατικά οικοσυστήματα (Gregor and Marsalek 2004, Strickland 1995, Cullen 1982). Είναι μια πράσινη ουσία, η οποία βρίσκεται στα υδατικά συστήματα, θάλασσες, λίμνες, ωκεανούς και με την υπερβολική της συγκέντρωση, χρησιμοποιείται ως κατάσταση δείκτη ευτροφισμού (Hakanson et al., 2007). Ο φώσφορος και το άζωτο, σε υψηλά ποσοστά μπορούν να προωθήσουν τη παραγωγή του φυτοπλακτού που αυξάνει η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο νερό. Υψηλές συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α μπορούν να παρουσιάσουν ανεπιθύμητες εξάρσεις παραγωγής φυτοπλακτού, με αυξημένη περιεκτικότητα κυανοβακτηρίων.

Αυτό, μπορεί να μειώσει την ποιότητα του νερού ή να επηρεάσει την ύπαρξη λειτουργικών ομάδων στα υδατικά οικοσυστήματα (Hakanson and Bryhn, 2008).



Εικόνα 10: Φασματική απογραφή χλωροφύλλης a και b (Wikipedia).

Όπως μπορούμε να αντιληφθούμε από το φάσμα της χλωροφύλλης, το έντονο πράσινο χρώμα της, οφείλεται στην ισχυρή απορροφήση της στις κόκκινες και μπλε περιοχές του φάσματος. Λόγω των απορροφήσεων αυτών, το φως αντανακλά και εμφανίζεται με πράσινο χρώμα.



Εικόνα 11: Φασματική απογραφή χλωροφύλλης (Steer)

1.3.2.4 Σημασία της χλωροφύλλης-α

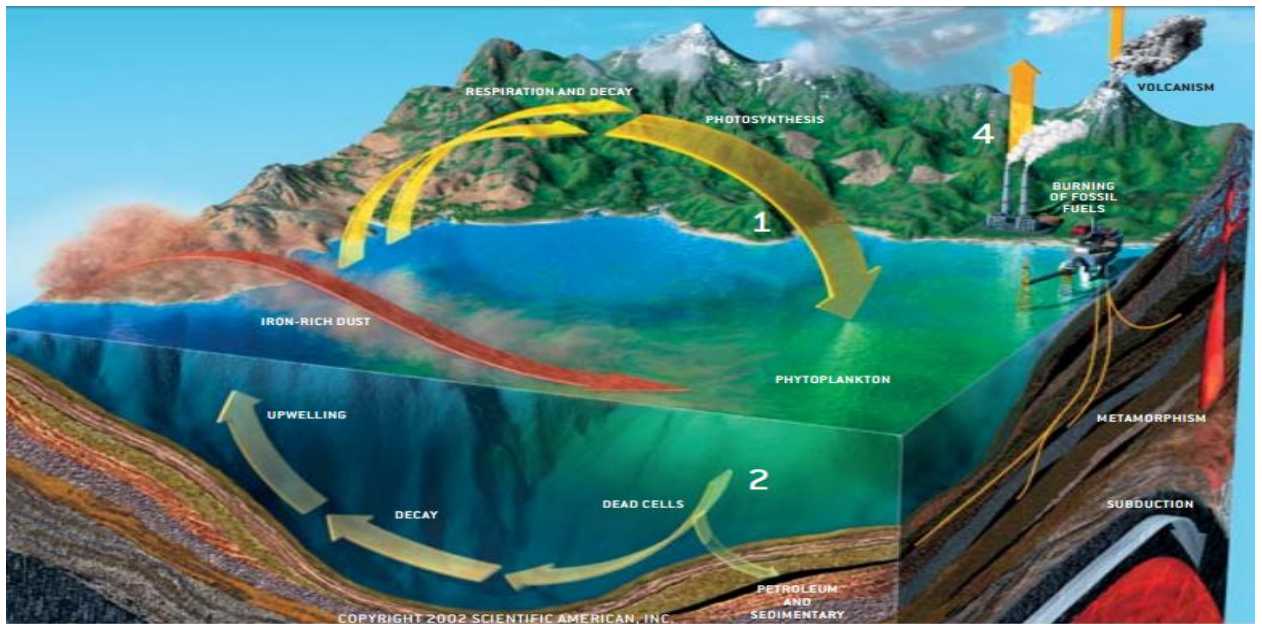
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α, έχει πολλαπλές σημασίες. Αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων, την έκταση της τυγχόν

ρύπανση τους (Scherz 1972) αλλά και την παρακολούθηση της ρύπανσης αυτής (Johnson 1980). Με την αυξημένη παρουσία της χλωροφύλλης-α, που βρίσκεται στα υδατικά συστήματα γενικότερα, χρησιμοποιείται ως ένδειξη ύπαρξης ευτροφισμού, με βάση διάφορους δείκτες αναλόγως με την περιεκτικότητα της (Håkanson et al., 2007).

Το φυτοπλαγκτόν, που αποτελεί βάση της τροφικής αλυσίδας, μεταφράζεται στην ουσία ως η ύπαρξη της χλωροφύλλης-α, η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αλιεία. Σύμφωνα με τον Butler et al., 1988, η συγκέντρωση χλωροφύλλης-α πάνω από $0,2 \text{ mg.m}^{-3}$ υποδεικνύει την παρουσία επαρκή δραστηριότητα του πλαγκτού να στηρίξει μια βιώσιμη εμπορική αλιεία.

Σχεδόν όλοι οι θαλάσσιοι οργανισμοί εξαρτώνται από το φυτοπλαγκτόν. Πολλές χώρες στο κόσμο, οι οποίες βρέχονται από θάλασσες, έχουν εξαρτηθεί οικονομικά από την αλιεία με αποτέλεσμα να διαφαίνεται η σημαντικότητα της χλωροφύλλης-α η οποία φυσικά, υποδηλώνει την παρουσία του φυτοπλακτόν.

Πέραν της οικονομικής έμμεσης σύνδεσης του φυτοπλακτού/χλωροφύλλης-α, έχουμε και μια περιβαλλοντική σύνδεση και συγκεκριμένα τον ρόλο του στην διαμόρφωση του κλίματος. Τα φυτοπλακτόν απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, το οποίο εκπέμπεται από την ανθρωπογενή δραστηριότητα, τα ηφαίστεια και άλλες βιολογικές δραστηριότητες, εφόσον δεσμεύουν περίπου 50 δισεκατομμύρια τόνους στα κύτταρά τους κατά τη φωτοσύνθεση, επηρεάζοντας έτσι τη θερμοκρασία του πλανήτη. Εντούτοις όμως, παραμένει αρκετά ανησυχητική η αύξηση του αερίου στον πλανήτη, διότι αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς, τέτοιου βαθμού, που τα φυτοπλακτόν αρχίζουν να μην ενσωματώνουν αυτή τη διαφορά ανάλογα με τον ρυθμό παραγωγής τους (Johnson and Harris 1980).



Εικόνα 12: Σχηματική απεικόνιση διαδικασίας φωτοσύνθεσης στους ωκεανούς (Falkowski, 2002)

1.3.2.5. Όργανα μέτρησης χλωροφύλλης -α

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της χλωροφύλλης.

- Φασματοφωτομετρία
- Υψηλής απόδοσης υγρή χρωματογραφία (HPLC)
- Φθορομετρία
- Δορυφορικές μετρήσεις (αναλύονται σε άλλο κεφάλαιο)

(The-Basics-of-Chlorophyll-Measurement)

1.3.2.6 Θαλάσσιοι οργανισμοί

Οι θαλάσσιοι οργανισμοί μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον τρόπο διατροφής τους. Υπάρχουν 2 μεγάλες βασικές κατηγορίες, οι αυτότροφοι οργανισμοί, οι οποίοι όπως ακριβώς υποδηλώνει το όνομα τους, είναι εκείνοι που έχουν την ικανότητα να παράγουν οι ίδιοι την τροφή τους και οι ετερότροφοι οργανισμοί, οι οποίοι δεν έχουν αυτή την ικανότητα αυτονομίας.

Πέραν από τον διαχωρισμό των θαλάσσιων οργανισμών ανάλογα με τον τρόπο διατροφής τους, έχουμε και την ταξινόμηση βάση κινητικότητα, όπου ανήκουν τα νηκτόν που έχουν το χαρακτηριστικό γνώρισμα την ικανότητα κολύμβησης στα νερά και τα πλαγκτόν, τα οποία είναι μη κολυμβητές και διακρίνονται στις 2 βασικές

κατηγορίες Τα φυτοπλαγκτόν, τα μικροσκοπικά δηλαδή φυτά και τα ζωοπλαγκτόν τα οποία αποτελούν μικροσκοπικά ζώα.

Μια άλλη κατηγορία ταξινόμησης, είναι οι πελαγικοί και οι βενθικοί θαλάσσιοι οργανισμοί. Οι πελαγικοί, ζουν μέσα στη στήλη του νερού, είναι μεσοπαλιρροικοί, νηριτικοί και ωκεάνιοι. Διακρίνονται ανάλογα με την ικανότητα τους να κολυμπούν ή όχι. Αυτοί οι οποίοι κολυμπούν, χαρακτηρίζονται ως νηκτόν ενώ οι άλλοι οι οποίοι δεν έχουν αυτή την ικανότητα, αποτελούν τα πλαγκτόν. Τα πλαγκτόν, ανήκουν τα μικροσκοπικά διάτομα, ή αλλιώς φυτοπλαγκτόν, και τα ζωοπλαγκτόν, που είναι μεγάλες μέδουσες. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πλαγκτόν, έχουν πολύ πιο μεγαλύτερη ποικιλία από τα νηκτόν και ανήκουν όλα τα μη-προσκολλημένα στον πυθμένα φυτά και τα περισσότερα θαλάσσια ζώα, από τις μεγάλες μέδουσες έως τους μικροσκοπικούς οργανισμούς. Ενώ οι βενθικοί θαλάσσιοι οργανισμοί ζουν μέσα ή πάνω στον πυθμένα, είναι αιγιαλιτικοί, υποαιγιαλιτικοί, βαθειαίοι, αβυσσαίοι και αδαίοι.

Τα πλαγκτονικά φυτά ονομάζονται φυτοπλαγκτόν και τα πλαγκτονικά ζώα ονομάζονται ζωοπλαγκτόν. Το φυτοπλαγκτόν, παράγει το σύνολο σχεδόν της θαλάσσιας πρωτογενούς παραγωγής, παρά το γεγονός ότι ένα μέρος της τελευταίας παράγεται από τα προσκολλημένα στον πυθμένα φυτά των παράκτιων περιοχών. Ο κύριος και βασικότατος οικολογικός ρόλος του ζωοπλαγκτού είναι η κατανάλωση και η συγκέντρωση της παραγόμενης από το φυτοπλαγκτόν τροφής και η μεταβίβασή της στα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Γενικά το πλαγκτόν με κριτήριο το μέγεθος διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες (Wikipedia):

1. Μακροπλαγκτόν, που διακρίνεται με γυμνό μάτι, δηλαδή μεγέθους μεγαλύτερου του ενός χιλιοστομέτρου.
2. Μικροπλαγκτόν, μεγέθους από 0,5 μέχρι 1 χιλιοστόμετρο.
3. Νανοπλαγκτόν, μεγέθους μικρότερου του 0,5 χιλιοστομέτρου.

Φυτοπλαγκτόν:

Το φυτοπλαγκτόν πήρε την ονομασία του από τις δυο ελληνικές λέξεις, το 'φυτό' και το πλαγκτόν, δηλαδή ο πλανωμένος, κάτι που υποδηλώνει και την συμπεριφορά του φυτοπλαγκτόν, εφόσον παρασέρνονται παθητικά από τα νερά. Υπάρχουν δυο κύριες ομάδες φυτοπλαγκτόν, η μια είναι ταχέως αναπτυσσόμενα διάτομα τα οποία δεν έχουν μέσα για να ωθήσουν τον εαυτό τους στο νερό και να κολυμπήσουν και η δεύτερη είναι

τα μαστιγοφόρα και δινομαστιγωτά, τα οποία μεταναστεύουν κατακόρυφα στο νερό, αναλόγως με την παρουσία φωτός. Παράγονται αγενώς με κυτταρική διαίρεση, εφόσον είναι μονοκύτταροι οργανισμοί (Langlois and Smith).

Οι ποικιλίες είναι αρκετές. Τα φυτοπλαγκτόν αριθμείται σε πάνω από 5000 είδη (Tett and Barton 1995) τα οποία προέρχονται από απομακρυσμένες φυλογενετικές ομάδες (κυανοβακτήρια, διάτομα, δινοφύκη, κρυπτοφύκη, πυριτιομαστιγωτά, πρυμνεσιοφύκη, ραφιδιοφύκη, πρασινοφύκη και ευγληνοφύκη). Κάποιες από τις κατηγορίες των φυτοπλαγκτόν, αναλύονται πιο κάτω.

Κοκκολιθοφόρα:

Έχουν μικρό μέγεθος <10μm και έτσι είναι αποδοτοί και αργά βυθιζόμενοι πρωτογενείς παραγωγοί. Στα ανοικτά των τροπικών ωκεανών, τα οποία είναι πτωχά από θρεπτικά συστατικά και θερμά, έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα, δεν απαντώνται στα ψυχρότερα νερά των μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών εξαιτίας του γεγονός της μεγαλύτερης διαλυτικότητας του ανθρακικού ασβεστίου στα ψυχρά νερά τα οποία εμποδίζουν το σχηματισμό των κελυφών τους.

Διάτομα:

Τα μεγαλύτερα διάτομα ευδοκιμούν στα νερά της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας στις περιοχές ανάδυσης και στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη όπου υπάρχει καλύτερη ανάμιξη και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών. Έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν κάτω από δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες έμμονα σπόρια τα οποία για όσο χρονικό διαστημα το περιβάλλον παραμένει εχθρικό. Αν το επιτρέπουν οι συνθήκες, τα έμμονα σπόρια μετατρέπονται πάλι σε διάτομα.

Δινομαστιγωτά:

Απαντώνται σχεδόν σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές. Τα τοιχώματά τους, αποτελούνται από κυτταρίνη και έχουν μεγαλύτερη άνωση από τους εξωσκελετούς των διατόμων και κοκκολιθοφόρων που αποτελούνται από ορυκτές ύλες. Η σχετική τους ικανότητα, που τους προσδίδει η κίνηση των μαστιγίων τους καθώς και η ικανότητα κάποιων ειδών να διατρέφονται ακόμα και σε περίπτωση που έχουν απομακρυνθεί από την ευφωτική ζώνη τα θέτει σε πλεονεκτική θέση, σε σχέση με τα διάτομα και τα κοκκολιθοφόρα.

Επίσης είναι καταναλωτές η πλειοψηφία τους και όχι παραγωγοί και μερικά βιοφωσφορίζουν (Θεοδώρου 2004: 436-411).

Υπάρχουν και τα μικρότερα σε μέγεθος φυτοπλαγκτόν, τα προχλωρόφυτα και τα κυανοβακτήρια.

Προχλωρόφυτα:

Περιέχουν στο σώμα τους περίπου το 1/3 της χλωροφύλλης-α που υπάρχει στην ανοικτή θάλασσα και σε αυτό οφείλεται το 1/3 -1/2 της θαλάσσιας παραγωγικότητας. Μοιάζουν με τα κυανοβακτήρια αλλά είναι μικρότερα σε μέγεθος.

Κυανοβακτήρια:

Είναι προκαρυωτικά κύτταρα, διαθέτουν χλωροφύλλη-α όχι όμως σε πλαστίδια. Επίσης, απαντούν ως μονήρη κύτταρα ή σχηματίζουν αλυσίδες. Είναι άφθονα στις τροπικές περιοχές όπου αρκετά συχνά σχηματίζουν πυκνά στρώματα από νημάτια που χρωματίζουν το νερό (Σημειώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον).

Ωκεάνια τροφική αλυσίδα:

Τα φυτοπλαγκτόν, καθίστανται σημαντικοί θαλάσσιοι οργανισμοί εφόσον είναι δεδομένο ότι αποτελούν τα θεμέλια της πυραμίδας της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας. Αυτό το δείχνει το γεγονός ότι η πρωτογενής παραγωγικότητα της θάλασσας, προέρχεται περίπου κατά ένα ποσοστό που ανέρχεται στο 95% (Nybakken 2005, Castro and Huber 1999).

Με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, πραγματοποιείται η παραγωγή οξυγόνου και πρόσληψη του διοξειδίου του άνθρακα. Το φυτοπλαγκτόν, χρησιμοποιεί σχεδόν όλη τη φωτοσύνθεση στον ανοικτό ωκεανό και είναι υπεύθυνο για το μισό της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής, παράγοντας επίσης και για το μισό οξυγόνο της ατμόσφαιρας (Castro and Huber 1999: 438-441).

Στο θαλάσσιο οικοσύστημα, η τροφική αλυσίδα, αποτελείται από παραγωγούς και καταναλωτές. Οι παραγωγοί, είναι οι οργανισμοί, υδρόβιοι φυτικοί, που έχουν χλωροφύλλη και μπορούν χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα ανόργανα ιόντα, να συνθέτουν πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και

λίπη. Ο ρυθμός συντίθεσης των οργανικών αυτών ουσιών, αποκαλείται πρωτογενής παραγωγικότητα. Μετράται με το βάρος του οργανικού άνθρακα ο οποίος παράγεται από τους παραγωγούς ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας ή ανά μονάδα όγκου ύδατος. Πρωτογενής παραγωγή ονομάζεται η διαδικασία παραγωγής οργανικής ύλης, υψηλής δυναμικής ενέργειας, από ανόργανα συστατικά (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα, νερό, κ.α.) και ηλιακή ακτινοβολία μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης (Boney 1975).

Καταναλωτές είναι όλοι οι ζώντες οργανισμοί οι οποίοι τρέφονται με οργανική ύλη φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Όπως και στο χερσαίο οικοσύστημα, υπάρχουν τρεις βαθμίδες καταναλωτών, τους πρωτογενείς που τρέφονται από φυτοπλαγκτόν, τους δευτερογενείς που τρέφονται από τους πρωτογενείς καταναλωτές, και τους τριτογενείς που τρέφονται από τους δευτερογενείς καταναλωτές αντίστοιχα. Στην πρώτη βαθμίδα ανήκουν κυρίως οι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί, στη δεύτερη ζωοπλαγκτοφάγα ψάρια και στην τρίτη τα σαρκοφάγα ψάρια, κάτι που δείχνει ότι τα φυτοπλαγκτόν αποτελούν τη βάση της τροφικής αλυσίδας (Κεντούρη, 1998)

Παράγοντες που επηρεάζουν την πρωτογενή παραγωγικότητα:

Φως:

Η φωτοσύνθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο όταν το φως που φτάνει στο κύτταρο του αυτότροφου οργανισμού έχει περισσότερη ή ορισμένη ένταση. Αυτό σημαίνει ότι το φυτοπλαγκτόν περιορίζεται σε μία επιφανειακή θαλάσσια ζώνη όπου υπάρχει επαρκής ένταση για φωτοσύνθεση. Το βάθος στο οποίο εισέρχεται το φως και στο οποίο συντελείται η παραγωγή εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων. Αυτοί οι παράγοντες είναι η απορρόφηση του φωτός από το νερό, το μήκος κύματος του φωτός, τη διαφάνεια του νερού, την ανάκλαση των ηλιακών ακτίνων στην επιφάνεια του νερού, τη σκέδαση από τα αιωρούμενα σωματίδια, το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του έτους. Στις περιοχές των τροπικών γεωγραφικών πλατών, έπειτα από 12 ώρες φωτός, ακολουθούν οι 12 ώρες σκοταδιού, το ηλιακό φως είναι έντονο και η πρόσληψη θερμικής ενέργειας είναι μεγάλη. Στα ευρύτερα εύκρατα γεωγραφικά πλάτη η διάρκεια της φωτεινής ημέρας, το καλοκαίρι υπερβαίνει το 12ωρο ενώ τον χειμώνα είναι λιγότερο. Το ηλιακό φως τότε έχει ασθενέστερη ένταση και η προσλαμβανόμενη θερμότητα είναι χαμηλότερη.

Θρεπτικά άλατα:

Τα κύρια ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται για την αύξηση και αναπαραγωγή του φυτοπλαγκτού είναι το άζωτο και ο φώσφορος. Τα διάτομα χρειάζονται επίσης πυρίτιο σε σημαντικές ποσότητες. Όλα αυτά τα θρεπτικά άλατα έχουν μεγάλη σημασία για και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν σε πολύ μικρές ποσότητες στο νερό της θάλασσας. Αποτελούν τους περιοριστικούς παράγοντες για την παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού και στις περισσότερες περιπτώσεις οι θάλασσες μπορούν να χαρακτηρισθούν ως έρημοι πτωχές σε θρεπτικά συστατικά (Κεντούρη 1998).

Παρουσία θερμοκλινούς:

Η παρουσία θερμοκλινούς, η οποία διαχωρίζει τα επιφανειακά θερμά νερά από τα βαθύτερα ψυχρά νερά, αποτελεί κυρίως στα εύκρατα και τροπικά γεωγραφικά πλάτη φραγμό στην ανάμειξη των βαθύτερων με τα επιφανειακά στρώματα και εμποδίζει την ανακύκλωση των θρεπτικών (Castro and Huber 1999: 483-490).

Φαινόμενο ευτροφισμού:

Όταν αναφερόμαστε στον ευτροφισμό, την υπερφόρτωση δηλαδή σε άζωτο και φώσφορο, έχουμε υπερβολική αύξηση του φυτοπλαγκτού. Έτσι, αυξάνεται η ποσότητα οργανικής ύλης η οποία κατακάθεται στον πυθμένα, με αποτέλεσμα την αύξηση σε κατανάλωση οξυγόνου και σε θάνατο ακόμα σε κάποιες περιπτώσεις, της βενθικής πανίδας. Πέραν την προώθηκη του κινδύνου επβλαβών φυκιών που αποχρωματίζουν το νερό, δημιουργείται αφρός, θάνατος της βενθικής πανίδας και άγριων ψαριών τα οστρακοειδή γίνονται δηλητηριώδη. Γενικότερα, αλλάζει η δομή και η λειτουργία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, μειώνεται η βιοποικιλότητα, οι φυσικοί πόροι των ψαριών και οστρακοειδών, τα έσοδα των θαλασσοκαλλιεργών είναι επίσης μειωμένα όπως επίσης και τα τουριστικά έξοδα. Ο κίνδυνος δηλητηρίασης των ζώων και των ανθρώπων είναι αυξημένος (Ærtebjerg et al., 2001:7-9)

Αναλόγως με το είδος ευτροφισμού, η ένδειξη χρώματος των ύδατων αλλάζει. Για την πρωτογενή παραγωγή των *ultraoligotrophic* συστημάτων, οι συγκεντρώσεις σε φώσφορο και άζωτο βρίσκονται σε οριακές συγκεντρώσεις. Την άνοιξη υπάρχει μια αίχμη σε χλωροφύλλη όπου η συγκέντρωσή της συμβαίνει τον χειμώνα που επιτρέπουν

το φυτοπλαγκτόν να ευδοκιμήσει λόγω της μεγαλύτερης διαθεσιμότητας σε θρεπτικά συστατικά λόγω της υποβοηθόμενης ανάμιξης λόγω του χειμώνα (Morel et al., 2010).

Πίνακας 4: Ένδειξη ύδατων ανάλογα με την μέγιστη περιεκτικότητα τους σε χλωροφύλλη-α (Horne and Goldman, 1994)

<u>Productivity/Trophic Status</u>	<u>What does the water look like</u>	<u>Maximum chlorophyll concentration ($\mu\text{g/L}$)</u>
Oligotrophic	Clear	Less than 8
Oligo-mesotrophic	Usually clear	Occasionally over 8
Mesotrophic	Sometimes green	8 to 25
Eutrophic	Green most of summer	26 to 75
Hyper-eutrophic	Frequent dense algal blooms	Over 75

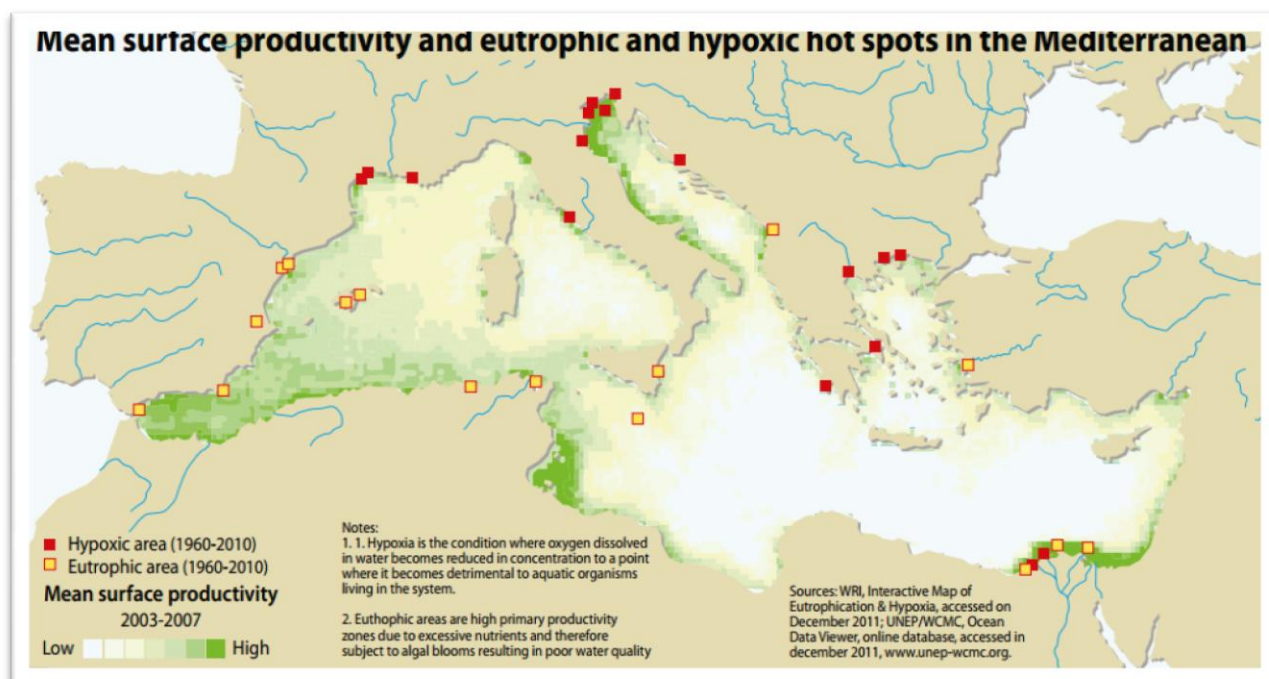
Πίνακας 5: Κλασικοποίηση ευτροφισμού ανάλογα με το ποσό της χλωροφύλλης-α (<http://sunsite.ualberta.ca/Projects/Alberta-Lakes>)

• Water body class Chl. a (mg m^{-3})
• Ultraoligotrophic <0.06
• Oligotrophic 0.06-0.1
• Mesotrophic 0.1-0.3
• Eutrophic 0.3-1
• Hypertrophic >1

Στη Μεσόγειο θάλασσα, παρατηρούμε μια γενική μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη-α, γεγονός που καθιστά δίκαια τον χαρακτηρισμό της Μεσογείου ως υποτροφική θάλασσα. Στις ακτές όμως κάποιων χωρών έχουμε ένα σημαντικό ποσοστό χλωροφύλλης-α.



Εικόνα 13: Υποξία στην Μεσόγειο θάλασσα



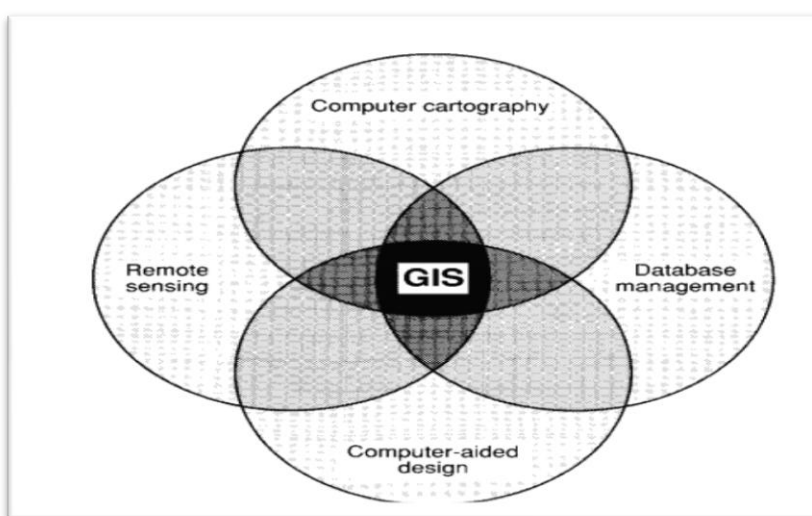
Εικόνα 14: State of the Mediterranean Marine and coastal environment 2012 (UNEP, 51)

1.4 GIS, Geographic Information System (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών)

Το GIS, ή αλλιώς τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στην ελληνική ορολογία, είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο, υποβοηθούμενο με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας, μέσω δορυφόρων, αισθητήρων και ηλεκτρονικών υπολογιστών, με ευρύ φάσμα εφαρμογών. Χρησιμοποιείται σε διάφορα επιστημονικά πεδία, συμπεριλαμβανομένου της γεωργίας, βοτανολογίας, πληροφορικής, οικονομικών

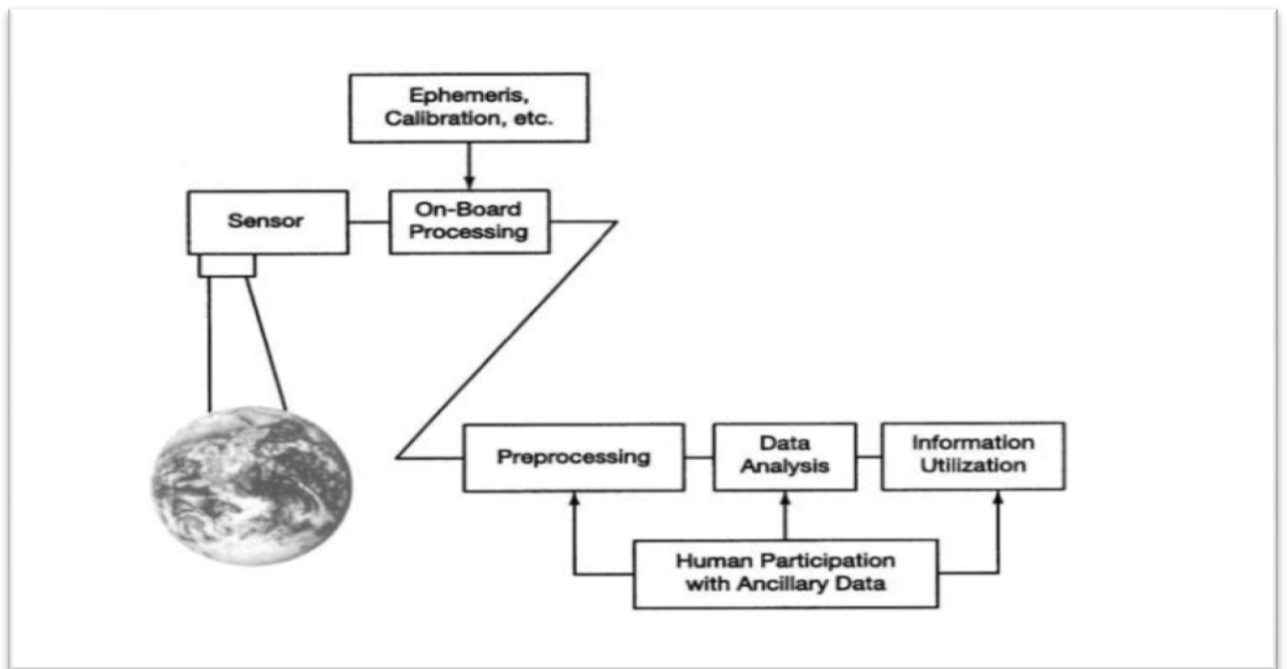
επιστημών, μαθηματικών, φωτογραμμομετρίας, τοπογραφίας, ζωολογίας και γεωγραφίας (Maguire, 1991) αλλά ακόμα και για την χρήση γης, την ενέργεια, και για κοινοοικονομικές μελέτες.

Υπάρχουν πολυάριθμοι ορισμοί. Με μια απλοϊκή επεξήγηση, το GIS αποτελεί μια τεχνολογία της πληροφορίας που αποθηκεύει αναλύει και απεικονίζει τόσο χωρικά όσο και μη χωρικά δεδομένα (Parker, 1988). Κατά τον Ozernoy, αποτελεί ένα αυτοματοποιημένο σύνολο συναρτήσεων, το οποίο παρέχει στους επαγγελματίες με προηγμένες δυνατότητες, την ανάκτηση, αποθήκευση, το χειρισμό και την απεικόνιση των δεδομένων που βρίσκονται γεωγραφικά (Ozernoy et al., 1981).



Εικόνα 15: Η συσχέτιση του GIS, αποτελώντας τον κεντρικό άξονα με το remote sensing, computer cartography, database management, computer-aided desing (Mauire 1991).

Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη απόκτησης της πληροφορίας σχετικά με την επιφάνεια της Γης, χωρίς στη πραγματικότητα να είναι σε επαφή με αυτή. Είναι δηλαδή, ακριβώς αυτό που ορίζεται ως σύνθετη λέξη, τηλε και επισκοπέω, παρατηρώ δηλαδή εξ'αποστάσεως (από μακριά). Αυτό γίνεται με την ανίχνευση και την καταγραφή, ανάκληση και εκπομπή ενέργειας και γίνεται επεξεργασία, ανάλυση και εφαρμογή των εν λόγω πληροφοριών (Πυζαρίδης κ.α 2013). Γίνεται δυνατή με αυτό τον τρόπο δηλαδή, η παρατήρηση διάφορων φαινομένων και χαρακτηριστικών από απόσταση σε σχέση με την γη ή την θάλασσα (Campbell 2002).



Εικόνα 16: Τρόπος λειτουργίας τηλεπισκόπησης (Landgrebe 2005).

Το τρομερό πλεονέκτημα που έχει, την παροχή εικόνων από εκατοντάδες μέχρι και χιλιάδες μέτρα μακριά, έχει επιτρέψει στην μελέτη βιοποικιλότητας, καθίσταται πλέον εφικτό η διάκριση ειδών ή συνόλου ακόμα και εντοπισμού μεμονομένων ειδών δέντρων (Turner et al., 2003).

Γίνεται χρήση των συστημάτων τηλεπισκόπησης και στο αστικό περιβάλλον. Ενδιαφέρον αποτελούν οι μελέτες που αφορούν το φαινόμενο αστικής θερμικής νησίδας (όταν η θερμοκρασία του κέντρου της περιοχής είναι μεγαλύτερη από αυτή των προαστιών και της αγροτικής περιοχής που την περιβάλλει) (Voogt and Oke 2003), Weng 2009).

Πίνακας 6: Types of Remote Sensing Data (Elachi 2006)

Important type of information needed	Type of sensor	Examples of sensors
High spatial resolution and wide coverage	Image sensors, cameras	High spatial resolution and Imaging sensors, Large-format camera (1984), Seasat wide coverage cameras imaging radar (1978), Magellan radar mapper (1989), Mars Global Surveyor Camera (1996), Mars Rover Camera (2004)

High spectral resolution over limited areas or along track lines	Spectrometers spectroradiometers	High spectral resolution over Spectrometers, Shuttle multispectral imaging radiometer limited areas or along track spectroradiometers (1981), Hyperion (2000) lines
Limited spectral resolution with high spatial resolution	Multispectral mappers	Limited spectral resolution Multispectral Landsat multispectral mapper and with high spatial resolution mappers thematic mapper (1972–1999), SPOT (1986–2002), Galileo NIMS (1989)
High spectral and spatial resolution	Imaging spectrometer	Spaceborne imaging spectrometer resolution spectrometer (1991), ASTER (1999), Hyperion (2000)
High-accuracy intensity measurement along line tracks or wide swath	Radiometers, scatterometers	Seasat (1978), ERS-1/2 (1991, 1997), measurement along line tracks scatterometers NSCAT (1996), QuikSCAT (1999), or wide swath SeaWinds (2002) scatterometers
High-accuracy intensity measurement with moderate imaging resolution and wide coverage	Imaging radiometers	Electronically scanned microwave measurement with moderate radiometers radiometer (1975), SMOS (2007)
High-accuracy measurement of location and profile	Altimeters, sounders	Seasat (1978), ERS-1/2 (1991, 1997), measurement along line tracks scatterometers NSCAT (1996), QuikSCAT (1999), or wide swath SeaWinds (2002) scatterometers
High-accuracy intensity measurement with moderate imaging resolution and wide coverage	Electronically scanned microwave measurement with moderate radiometers radiometer (1975), SMOS (2007)	Shuttle Radar Topography Mission mapping and interferometers (2000)

Για την διαδικασία της τηλεπισκόπησης, απαιτείται κάποιου είδους ενέργεια, η οποία θα φροντίσει να φωτίζει τον στόχο που θέλουμε να επεξεργαστούμε, να παρατηρήσουμε και να ελέγξουμε (Πυραζίδης et al., 2013). Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, είναι το βασικό μέσο, με το οποίο μια πληροφορία μεταφέρεται από το αντικείμενο σε ένα αισθητήρα. Η κωδικοποίηση των πληροφοριών γίνεται με βάση την συχνότητα, ένταση και πόλωση ηλεκτρομαγνητικού κύματος. (Elachi and Zyl 2006)

1.5 Στατιστική, SPSS

Η στατιστική, είναι ένας πολύ διαδεδομένος κλάδος της επιστήμης, ο οποίος βρίσκει εφαρμογές σε πολλά επιστημονικά πεδία. Αποτελεί αρχαία ελληνική λέξη, με την προέλευση του αρχαίου ρήματος 'ίσημι' και του στατίζω, δηλαδή κατανομής, τοποθέτησης, διαπίστωσης, συμπεράσματος, που αυτό αντικατοπτρίζει την όλη σημασία της ερμηνείας 'στατιστική' (Wikipedia).

Ο πατέρας της σύγχρονης Στατιστικής, Sir R.A.Fisher (1980, 1962), όρισε την στατιστική ως το σύνολο αρχών και μεθοδολογιών για τον σχεδιασμό της διαδικασίας συλλογής δεδομένων (σχεδιασμός πειραμάτων-δειγματοληψία), την συνοπτική και αποτελεσματική παρουσίαση τους (περιγραφική στατιστική), την ανάλυση και εξαγωγή αντίστοιχων συμπερασμάτων για όλο το σύνολο ή την ικανότητα μιας διαδικασίας κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας (επαγωγική στατιστική ή στατιστική συμπερασματολογία) (Τσίπος και Κωνσταντινίδης 2010).

Αποτελεί κλάδο των εφαρμοσμένων μαθηματικών. Είναι εξαιρετικό εργαλείο για την συλλογή, ταξινόμηση, επεξεργασία, παρουσίαση, ανάλυση και ερμηνεία διάφορων δεδομένων (Wikipedia). Τα στατιστικά δεδομένα συνήθως παρουσιάζονται σε γραφικές παραστάσεις, ραβδογράμματα, σύνθετα ακιδωτά διαγράμματα, κυκλικά διαγράμματα, ιστιογράμματα, χρονοδιαγράμματα και διαγράμματα σημείων, με σκοπό την ευστοχότερη παρουσίαση των ανάλογων δεδομένων (Συνοπτικές σημειώσεις στατιστικής).

Στην στατιστική, εξετάζουμε διάφορες υποθέσεις, βάση των μεταβλητών. Μεταβλητή, ορίζεται ως λέξη που χρησιμοποιείται για να περιγράψει φαινόμενα

που από τη φύση τους παίρνουν διάφορες τιμές και δεν είναι σταθερά. Μεταβλητή, μπορεί να θεωρηθούν οι παραμέτροι της παρούσας εργασίας που διερευνούνται, η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία και η χλωροφύλλη-α, διότι μεταβάλλονται, δεν είναι σταθερές και από τη φύση τους παίρνουν διάφορες τιμές οι οποίες είναι αρνητικές, θετικές είτε μηδενικές. Για την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία και η χλωροφύλλη-α αναλόγως με διάφορους παραμέτρους οι οποίοι θα αναλυθούν μπορούν να παίρνουν είτε μηδενικές είτε θετικές τιμές (Τσίπος και Κωνσταντινίδης 2010).

Μεταβλητές και συντελεστής Pearson:

Ως γνωστό, έχουμε 2 κύρια είδη μεταβλητών, την εξαρτημένη μεταβλητή και την ανεξάρτητη. Ο παραμετρικός συντελεστής Pearson, μας επιτρέπει να συγκρίνουμε την συσχέτιση δυο γραμμικών μεταβλητών. Ο συντελεστής, μας εξαγάγει μια τελική τιμή, η οποία κυμαίνεται από το -1 έως το +1. Το -1, υποδηλώνει την αρνητική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, ενώ αντιθέτως, το +1 μας υποδηλώνει την θετική συσχέτιση. Όπου υπάρχει θετικό πρόσημο, δηλαδή θετική συσχέτιση, σημαίνει ότι οι μικρές τιμές της μιας μεταβλητής είναι αντιστοίχες με τις μικρές τιμές της άλλης, και αρνητική για την αντίθετη περίπτωση. Έτσι, διαπιστώνουμε με βάση την τιμή συσχέτισης, προσήμου και απόλυτης τιμής, ότι αφορά το είδος της συσχέτισης, είτε θετικό είτε αρνητικό και αντιστοίχως το πόσο μεγάλη και ισχυρή είναι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Έτσι, για την μηδενική ακριβώς τιμή, έχουμε τη μη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών (http://stat-athens.aueb.gr/~jbn/courses/spss_sem/spss3.pdf, Βικιπαίδεια).

Υπάρχουν αρκετά προγράμματα στατιστικής εφαρμογής τα οποία χρησιμοποιούνται από ερευνητές. Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται το SPSS, που αποτελεί το επικρατέστερο στατιστικό πρόγραμμα, με εύχρηστη εφαρμογή και αρκετά κατατοπιστικό γραφικό περιβάλλον.

Προέρχεται από τα αρχικά Statistical Package for the Social Science αλλά τώρα λόγω της ευρύτερης εφαρμογής του σε κλάδους πέραν της ψυχολογίας, αποτελεί το ακρώνυμο των λέξεων Statistical Product and Service Solutions. Είναι σε θέση να χειρίζεται μεγάλες ποσότητες δεδομένων και μπορεί να εκτελέσει διάφορες

αναλύσεις, τις οποίες έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ο χρήστης. αναλύοντας και δημιουργώντας πίνακες και γραφήματα (Introduction to SPSS).

1.6 Δορυφόροι

1.6.1 TERRA

Ο δορυφόρος TERRA, συλλέγει δεδομένα σχετικά με βιοχημικά και ενεργειακά συστήματα της Γης, χρησιμοποιώντας τους 5 αισθητήρες, οι οποίοι παρατηρούν την ατμόσφαιρα, την επιφάνεια της γης, των ωκεανών, το χιόνι και τον πάγο. Οι αισθητήρες που είναι ενωμένοι πάνω στον δορυφόρο αυτό, είναι διαφορετικών χαρακτηριστικών και παρατηρούν ένα ευρύ φάσμα της επιστήμης. Οι αισθητήρες είναι οι εξής: (NASA, TERRA)

- ASTER (αρμόδιο για το προηγμένο διαστημικό θερμικής εκπομπής και αντανάκλασης Ραδιόμετρο)
- CERES (αρμόδιο για τα σύννεφα και το σύστημα της Γης, την ενέργεια ακτινοβολίας)
- MISR (αρμόδιο για την πολυ-γωνία φασματοφωτομέτρου απεικόνισης)
- MODIS (αρμόδιο για την μέτρια ανάλυση φασματοφωτομέτρου απεικόνισης)
- MOPITT (αρμόδιο για τις μετρήσεις της ρύπανσης στην τροπόσφαιρα)

Ο δορυφόρος Terra χρονολογικά έχει τεθεί σε τροχιά στις 18 του Δεκέμβρη το 1999 και αποτελεί έναν από τους παλαιότερους ενεργούς δορυφόρους παρατήρησης της γης στο σύστημα της NASA και άρχισε να στέλνει δεδομένα τον Φλεβάρη του 2000. Φέρει τον πρώτο μέτριας ανάλυσης απεικόνισης φασματοφωτόμετρο MODIS. Επικεντρώνεται σε μετρήσεις που αφορούν τους ωκεανούς, τον αέρα, τον πάγο και την λειτουργία της Γης γενικότερα (NASA, TERRA).

Μέσω του δορυφόρου Terra, καταγράφονται η μεταβλητότητα της ποιότητας του αέρα στη τροπόσφαιρα με τα αέρια του θερμοκηπίου (Edwards et al, 2012), η θερμοκρασία της επιφάνειας της εδάφους της γης (Wan et al., 2002), μελετά την επίδραση των

ανθρωπογενή αερολυμάτων (Christopher 2004) και πολλά άλλα, βάση των 5 αισθητήρων που είναι τοποθετημένοι πάνω του.

MODIS:

Ο MODIS είναι ένα Resolution Imaging Spectro radiometer. Είναι ίσως ο καλύτερος αισθητήρας που έχει ο δορυφόρος TERRA. Σαρώνει 2.330 χιλιόμετρα και κάνει τον γύρο της γης σε 1-2 μέρες. Η τροχιά του γύρω από την Γη είναι χρονομετρημένη, έτσι ώστε να διέρχεται από βορρά προς το νότο κατά μήκος του ισημερινού το πρωί (OCEANcolourWEB).

Περιέχει υψηλή ραδιομετρική ευαισθησία 12 bits, σε 36 φασματικές ζώνες, οι οποίες κυμαίνονται σε μήκος κύματος από 0.4μm έως 14.4μm. Ο καθρέφτης σάρωσης, χρησιμοποιεί έναν συνεχώς περιστρεφόμενο καθρέφτη σάρωσης διπλής όψεως για την σάρωση 55 μοιρών και κινείται από έναν κωδικοποιητή κινητήρα που κινείται 100 φορές ανά κύκλο σε όλη τη διάρκεια του σχεδιασμού του οργάνου (6 έτη). Το πρώτο όργανο MODIS έχει ενσωματωθεί στον δορυφόρο Terra στις 18 Δεκεμβρίου το 1999. Κατά το δεύτερο μισό της πτήσης του, ενσωματώθηκε με το Aqua (MODIS, MODIS desing).

Ο MODIS παρακολουθεί ένα αρκετά ευρύ φάσμα των ζωτικών σημείων της Γης. Πέραν της καταγραφής της συχνότητας και την κατανομή της νεφοκάλυψης, μετρά τις ιδιότητες των νεφών, όπως είναι η κατανομή και το μέγεθος των σταγονιδίων του νέφους. Αποτελεί βοήθημα για τους επιστήμονες στην κατανόηση της ποσότητας των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και στην κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας και υδρατμών, μετρήσεις που είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση του κλιματικού συστήματος της Γης.

Είναι ιδανικό για την παρακολούθηση και την μέτρηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των χερσαίων και θαλάσσιων φυτών (φυτοπλαγκτόν) για να εκτιμηθεί η ποσότητα των αερίων θερμοκηπίου που απορροφάται και χρησιμοποιείται στην παραγωγικότητα των φυτών. Με την παρατήρηση των αλλαγών στους πληθυσμούς φυτοπλαγκτόν στον Ειρηνικό, αποτελεί ένδειξη που υποδηλώνει την πιθανή έναρξη των φαινομένων El Niño και La Niña πριν την έναρξη τους. Με την σύζευξη της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και τις μετρήσεις χρώματος των ωκεανών ο MODIS παρατηρεί τις επιπτώσεις των δυο αυτών φαινομένων.

Σημαντικό πλεονέκτημα του αισθητήρα MODIS είναι ότι έχει μοναδικό δίαυλο για την μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης, και μέσω τούτου, μπορούμε να διαπιστώσουμε την ενέργεια που απαιτείται για την φωτοσύνθεση.

Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα MODIS ακολουθούν πιο κάτω:

Τροχιά στα 705km. Φθίνων κόμβος στις 10:30 π.μ και αύξων (Aqua) στις 1:30 μ.μ. Ηλιακώς σύγχρονος, κοντά στους πόλους, κυκλικός. Η ταχύτητα σάρωσης είναι 20.3 rpm, cross track. Οι διαστάσεις λωρίδας είναι 2330 km (cross track), από 10km (along track at nadir). Το τηλεπισκόπιο είναι διαμέτρου 17.78 cm, εκτός άξονα, ευθυγραμμισμένο, με ενδιάμεσο σταθμό το πεδίο. Το μέγεθος του είναι 1.0 x 1.6 x 1.0 m, βάρους 228.7 kg, ισχύς 162.5 W για ενιαία μέση τροχιά. Ο ημερήσιος ρυθμός είναι 10.6Mbps με κορυφή την διάρκεια της ημέρας, και 61Mbps τροχιακό μέσο όρο. Είναι 12 bits, χωρικής ανάλυσης 250m για τις ζώνες 1-2, 500 m για τις ζώνες 3-7 και 1000 m για τις ζώνες 8-36. Ο σχεδιασμός ζωής του ανέρχεται στα 6 χρόνια.

Πίνακας 7: Primary Use, Band, Bandwidth, Spectral Radiance, Required SNR (Οι ζώνες 1-19 είναι σε κλίμακα nm και οι ζώνες 20-36 σε μm)
(MODIS, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

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

	19	915-965	15.0	250	
Primary Use	Band	Bandwidth	Spectral Radiance	Required NE[Δ]T (K)	
Surface/Cloud/Temperature	20	3.660-2.840	0.45 (300K)	0.05	
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00	
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07	
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07	
Atmospheric Temperature	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25	
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25	
Cirrus Clouds, Water Vapor	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)	
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25	
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25	
Cloud Properties	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.25	
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25	
Surface/Cloud Temperature	31	10.780-11.280	9.55(300K)	0.25	
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.25	
Cloud Altitude	Top	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
		34	3.76(250K)	3.76(250K)	0.25
		35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
		36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

1.6.2 AVHRR

Αισθητήρες επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας:

Για την μέτρηση της παραμέτρου επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, χρειάζονται 2 μέσα. Ένας υψηλής απόδοσης ραδιόμετρο στο διάστημα (Minnet et al., 2002) και μια αποτελεσματική ατμοσφαιρική διόρθωση (από οτιδήποτε εμπεριέχεται ως εμπόδιο στην μέτρηση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας πχ σκόνη, σύννεφα).

(Nalli et al., 2002, Coll et al., 1994, Niclos et al, 2007).

Οι αισθητήρες της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι οι ακόλουθοι:

- AVHRR

- MODIS
- VIIRS
- A(ATSR)
- SLSTR (Minnet et al., 2002)

Ο AVHRR, το ακρώνυμο των λέξεων Advanced Very High Resolution Radiometer, είναι ένα υψηλής ανάλυσης ραδιόμετρο. Το αρχικό κατασκευαστικό ραδιόμετρο AVHRR ήταν 4 καναλιών με ημερομηνία λειτουργίας τον Οκτώβρη του 1978, ο οποίος στη συνέχεια έχει εξελιχθεί σε AVHRR 2, 5 καναλιών που λειτούργησε τον Ιούνιο του 198 και η τελευταία και καλύτερη του έκδοση αποτελεί το AVHRR/3 με 6 κανάλια, που μεταφέρονται με NOAA-15, με ημερομηνία έναρξης τον Μάιο του 1998. Η συχνότητα κάλυψης είναι υψηλή και συγκεκριμένα 2 φορές την ημέρα επί 2 δορυφόρων που λειτουργούν ταυτόχρονα, άρα συνολικά 4 φορές την ημέρα από την ίδια περιοχή. Το κόστος αγοράς εικόνων του δορυφόρου είναι αρκετά χαμηλό και επίσης υπάρχει διαθέσιμο αρχείο ψηφιακών εικόνων από το 1978 (Fusco and Muirhead, 1987).

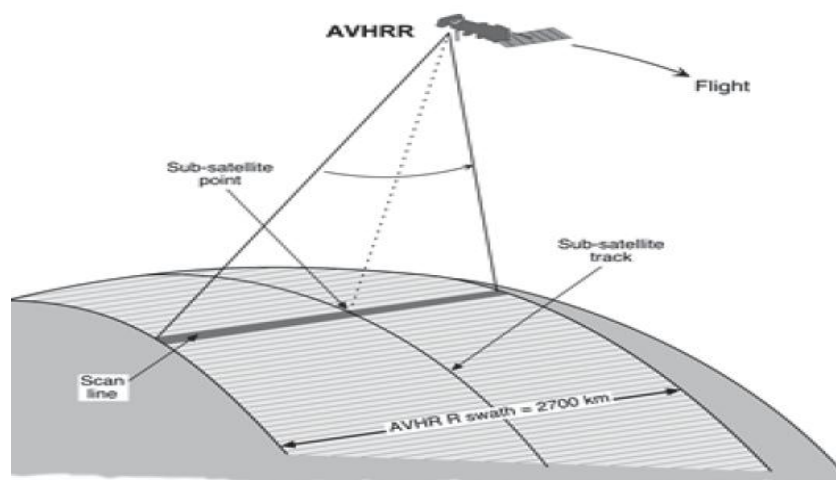
Οι 5 φασματικές ζώνες του AVHRR/3, παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα που ακολουθεί. Για την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, αφορούν τα κανάλια 3B,4,5. με μήκος κύματος 3.55-3.93 μm για το κανάλι 3B, 10.30-11.30 για το κανάλι 4 και 11.50-12.50 για το κανάλι 5. Βάση του προηγούμενου και του επομένου πίνακα που ακολουθεί, διαπιστώνουμε ότι η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία ανήκει στο 31-32. 20, 22 και 23 ζώνης του MODIS και στο κανάλι 3B ,4 και 5 του αισθητήρα AVHRR/3.

Πίνακας 8: (NOAA, AVHRR).

AVHRR/3 Channel Characteristics				
Channel Number	Resolution Nadir	at	Wavelength (μm)	Typical Use
1	1.09 km		0.58 - 0.68	Daytime cloud and surface mapping
2	1.09 km		0.725 - 1.00	Land-water boundaries
3A	1.09 km		1.58 - 1.64	Snow and ice detection
3B	1.09 km		3.55 - 3.93	Night cloud mapping, sea surface temperature
4	1.09 km		10.30 - 11.30	Night cloud mapping, sea surface

			temperature
5	1.09 km	11.50 - 12.50	Sea surface temperature

Το AVHRR, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό νεφοκάλυψης και της επιφανειακής θερμοκρασίας (McClain et al., 1985). Χρησιμοποιούνται από το ραδιόμετρο το οποίο σαρώνει, 6 ανιχνευτές που συλλέγουν διαφορετικά μήκη κυμάτων ακτινοβολίας (NOAA, AVHRR).



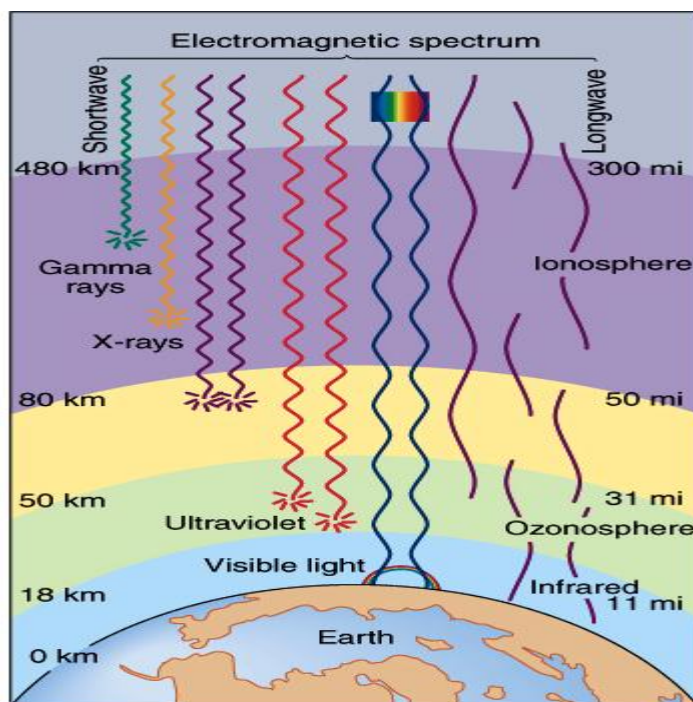
Εικόνα:17: Τροχιά δορυφόρου (Minnett, 2001)

Τα δεδομένα του αισθητήρα, χρησιμοποιούνται συστηματικά και μάλιστα σε παγκόσμια κλίμακα, όσο αφορά την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, λόγω του μεγαλύτερου εύρους σάρωσης. Με την δημιουργία χαρτογράφησης της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας μέσω του αισθητήρα αυτού, μας δίνεται ο σχηματισμός της ωκεάνιας κυκλοφορίας (Millier 2009, Marullo et al., 2009)

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία:

Με τον ορισμό ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, εννοούμε την ενέργεια που ακτινοβολείται με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, έχουν ταχύτητα 300.000 km/s, αλλά είναι διαφορετικής συχνότητας (αριθμός κυμάτων που διέρχονται σε ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο). Οι συχνότητες, κατάσσονται σε κατηγορίες αναλόγως με το μέγεθός τους και το σύνολο όλων, όπου κατηγοριοποιούνται στο λεγόμενο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Περί Ακτινοβολιών).

Κατακριβεία, ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, είναι η ταξινόμηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως παρουσιάζεται στο πιο κάτω πίνακα, ανάλογα με το μήκος κύματος, τη συχνότητα ή ενέργεια. Είναι χωρισμένο γενικά σε δυο γενικές κατηγορίες, τις κοσμικές ακτίνες και τα ραδιοκύματα. Το σημαντικότερο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που μας αφορά στη τηλεπισκόπηση, είναι αυτό που δημιουργείται μέσω ηλιακής ακτινοβολίας (Μερτίκας 1999).



Εικόνα 18: Electromagnetic Spectrum

Πίνακας 9: Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Βικιπαίδεια, Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα)

Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος		
Περιοχή του φάσματος	Περιοχή συχνοτήτων	Ενέργεια φωτονίων
Ραδιοκύματα	0-300 MHz	0-10 ⁻⁶ eV
Μικροκύματα	300 MHz - 300GHz	10 ⁻⁶ - 10 ⁻³ eV
Υπέρυθρη ακτινοβολία	300GHz - 400THz	10 ⁻³ - 1,6eV
Ορατή ακτινοβολία	400-800THz	1,6 - 3,2 eV
Υπεριώδης ακτινοβολία	800THz - 3 · 10 ¹⁷ Hz	3eV - 2000eV
Ακτίνες X	3 · 10 ¹⁷ Hz - 5 · 10 ¹⁹ Hz	1200 eV - 2,4 · 10 ⁵ eV

Ακτίνες γ	$5 \cdot 10^{19}\text{Hz} - 3 \cdot 10^{22}\text{Hz}$	$10^5\text{eV} - 10^7\text{eV}$
Κοσμικές ακτίνες	$3 \cdot 10^{22}\text{Hz} -$	$10^7\text{eV} -$

Οι διάφοροι αισθητήρες των δορυφόρων, ανιχνεύουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια σε διάφορες φασματικές περιοχές που υπάρχουν στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Καρτάλλης 2006).

Αλγόριθμοι υπολογισμού της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας:

Παρεμβολές:

Η επιφάνεια της θάλασσας, έχει την ιδιότητα να εκπέμπει ακτινοβολία στο υπέρυθρο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Έτσι, μπορούμε να την υπολογίσουμε μόνο με ένα κανάλι από τον δέκτη. Δυστυχώς όμως, λόγω πολλαπλών επιδράσεων και παρεμβολών λόγω της ατμόσφαιρας η ακτινοβολία δεν ακολουθεί σταθερή πορεία προς τον δορυφορικό δέκτη (Anding and Kauth 1970).

Το μεγαλύτερο και συχνότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται σχετικά με την εκπομπή και την λήψη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι η βροχή (Wentz et al., 2000). Χωρίς να παραλείπουμε και τα άλλα εμπόδια, όπως η παρουσία συννέφων (King et al., 2003, Miles and He, 2010) και αερολυμάτων (King 2003, Reynolds, 1993) τα οποία απορροφούν ή εκπέμπουν αναλόγως και παρεμποδίζουν την ακτινοβολία. Επίσης και οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα, δρουν ως μεταβλητό στοιχείο (Emery et al., 1994) όπως και τα αέρια (CH_4 , CO_2 , NO_2), όπου προκαλούν εξασθένιση του σήματος καταγραφής στην περιοχή του υπέρυθρου (Evans and Podesta 1998).

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση επίσης, παρατηρεί μόνο δεδομένα τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια του ωκεανού και σε γενικές γραμμές, τα δεδομένα τους είναι μικρά με βάση τα πρότυπα του κλίματος (Antoine et al., 2005) για τον λόγο του ότι δεν μπορούν να ληφθούν έτσι υπόψη τις φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του νερού σε βάθος (Platt and Herman, 1983).

Υπολογισμός της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας:

Για τα μεγάλα σε μήκος ατμοσφαιρικά παράθυρα, ο αλγόριθμος μετρήσεων της ημέρας και της νύχτας, από τον οργανισμό NOAA είναι ο εξής (μη γραμμικός αλγόριθμος επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας): (Walton et al., 1998).

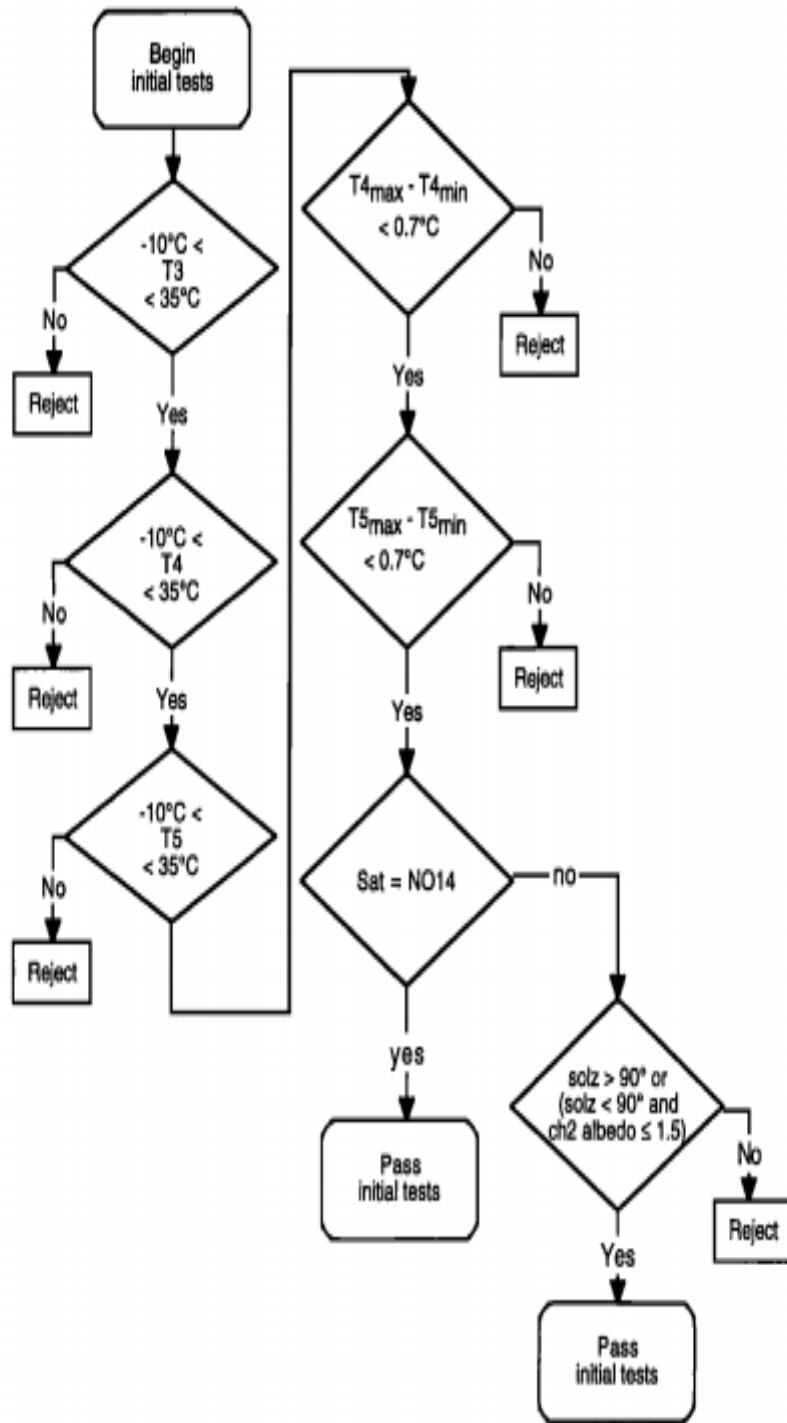
$$SST = c1 + c2 * T11 + c3 * (T11-T12) * Tsfc + c4 * (\sec(\theta)-1) * (T11-T12)$$

όπου

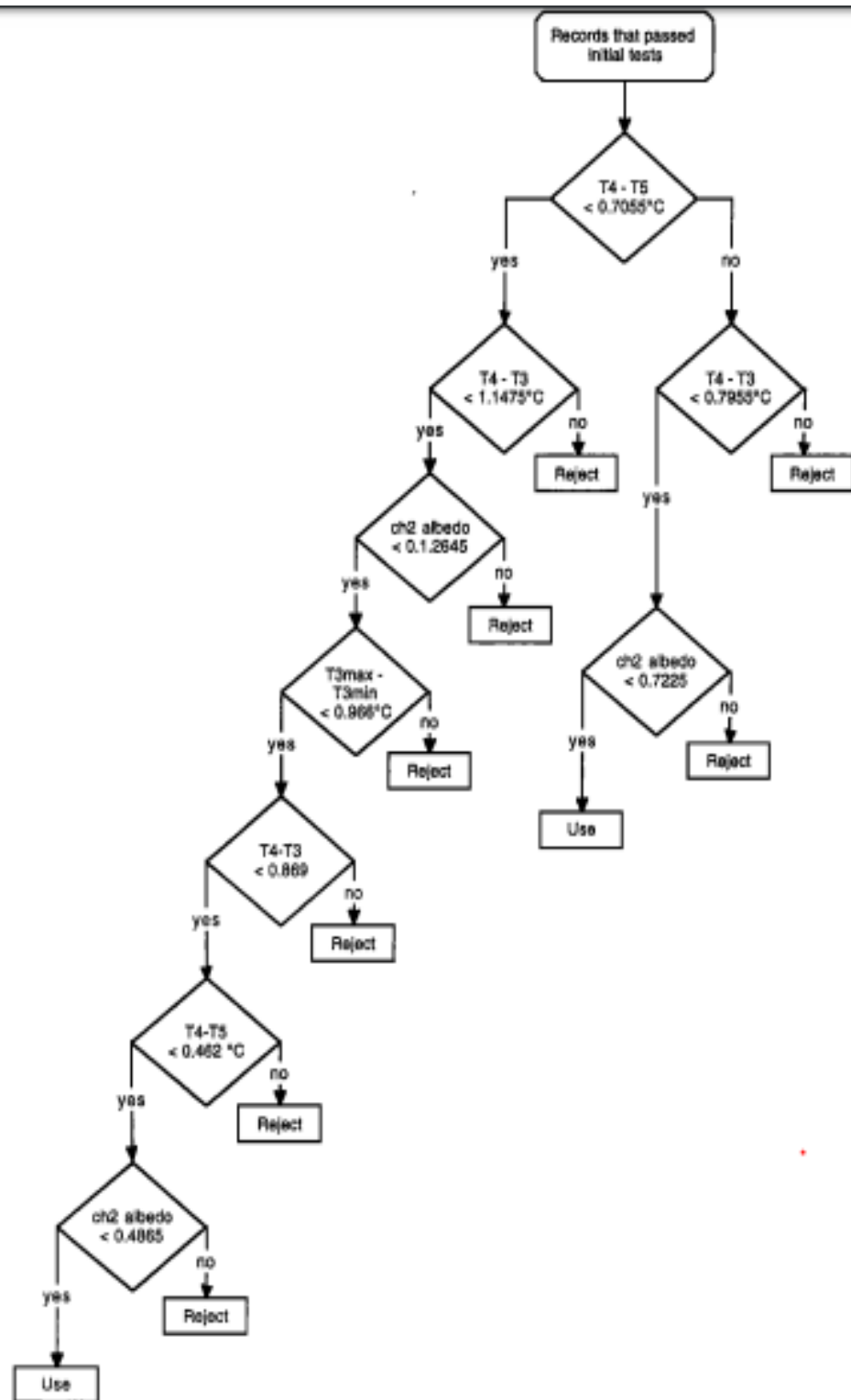
- SST = Επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία (καταγραφόμενη από τον δέκτη)
- T_n = Φαινομενική θερμοκρασία που έχει μετρηθεί στα κανάλια n, (μήκος κύματος nm)
- Tsfc = Πρώτη εκτίμηση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας
- θ = Ζενιθιακή γωνία δορυφόρου
- C = Παραμέτροι συντελεστές που προσδιορίζονται με την ανάλυση παλινδρόμησης

Η περίπτωση της νεφοκάλυψης:

Ένας αλγόριθμος, που απομονώνει τα νέφη, για τον καθορισμό της ορθής θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας δίχως σφάλματα, διατυπώνεται από τους Kilpatrick et al, 2001. Η λογική του αλγόριθμου στηρίζεται στα όρια των θερμοκρασιών $-10^{\circ}\text{C} < T < 35^{\circ}\text{C}$, εφόσον η αποδεκτή φαινομενική θερμοκρασία για τα κανάλια 3,4, 5 του AVHRR καθορίζονται σε αυτά τα όρια. Αυτό θα επιτρέψει την αναγνώριση σφάλματος στην καταγραφή σήματος από τον δορυφόρο ή λόγω νέφων εκ των οποίων οφείλονται οι χαμηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 19a: AVHRR Pathfinder SST cloud screening



Εικόνα 19b: AVHRR Pathfinder SST cloud screening

1.6.3 SeaWiFS

Αισθητήρες συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α:

Το SeaWiFS αποτελεί το ακρώνυμο των λέξεων Sea Wide Field Sensor και είναι ο μόνος αισθητήρας στο διαστημικό σκάφος Orb View 2, το οποίο αναπτύχθηκε από την Orbital

Sciences Cororation. Το σκάφος ξεκίνησε την λειτουργία του την 1^η Αυγούστου το 1997. Αποκτά περίπου 15 pole-to-pole orbital swaths ανά ημέρα, και σαρώνεται κάθε δυο ημέρες περίπου το 90% της επιφάνειας του ωκεανού. Οι ονομαστικοί παραμέτροι λειτουργίας του είναι οι εξής:

Πίνακας 10:Παράμετροι λειτουργίας (Esa. Earth Online)

Scan Width:	58.3 deg (LAC); 45.0 deg (GAC)
Scan Coverage:	2,800 km (LAC); 1,500 km (GAC)
Pixels along Scan:	1,285 (LAC); 248 (GAC)
Nadir Resolution:	1.13 km (LAC); 4.5 km (GAC)
Scan Period:	0.124 seconds
Tilt:	-20, 0, +20 deg
Digitization:	10 bits

Παρέχει μια χρονοσειρά χλωροφύλλης-α η οποία υποδηλώνει την παρουσία του φυτοπλαγκτού. Το SeaWiFS, χρησιμοποιήθηκε από την NASA για την πρώτη εγγραφή της παραγωγής φωτοσύνθεσης στους ωκεανούς, μετρώντας πρώτα τη συγκέντρωση της επιφάνειας σε χλωροφύλλη, διαπιστώνοντας έτσι την υγεία και την ανάπτυξη των φυτών σε μια δεδομένη περιοχή. Συνήθως εντοπίζεται σε περιοχές πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά και σε περιοχές ανάβλυσης. Ο αισθητήρας SeaWiFS μπορεί να δει την ανάβλυση αυτή που συσχετίζεται με την παραγωγικότητα, διότι το φυτοπλακτόν που φέρει τη χλωροφύλλη, αντανακλά κυρίως το πράσινο χρώμα πίσω στο διάστημα σε αντίθεση με το νερό που αντανακλά σε μπλε μήκη κύματος πίσω στο διάστημα (NASA, Remote Sensing).

Ο αισθητήρας εξάγει χάρτες από τον παγκόσμιο ωκεανό με χωρική και χρονική κάλυψη και μέσω των δεδομένων αυτών, μπορούμε να κατανοήσουμε την χρονική και χωρική μεταβλητότητα της χλωροφύλλης-α και παρατηρούμε πως συσχετίζεται με άλλους παραμέτρους μετρήσεων (MrClain et al., 1998). Προσδιορίζεται η μέση τιμή των βιοφυσικών χαρακτηριστικών (NASA, Esa). Σχεδιάστηκε έτσι ούτως ώστε να αποκτήσει παγκόσμια υψηλή ακρίβεια, μέτρια ανάλυση και πολυφασματική ορατή παρατήρηση ακτινοβολίας των ωκεανών για έρευνα σε βιοχημικές διεργασίες, αλλαγή του κλίματος και ωκεανογραφία (NASA, Esa.)

Πίνακας 11: SeaWiFS(NASA, SeaWiFS)

AGENCY	NASA (USA)
SATELLITE	OrbView-2 (USA)
LAUNCH DATE	01/08/97
SWATH (km)	2806
RESOLUTION (m)	1100
# OF BANDS	8
SPECTRAL COVERAGE(nm)	402-885

Στον πιο κάτω πίνακα, βλέπουμε τις ξεχωριστές μπάντες για την χλωροφύλλη. Το όργανο SEAWiFS, αποτελείται από 8 φασματικές ζώνες, στο ορατό/εγγύς υπέρυθρο στις περιοχές του φάσματος με χωρική ανάλυση 1Km. Οι ζώνες που αφορούν την χλωροφύλλη, είναι οι 2,3,4,5.

Πίνακας 12: Φασματικές ζώνες SEAWiFS (NEODAAS SeaWiFS)

Band	Wavelength	Bandwidth	Colour	Measurement
1	412 nm	20 nm	Violet	Dissolved organic matter (violet absorption)
2	443 nm	20 nm	Blue	Chlorophyll (blue absorption)
3	490 nm	20 nm	Blue / green	Chlorophyll (blue / green absorption)
4	510 nm	20 nm	Green	Chlorophyll (green absorption)
5	555 nm	20 nm	Green / yellow	Chlorophyll (green reflection)
6	670 nm	20 nm	Red	Atmospheric aerosols
7	765 nm	40 nm	Near infra-red	Atmospheric aerosols
8	865 nm	40 nm	Near infra-red	Atmospheric aerosols

Ατμοσφαιρική διόρθωση χλωροφύλλης-α για τις παρεμβολές:
 Εμπειρικοί αλγόριθμοι για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης-α

$$Chl = \text{antilog}(0.366 - 3.067R + 1.93R^2 + 0.64R^3 - 1.53R^4)$$

Ο αλγόριθμος προέκυψε έπειτα από πολλές μετρήσεις συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α. (O'Reilly et al., 1998)

Algorithm	Type	Result Equation(s)	Band Ratio (R), Coefficients (a)	Reference
Global processing (GPs)	power	$C_{13} = 10^{(a0+a1*R1)}$ $C_{23} = 10^{(a2+a3*R2)}$ $[C + P] = C_{13}$; if C_{13} and $C_{23} > 1.5 \mu\text{g L}^{-1}$ then $[C + P] = C_{23}$	$R1 = \log(\text{Lwn443}/\text{Lwn550})$ $R2 = \log(\text{Lwn520}/\text{Lwn550})$ $a = [0.053, -1.705, 0.522, -2.440]$	1
Clark three-band (C3b)	power	$[C + P] = 10^{(a0+a1*R)}$	$R = \log((\text{Lwn443} + \text{Lwn520})/\text{Lwn550})$ $a = [0.745, -2.252]$	2
Aiken-C	hyperbolic + power	$C_{21} = \exp(a0 + a1*\ln(R))$ $C_{23} = (R + a2)/(a3 + a4*R)$ $C = C_{21}$; if $C < 2.0 \mu\text{g L}^{-1}$ then $C = C_{23}$	$R = \text{Lwn490}/\text{Lwn555}$ $a = [0.464, -1.989, -5.29, 0.719, -4.23]$	3
Aiken-P	hyperbolic + power	$C_{22} = \exp(a0 + a1*\ln(R))$ $C_{24} = (R + a2)/(a3 + a4*R)$ $[C + P] = C_{22}$; if $[C + P] < 2.0 \mu\text{g L}^{-1}$ then $[C + P] = C_{24}$	$R = \text{Lwn490}/\text{Lwn555}$ $a = [0.696, -2.085, -5.29, 0.592, -3.48]$	3
OCTS-C	power	$C = 10^{(a0+a1*R)}$	$R = \log((\text{Lwn520} + \text{Lwn565})/\text{Lwn490})$ $a = [-0.55006, 3.497]$	4
OCTS-P	multiple regression	$[C + P] = 10^{(a0+a1*R1+a2*R2)}$	$R1 = \log(\text{Lwn443}/\text{Lwn520})$ $R2 = \log(\text{Lwn490}/\text{Lwn520})$ $a = [0.19535, -2.079, -3.497]$	5
POLDER	cubic	$C = 10^{(a0+a1*R+a2*R^2+a3*R^3)}$	$R = \log(\text{Rrs443}/\text{Rrs565})$ $a = [0.438, -2.114, 0.916, -0.851]$	6
CalCOFI two-band linear	power	$C = 10^{(a0+a1*R)}$	$R = \log(\text{Rrs490}/\text{Rrs555})$ $a = [0.444, -2.431]$	7
CalCOFI two-band cubic	cubic	$C = 10^{(a0+a1*R+a2*R^2+a3*R^3)}$	$R = \log(\text{Rrs490}/\text{Rrs555})$ $a = [0.450, -2.860, 0.996, -0.3674]$	7
CalCOFI three-band	multiple regression	$C = \exp(a0 + a1*R1 + a2*R2)$	$R1 = \ln(\text{Rrs490}/\text{Rrs555})$ $R2 = \ln(\text{Rrs510}/\text{Rrs555})$ $a = [1.025, -1.622, -1.238]$	7
CalCOFI four-band	multiple regression	$C = \exp(a0 + a1*R1 + a2*R2)$	$R1 = \ln(\text{Rrs443}/\text{Rrs555})$ $R2 = \ln(\text{Rrs412}/\text{Rrs510})$ $a = [0.753, -2.583, 1.389]$	7
Morel-1	power	$C = 10^{(a0+a1*R)}$	$R = \log(\text{Rrs443}/\text{Rrs555})$ $a = [0.2492, -1.768]$	8
Morel-2	power	$C = \exp(a0 + a1*R)$	$R = \ln(\text{Rrs490}/\text{Rrs555})$ $a = [1.077835, -2.542605]$	9
Morel-3	cubic	$C = 10^{(a0+a1*R+a2*R^2+a3*R^3)}$	$R = \log(\text{Rrs443}/\text{Rrs555})$ $a = [0.20766, -1.82878, 0.75885, -0.73979]$	9
Morel-4	cubic	$C = 10^{(a0+a1*R+a2*R^2+a3*R^3)}$	$R = \log(\text{Rrs490}/\text{Rrs555})$ $a = [1.03117, -2.40134, 0.3219897, -0.291066]$	9

Εικόνα 20: Μαθηματικές εξισώσεις για την χλωροφύλλη-α (Από άρθρο O'Reilly et al., 1998)

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με την θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία στην Μεσόγειο Θάλασσα

Η θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία είναι πλήρως εξαρτώμενη από την εποχιακή μεταβλητικότητα, σύμφωνα με τους Katara et al, 2008, σε μελέτη που διεξήγαγαν στην Μεσόγειο θάλασσα.

Μελέτη έχει πραγματοποιηθεί στην περιοχή της νοτιοανατολικής Μεσογείου, μπροστά στην Αιγυπτιακή ακτή (30 50' - 33°N and 25 - 34°E) κατά τον (Maizya and Kamel 2009). Για σκοπούς μείωσης ημερήσιων διακυμάνσεων, έχει θεωρηθεί ως επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία η κατακόρυφη μέση θερμοκρασία του άνω στρώματος των 10 μέτρων. Η μέση θαλάσσια επιφανειακή μηνιαία θερμοκρασία υπολογίστηκε για κάθε 1 μοίρα ανά πλέγμα 1 μοίρας, σύνολο 18 πλεγμάτων από τον Ιανουάριο του 1948 ως Δεκέμβριο του 2008.

Με τη γραμμική παλινδρόμηση και μέσω μοντελοποίησης, αναδείχθηκε μια τάση γενικής μείωσης της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, $-0.3^{\circ}\text{C} / 61$ χρόνια, με μια παραβολική μορφή της τετραγωνικής τάσης υποχώρησης μέσης μηνιαίας και ετήσιας θαλάσσιας θερμοκρασίας, όπου μειώνεται η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία για την περίοδο 1948-1985, αυξάνοντας όμως στην συνέχεια προς τα πάνω. Αυτό μπορεί να δείξει το γεγονός πως η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία ταλαντώνεται με το χρόνο και δεν αυξάνεται συνεχώς λόγω της γνωστής σε όλους μας παγκόσμιας υπερθέρμανσης.

Λόγω απελευθέρωσης αερίων, προβλέπεται μια αναμενόμενη γενική αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας. Όμως, δεν αναμένεται να είναι ομοιογενής η αύξηση της θερμοκρασίας. Γίνεται μελέτη στη περιοχή της Δυτικής Μεσογείου, χαμηλής σχετικά

ανάλυσης (300 χιλιομέτρων) με σκοπό την διερεύνηση της συμπεριφοράς της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, εξαιτίας ατμοσφαιρικών παραμέτρων, κυρίως των έντονων βροχοπτώσεων στην περιοχή, εξ' αιτίας των κυκλώνων ή αιολικού δυναμικού. Τα καιρικά φαινόμενα οδηγούν στην προβλεπόμενη αύξηση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας κατά 2.5°C, πράγμα που μεταφράζεται ως περισσότερους υδρατμούς λόγω αύξησης και περισσότερης ενέργειας η οποία θα μπορούσε να τροφοδοτήσει τους κυκλώνες, καθιστώντας τους πιο βίαιους (Garcies and Cuxant 2007).

Οι Axaopoulos et al, 2010, διερεύνησαν την μακροπρόθεσμη μεταβλητότητα της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας για την Μεσογειακή λεκάνη για την χρονική διάρκεια 138 ετών, 1869-2006 όπου βρέθηκε υπάρχει σημαντική αύξηση περίπου 0,56°C. Η υψηλότερη για τη περίοδο 1904-2006 αύξηση, υπάρχει στην Αδριατική λεκάνη, με τιμή που ισούνται με 0,0141°C ανά έτος και του Αιγαίου η μικρότερη, που ισούνται με 0,0054°C.

Οι διακυμάνσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας της Ανατολικής Μεσογειακής λεκάνης, η οποία συμπεριλαμβάνει την Αδριατική, το Ιόνιο, Αιγαίο Πέλαγος, συσχετίζονται σημαντικά σε αντίθεση με τις διακυμάνσεις που αφορούν την Ανατολική και Δυτική Μεσόγειο. Υφίσταται μια υψηλή συσχέτιση η οποία αφορά την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία της Δυτικής Μεσογείου και Αδριατικής με τον δείκτη NAO. Στην Ανατολική Μεσόγειο οι αλλαγές που αφορούν την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία συσχετίζονται σημαντικά με τον δείκτη Ινδικού καλοκαιρινού μουσώνα.

Πίνακας 13: Αλλαγές επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας σε περιοχές της Μεσογείου θάλασσας (Axaopoulos et al., 2010).

Area	Trend (°C/year)	Period	Total increase (°C)
Mediterranean	0.0041	1869-2006	0.5658
	0.0086	1904-2006	0.8858
W.Mediterranean	0.0054	1870-2006	0.7398
	0,0083	1904-2006	0.8549
Ionian	0.0056	1873-2006	0.7504
	0.0090	1904-2006	0.9270

Levantine	0.0049	1873-2006	0.6566
	0.0060	1904-2006	0.6180
Aegean	0.0011	1975-2006	0.1452
	0.0054	1904-2006	0.5562
Adriatic	0.0141	1904-2006	1.4523

Βάση τους Brasseur et al., 1996, το εύρος της SST στη Μεσόγειο είναι 3.6°C την άνοιξη (από 16.6°C με 20.2°C) και 3.4°C το χειμώνα (από 13.9°C με 17.3°C) Η διαφορά θερμοκρασίας επίσης μεταξύ Δυτικής και της Ανατολικής Μεσόγειου είναι 2-3°C (Emeis et al., 2000).

Με μια παλαιοκλιματολογική ανάλυση της τελευταίας 21 χιλιετίας στη Μεσόγειο (Brasseur et al, 1996), διαπιστώνεται ότι η αυξανόμενη επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία για κάθε περιοχή, διαφέρει, σε ένταση και διάρκεια, μεταξύ των υπολεκάνων της Μεσογείου, εξαιτίας των διαφορετικών υδρολογικών χαρακτηριστικών, κλιματολογικών και ωκεανογραφικών συνθηκών. Κάτι τέτοιο μπορούμε να διαπιστώσουμε για την λεκάνη της Ανατολικής Μεσόγειου στην οποία η θερμοκρασία μάζας βαθιών νερών είναι σταθερά χαμηλότερη από των άλλων μεσογειακών υπολεκάνων. Επιπλέον, η Ανατολική Μεσόγειος είναι περισσότερο επηρεασμένη από τους ινδικούς μουσώνες ενώ η Δυτική, πλήττεται σε μεγαλύτερο βαθμό από την κλιματική μεταβλητικότητα του Νότιου Ατλαντικού (The climate of the Eastern Mediterranean and Greece: past, present and future).

Ο Nykjaer το 2009 μελέτησε τη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας, κατά την χρονολογική διάρκεια 1985-2006, με χρήση νυχτερινών εικόνων για την αποφυγή πιθανότητας προκατάληψης όσο αφορά την έντονη ημερήσια θερμοκρασία της ημέρας, για το πώς μπορεί να επηρεάσει τη χρήση εικόνων. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα pixels τα οποία ήταν υψηλής ποιότητας, απαλλαγμένα από νεφοκαλύψεις ή άλλες περιβαλλοντικές επιδράσεις. Τα αποτελέσματα, έδειξαν μια άνοδο της θερμοκρασίας, 0.60°C (0.03+/- 0.008°C yr⁻¹) για την δυτική λεκάνη και 1.1°C (0.05+/- 0.009°C yr⁻¹) για την ανατολική λεκάνη, όπου αυτές δεν είναι σταθερές όλο το χρόνο, αλλά κυρίως κατά τη διάρκεια Μαΐου-Ιουνίου-Ιουλίου. Η μέγιστη αύξηση 0.16°Cyr⁻¹ βρίσκεται στην Τυρρηνική, Λιγυρία και Αδριατική θάλασσα, κοντά στην Αφρικανική ακτή. Το Αιγαίο

πέλαγος δείχνει μέγιστη μεταβολή της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας τον Αύγουστο.

Το 2003, αξίζει να αναφερθεί ότι αποτέλεσε μια από τις θερμότερες χρονιές για την Μεσόγειο. Παρατηρήθηκαν ανωμαλίες στην επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και Αύγουστου. Η αύξηση αυτή οδήγησε σε αύξηση των βροχοπτώσεων εξαιτίας της αυξημένης εξάτμισης που συμβαίνει στην Μεσόγειο θάλασσα (Jung et al., 2006).

2.2 Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με την χλωροφύλλη-α στην Μεσόγειο Θάλασσα

Η Μεσόγειος θεωρείται κατάλληλη για τη μελέτη επίδρασης ατμοσφαιρικών μοτίβων μεγάλης κλίμακας για την χωροχρονική κατανομή της χλωροφύλλης παρά το γεγονός ότι θεωρείται ολιγότροφη. Η Μεσόγειος θάλασσα απαρτίζεται από μεγάλη βιομάζα θαλάσσιων οργανισμών και αυτό το οφείλει στα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά και συνθήκες που διατηρούν σε υψηλά επίπεδα την πρωτογενή παραγωγικότητα και όχι σε βιολογικές αλληλεπιδράσεις. Βασικό ρόλο στην λειτουργία της ατμοσφαιρικής μεταβλητικότητας η οποία συσχετίζεται με την χλωροφύλλη-α, παίζουν τα πρότυπα τηλεσύνδεσης, Ανατολικού Ατλαντικού, Δυτικό Ρωσικό πρότυπο, Βόρειο-Ατλαντική ταλάντωση, Πολικό/Ευρασιάτικο μοτίβο, Δυτικό/Βόρειο Ειρηνικός και η εκτόξευση Ανατολικού Ατλαντικού και Μεσογειακής ταλάντωσης. Αυτά, επηρεάζουν κυρίως τις περιοχές που βρίσκονται κοντά στις ακτές και ανάβλυσσης και του gyre formation.

Στην μελέτη των ερευνητών Katara et al., 2008 αναλύθηκαν μηνιαία στοιχεία των παραμέτρων ατμοσφαιρικής πίεσης θαλάσσιας στάθμης, θερμοκρασία του αέρα, ταχύτητας ανέμου, βροχόπτωσης, θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας, ύψος επιφάνειας της θάλασσας, αλατότητας και συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α. Στη συνέχεια επεξεργάστηκαν και οργανώθηκαν σε βάση δεδομένων QGIS σε μορφή χάρτη με τη χρήση του Arc Info. Ο μέσος όρος για κάθε χάρτη που αντιπροσωπεύει κάθε μήνα ξεχωριστά υπολογίστηκε και αφαιρέθηκε από τους μηνιαίους χάρτες ώστε να αφαιρεθεί η εποχικότητα. Έγινε χρήση ανάλυσης της EOF (φίλτρο που αφαιρεί ένα μέρος του θορύβου μικρής κλίμακας). Στο κέντρο της Μεσογείου βρέθηκαν υψηλότερες

θερμοκρασίες του μέσου όρου και χαμηλότερες για το ανατολικό. Οι τιμές της χλωροφύλλης-α κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα στο δυτικό τμήμα της Αλμποράν, γύρω από τις Βελεαρίδες Νήσους και την θάλασσα της Σικελίας. Αρνητικές τιμές υπάρχουν στην Αδριατική, στο βόρειο Αιγαίο και Δυτική Μεσόγειο.

Μια άλλη ένδειξη που ενδεικνύει την επίδραση των καιρικών φαινομένων με την αλληλεπίδραση του σε ατμόσφαιρα-ωκεανού, με το φαινόμενο Ελ Νίνο. Κατά συνέπεια το Ελ Νίνο, επιδρά στην πρωτογενή παραγωγικότητα, μέσω της πρόκλησης ευνοικών ανέμων, αλλά και την παρουσία μακροπρόθεσμων συστατικών, της ροής διοξειδίου του άνθρακα (Chavez et al., 1999) και την απενεργοποίηση/επανέναρξη της πλούσιας σε σίδηρο υπογείου ρεύματος στον Ισημερινό (Wilson and Adamec 2001).

Στις ακτές τις Gándia, η οποία βρίσκεται στη Δυτική Μεσόγειο, αναπτύχθηκε μοντέλο από τους Sebastia et al., 2012, για την εκτίμηση και χαρτογράφηση της χλωροφύλλης-α με τη βοήθεια υψηλής ανάλυσης εικόνας Quick Bird, χρησιμοποιώντας γραμμικές παλινδρομήσεις για την εύρεση του καταλληλότερου μοντέλου χλωροφύλλης με πολύ θετικά αποτελέσματα. Είναι δυνατή η εκτίμηση και χαρτογράφηση της με την χρήση σε σχετικά χαμηλού κόστους, με την παροχή λεπτομερών πληροφοριών που αφορούν την χωρική κατανομή και την πολύ χρονική αξιολόγηση της παράμετρου χλωροφύλλης-α, παρά την περιοριστική φασματική ανάλυση του αισθητήρα (2.4 μέτρα).

Με βάση μελέτης του πλαγκτόν κατά τα 25 τελευταία χρόνια στα επιπελαγικά νερά της Μεσογείου κοντά στην στεριά, χαμηλής σε θρεπτικά συστατικά κυρίως σε φώσφορο, η βιομάζα του φυτοπλαγκτού μπορεί να βρίσκεται σε χαμηλές τιμές, μικρότερες από $0.2 \mu\text{g l}^{-1}$ σε μεγάλες περιοχές με αργή αύξηση μέτριας κλίμακας τον χειμώνα. Βορειοδυτικά καταγράφηκε μεγάλη άνθιση κατά τη διάρκεια του τέλους του χειμώνα, μεγαλύτερες τιμές από $3 \mu\text{g l}^{-1}$. Οι τιμές οι οποίες ήταν μεγαλύτερες, καταγράφηκαν στις περιοχές των κυκλώνων. Κατά τη διάρκεια του χρόνου με εξαίρεση το τέλος του χειμώνα, υφίσταται ένα μέγιστο της χλωροφύλλης για όλη τη λεκάνη, σε μεγαλύτερο βάθος, από 300 μέτρα στη θάλασσα του Αλμποράν σε 120 μέτρα στο ανατολικότερο τμήμα της Λεβαντινής. Υπάρχει μια πτώση από τα δυτικά στα ανατολικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι δυτικές διαφέρουν με τις ανατολικές λεκάνες σε ότι αφορά τη σύνθεση των ειδών του φυτοπλαγκτού και του μεσοζωοπλαγκτού (Sikou et al., 2009).

Διεξάχθηκε έρευνα για το 1999 έως 2004 από τους Lazzari et al., 2012, όσο αφορά την χλωροφύλλη-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας. Έγινε χρήση ενός τρισδιάστατου βιοχημικού μοντέλου (OPATM-BFM), με σημαντικά αποτελέσματα. Βρέθηκε ότι η χλωροφύλλη μειώνεται καθώς προχωράμε από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Η δυτική Μεσόγειος κυρίως η Αλμποράν, μπορεί να θεωρηθεί μεσοτροφική ενώ η ανατολική Μεσόγειος ολιγοτροφική. Το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια της στρωματοποιημένης περιόδου, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ επιφάνειας πρωτογενούς παραγωγής με την αντίστοιχη κάθετη παραγωγή. Ο ετήσιος προυπολογισμός της ολοκληρωμένης νέας παραγωγής, ως αποτέλεσμα της επίπτωσης ατμόσφαιρας και επίγειας εισροής, ανέρχεται στα $3-5 \text{ g cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$.

Στο Gulf of Maine (Li. and He 2014), μελετάται η χωρική και χρονική κατανομή της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α στο GOM (Gulf of Maine), με την χρήση καθημερινών χωρίς νεφοκάλυψης πλέον δεδομένων ανάλυσης έπειτα από την επεξεργασία δεδομένων με την χρήση της Εμπειρικής Ορθογώνιας Συνάρτησης (DINEOF), για την χρονική διάρκεια 2003-2012. Οποιαδήποτε δεδομένα είχαν νεφοκάλυψη ποσοστού μεγαλύτερου του 98% δεν λήφθηκαν υπόψη για να γίνει επιτυχώς η ανακατασκευή μέσω της DINEOF. Τα δεδομένα των παραμέτρων λήφθηκαν από το MODIS (μέτριας ανάλυσης φασματοραδιόμετρο). Τα σημαντικότερα αποτελέσματα έδειξαν πως, η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία ακολουθεί έναν ετήσιο κύκλο με καθυστέρηση κατά περίπου 57 ημέρες. Για τις χρονολογίες 2005, 2010 και 2012, παρουσιάζονται θετικές ανωμαλίες της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας.

Η χλωροφύλλη-α έδειξε ότι ανθίζει τον χειμώνα και υπάρχει μια πτώση ανθοφορίας την περίοδο της άνοιξη. Η ανάμειξη θρεπτικών από τον βαθύ ωκεανό λόγω παλιρροίας προσαρμόζει την κατανομή της. Υπάρχει μια πιθανή σύνδεση των φυσικών και βιολογικών αντιδράσεων της ατμόσφαιρας μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι υπήρξε μια γενική αυξητική τάση στην άνθιση χλωροφύλλης-α επιφανειακά κατά τη διάρκεια του 2003-2011 όπου μειώνεται στη συνέχεια (Li and He 2014).

Η Ανατολική Μεσόγειος και η Βόρεια Ερυθρά Θάλασσα, κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού υπάρχουν συνθήκες που τις χαρακτηρίζουν ως ultraoligotrophy (Labiosa et al., 2003, Siokou-Frangou et al., 2010).

Στα Στενά του Γιβραλτάρ και Βοσπόρου, εισάγονται θρεπτικά συστατικά, μέσω αιολικής ενέργειας, την σκόνη της Σαχάρας και των απορρίψεων των ποταμών στα βόρεια. Η Ανατολική Μεσόγειος έχει την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι έχουν μειωθεί οι ροές των γλυκών νερών εξαιτίας των φραγμάτων, το φράγμα του Ασσουάν στον Νείλο περιορίζει την ποσότητα του διοξειδίου του πυριτίου που εισέρχεται στη Μεσόγειο. Στην Ανατολική Μεσόγειο χαρακτηρίζεται μια υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο, κυρίως από τις υψηλές εισροές αζώτου από τα ποτάμια και την ατμοσφαιρική αναπόθεση.

Στη Δυτική Μεσόγειο, λαμβάνει χώρα η ανάμειξη επιφανειακών νερών με πλούσια θρεπτικά συστατικά από τα βάθη των υδάτων τα οποία οδηγούν σε άνθιση φυτοπλαγκτού τον χειμώνα και άνοιξη. Στην Ανατολική Μεσόγειο όμως η συγκέντρωση είναι χαμηλότερη με τα μέγιστα να εμφανίζονται στα τέλη του χειμώνα και αρχές της άνοιξης ενώ τα ελάχιστα, στα τέλη του καλοκαιριού (Kletou and Hall-Spencer 2012).

Έπειτα από λήψη επιφάνειας μέσω δορυφορικών εικόνων ή από πειράματα που έχουν γίνει επί τόπου, εξάγονται δεδομένα φθορισμού (6790 προφίλ), τα οποία μετατρέπονται σε χλωροφύλλη-α, αναλύθηκε η χλωροφύλλη-α σε κάθετες στήλες σε τέσσερις βασικές περιοχές στην Μεσόγειο θάλασσα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις κατακόρυφες κατανομές της χλωροφύλλης-α είναι περίπλοκες και μεταβάλλονται σημαντικά. Η Μεσόγειος θάλασσα χαρακτηρίζεται από ελάχιστη παρουσία χλωροφύλλης-α, επιβεβαιώνοντας έτσι οι Lavigne et al, 2015 τον oligotroφικό της χαρακτηρισμό.

Μια διαφορετική μελέτη έγινε στη Βόρειο θάλασσα Αιγαίου, όσο αφορά την συγκέντρωση χλωροφύλλης, με κεντρικό παράγοντα την χλωροφύλλη-α κατά τον Jonsson (2013). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα in situ και δεδομένα από το NOAA AVHRR για την διάρκεια 1998-2002. Μετά από αναλύσεις, βρέθηκαν υψηλότερα ενισχυμένα επίπεδα χλωροφύλλης-α για την περιοχή του βορειότερου μέρους του Αιγαίου στα Βόρεια, κοντά στα βόρεια της Λίμνου, τον Δεκέμβρη, Απρίλη-Μάιο σε ποσό 0,5-1,1

mg/m³ ανταλλαγή νερών της Μαύρης θάλασσας διά μέσου των στενών στα Δαρδανέλλια. Στο νοτιότερο μέρος, έχουμε συγκεντρώσεις 0,2-0,4 mg/m³. Αυτές οι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης, οφείλονται κυρίως εξ' αιτίας της ανταλλαγής νερών της Μαύρης θάλασσας διά μέσου των στενών στα Δαρδανέλλια. Υπάρχει μια εποχιακή διακύμανση στις υψηλότερες μέγιστες τιμές στα τέλη του Φεβρουάριου και αρχές/μέσα Μαρτίου και για τις χαμηλότερες τιμές τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

Βάση τους Diankla et al., 2013, έχουν αναλυθεί οι μηνιαίες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας για τη διάρκεια 11 χρόνων από το AVHRR pathfinder V5, χωρικής ανάλυσης 4 km ενώ οι μηνιαίες τιμές της επιφανειακής χλωροφύλλης έχουν παρθεί από το SeaWiFS (Sea-Viewing Wide Field-of-view Sensor), χωρικής ανάλυσης 9 km. Με την ανάλυση pearson correlation, μεταξύ χλωροφύλλης-α, επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και *E. Fimbriata*, με έλεγχο για μηδενική υπόθεση του συντελεστή συσχέτισης σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, βρέθηκε αρνητική σημαντική συσχέτιση τιμής ($r=0,87$ $p<0,01$) μεταξύ εποχιακής επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και *E. fimbriata* landings και θετικής ($r=0,86$ $p<0,01$) για την συσχέτιση του με την χλωροφύλλη-α.

Με τον άνεμο Ekampan πραγματοποιούνται στην λεκάνη της Μεσογείου πολλές αναβλύσεις. Στις ακτές της Λιβύης παρατηρείται το φαινόμενο downwelling την άνοιξη, κάτι που συμβαίνει και στην Αλγερία το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Ισχυρό upwelling γίνεται στα δυτικά του Αιγαίου Πελάγους, στα δυτικά του Ιονίου το καλοκαίρι και το φθινόπωρο και στο Gulf of Lygon. Στα μικρά νησιά υπάρχει μια τάση για upwelling στα δυτικά ή και νότια και ένα downwelling στα δυτικά ή και βόρεια (Bakun and Agostini 2001).

2.3 Βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τη συσχέτιση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α

Τα κρύα νερά, τείνουν να έχουν περισσότερα θρεπτικά συστατικά από τα ζεστά και έτσι τα φυτοπλαγκτόν, τείνουν να ακμάζουν στα κρύα νερά. Μέσω αισθητήρων MODIS

(Terra,Aqua, SeaWifis), έχουμε δεδομένα για τις επιφανειακές θαλάσσιες θερμοκρασίες για κάθε μήνα οι οποίοι απεικονίζονται με μπλε για τα πιο παγωμένα νερά και ροζ-κίτρινο για τα θερμότερα, όπως επίσης και για τα επίπεδα χλωροφύλλης-α, τα οποία μετρούνται σε χιλιοστόγραμμα ανά κυβικό μέτρο θαλασσινού νερού κάθε μήνα. Το κίτρινο χρώμα υποδηλώνει υψηλή συγκέντρωση, άρα και παρουσία πολλών φυτοπλαγκτόν.

Στα πολικά υδάτα οι θρεπτικές ουσίες συσσωρεύονται στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, όπου είναι σκοτεινοί και τα φυτά δεν μπορούν να ακμάσουν. Την άνοιξη και το καλοκαίρι, με την παρουσία φωτός τα φυτά ευδοκιμούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Όταν τα επιφανειακά υδάτα είναι κρύα, είναι εύκολο για τα βαθύτερα νερά, να βγουν στην επιφάνεια, φέροντας σε θρεπτικά συστατικά στις ηλιόλουστες περιοχές που είναι εύκολο για τα φυτοπλαγκτόν να μπορέσουν να τα χρησιμοποιήσουν. Όταν το επιφανειακό νερό είναι ζεστό, είναι παγιδευμένα από κάτω, τα θρεπτικά συστατικά του νερού. Τα κάθετα στρώματα του ωκεανού, επειδή δεν είναι σε ανάμειξη δεν μπορούν τα θρεπτικά συστατικά που δημιουργήθηκαν σε βαθιά υδάτα να φτάσουν στις επιφάνειες. Σημαντικοί είναι και οι χώροι όπου τα ρεύματα προκαλούν αναβλύσεις και έτσι οι θερμοκρασίες στην επιφάνεια της θάλασσας είναι πιο κρύα από τα πλησίον υδάτα όπως είναι και υψηλότερες οι συγκεντρώσεις σε χλωροφύλλη (NASA).

Αρκετές έρευνες έχουν γίνει για την μελέτη της συχέτισης θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας και χλωροφύλλης. Μια από αυτές, αρκετά ενδιαφέρον, έχει γίνει στην παράκτια ζώνη στην παράκτια ζώνη ανοδικών ρευμάτων στα ανοικτά της Πούντα Ευγενία στη δυτική ακτή της χερσονήσου Μπάχα Καλιφόρνια, μια περιοχή με έντονη βιολογική παραγωγικότητα, μετάβαση ωκεανού στα μέσα πλάτη και τροπικές ωκεανογραφικές συνθήκες, που αφορούν την διαχρονική συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST) και χλωροφύλλης-α. Βρέθηκαν παράκτιες ανθίσεις χλωροφύλλης στην Πούντα Ευγενία το 2002-2003 (περίοδος Ελ Νίνο), που είναι πολύ πιθανό να συνδέεται με τους ισχυρούς ανέμους το 2002, κυρίως στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (Herrera-Ceervantes.et al., 2014).

Κατά τους Van De Pol et al., 2013 αξιολογήθηκαν την άνοιξη και το καλοκαίρι από τα γεωγραφικά πλάτη 29° έως 63° στα βορειοανατολικά του Ατλαντικού Ωκεανού, στοχεύοντας στον προσδιορισμό σχέσεων μεταξύ του φυτοπλαγκτού και αβιοτικών παραγόντων σε σχέση με την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία και κλίσης διαστρωμάτωσης. Βρέθηκε ότι η συγκέντρωση θρεπτικών ήταν αντιστρόφως ανάλογη με την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία το καλοκαίρι και την άνοιξη. Επίσης, κοντά στην επιφάνεια η χλωροφύλλη-α και η παραγωγικότητα, έδειξαν εκθετική σχέση με την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία. Στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, όπου η αύξηση επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, παρατείνει την περίοδο στρωματοποίησης και η παραγωγικότητα μπορεί να επεκταθεί. Η ισχυρότερη διαστρωμάτωση δεν υποδηλώνει αναγκαία την υψηλή περιεκτικότητα σε φυτοπλαγκτόν.

Μελέτη επίσης πραγματοποιήθηκε, έπειτα από ανάλυση φασματοφωτομέτρου δορυφόρου MODIS-Aqua, από δεδομένα Chl-a και SST 2002-2011, στα αρχιπελαγικά ύδατα γύρω από την Ινδονησία για διερεύνηση σχέσης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α. Η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μουσώνων στα νοτιοανατολικά είναι χαμηλότερη από τα βορειοδυτικά, ενώ για την χλωροφύλλη-α, στα νοτιοανατολικά είναι υψηλότερα τα ποσοστά από τα βορειοδυτικά κατά μήκος της ακτής. Η SST και chl-a έδειξαν μια αντίστροφη συσχέτιση ($r=0.542$). τα περισσότερα αλιεύματα ήταν σε τιμές 30.75 ± 0.210 και για χλωροφύλλη από $0.31 \pm 0.10 \text{ mg m}^{-3}$ (Nurdin et al., 2013).

Στην Καλιφόρνια, εξετάστηκαν δεδομένα 29 χρόνων επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας (1981-2009) και χλωροφύλλης για 14 χρόνια (1997-2010). Οι περιοχές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης, που επηρεάζονται από το upwelling και μικρής κλίμακας Eddy, έχουν μικρότερη ευαισθησία και είναι λιγότερο συνδεδεμένες με την μεγάλης κλίμακας μεταβλητότητας. Οι από έτος σε έτος διακυμάνσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης δεν έχουν καμιά σημαντική συσχέτιση, όμως οι εποχιακές διακυμάνσεις συσχετίζονται. Σε περιοχή της Ensenada, έχει αυξηθεί η τάση προς υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α και ψυχρότερης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας. Οι τάσεις αυτές είναι αναμενόμενοι λόγω του upwelling και των ευνοϊκών ανέμων και της υπό επίδρασης ανέμου παράκτιας ανάβλυσσης (Kahru et al., 2012).

Στην Ιρλανδία, όπου η αλιεία και υδατοκαλλιέργεια παίζουν σημαντικό παράγοντα στην οικονομία της χώρας, έχουν πραγματοποιήσει μελέτη οι Casa et al. (2015), βρέθηκαν αυξημένες οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στις ακτές, 0.54°C μεγαλύτερη την τελευταία δεκαετία. Οι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α ήταν υψηλότερες στην Κελτική θάλασσα το 2009.

Μελέτη που έχει γίνει από τους Katara et al., 2008, πάρθηκαν μηνιαία δεδομένα σχετικά με την ατμοσφαιρική πίεση της στάθμης της θάλασσας, τη θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα του ανέμου, τη βροχόπτωση, την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας, η αλατότητα και χλωροφύλλη-α. Αυτοί απαντούν σε ερωτήματα που αφορούν το κλίμα και τον καιρό της Μεσογείου. Όσο αφορά την παράμετρο της επιφανειακής χλωροφύλλης-α, έχει αναλυθεί από δεδομένα του SeaWIFS, ανάλυσης 9 Km και της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, από δεδομένα του AVHRR, ανάλυσης 1.1 Km. Τα αποτελέσματα έχουν δείξει πως επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία είναι υψηλότερη από το μέσο όρο στο κεντρικό τμήμα της Μεσογείου και χαμηλότερες στο ανατολικό. Αυτό επηρεάζει το δυτικό τμήμα της λεκάνης και κάποια σημεία στην Λεβαντινή, έχοντας υψηλότερα σε μέσο όρο χλωροφύλλη. Χαμηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α, παρουσιάζονται στο δυτικό τμήμα της Αλμποράν, γύρω από τις Βαlearίδες Νήσους και στη θάλασσα της Σικελίας. Οι συγκεντρώσεις στην Αδριατική θάλασσα, στο βόρειο Αιγαίο και στη δυτική Μεσόγειο, παρουσιάζουν πάρα πολύ χαμηλές τιμές. Το δίπολο μεταξύ βορειοδυτικού-νοτιοανατολικού τμήματος της Μεσογειακής λεκάνης, επιδρά στις τιμές της χλωροφύλλης-α σε διάφορα σημεία.

Κατά τους Torouzelis and Kitsiou (2014), οι οποίοι μελέτησαν κυρίως την περιοχή του Αιγαίου πέραν της Μεσογείου θάλασσας γενικότερα, βρήκαν αρνητική συσχέτιση της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α. Περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συγκεντρώνουν υψηλή σε περιεκτικότητα χλωροφύλλη-α.

Με δεδομένα της NASA, σχετικά με την χλωροφύλλη-α και την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία για την χρονική διάρκεια του Ιανουαρίου έως Δεκέμβριου 2003-2012, χωρικής ανάλυσης 4 Km από 37° N 46° N σε γεωγραφικό πλάτος και 72° W-62° W σε μήκος (περιοχή GOM Κόλπος του Maine), χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη των Li., He (2014). Όσα δεδομένα ήταν καλυμμένα από 98% με νεφοκάλυψη, έχουν αφαιρεθεί για

την επιτυχή ανακατασκευή με την εμπειρική ορθογώνια συνάρτηση DINEOF. Παρατηρήθηκαν θετικές ανωμαλίες της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας το 2005, 2010 και 2012. Τον χειμώνα υπάρχει μια άνθιση σε χλωροφύλλη-α, η οποία πέφτει την άνοιξη. Η ανάμιξη λόγω παλλίροιας διευκολύνει την παροχή θρεπτικών συστατικών από τα βάθη της θάλασσας όπου επίσης ανακατανέμει την ροή θερμότητας της θάλασσας. Το 2003 υπάρχει αυξημένη άνθιση χλωροφύλλης μέχρι το 2011 η οποία στη συνέχεια μειώνεται (Li and He 2014).

Από τους Siegel et al, 2013, μελετάται μέσω του αισθητήρα SeaWiifs, η φωτοσυνθετική παραγωγή στους ωκεανούς, χρησιμοποιώντας έναν ημιαναλυτικό βιοπτικό αλγόριθμο. Η χλωροφύλλη-α, συνμεταβάλλεται με την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία η οποία υποδηλώνει τις συνθήκες φωτός και θρεπτικών συστατικών, παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτοπλαγκτών. Οι χαμηλές τιμές χλωροφύλλης λαμβάνουν χώρα στους υποτροπικούς κυκλώνες, στα downwelling (το αντίθετο της ανάβλυσης), και στον Ekman ενώ αντίθετως παίρνει υψηλές τιμές στις αναβλύσεις και στα υψηλά γεωγραφικά πλάτη και επηρεάζονται με τα φαινόμενα Ελ Νίνο και Λα Νίνα.

Έγινε ανάλυση δεδομένων 15 ετών, από Μάρτιο του 2000 έως τον Φεβρουάριο του 2015, της χλωροφύλλης-α και της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στην υφαλοκρηπίδα της Queensland (Κουίνσλαντ, Αυστραλία) και εφαρμόζεται εμπειρική ορθογώνια ανάλυση στις χρονοσειρές. Έχει βρεθεί μια σχέση μεταξύ του δείκτη ENSO, της χλωροφύλλης-α και της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι με περιορισμό στα νότια της υφαλοκρηπίδας του Κούνσλαντ, υπάρχει μια μεταβλητότητα του φυτοπλαγκτόν όπου λαμβάνουν χώρα οι αναβλύσεις και τα θρεπτικά συστατικά την άνοιξη με τα ποτάμια που φέρουν θρεπτικές ουσίες. Κατά κύριο λόγο η μεταβλητότητα της χλωροφύλλης-α δέχεται επιδράσεις από το μεικτό στρώμα, την θερμοκρασία, ENSO και ανάβλυση, για την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία αποτελεί παράγοντα η εποχιακή αλλαγή αλλά και το φαινόμενο ENSO και ανάβλυσης. Μια αλλαγή κλίματος εξαιτίας του Ελ Νίνο και Λα Νίνα, επηρεάζει την μεταβλητότητα της χλωροφύλλης-α και επιδρά στην θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία.

Κατά τον Kanak et al., 2012 σε μελέτη που πραγματοποίησαν στην Μαύρη θάλασσα, όσο αφορά την συσχέτιση μεταξύ χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θαλάσσιας

θερμοκρασίας, με δεδομένα του αισθητήρα SeaWiFS και δορυφορικών εικόνων AVHRR, του 1993-2008, έδειξαν σημαντικές παρατηρήσεις. Η συσχέτιση μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α, βρέθηκε σε ποσοστό 60%, σημαντικότητας $p < 0.05$, δείχνοντας ότι έχουν μεγάλη και σημαντική συσχέτιση. Η καμπύλη της επιφανειακής θερμοκρασίας είναι ημιτονειδής συνάρτηση με μέγιστες τιμές το καλοκαίρι τον μήνα του Αυγούστου και ελάχιστες τον χειμώνα και συγκεκριμένα τον Φεβρουάριο. Οι επί τόπου μετρήσεις ήταν διαφορετικές από τις δορυφορικές, με τις δορυφορικές να είναι υψηλότερες. Όσο αφορά την χλωροφύλλη, τον Νοέμβριο έως Φεβρουάριο ήταν μειωμένες οι τιμές και αυξημένες τον Ιανουάριο έως Σεπτέμβριο, τους χειμερινούς δηλαδή μήνες. Ο λόγος για τον οποίο παρατηρήθηκε υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης-α, είναι λόγω μικτών ανέμων του χειμώνα, όπου η στρωματοποίηση ήταν μικρότερη.

Με την ανάλυση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α στον Κόλπο του Ταντζουρά για τις χρονιές 2008-2012 και 2005-2011, έδειξαν ότι η θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία συσχετίζεται με τις ατμοσφαιρικές παραμέτρους σε ετήσια κλίμακα. Η αύξηση της θερμοκρασίας ήταν συνδεδεμένη με την ηλιακή θέρμανση στα επιφανειακά ύδατα όταν ο άνεμος είναι σχετικά χαμηλός, για τον Απρίλιο-Μάιο και Οκτώβριο και η ψύξη, για τους μήνες Νιόμβρη-Μάρτιου, αφορούσαν τους ισχυρούς αλλά και ψυχρούς ανέμους και Βορειοανατολικά και την μίξη ανέμων. Το καλοκαίρι, όπου υπάρχει προφανώς η πτώση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, η χλωροφύλλη-α αυξάνεται σημαντικά κάτι που οφείλεται με το φαινόμενο της ανάβλυσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας υποβλήθηκαν στη δοκιμή Monte Carlo όπου έδειξαν ότι οι ετήσιοι και εξαμηνιαίοι κύκλοι της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας ήταν αντιπροσωπευτικοί των πιο στατιστικά σημαντικών σημάτων για την χρονική μεταβλητότητα των παραμέτρων. Οι ετήσιες διακυμάνσεις συσχετίζονται με τις ατμοσφαιρικές επιδράσεις (Youssouf et al., 2016).

Επιπροσθέτως, οι Zamir et al., 2015 υποστήριξαν και εκείνοι πως υπάρχει σημαντική στατιστική σχέση μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α, βρέθηκε να είναι τον Σεπτέμβριο - Φεβρουάριο με τον Νοέμβριο ως μήνα αίχμης ενώ οι μικρότερες τιμές βρέθηκαν το καλοκαίρι, από Μάιο μέχρι Αύγουστο. Όσο αφορά την επιφανειακή θαλάσσια

θερμοκρασία, τα μέγιστα των τιμών της ήταν τον Σεπτέμβριο και τα ελάχιστα τον Ιούνιο και Αύγουστο.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός διατριβής

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η υλοποίηση των χωρικών και χρονικών συσχετίσεων μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας ώστε να αναδειχθεί ο ρόλος τους και οι αλληλεπιδράσεις τους στην ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος αλλά και τις κλιματικές τάσεις και επιδράσεις τους στην συγκεκριμένη περιοχή.

Το θαλάσσιο περιβάλλον καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη ποιότητα της θαλάσσιας ζωής και επομένως της διατροφικής αλυσίδας του ανθρώπου. Επίσης λειτουργεί και ως μηχανισμός επίδρασης του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος και του κλίματος. Κατά συνέπεια, με τέτοιους είδους μελέτη αποσκοπεί να αναδείξει μεταβολές των συγκεκριμένων μεταβλητών σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα και να προσπαθήσει δείξει τις περιβαλλοντικές πιέσεις που δέχονται επιμέρους περιοχές.

3.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

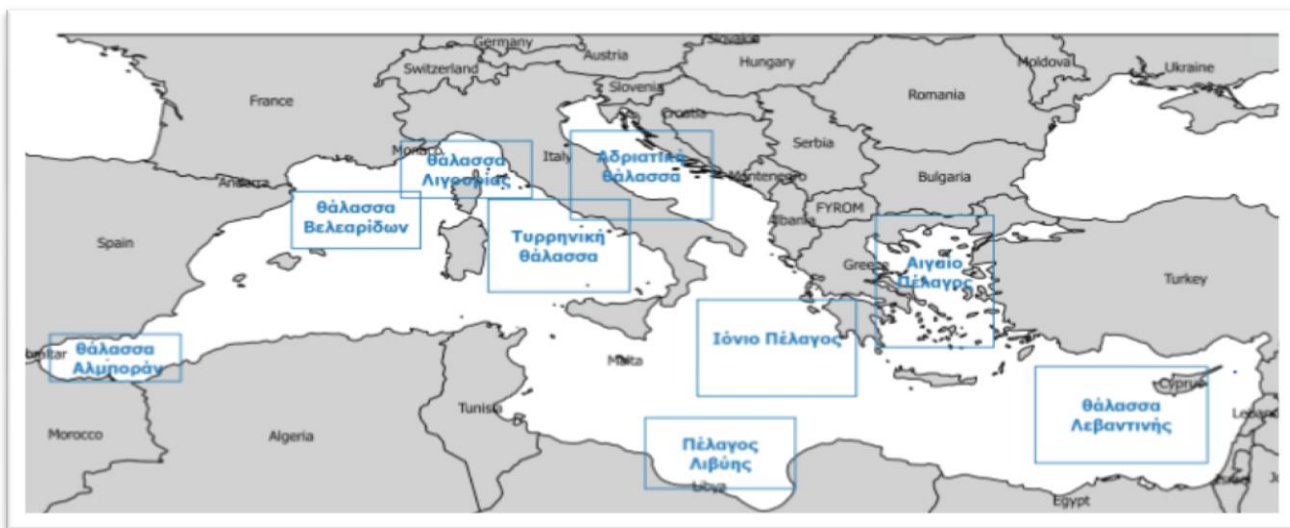
Το κύριο ερώτημα που γίνεται προσπάθεια να απαντηθεί αφορά τον ρόλο της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α στην ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, τα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα που απορρέουν από τον κεντρικό στόχο της παρούσας διατριβής είναι:

Η μελέτη των χωροχρονικών διακυμάνσεων της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα για ολόκληρη την λεκάνη της Μεσογείου και για μια περίοδο 11 ετών.

Η χωροχρονική συσχέτιση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης σε μηνιαία και ετήσια κλίμακα ώστε να αναδειχθεί ο τρόπος αλληλεπίδρασης τους.

3.3 Περιοχή Μελέτης

Δόθηκαν για τη Μεσόγειο θάλασσα, την περιοχή μελέτης της παρούσας διατριβής, πλήθος ονομασιών. Η πατρική προέλευση της ονομασίας της, προέρχεται από τους Λατίνους, στα μέσα του 3ου αιώνα. Ο Σολίνος την ονόμασε χαρακτηριστικά 'Mare Mediterraneum', εφόσον είναι θάλασσα μεταξύ δυο ηπείρων (Wikipedia). Είναι διηπειρωτική θάλασσα η οποία απλώνεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό στα δυτικά ως την Ασία στα ανατολικά της. Χωρίζει τις δυο ηπείρους, την Ευρώπη και την Αφρική. Το γεωγραφικό πλάτος της είναι 30°15' – 46°50' Βόρεια και το γεωγραφικό της μήκος, είναι από 5°50' Δυτικά και 36°10' Ανατολικά. Οι συντεταγμένες αυτές μας υποδηλώνουν ότι η Μεσόγειος θάλασσα βρίσκεται στο Βόρειο, Ανατολικό και Δυτικό ημισφαίριο της Γης.



Εικόνα 20: Χωρική κατανομή των διάφορων θαλασσών της Μεσογείου (Δημιουργία χαρτογράφησης με το GIS)

Η Μεσόγειος, αν και μικρή σε έκταση, είναι η μεγαλύτερη από τις ημίκλειστες ευρωπαϊκές θάλασσες. Η έκτασή της ανέρχεται στα 2.9X10⁶ km² (Σακελλαριάδου 2007). Το μέσο της βάθος είναι 1485.595m και το μέγιστο 5118m και ελάχιστο 2m. Ποσοστό μεγαλύτερο του 20% καλύπτει περιοχές με βάθος μικρότερο των 200m. Ένα ποσοστό 58% αποτελεί η υφαλοκρηπίδα και το υφαλοπρανές, και το υπόλοιπο 42% της έκτασης είναι το ηπειρωτικό ανύψωμα (Τζιαβός 1994). Παρά το περιορισμένο μέγεθος της

Μεσογείου θάλασσας στο συνολικό μέγεθος της επιφάνειας του ωκεανού, θεωρείται μεγάλης σημασίας για το θαλάσσιο περιβάλλον στη Γη, λόγω των ποικίλων και φυσικών διεργασιών που πραγματοποιούνται σε αυτή. Γενικότερα, θεωρείται ως η μικρογραφία του ωκεανού για τον λόγο ακριβώς ότι οι περισσότερες διαδικασίες που πραγματοποιούνται είναι επηρεασμένες από την παγκόσμια γενική κυκλοφορία στους ωκεανούς παρόλο που είναι σε μειωμένη χρονική και χωρική κλίμακα. Αυτό μας δείχνει πως μελετώντας χρονικά τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην Μεσόγειο στα θαλάσσια οικοσυστήματα, μπορούμε να κατανοήσουμε το τι γίνεται στον παγκόσμιο ωκεανό γενικότερα (Robinson και Golnaraghi, 1995).

Η Μεσόγειος θάλασσα, περικλείεται από τα παράλια της Νότιας Ευρώπης, της Βόρειας Αφρικής και της Δυτικής Ασίας, με μέσο βάθος 1500 μέτρα, διαιρείται σε ανατολική και δυτική λεκάνη με κέντρο τα στενά της Σικελίας.(Candela 2001). Οι δύο κύριες λεκάνες διαχωρίζονται από το Κανάλι της Σικελίας και το στενό της Μεσσήνης. (Vittorio Barale and Ispra).

Υπάρχουν πάρα πολλά νησιά που περικλείονται από τη Μεσόγειο θάλασσα. Η Κύπρος και η Κρήτη είναι τα δυο μεγαλύτερα της νησιά. Η Κύπρος βρίσκεται στην απώτερη ανατολική Μεσόγειο, και η Κρήτη, μαζί με την Εύβοια, Λέσβο, Ρόδο, Χίο, Κεφαλλονιά, Κέρκυρα, Λήμνο, Σάμο, Νάξο, Ζάκυνθο, Άνδρο, Θάσο, Λευκάδα, Κάρπαθο, Κως, Ίμβρο, Κύθηρα, Ικαρία και Σκύρο, ελληνικά νησιά βρίσκονται στην ανατολική Μεσόγειο. Στην κεντρική Μεσόγειο, έχουμε τα νησιά της Σικελίας, Σαρδηνίας, Κορσικής, Τζέρπα, λ'μΚρες, Κρκ, Μπρατς, Χβρα, Παγκ, Κόρτσοθλα, Μάλτα και Έλβα. Στην δυτική, βρίσκονται η Μαγιόρκα, Μινόρκα και Ίμπιζα. Η Μεσόγειος, βρέχει την Ασία, την Ευρώπη και την Αφρική. Στην Ευρώπη βρέχει την Ισπανία, Γαλλία, Μονακό, Ιταλία, Μάλτα, Σλοβενία, Κροατία, Βοσνία-Ερζεγοβίνη, Μαυροβούνιο, Αλβανία, Ελλάδα, Κύπρο και Γιβραλτάρ. Στον Εύξεινο Πόντο, βρέχει την Βουλγαρία, Ρουμανία, Ουκρανία, Ρωσία και Γεωργία. Στην ήπειρο της Ασίας, βρέχει την Τουρκία, Συρία, Λίβανο, Ισραήλ και Παλαιστίνη. Στην Αφρική, βρέχει το Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία, Λιβύη και Αίγυπτο (Wikipedia).

Από το Στενό του Γιβραλτάρ μεταξύ της Ισπανίας και του Μαρόκου στις ακτές του Κόλπου της Αλεξανδρέττα στη νοτιοδυτική ακτή της Κωνσταντινούπολης, είναι

περίπου 2.500 μίλια (4000 Km), και η μέση βορρά-Νότου έκταση της, μεταξύ νοτιότερο ακτές της Κροατίας και της Λιβύης, είναι περίπου 500 μίλια (800 Km).

Το δυτικό άκρο της Μεσογείου συνδέεται με τον Ατλαντικό Ωκεανό από το στενό και ρηχό κανάλι των Στενών του Γιβραλτάρ, η οποία είναι περίπου 8 μίλια (13 χλμ) στο στενότερο σημείο του και το βάθος της ποδιάς, ή υποβρύχιο κορυφογραμμή που χωρίζει τον Ατλαντικό από τη Θάλασσα του Αλμποράν, είναι περίπου 1.050 πόδια (320 μέτρα). Στα βορειοανατολικά της Μεσογείου συνδέεται με τη Μαύρη Θάλασσα μέσω των Δαρδανελίων (με ένα περβάζι βάθος 230 πόδια [70 μ]), τη Θάλασσα του Μαρμαρά και το στενό του Βοσπόρου (περβάζι βάθος περίπου 300 πόδια [90 μ]). Στα νοτιοανατολικά είναι συνδεδεμένη με την Ερυθρά Θάλασσα μέσω της Διώρυγας του Σουέζ (<http://www.britannica.com/place/Mediterranean-Sea>).



Fig. 4. Mediterranean Sea. SeaWiFS data, simulated true-colour, 25 August 2000.

Εικόνα 21: Μεσόγειος θάλασσα (SeaWiFS)

Η σύνδεσή της με τις πιο πάνω εξωτερικές θάλασσες εναλλάσει μικρές ποσότητες νερό, εντούτοις, η μεταφορά νερού από τον Ατλαντικό Ωκεανό είναι αρκετά σημαντική διότι τα πυκνά και αλμυρά νερά που εξέρχονται μέσω των στενών του Γιβραλτάρ, επηρεάζουν την θερμοαλατική κυκλοφορία στο βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό ο οποίος μάλιστα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την παγκόσμια κυκλοφορία θερμότητας. Άρα, η αλατότητα της Μεσογείου θάλασσας μπορεί να διαμορφώσει τα υδάτα και την μεταβλητικότητα τους αλλά και την σταθερότητα της παγκόσμιας θερμοαλινης κατάστασης ισορροπίας (Candela 2001, Robinson et al., 2001).

Ως συγκεντρωτική λεκάνη, η Μεσόγειος θάλασσα παρέχει μια μεγάλη εξωτερική ροή ιδιαίτερα αλμυρών νερών προς τον Ατλαντικό ωκεανό μέσω του στενού του Γιβραλτάρ, εξαιτίας των μεγάλων ποσοστών εξάτμισης του νερού που δεν αναπληρώνει τα ποσά βροχόπτωσης. Οι τρεις κύριες πηγές νερού είναι η ροή που εκβάλλει από την Αδριατική, την Μαύρη θάλασσα και τα ψυχρά νερά από τον Ατλαντικό ωκεανό, τα οποία ρέουν κοντά στην επιφάνεια μέσω του στενού του Γιβραλτάρ. Τα ψυχρά νερά του Ατλαντικού ($T=15^{\circ}\text{C}$, $S=36.2\text{psu}$) ρέουν ανατολικά σχηματίζοντας το ρεύμα της Αλγερίας. Πριν εισέλθουν στην ανατολική Μεσόγειο, τα νερά του Ατλαντικού κινούνται αρχικά μέσω της δυτικής Μεσογείου και στην συνέχεια από τα στενά της Σικελίας, τα οποία ονομάζονται τροποποιημένα νερά του Ατλαντικού (MAW) (Malanotte-Rizzoli 1997). Καθώς η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη από την βροχόπτωση, η ροή του νερού εξαρτάται από διαφορές της πυκνότητας μεταξύ των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Τα πυκνότερα νερά βυθίζονται στην στήλη νερού δημιουργώντας μια μεγάλης κυκλοφορίας μεταφορά θερμότητας. Εξαιτίας αυτής της κυκλοφορίας τα νερά που προέρχονται από τον Ατλαντικό ωκεανό κινούνται στην επιφάνεια της Μεσογείου ενώ τα πιο αλμυρά νερά εκβάλλουν στον Ατλαντικό κάτω από τα εισερχόμενα στην λεκάνη της Μεσογείου (Matthias Tomczak 2003).

Όσο αφορά τη θερμοκρασία στη Μεσόγειο θάλασσα, στα ανατολικά η θερμοκρασία είναι υψηλότερη. Η υψηλότερη θερμοκρασία είναι στον Κόλπο της Σύρτης (ανοικτά της Λιβύης), όπου σημειώνεται τον Αύγουστο μια θερμοκρασία 31°C και την αμέσως λιγότερο ψηλή θερμοκρασία την έχει ο Κόλπος της Αλεξανδέττας, 30°C . Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, παρουσιάζονται στο βόρειο άκρο της Ανδριατικής, όπου τον Φλεβάρη, έχουμε 5°C . Στη βαθιά ζώνη, θερμοκρασία είναι μικρή, $12,9^{\circ}\text{C}$ στα 3000 πόδια και τα 8200 πόδια, είναι 13.1°C , οι οποίες παραμένουν σταθερές για όλη τη χρονιά (Britannica).

Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται ηλιόλουστο, εφόσον έχει άφθονη ηλιοφάνεια και επηρεάζεται από τις βόρειες οροσειρές, τον εποχιακό κύκλο της περιοχής. Οι χειμώνες του μεσογειακού κλίματος είναι ήπιοι, όταν η περιοχή δέχεται συχνές βροχοπτώσεις και τα καλοκαίρια είναι σχετικά ζεστά και ξηρά και τον χειμώνα φυσούν ισχυροί τοπικοί ανέμοι. Οι διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ το χειμώνα και το καλοκαίρι περιορίζονται στους 15°C , όμως οι γεωγραφικά τοπικές και μετεωρολογικοί παράγοντες, οδηγούν σε ακραίες συνθήκες την θερμοκρασία του αέρα έως 50°C , στις

ακτές τις Αφρικής. Η επιφανειακή θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ των 14-16°C, για τα δυτικά το καλοκαίρι, όμως συνολικά μπορεί να φτάσει και στους 20°C, όπως συμβαίνει στα ρηχά τμήματα της Αδριατικής, έχοντας ένα εύρος 8-10°C το χειμώνα (Candella 2001).

3.4 Μεθοδολογία

Έχουν επεξεργαστεί δεδομένα τα οποία εξάχθηκαν μέσω δορυφόρων. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα της χλωροφύλλης-α, έχουν ληφθεί μέσω του SeaWIFS και της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας από τον MODIS, για τις χρονολογίες 2003-2013, 11 συνολικών ετών και για όλες τις εποχές, που προέκυψαν από τους μέσους όρους των χρονολογιών αυτών.

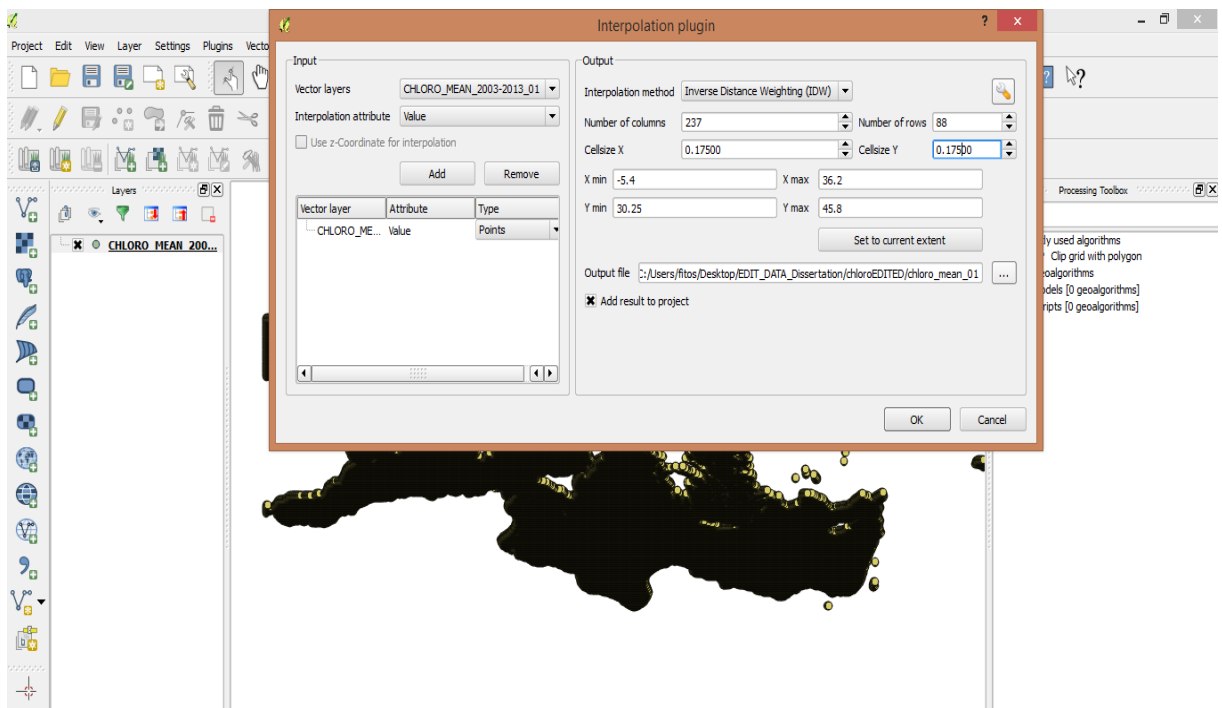
Προτεινόμενη μεθοδολογία:

- Επεξεργασία χωρικών δεδομένων (Chl-a και επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας), μέσω του προγράμματος QGIS, όπου απομονώθηκαν δεδομένα τα οποία αφορούσαν την εκτός περιοχής ενδιαφέροντος και αφαίρεση των δεδομένων που άνηκαν σε περιοχές εκτός της θάλασσας.
- Χωρική ανάλυση/συσχέτιση όλων των δεδομένων
- Στατική επεξεργασία μέσω SPSS, για συσχέτιση παραμέτρων χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας.

Τα αρχικά αρχεία αποτελούνταν από pixels με τις μέσες τιμές των παραμέτρων επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α. Όλα τα αρχεία μετατράπηκαν σε shapefiles και απομονώθηκαν όλα τα pixels που ανήκουν σε θάλασσα. Συνολικά όλα τα pixels που βρέθηκαν να ανήκουν σε θάλασσα για την περιοχή ενδιαφέροντος είναι 8348. Γίνεται η χρήση του EPSG:4326-WGS 84 και το νούμερο pixel που έγινε η επεξεργασία εικόνων είναι 0.175 το οποίο μας δείχνει μια αρκετά διευκρινισμένη εικόνα.



Εικόνα 22: Δορυφορική απεικόνιση της Μεσογείου θάλασσας και τις περικλειστές της χώρες

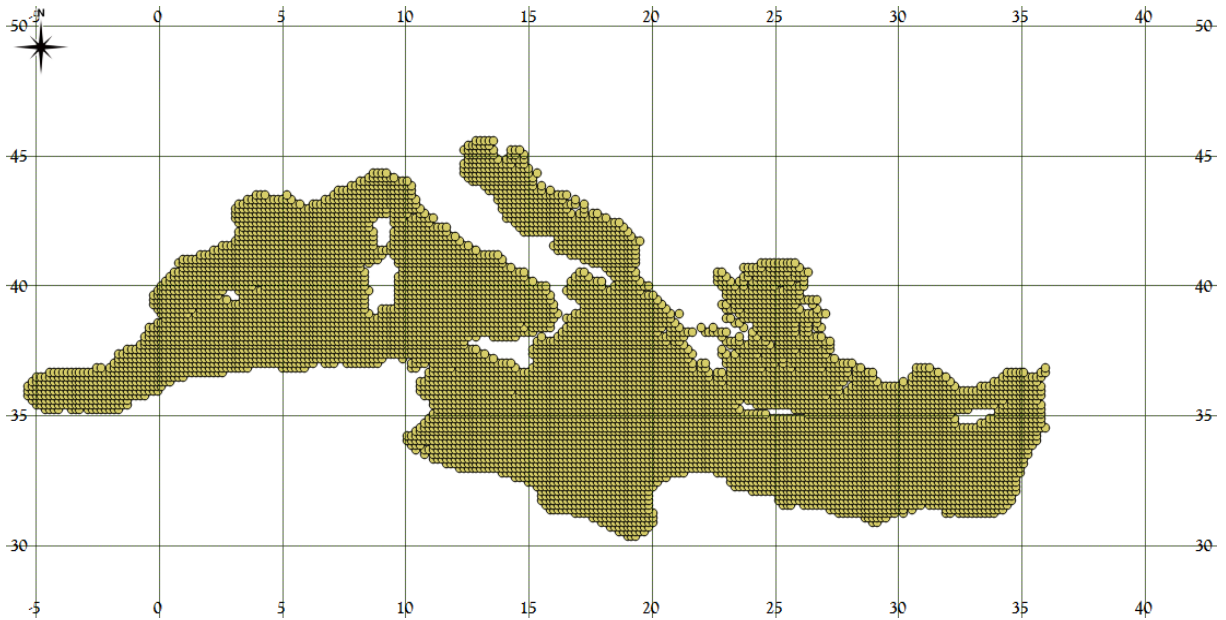


Εικόνα 23: Μετατροπή δεδομένων σε shapefile.

ALL_THE_DATA_EXCEL - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	LAT	LOX	CODE	VALUE SST_01	VALUE SST_02	VALUE SST_03	VALUE SST_04	VALUE SST_05	VALUE SST_06	VALUE SST_07
2	-5,3125	45,5625	0	12.111038208007813	11,695292472839355	11,811602592468262	12,567967414855957	14,217462539672852	16,730417251586914	18,987403
3	-5,137500000000002	45,5625	0	12.111998176574707	11,654623031616211	11,779894828796387	12,598532676696777	14,230809211730957	16,725828170776367	19,006956
4	-4,962500000000004	45,5625	0	12.127407073974609	11,580782890319824	11,79442024230957	12,583144187927246	14,220808982849121	16,753198623657227	18,930503
5	-4,787500000000005	45,5625	0	12.081151008605957	11,60273265838623	11,807297706604004	12,543590545654297	14,139401435852051	16,742084503173828	19,066192
6	-4,612500000000007	45,5625	0	12.043747901916504	11,61772632598877	11,80827808380127	12,590893745422363	14,243203163146973	16,847482681274414	19,239137
7	-4,4375	45,5625	0	12.095137596130371	11,704800605773926	11,797161102294922	12,596041679382324	14,307290077209473	16,946750640869141	19,393276
8	-4,262500000000002	45,5625	0	12.140369415283203	11,708779335021973	11,825355529785156	12,598828315734863	14,38834285736084	17,057411193847656	19,468107
9	-4,087500000000004	45,5625	0	12.151321411132813	11,679475784301758	11,817661285400391	12,601133346557617	14,442984580993652	17,144031524658203	19,574064
10	-3,912500000000005	45,5625	0	12.17076301574707	11,715532302856445	11,808404922485352	12,591358184814453	14,478351593017578	17,226251602172852	19,681915
11	-3,737500000000007	45,5625	0	12.218202590942383	11,750452041625977	11,801109313964844	12,580570220947266	14,477616310119629	17,322639465332031	19,783266
12	-3,562500000000004	45,5625	0	12.257737159729004	11,75976317651367	11,784737586975098	12,54914379119873	14,472625732421875	17,439332962036133	19,883331
13	-3,387500000000006	45,5625	0	12.28176975202441	11,785893440246582	11,785070419311523	12,577936172485352	14,545260429382324	17,523368835449219	19,952644
14	-3,212500000000004	45,5625	0	12.285923004150391	11,712459030151367	11,724079132080078	12,588582038879395	14,655840873718262	17,790050506591797	20,085159
15	-3,037500000000005	45,5625	0	12.271755218505859	11,699810028076172	11,655966758728027	12,65605640411377	14,746854782104492	17,956193923950195	20,119663
16	-2,862500000000007	45,5625	0	12.229098320007324	11,621760368347168	11,618191719055176	12,618749618530273	14,833009719848633	17,921892166137695	20,193531
17	-2,687500000000004	45,5625	0	12.201460838317871	11,523420333862305	11,530716896057129	12,616238594055176	14,920811653137207	17,993982315063477	20,233436
18	-2,512500000000006	45,5625	0	12.133008003234863	11,421914100646973	11,427735328674316	12,603129386901855	15,018343925476074	18,065607070922852	20,249282
19	-2,337500000000004	45,5625	0	12.056998252868652	11,246285438537598	11,250131607055664	12,568067550665918	15,053240776062012	18,116594314575195	20,276941
20	-2,162500000000005	45,5625	0	11.875835418701172	11,014653205871582	11,055438041687012	12,525177955627441	15,060145378112793	18,126144409179688	20,313722
21	-1,987500000000007	45,5625	0	11.660961151123047	10,662883758544922	10,866426467895508	12,490878105163574	15,077425956726074	18,135917663574219	20,362289
22	-1,812500000000004	45,5625	0	11.333583831787109	10,315798759460449	10,648419380187988	12,424909591674805	15,086938858032227	18,145736694335938	20,396125
23	-1,637500000000006	45,5625	0	10.773571968078613	9,902806282043457	10,377488136291504	12,36970329284668	15,07545582580566	18,028366088867188	20,318029
24	-1,462500000000008	45,5625	0	10.039248466491699	9,2821722030639648	10,200262069702148	12,247890472412109	14,941420555114746	17,820585250854492	20,125446
25	-1,287500000000005	45,5625	0	9.658593887329102	9,2192621231079102	10,328045845031738	12,22266674041748	14,810087203979492	17,740375518798828	19,852195

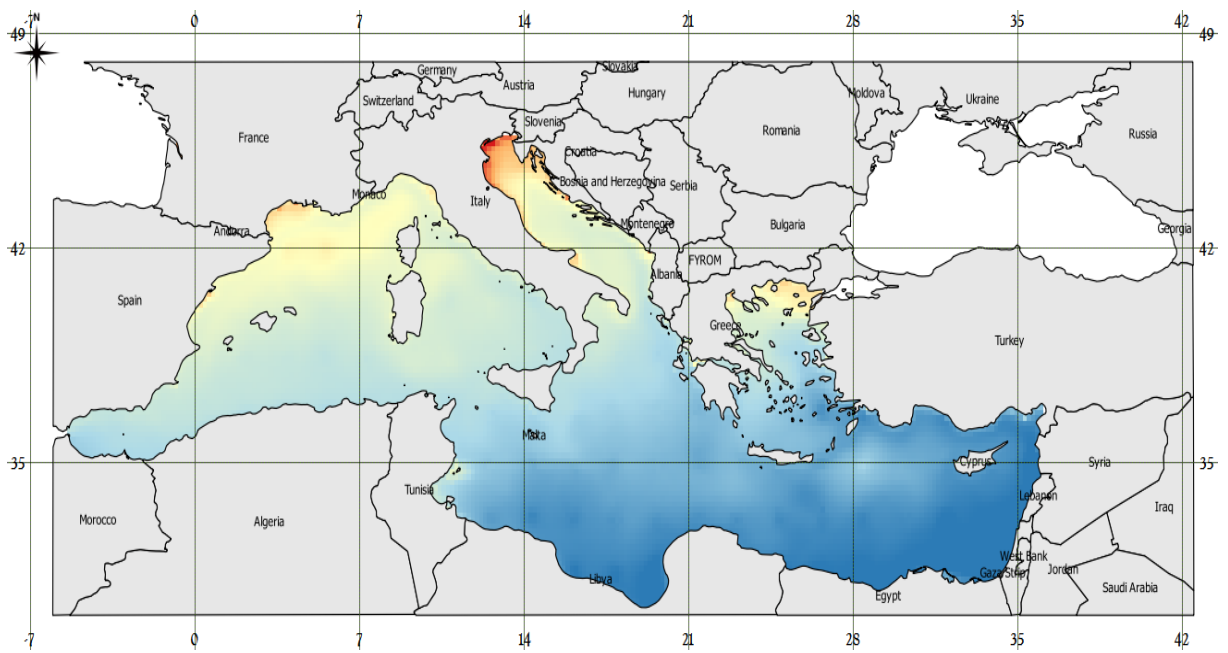
Εικόνα 24: Συγκέντρωση δεδομένων στην Excel, με τα δεδομένα που αφορούν μόνο τη θαλάσσια περιοχή.



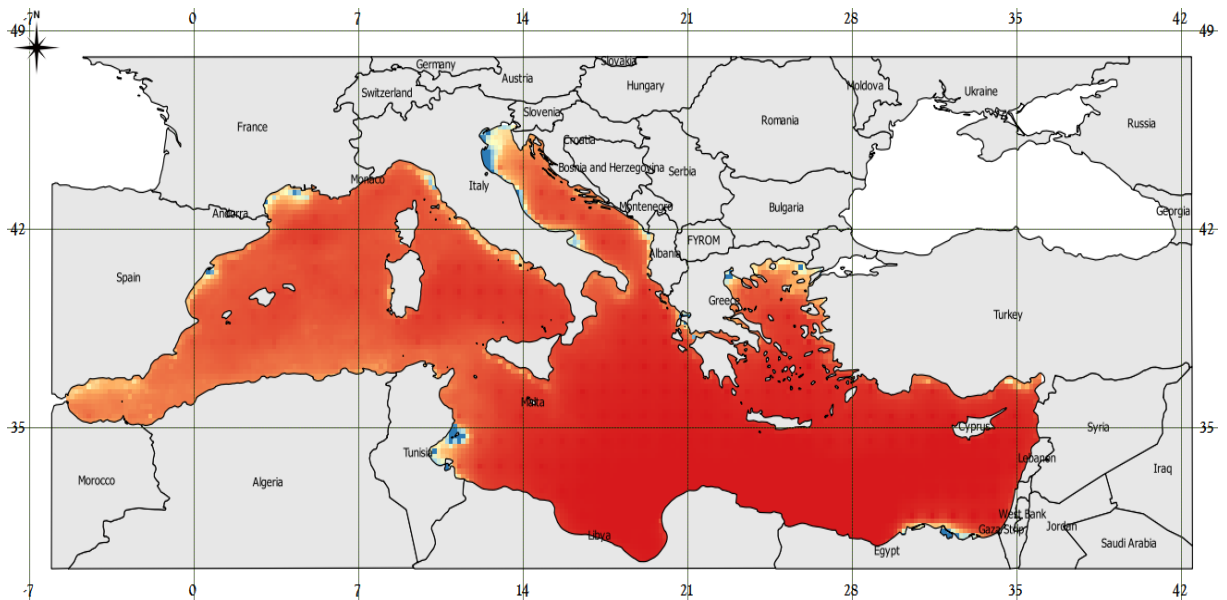
Εικόνα 25: Δεδομένα χωρίς παρεμβολές



Εικόνα 26: Τελικά δεδομένα



Εικόνα 27: Χαρτογράφηση της χωρικής κατανομής επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στην Μεσόγειο θάλασσα.



Εικόνα 28: Χαρτογράφηση της χωρικής κατανομής χλωροφύλλης-α στην Μεσόγειο θάλασσα.

Πρόγραμμα SPSS:

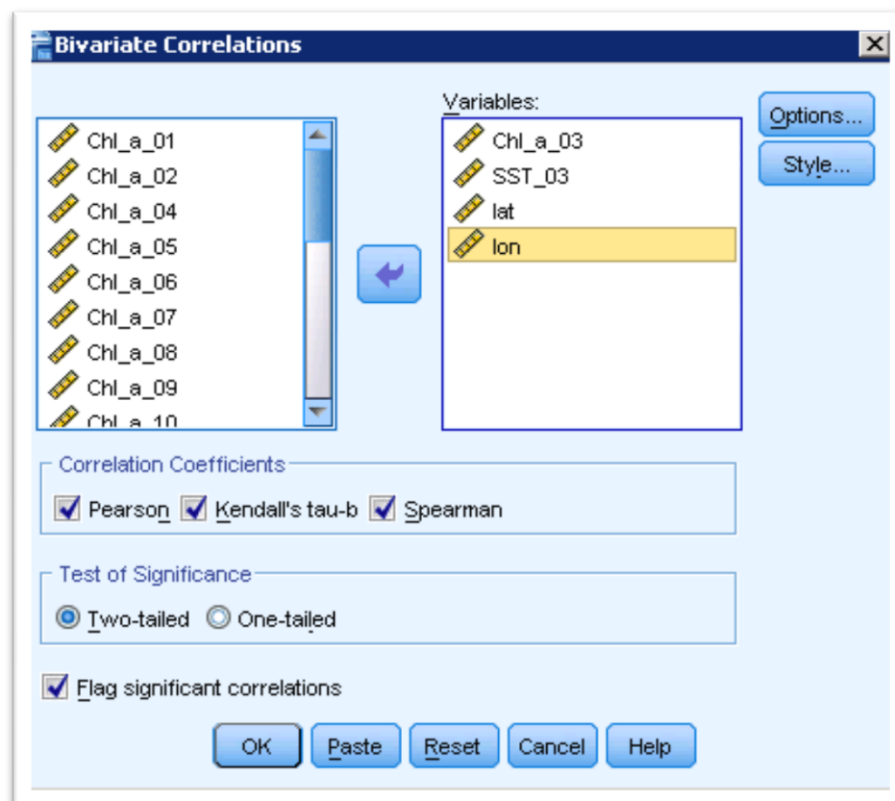
Για την στατιστική επεξεργασία δεδομένων, εισάχθηκαν στο πρόγραμμα SPSS μέσω της EXCEL όλα τα δεδομένα των παραμέτρων που εξετάζονται. Έχουν γίνει συσχετίσεις μεταξύ θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας, χλωροφύλλης-α και βροχόπτωσης για κάθε μήνα αλλά και κάθε χρονολογία ξεχωριστά και γραφήματα με τις παράμετρους που μελετώνται στην παρούσα διατριβή, προκειμένου να αναδείξουν τα αποτελέσματα και να εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα. Οι στατιστικοί δείκτες που αναλύονται στο πρόγραμμα είναι ο Pearson, Kendall's tau_b, Spearman's rho. Έγινε περαιτέρω ανάλυση του δείκτη Pearson, ερμηνεύοντας βάση τούτου τα αποτελέσματα, με την εξής ανάλυση η οποία αναγράφεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας14: Pearson correlation

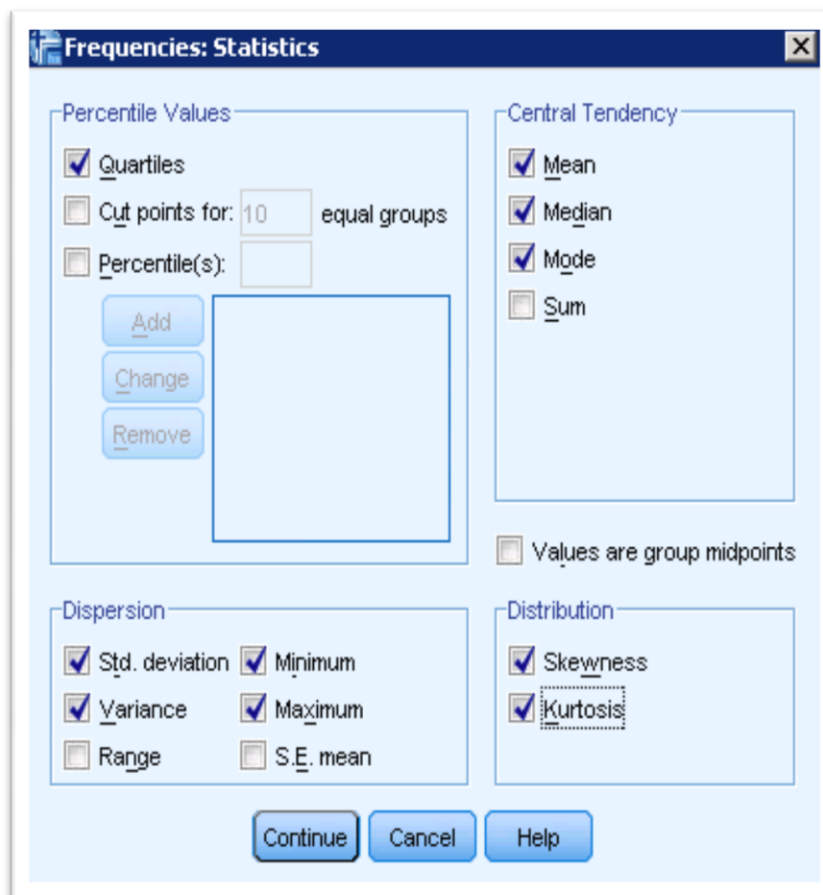
Pearson Correlation	Επεξήγηση
$r = \pm 1$	τέλεια γραμμική συσχέτιση
$- 0,3 \leq r < 0,3$	δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση (δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει άλλου είδους συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών)
$-0,5 < r \leq -0,3$ ή $0,3 \leq r < 0,5$	ασθενής γραμμική συσχέτιση
$- 0,7 < r \leq -0,5$ ή $0,5 \leq r < 0,7$	μέση γραμμική συσχέτιση
$- 0,8 < r \leq -0,7$ ή $0,7 \leq r < 0,8$	ισχυρή γραμμική συσχέτιση
$-1 < r \leq -0,8$ ή $0,8 \leq r < 1$	πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση

	lat	lon	Chl_a_01	Chl_a_02	Chl_a_03	Chl_a_04	Chl_a_05	Chl_a_06	Chl_a_07	Chl_a_08	Chl_a_09	Chl_a_10	Chl_a_11	Chl_a_12
1	19.013	30.338	.214	.226	.184	.112	.084	.074	.067	.074	.073	.091	.133	.18
2	19.188	30.338	.206	.210	.173	.101	.073	.068	.061	.067	.066	.081	.123	.16
3	19.363	30.338	.199	.206	.174	.108	.080	.070	.065	.070	.072	.087	.123	.17
4	18.663	30.513	.216	.229	.185	.116	.085	.074	.065	.071	.072	.091	.134	.18
5	18.838	30.513	.209	.219	.175	.110	.082	.073	.065	.068	.067	.085	.125	.17
6	19.013	30.513	.199	.205	.167	.105	.079	.071	.063	.065	.065	.080	.119	.16
7	19.188	30.513	.193	.197	.160	.103	.077	.069	.061	.063	.064	.077	.114	.15
8	19.363	30.513	.192	.195	.161	.104	.078	.069	.061	.064	.066	.079	.114	.15
9	19.538	30.513	.196	.197	.165	.108	.081	.072	.064	.069	.072	.085	.118	.16
10	19.713	30.513	.205	.204	.183	.123	.096	.085	.079	.087	.090	.106	.131	.17
11	18.313	30.688	.217	.230	.186	.117	.087	.074	.067	.072	.076	.095	.135	.19
12	18.488	30.688	.211	.221	.175	.109	.083	.071	.062	.066	.068	.084	.128	.18
13	18.663	30.688	.204	.213	.170	.106	.081	.071	.063	.065	.064	.080	.121	.17
14	18.838	30.688	.197	.204	.164	.103	.080	.071	.063	.063	.062	.077	.115	.16
15	19.013	30.688	.192	.196	.160	.102	.078	.070	.061	.061	.060	.075	.110	.15
16	19.188	30.688	.190	.193	.157	.101	.078	.068	.060	.060	.060	.073	.107	.15
17	19.363	30.688	.190	.195	.157	.103	.078	.069	.061	.061	.062	.075	.107	.15
18	19.538	30.688	.192	.196	.161	.105	.079	.071	.062	.064	.066	.079	.111	.15
19	19.713	30.688	.198	.199	.170	.110	.084	.074	.066	.070	.072	.087	.118	.16
20	19.888	30.688	.215	.210	.202	.135	.112	.094	.085	.093	.099	.115	.140	.18
21	17.963	30.863	.220	.227	.181	.114	.087	.073	.065	.069	.074	.095	.130	.19
22	18.138	30.863	.212	.211	.169	.105	.080	.067	.059	.061	.066	.082	.120	.17
23	18.313	30.863	.203	.205	.158	.095	.072	.063	.053	.056	.057	.072	.110	.17
24	18.488	30.863	.198	.207	.160	.097	.075	.068	.058	.060	.060	.072	.110	.16

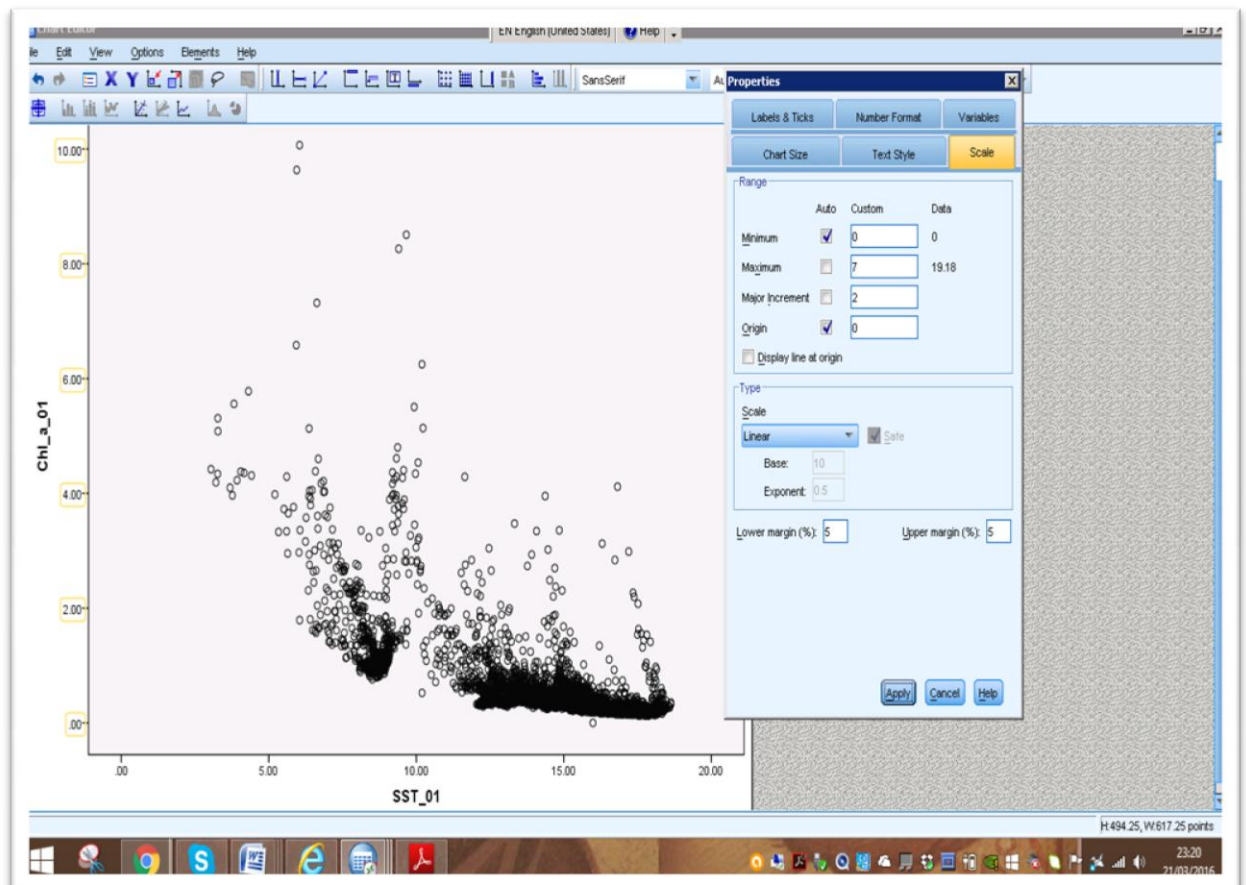
Εικόνα 29: Δεδομένα στο SPSS.



Εικόνα 30: Bivariate Correlations.



Εικόνα 31: Frequencies: Statistics.



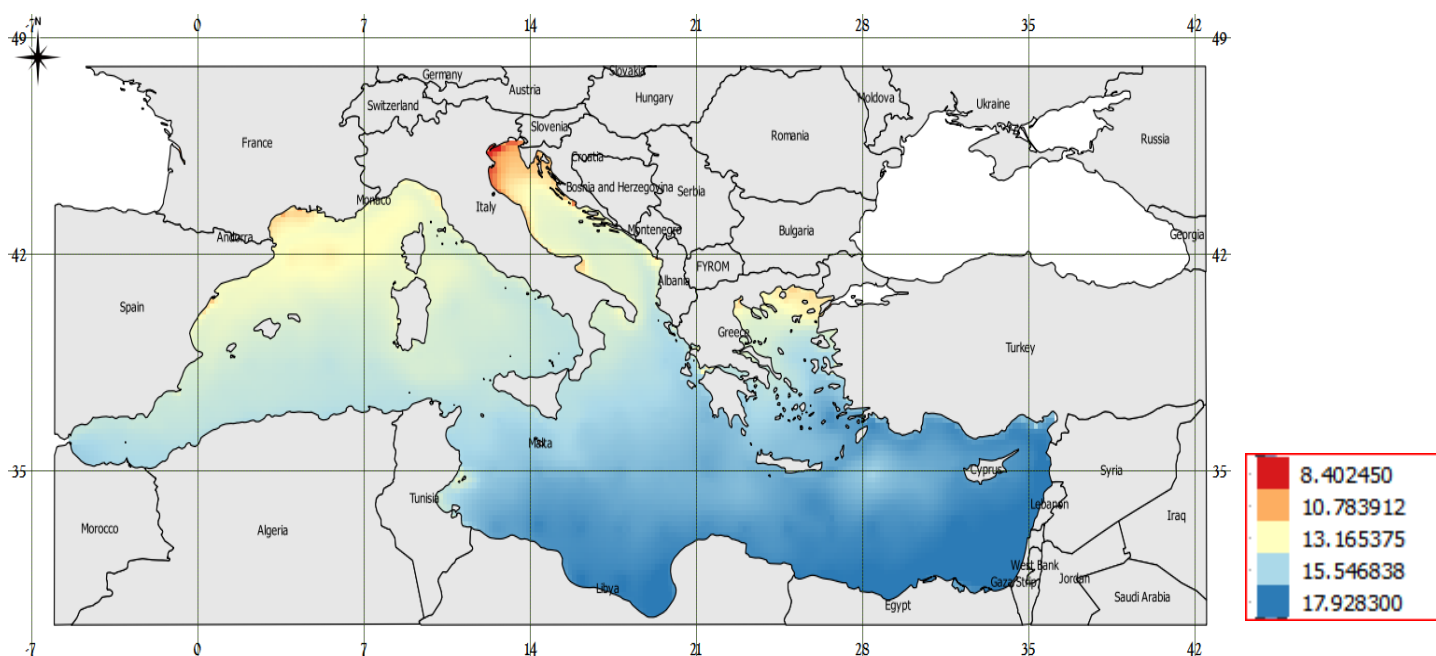
Εικόνα 32: Γράφημα στο SPSS.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

4.1 Μηνιαίες χωρικές κατανομές παράμετρων στο πρόγραμμα QGIS

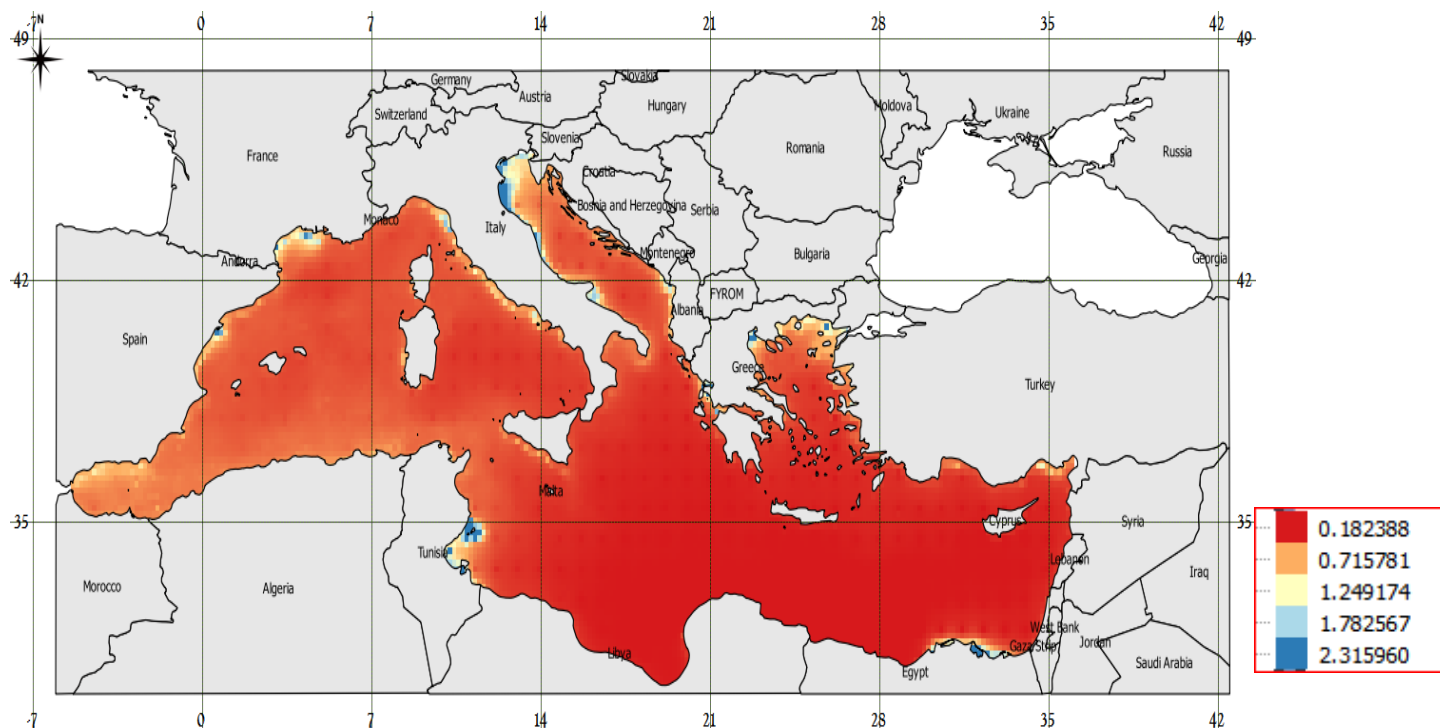
4.1.1 Ιανουάριος



Εικόνα 33: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Ιανουάριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Ιανουάριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Επίσης οι μικρότερες τιμές όλης της Μεσογείου θάλασσας, παρουσιάζονται μεταξύ των ακτών Ιταλίας και Σλοβενίας, στα βόρεια. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις

υψηλότερες τιμές τις επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου και Γάζας, εντελώς ανατολικά.

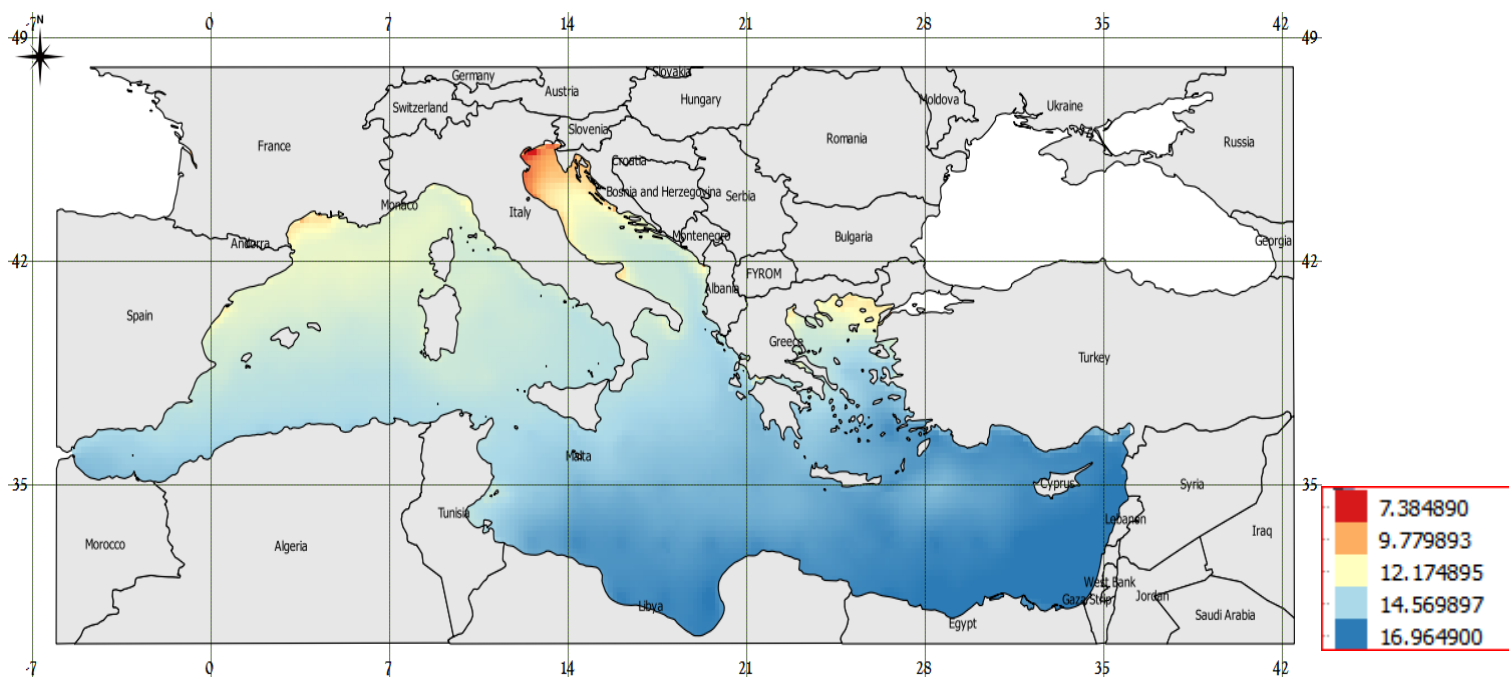


Εικόνα 34: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Ιανουάριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Ιανουάριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε λίγο υψηλότερες τιμές.

Αρκετές περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

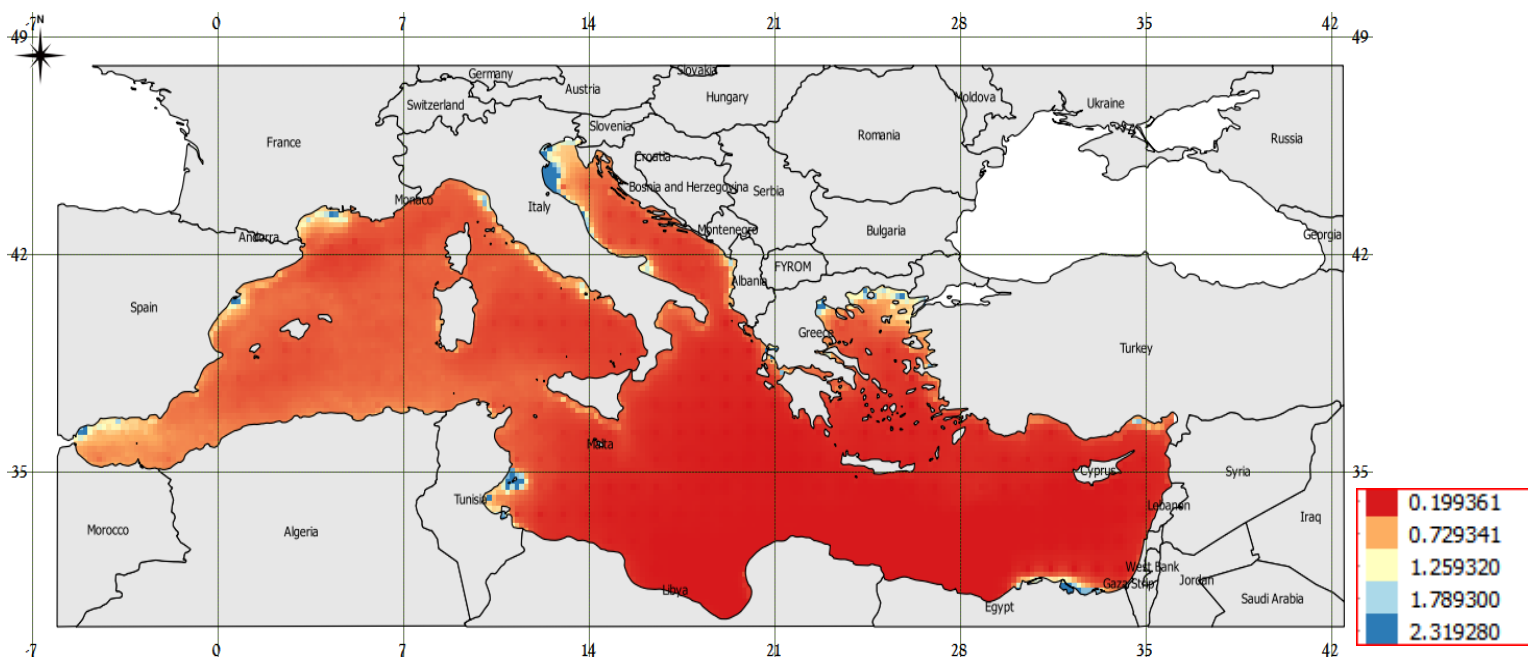
4.1.2 Φεβρουάριος



Εικόνα 35: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Φεβρουάριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Φεβρουάριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Επίσης οι μικρότερες τιμές όλης της Μεσογείου θάλασσας, παρουσιάζονται μεταξύ των ακτών Ιταλίας και Σλοβενίας, στα βόρεια. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας. Στην ανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου και Γάζας, εντελώς ανατολικά.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιανουάριο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μικρότερες για τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές.



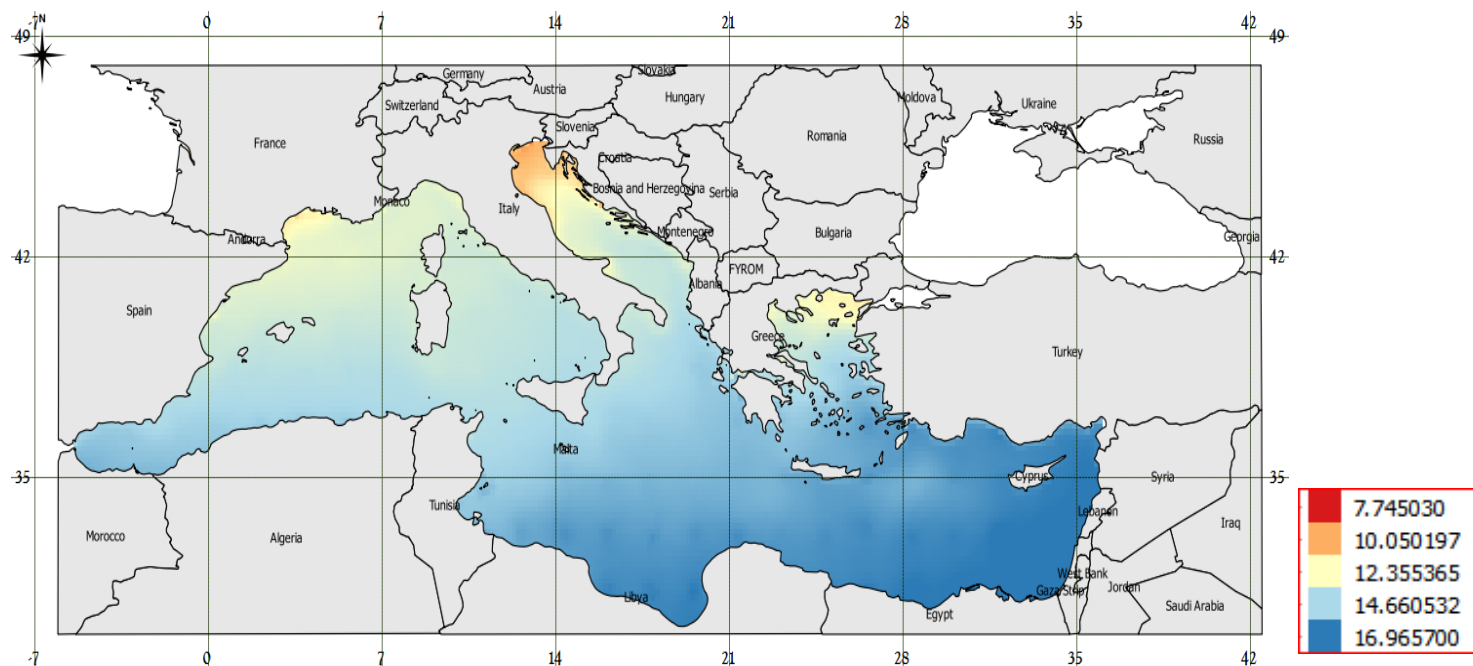
Εικόνα 36: Χωρική κατανομή της χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Φεβρουάριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Φεβρουάριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε λίγο υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς δυτικά.

Στα βόρεια, Ιταλία, Σλοβενία, Βοσνία και στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης και Κωνσταντινούπολης, παρατηρείται ότι συμπίπτουν οι μέγιστες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και οι μέγιστες τιμές χλωροφύλλης-α.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιανουάριο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι υψηλότερες για τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές.

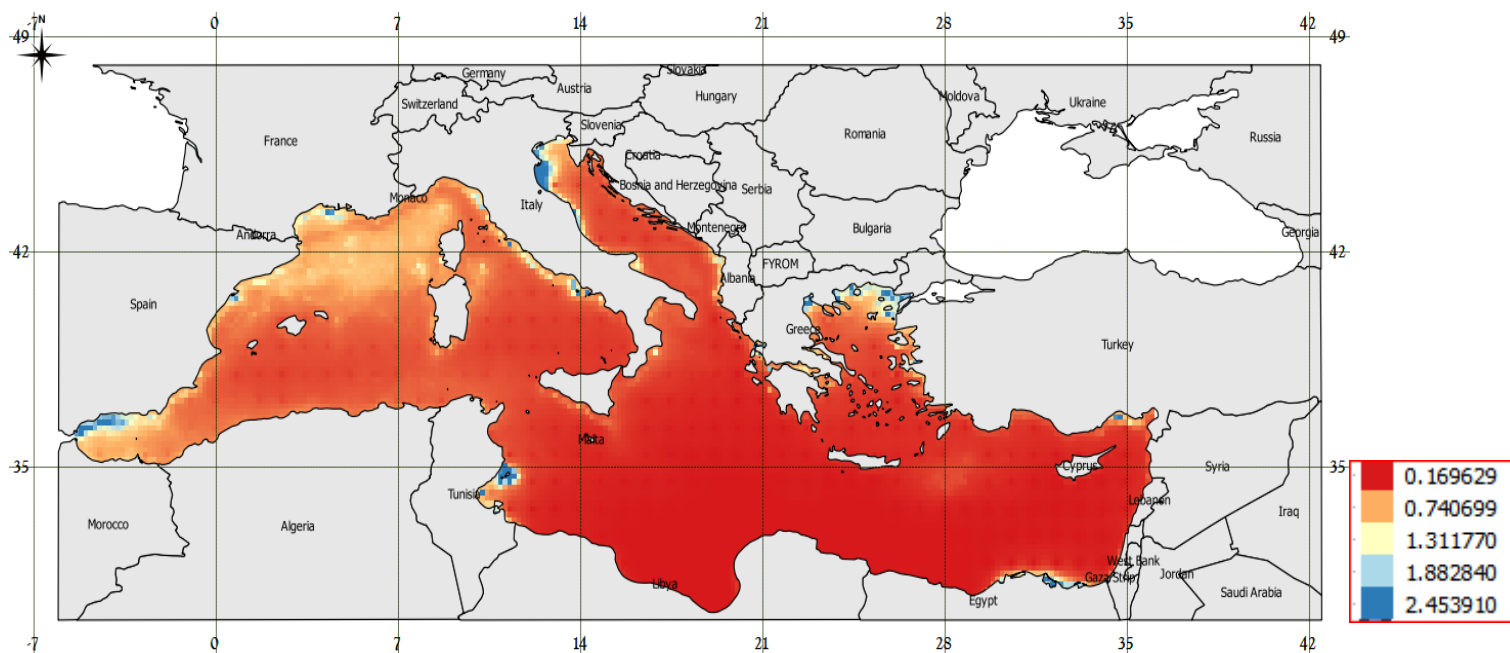
4.1.3 Μάρτιος



Εικόνα 37: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Μάρτιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Μάρτιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Επίσης οι μικρότερες τιμές όλης της Μεσογείου θάλασσας, παρουσιάζονται μεταξύ των ακτών Ιταλίας και Σλοβενίας, στα βόρεια. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου και Γάζας, εντελώς ανατολικά.

Σε σύγκριση με τον μήνα Φεβρουάριο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές.



Εικόνα 38: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Μάρτιο

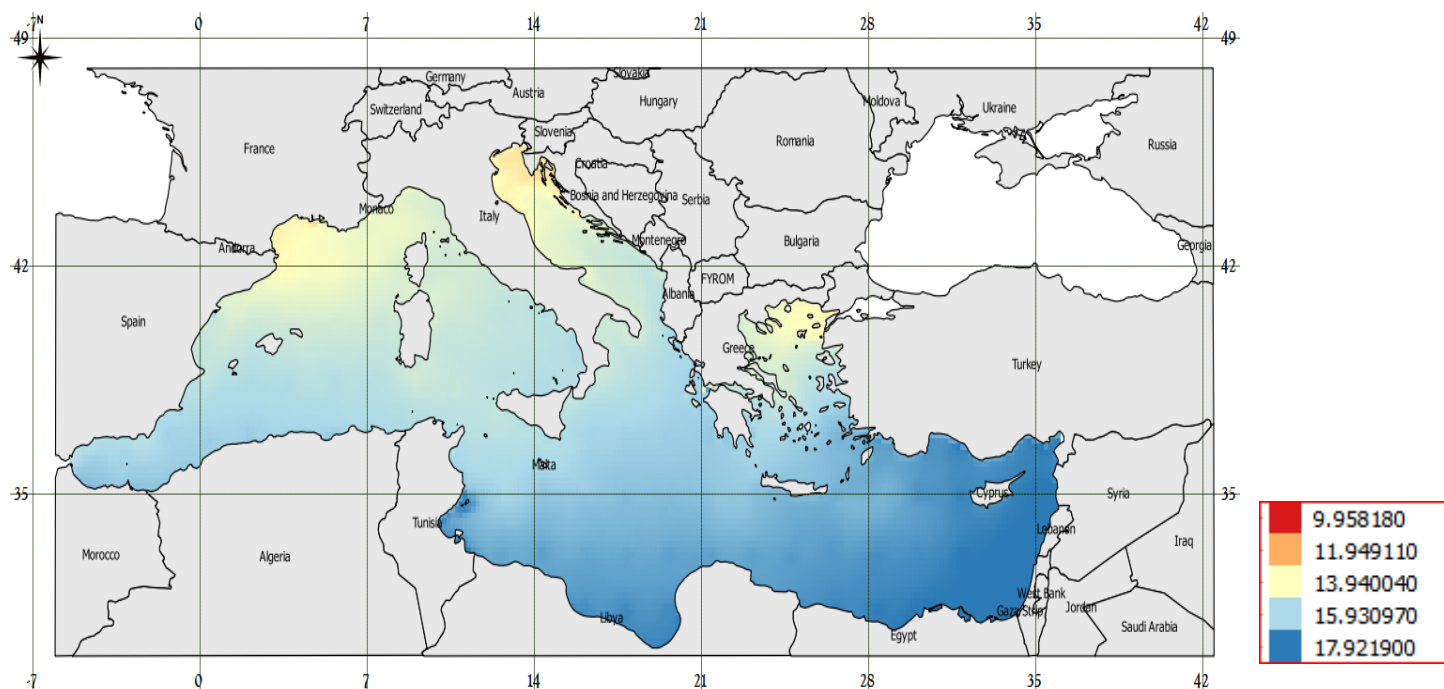
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Μάρτιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε λίγο υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά.

Στα βόρεια, Ιταλία, Σλοβενία, Βοσνία και στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης και Κωνσταντινούπολης, παρατηρείται ότι συμπίπτουν οι μέγιστες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και οι μέγιστες τιμές χλωροφύλλης-α.

Σε σύγκριση με τον μήνα Φεβρουάριο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι υψηλότερες για τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές.

Αρκετές περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α. Αυτό ισχύει περισσότερο τον Μάρτιο σε σύγκριση από όλους τους μήνες του χρόνου.

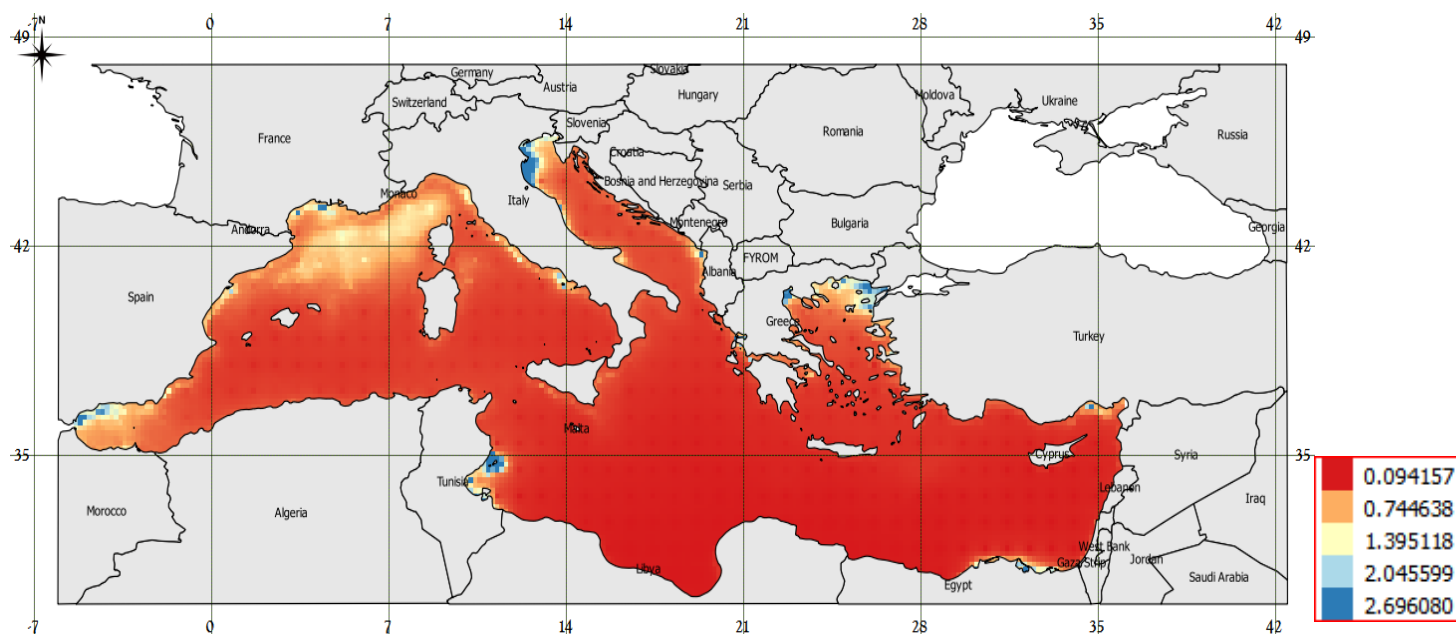
4.1.4 Απρίλιος



Εικόνα 39: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Απρίλιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Απρίλιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Επίσης οι μικρότερες τιμές όλης της Μεσογείου θάλασσας, παρουσιάζονται μεταξύ των ακτών Ιταλίας και Σλοβενίας, στα βόρεια. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ, Ισπανία, Αλγερίας. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές τις επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου, Γάζας και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και σε κάποιο σημείο της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Μάρτιο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές.



Εικόνα 40: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Απρίλιο

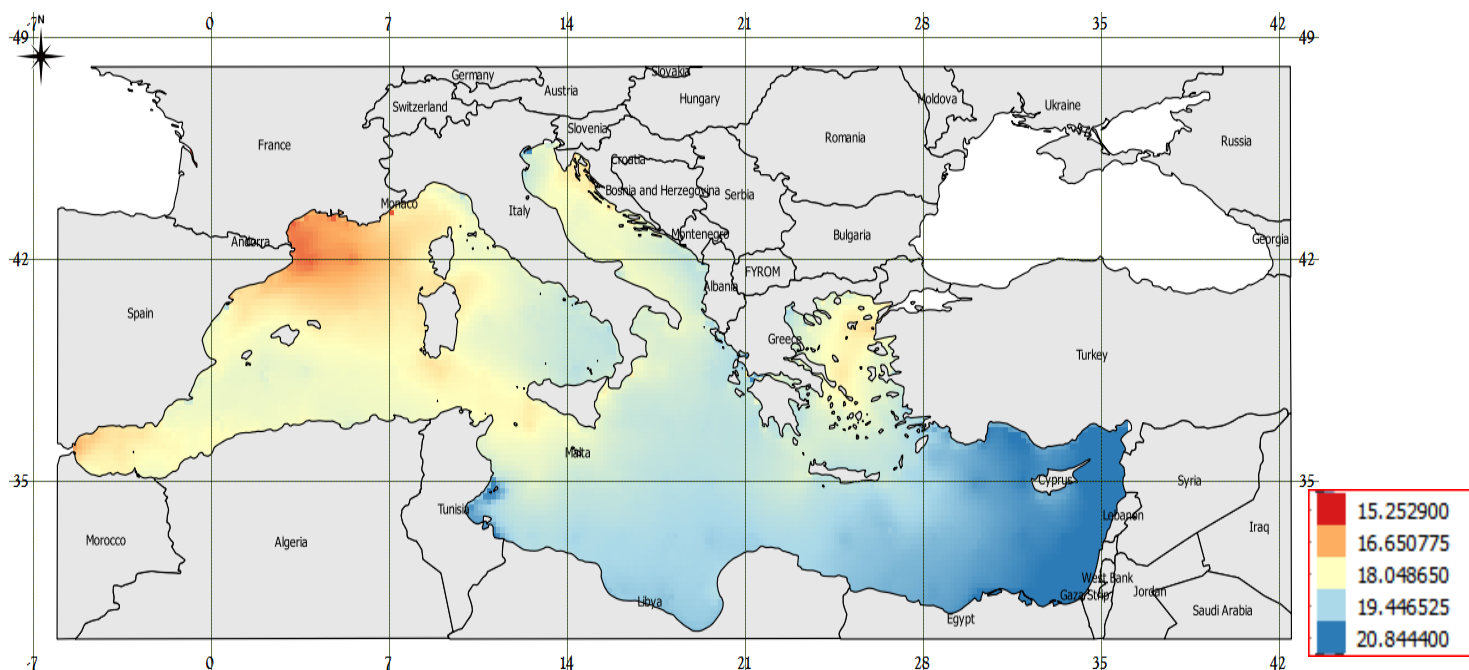
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Απρίλιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης στα βόρεια της Ελλάδας και δυτικά της Κωνσταντινούπολης. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στις ακτές της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Σε σημείο των ακτών της Γαλλίας αλλά και στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά, όπου όσο κατεβαίνουμε προς τα νότια του Γιβραλτάρ, μειώνονται.

Στα βόρεια, στην Ιταλία, Σλοβενία, Βοσνία και στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης, παρατηρείται ότι συμπίπτουν οι μέγιστες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και οι μέγιστες τιμές χλωροφύλλης-α.

Σε σύγκριση με τον μήνα Μάρτιο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μικρότερες για τις ελάχιστες και υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Κάποιες περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

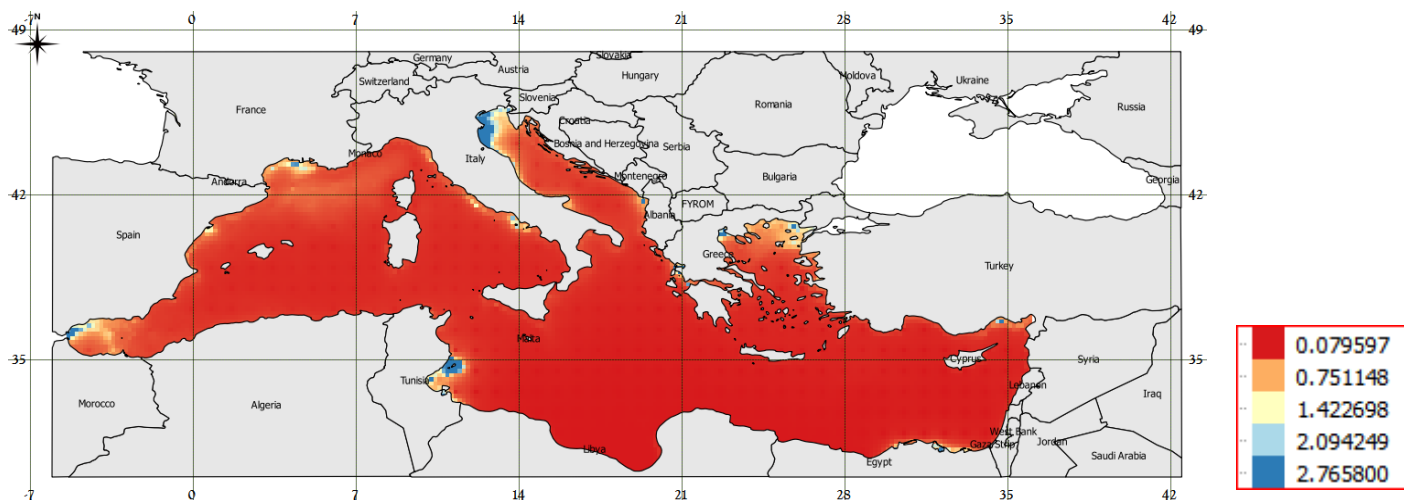
4.1.5 Μάιος



Εικόνα 41: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Μάιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Μάιο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Γαλλίας, με αρκετή επέκταση και σε κάποια σημεία της ακτής του Μονακού και Ανδόρας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ με σημεία μέγιστων τιμών του εκεί που συνορεύει με τις ακτές της Ισπανίας, Αλγερίας, ακτές της Ιταλίας-Βοσνίας, Μάλτας και στο Αιγαίο πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Απρίλιο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγαλύτερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



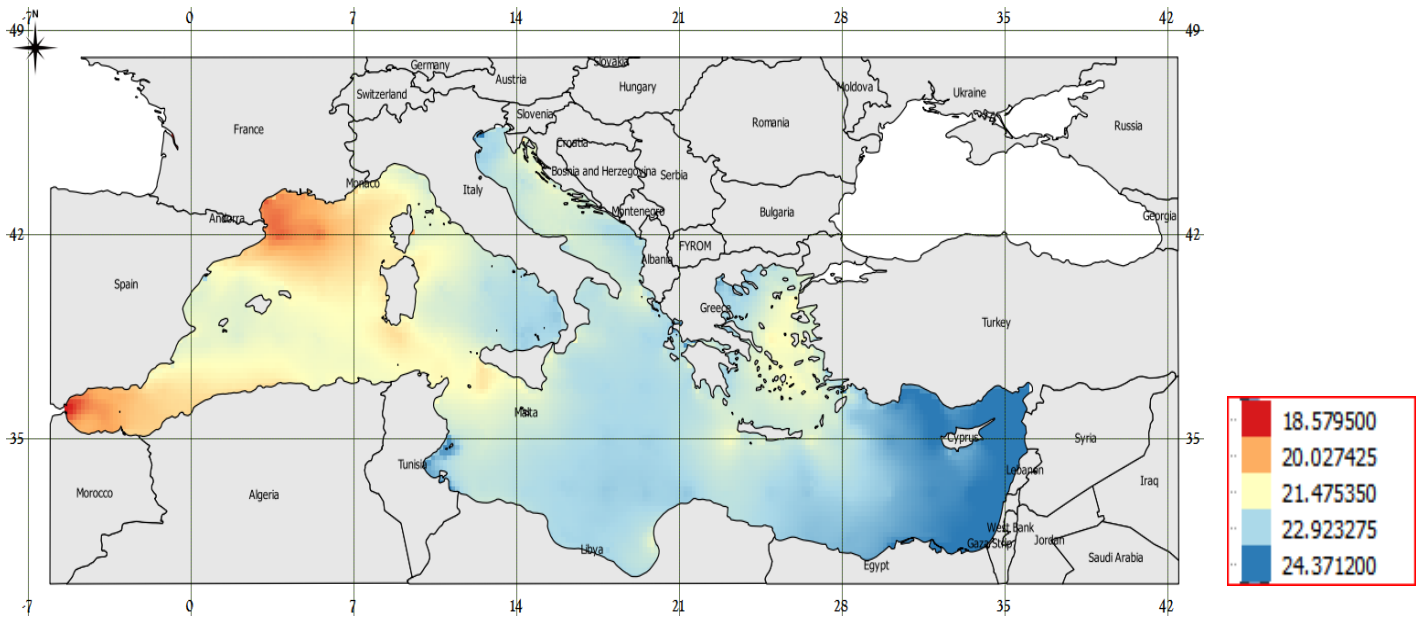
Εικόνα 42: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Μάιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Απρίλιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης στα βόρεια της Ελλάδας και δυτικά της Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχει επίσης και σημείο μέγιστης τιμής. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στις ακτές της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Σε σημείο των ακτών της Γαλλίας αλλά και στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά, όπου όσο κατεβαίνουμε προς τα νότια του Γιβραλτάρ προς το Μονακό, μειώνονται.

Σε σύγκριση με τον μήνα Μάιο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μικρότερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Ελάχιστες περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

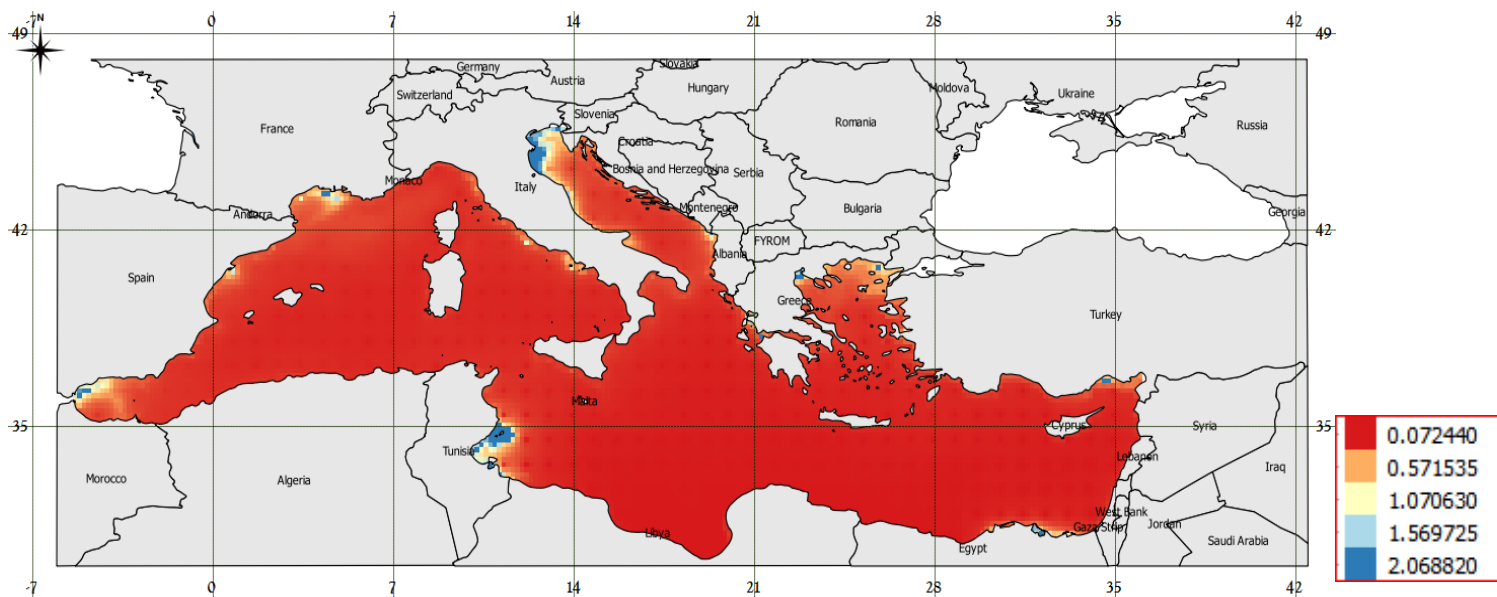
4.1.6 Ιούνιος



Εικόνα 43: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Ιούνιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Εδώ αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι ο χάρτης απεικονίζει συνολικά λιγότερο ποσοστό των μέγιστων τιμών σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες. Τον μήνα Ιούνιο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Γαλλίας, με αρκετή επέκταση, στο ενδιάμεσο των στενών του Γιβραλτάρ - Μαρόκο- Ισπανίας και σε κάποια σημεία της ακτής της Ανδόρας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, Αλγερίας, ακτές της Ιταλίας-Βοσνίας, Μάλτας και στο Αιγαίο πέλαγος, σε σημείο της ακτής της Λιβύης, και γύρω από την περιοχή της Κρήτης. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Μάιο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγαλύτερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



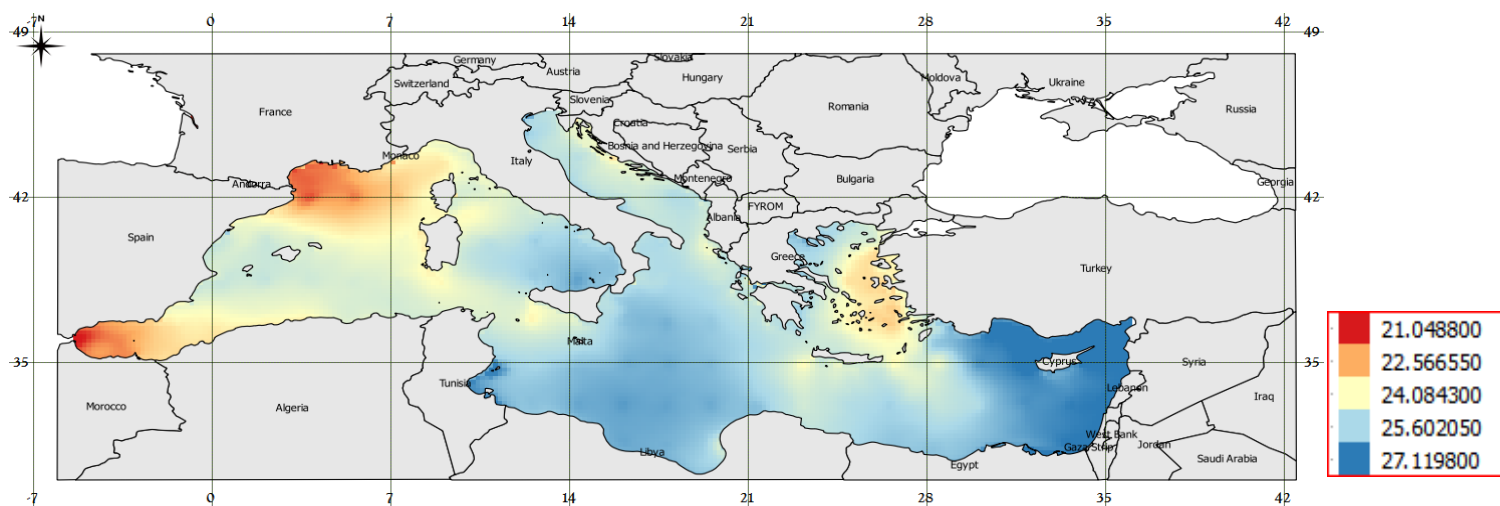
Εικόνα 44: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Ιούνιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Ιούλιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές σε μικρότερη έκταση σε σχέση με τον Ιούνιο, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης στα βόρεια της Ελλάδας και δυτικά της Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχει επίσης και σημείο μέγιστης τιμής. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στις ακτές της Τυνησίας σε μεγαλύτερη επέκταση σε σύγκριση με τον Ιούνιο και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Σε σημείο των ακτών της Γαλλίας αλλά και στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά, όπου όσο κατεβαίνουμε προς τα νότια του Γιβραλτάρ προς το Μονακό, μειώνονται. Στα σημεία όπου έχουμε τα μέγιστα της χλωροφύλλης-α, παρατηρούμε ότι όσο αυτά επεκτείνονται σε μήκος, μειώνεται αναλόγως και οι τιμές τους.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιούνιο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μικρότερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

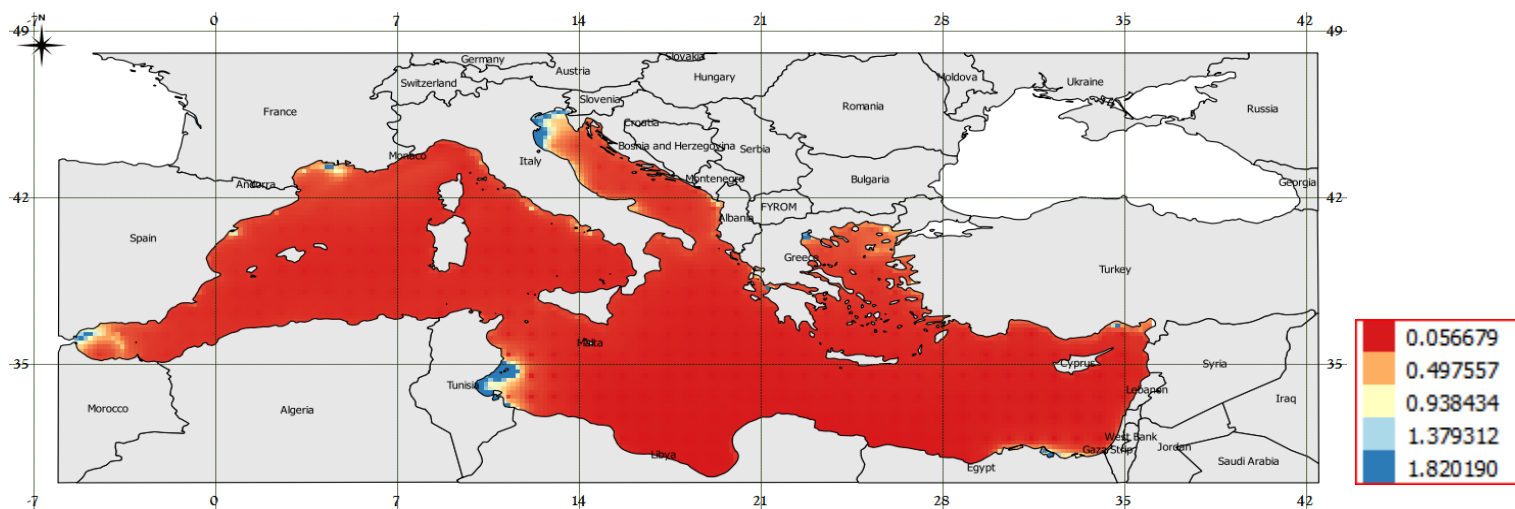
4.1.7 Ιούλιος



Εικόνα 44: Χωρική κατανομή της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Ιούλιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Εδώ αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι ο χάρτης απεικονίζει συνολικά λιγότερο ποσοστό των μέγιστων τιμών σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες αλλά σε λιγότερο βαθμό σε σχέση με τον Ιούνιο. Τον μήνα Ιούλιο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Γαλλίας, με αρκετή επέκταση, στο ενδιάμεσο των στενών του Γιβραλτάρ – Μαρόκο- Ισπανίας και σε κάποια σημεία της ακτής της Ανδόρας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, Αλγερίας, ακτές της Ιταλίας-Βοσνίας, Μάλτας και στο Αιγαίο πέλαγος, σε σημείο της ακτής της Λιβύης, και γύρω από την περιοχή της Κρήτης. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιούνιο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



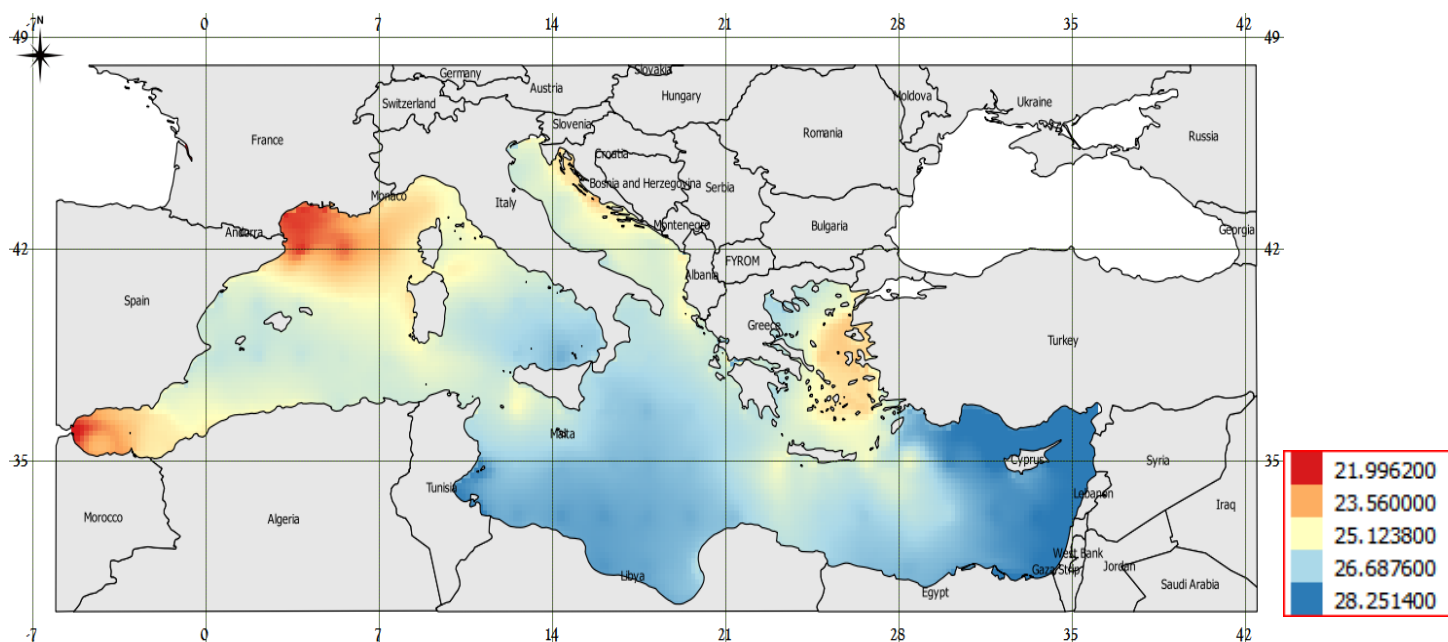
Εικόνα 45: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Ιούλιο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Ιούλιο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης στα βόρεια της Ελλάδας και δυτικά της Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχει επίσης και σημείο μέγιστης τιμής. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στις ακτές της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Σε σημείο των ακτών της Γαλλίας αλλά και στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά, όπου όσο κατεβαίνουμε προς τα νότια του Γιβραλτάρ προς το Μονακό, μειώνονται. Στα σημεία όπου έχουμε τα μέγιστα της χλωροφύλλης-α, παρατηρούμε ότι όσο αυτά επεκτείνονται σε μήκος, μειώνεται αναλόγως και οι τιμές τους.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιούνιο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μικρότερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

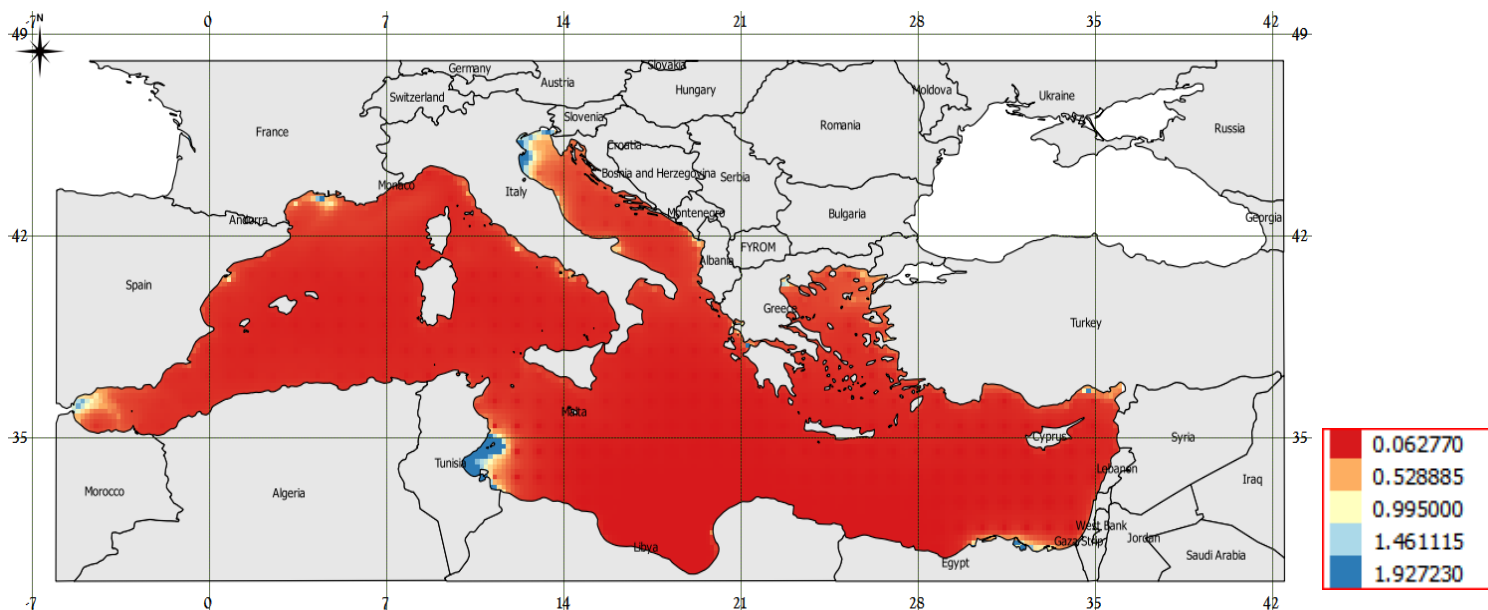
4.1.8 Αύγουστος



Εικόνα 46: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Αύγουστο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Αύγουστο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Γαλλίας, με αρκετή επέκταση, στο ενδιάμεσο των στενών του Γιβραλτάρ - Μαρόκο, Μονακό και σε κάποια σημεία της ακτής της Ανδόρας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, Αλγερίας, ακτές της Ιταλίας-Βοσνίας, Μάλτας και σε ολόκληρο το Αιγαίο πέλαγος, σε σημείο της ακτής της Λιβύης, και γύρω από την περιοχή της Κρήτης διασπαρμένα. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές τις επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας, Λιβύη και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιούλιο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



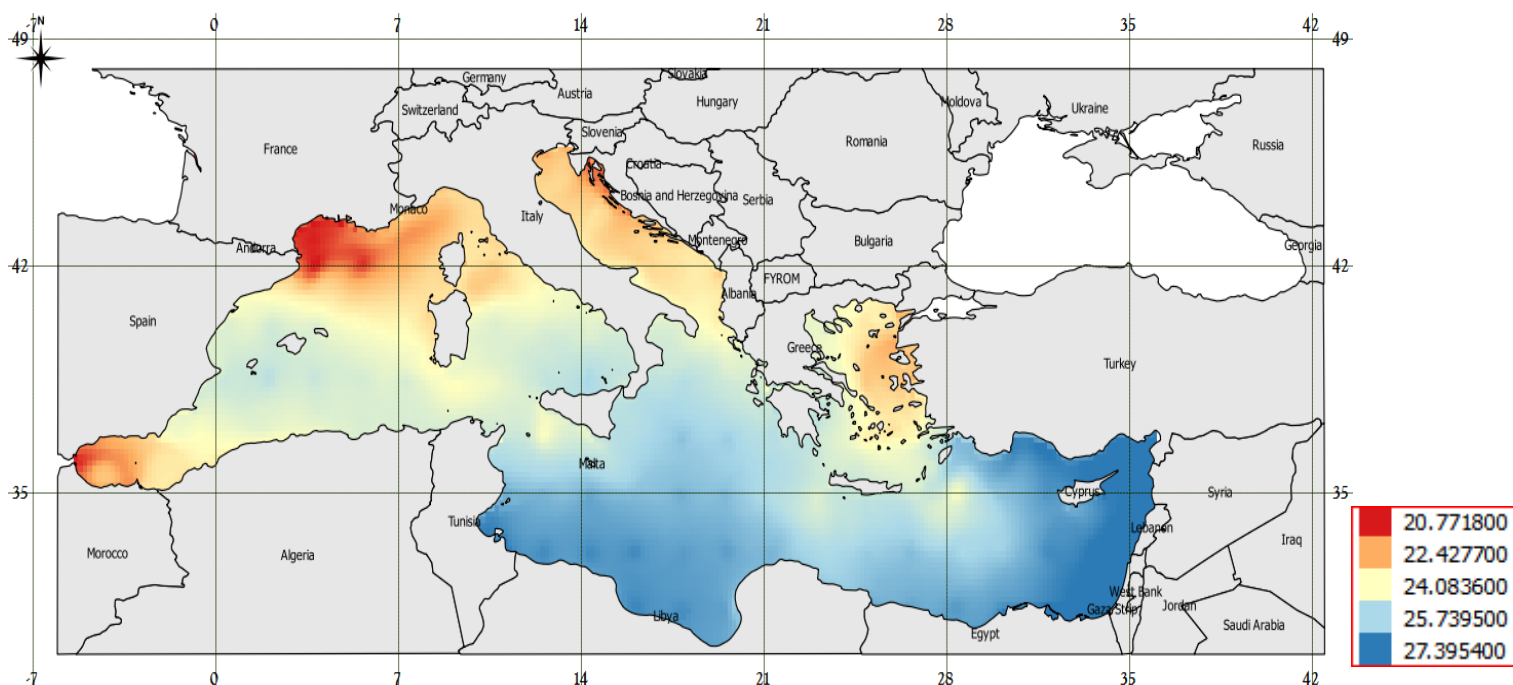
Εικόνα 47: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Αύγουστο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Αύγουστο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, σε κάποιο σημείο στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης στα βόρεια της Ελλάδας και δυτικά της Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχει επίσης και σημείο μέγιστης τιμής. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στις ακτές της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Σε σημείο των ακτών της Γαλλίας αλλά και στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά, όπου όσο κατεβαίνουμε προς τα νότια του Γιβραλτάρ προς το Μονακό, μειώνονται. Στα σημεία όπου έχουμε τα μέγιστα της χλωροφύλλης-α, παρατηρούμε ότι όσο αυτά επεκτείνονται σε μήκος, μειώνεται αναλόγως και οι τιμές τους.

Σε σύγκριση με τον μήνα Ιούλιο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

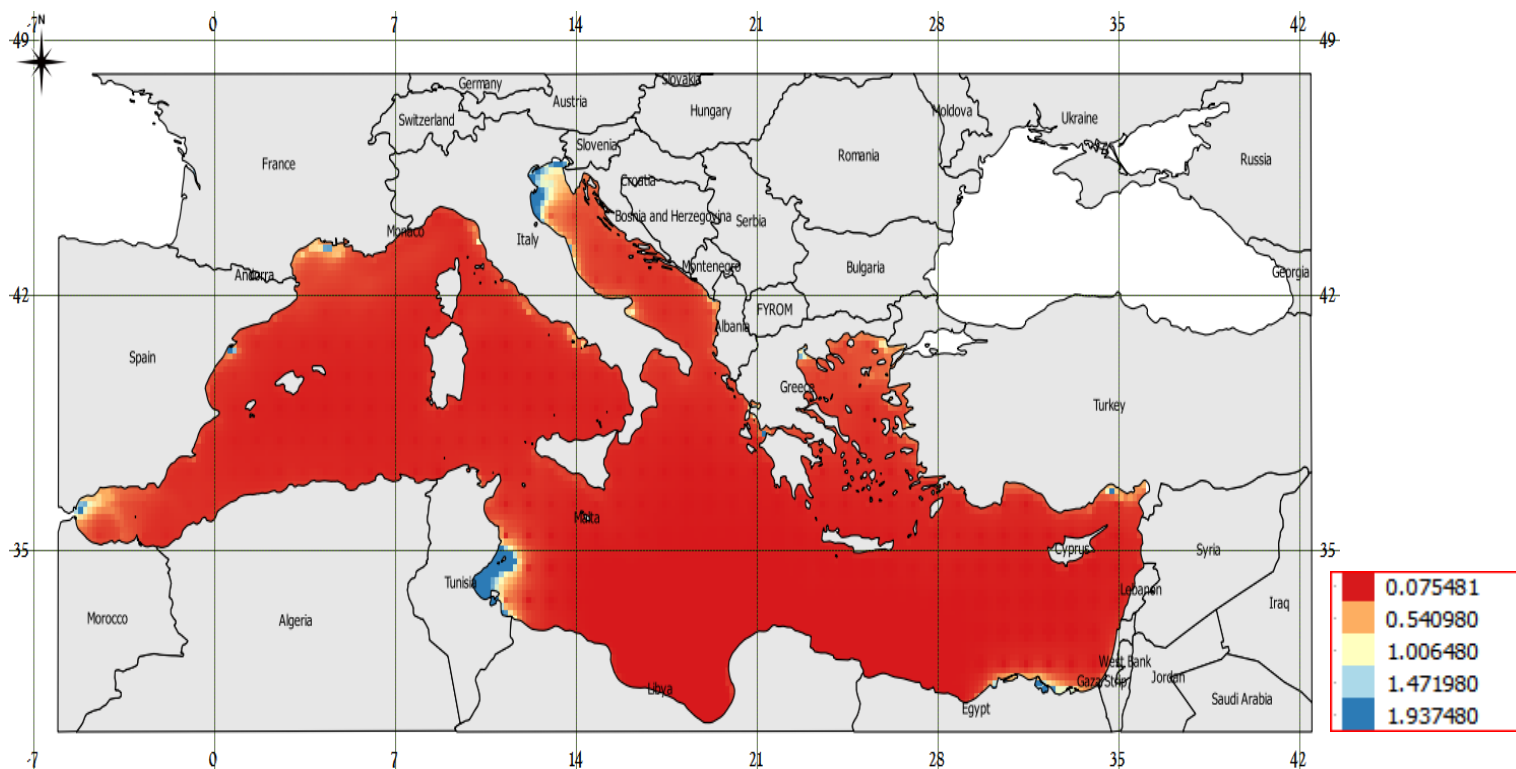
4.1.9 Σεπτέμβριος



Εικόνα 48: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Σεπτέμβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Σεπτέμβριο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Γαλλίας, με αρκετή επέκταση, στο ενδιάμεσο των στενών του Γιβραλτάρ - Μαρόκο, Μονακό και σε κάποια σημεία της ακτής της Ανδόρας και Μονακό. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στο Μαρόκο, Αλγερίας, ακτές της Ιταλίας-Βοσνίας, Μάλτας και σε ολόκληρο το Αιγαίο πέλαγος, σε σημείο της ακτής της Λιβύης, και γύρω από την περιοχή της Κρήτης διασπαρμένα και ελαφρώς αυξημένα στα βόρεια της Αιγύπτου. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές τις επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας, Λιβύη και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Αύγουστο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μικρότερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



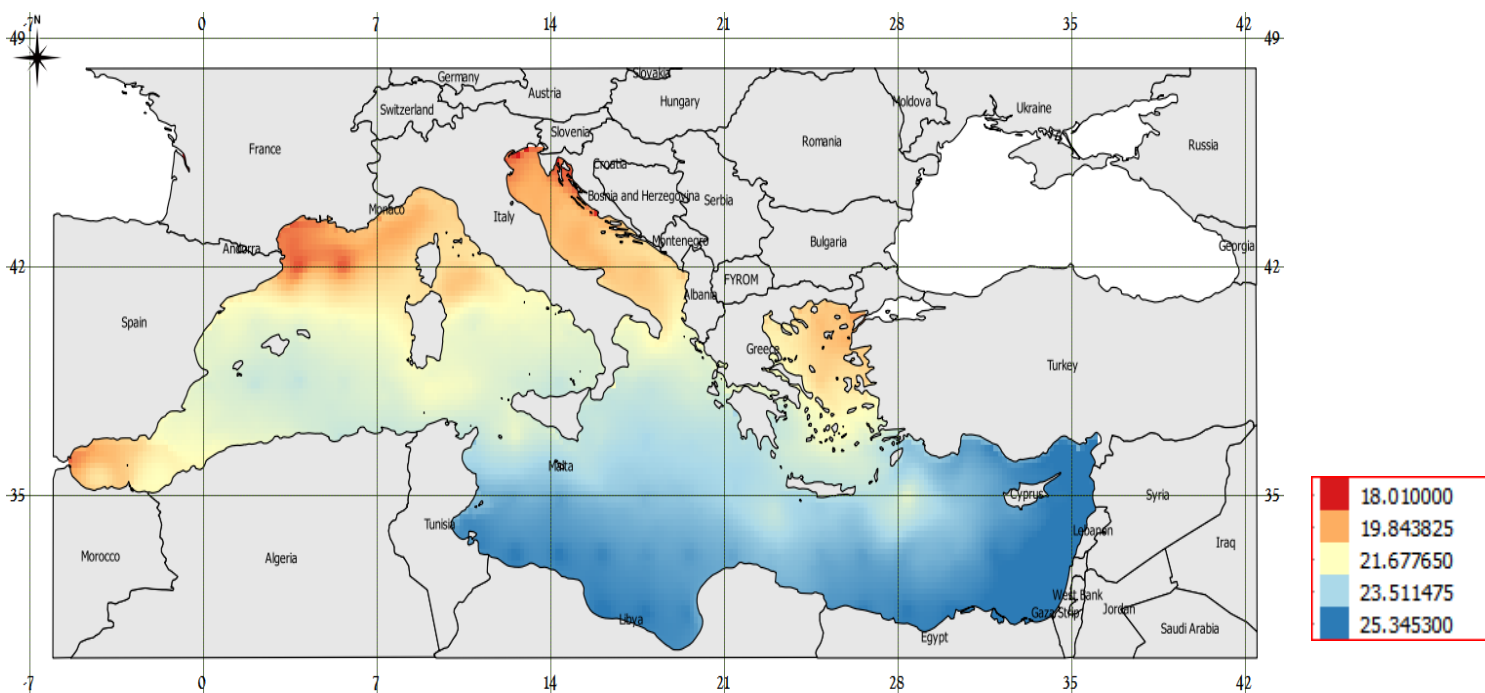
Εικόνα 49: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Σεπτέμβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Σεπτέμβριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου, σε κάποιο σημείο στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστες στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου και διάσπαρτα σε κάποια σημεία στις ακτές μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης στα βόρεια της Ελλάδας και δυτικά της Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχει επίσης και σημείο μέγιστης τιμής. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στις ακτές της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Σε σημείο των ακτών της Γαλλίας αλλά και στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε υψηλότερες τιμές, με μέγιστο στα εντελώς βορειοδυτικά, όπου όσο κατεβαίνουμε προς τα νότια του Γιβραλτάρ προς το Μονακό, μειώνονται. Στα σημεία όπου έχουμε τα μέγιστα της χλωροφύλλης-α, παρατηρούμε ότι όσο αυτά επεκτείνονται σε μήκος, μειώνεται αναλόγως και οι τιμές τους.

Σε σύγκριση με τον μήνα Αύγουστο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

4.1.10 Οκτώβριος

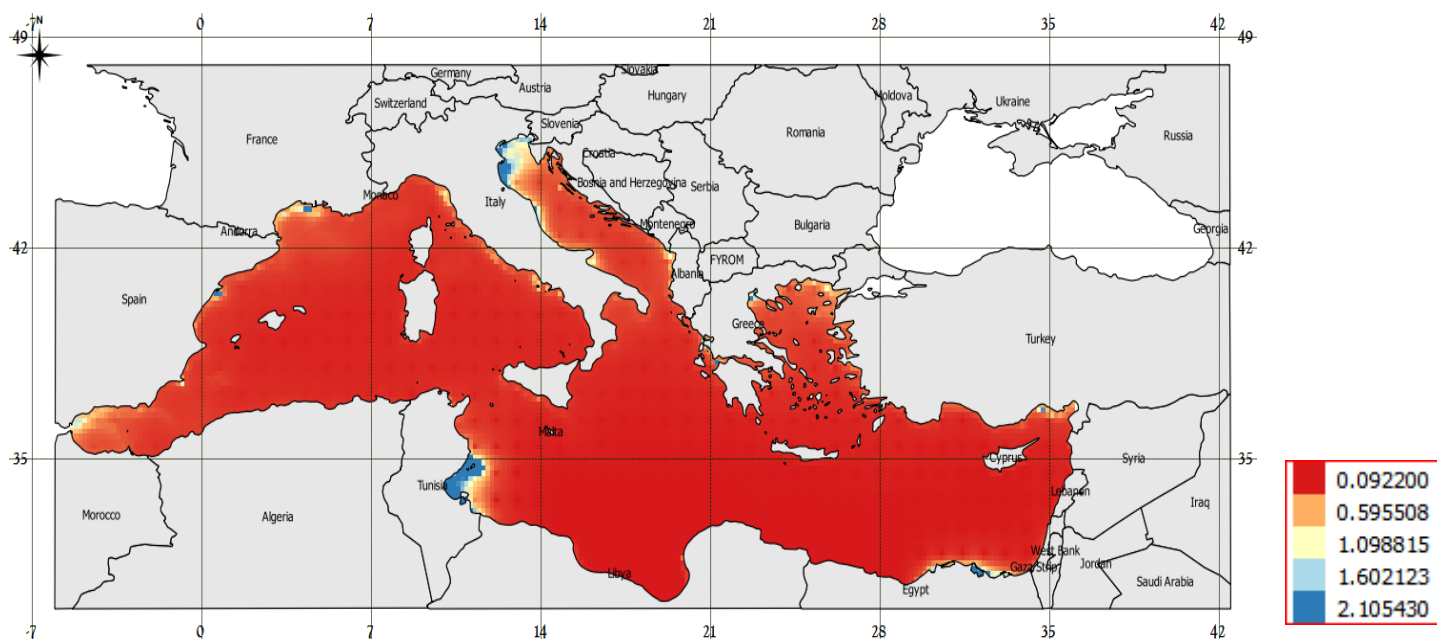


Εικόνα 50: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Οκτώβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Οκτώβριο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Γαλλίας, με αρκετή επέκταση, στο ενδιάμεσο των στενών του Γιβραλτάρ – Μαρόκο, Μονακό και σε κάποια σημεία της ακτής της Βοσνίας και Σλοβενίας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ, στο, Μαρόκο, Αλγερία και σε ολόκληρο το Αιγαίο πέλαγος, σε σημείο της ακτής της Λιβύης, και γύρω από την περιοχή της Κρήτης διασπαρμένα. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα

μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας, Λιβύη και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Σεπτέμβριο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μικρότερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



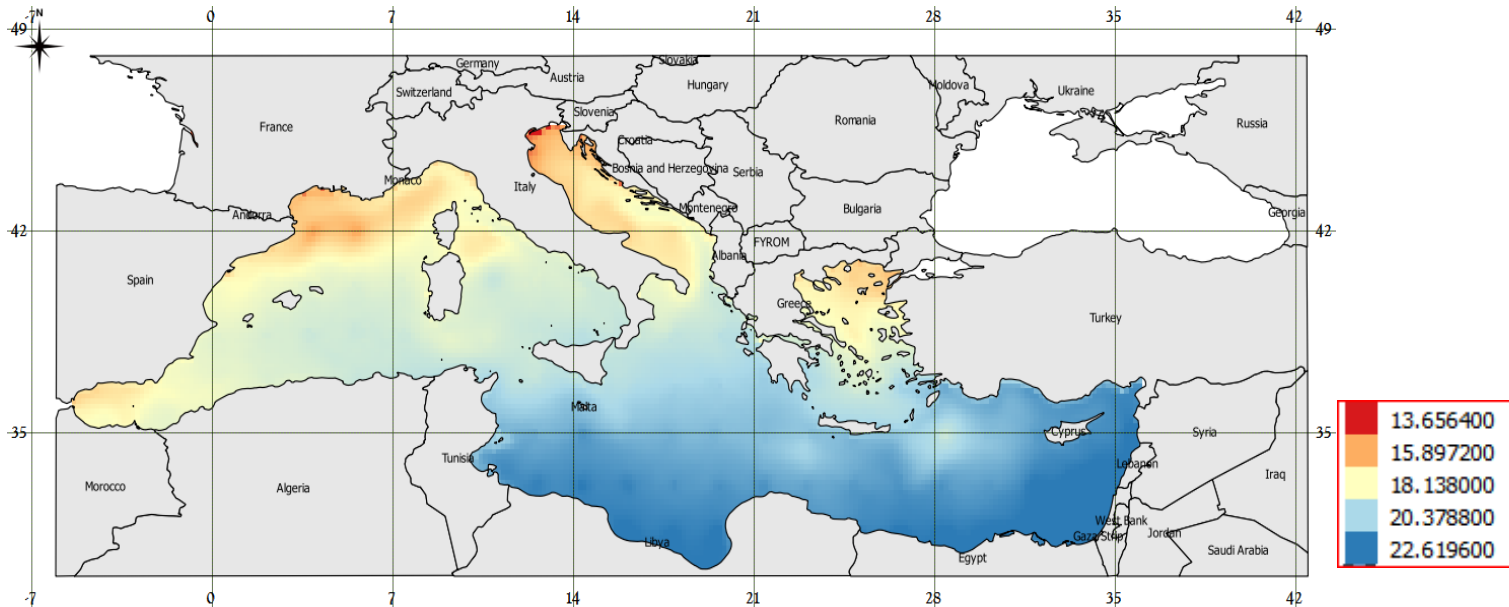
Εικόνα 51: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Οκτώβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Οκτώβριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης (σε κάποιο σημείο στις ακτές των δυο τελευταίων, υπάρχει μέγιστη τιμή), σε κάποιο σημείο στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές. Ενδιάμερες τιμές έχουμε στα στενά του Γιβραλτάρ και ακτές του Μονακό, Γαλλίας, Αλβανίας και Ιταλίας, Κωνσταντινούπολης και Αιγύπτου. Μέγιστες τιμές έχουμε σε σημεία της ακτής της Ισπανίας, Γαλλίας, Ιταλίας, Ελλάδας, Αιγύπτου και σε μεγαλύτερη έκταση στην Τυνησία.

Σε σύγκριση με τον μήνα Οκτώβριο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

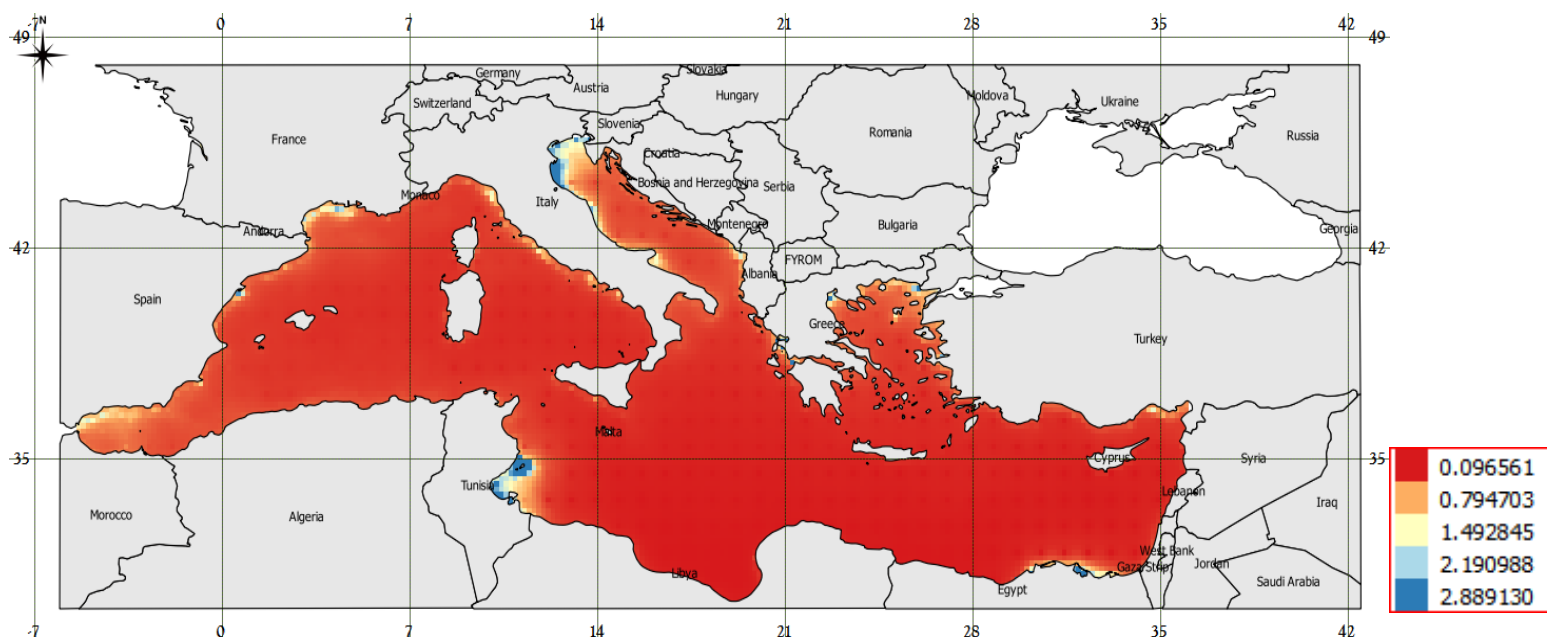
4.1.11 Νοέμβριος



Εικόνα 52: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Νοέμβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Νοέμβριο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Ιταλίας και Σλοβενίας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ, Μαρόκο, Αλγερία, Μονακό, δυτικά της Ιταλίας και σε ολόκληρο το Αιγαίο πέλαγος, και σε λίγο ακόμα υψηλότερες τιμές, σε σημείο της ακτής της Λιβύης, και γύρω από την περιοχή της Κρήτης διασπαρμένα. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας, Λιβύη και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Οκτώβριο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μικρότερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



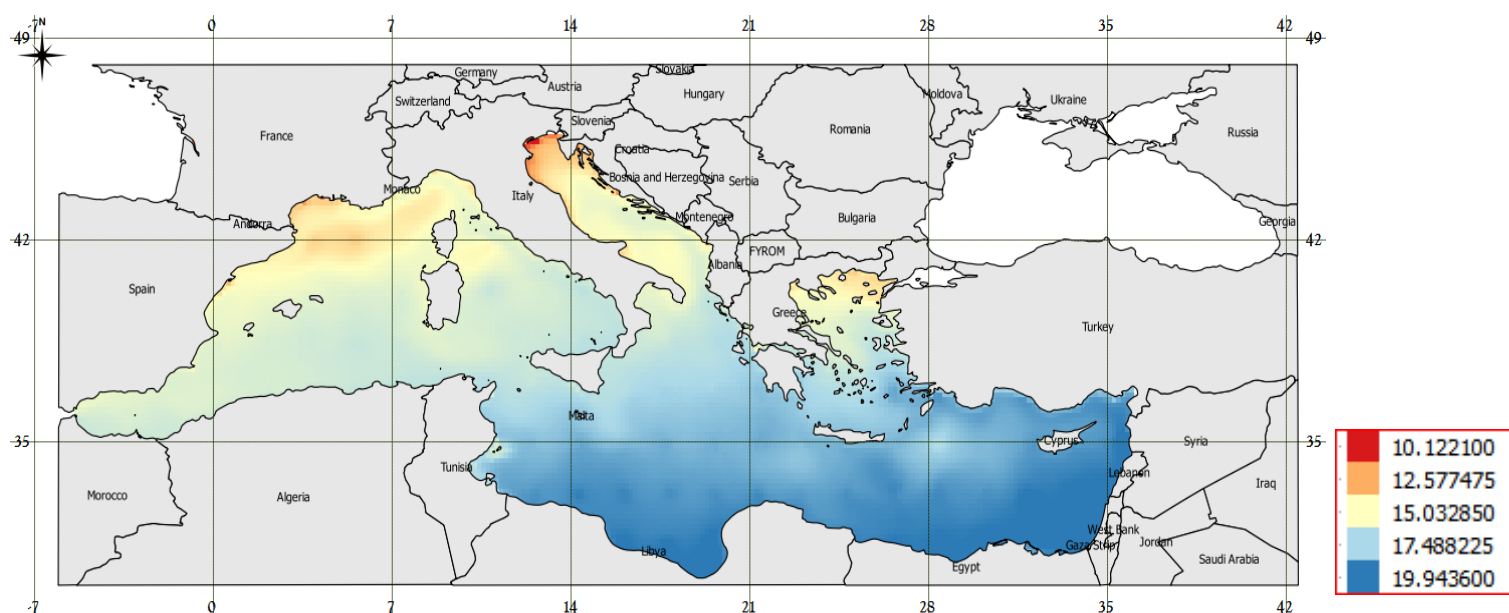
Εικόνα 53: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Νοέμβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Νοέμβριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου (σε κάποιο σημείο υπάρχουν και μέγιστες τιμές) και στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης, σε κάποιο σημείο στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές. Ενδιάμερες τιμές έχουμε στα στενά του Γιβραλτάρ και ακτές του Μονακό, Γαλλίας (σε κάποιο σημείο υπάρχουν και μέγιστες τιμές), Αλβανίας και Ιταλίας, Κωνσταντινούπολης και Αιγύπτου. Μέγιστες τιμές έχουμε σε σημεία της ακτής της Ισπανίας, Γαλλίας, Ιταλίας, Ελλάδας, Αιγύπτου και σε σημεία στις ακτές της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Οκτώβριο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

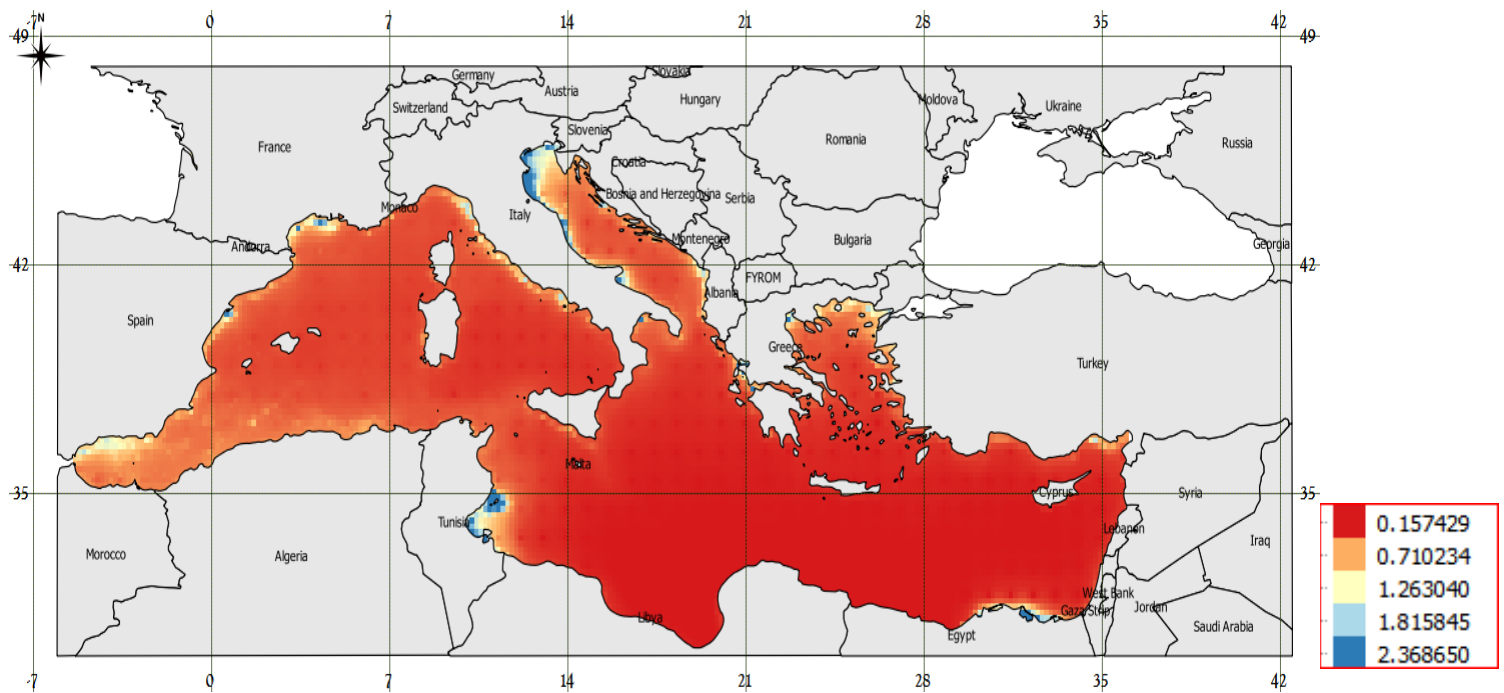
4.1.12 Δεκέμβριος



Εικόνα 54: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Δεκέμβριο

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Δεκέμβριο, οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στις ακτές της Ιταλίας και Σλοβενίας. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας σε κάποια σημεία στα στενά του Γιβραλτάρ, Μαρόκο, Αλγερία, Μονακό, δυτικά της Ιταλίας, βόρεια του Αιγαίου πέλαγους, και σε λίγο ακόμα υψηλότερες τιμές, σε σημείο της ακτής της Τυνησίας, και σε σημεία των ακτών της Ιταλίας. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου - Κωνσταντινούπολης, Συρίας, Λίβανου, Γάζας, Λιβύη και ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου αλλά και σε κάποια σημεία της ακτής της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Νοέμβριο, οι τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι μικρότερες για τις ελάχιστες, ενδιάμεσες και μέγιστες τιμές.



Εικόνα 55: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας τον μήνα Δεκέμβριο

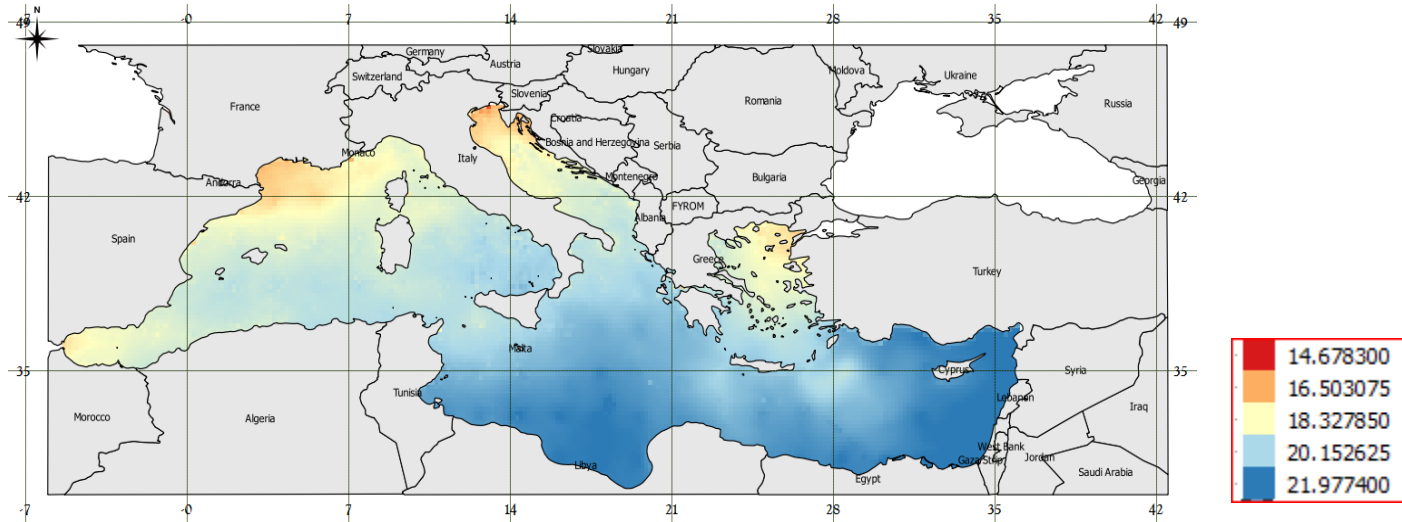
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Τον μήνα Δεκέμβριο, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου (σε κάποιο σημείο υπάρχουν και μέγιστες τιμές) και στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης, σε κάποιο σημείο στα ανατολικά της Κωνσταντινούπολης αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές. Ενδιάμερες τιμές έχουμε στα στενά του Γιβραλτάρ και ακτές του Μονακό, Γαλλίας (σε κάποιο σημείο υπάρχουν και μέγιστες τιμές), Αλβανίας και Ιταλίας, Κωνσταντινούπολης και Αιγύπτου. Μέγιστες τιμές έχουμε σε σημεία της ακτής της Ισπανίας, Γαλλίας, Ιταλίας, Ελλάδας, Αιγύπτου και σε σημεία στις ακτές της Τυνησίας.

Σε σύγκριση με τον μήνα Νοέμβριο, οι τιμές της χλωροφύλλης-α, είναι μεγαλύτερες για τις ελάχιστες και μεγαλύτερες υψηλότερες για τις μέγιστες τιμές.

Για τον μήνα αυτό, δεν μπορούμε να πούμε ότι περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συμπίπτουν με τις περιοχές όπου έχουμε υψηλές τιμές σε χλωροφύλλη-α.

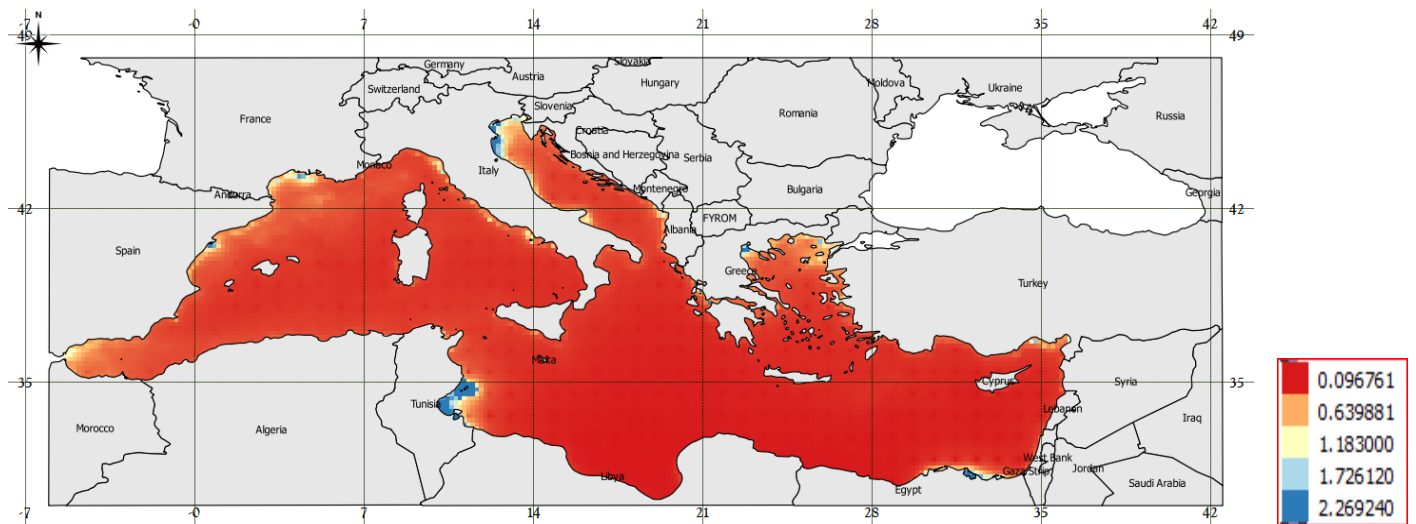
4.2 Ετήσιες χωρικές κατανομές στο πρόγραμμα QGIS

4.2.1 Χρονολογικό έτος 2003



Εικόνα 56: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2003

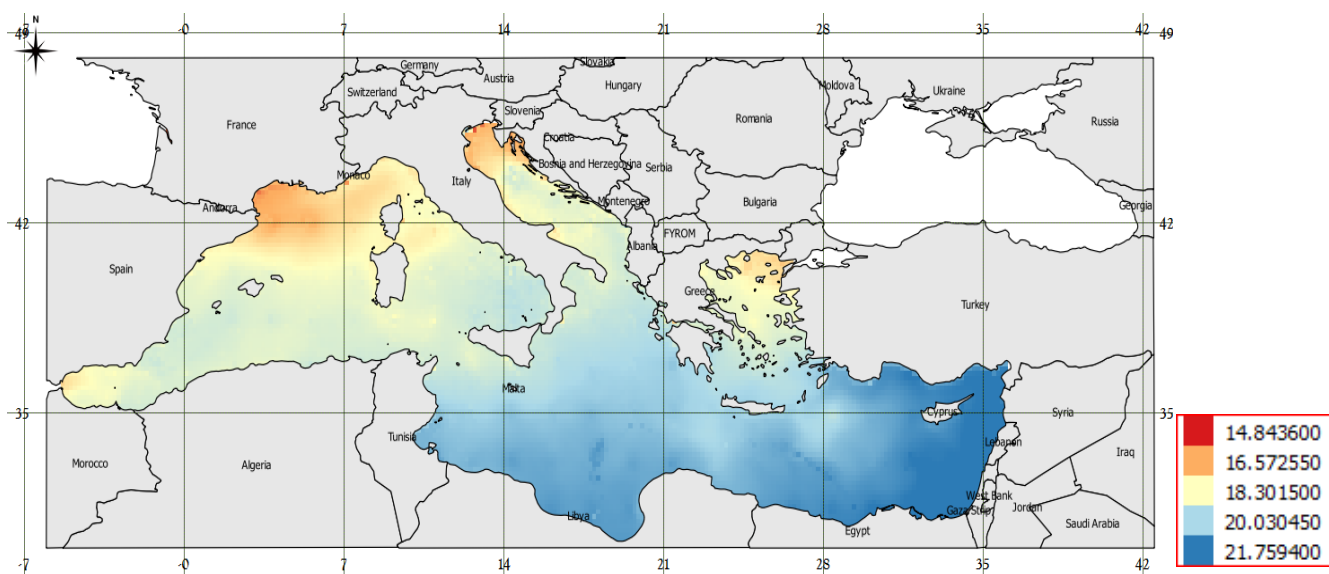
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2003, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου και Γάζας, εντελώς ανατολικά αλλά και στην Λιβύη.



Εικόνα 57: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2003

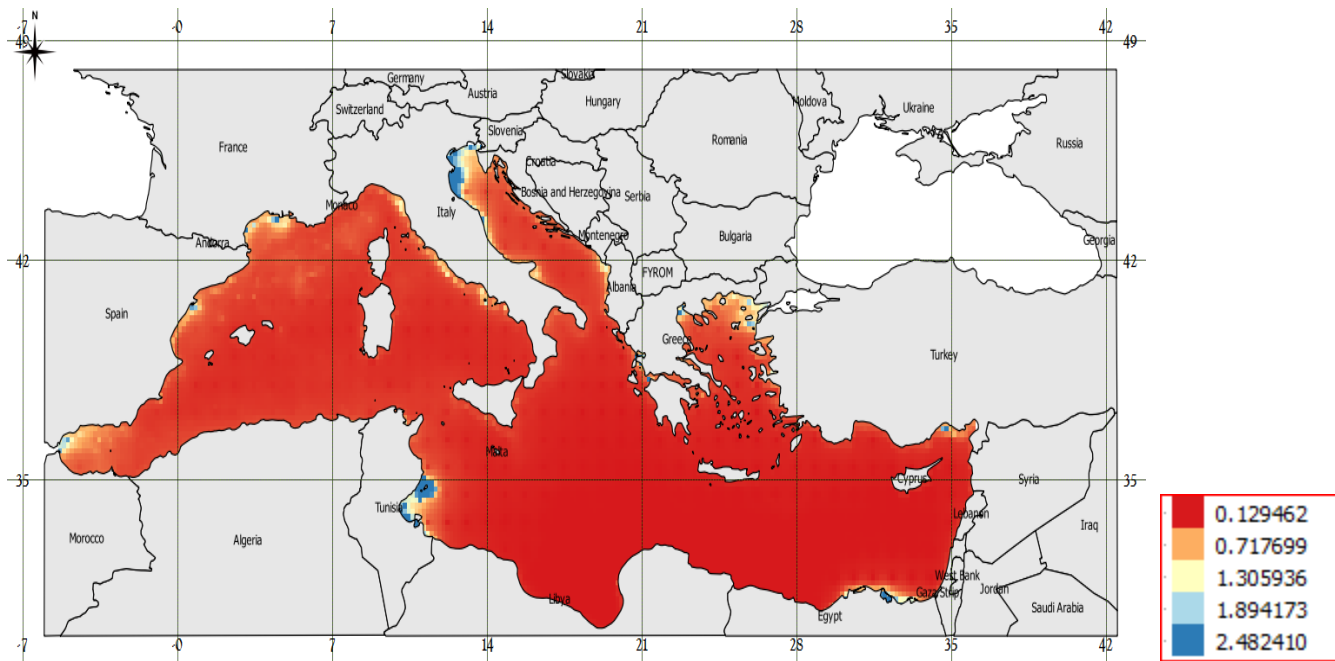
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2003, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.2 Χρονολογικό έτος 2004



Εικόνα 58: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2004

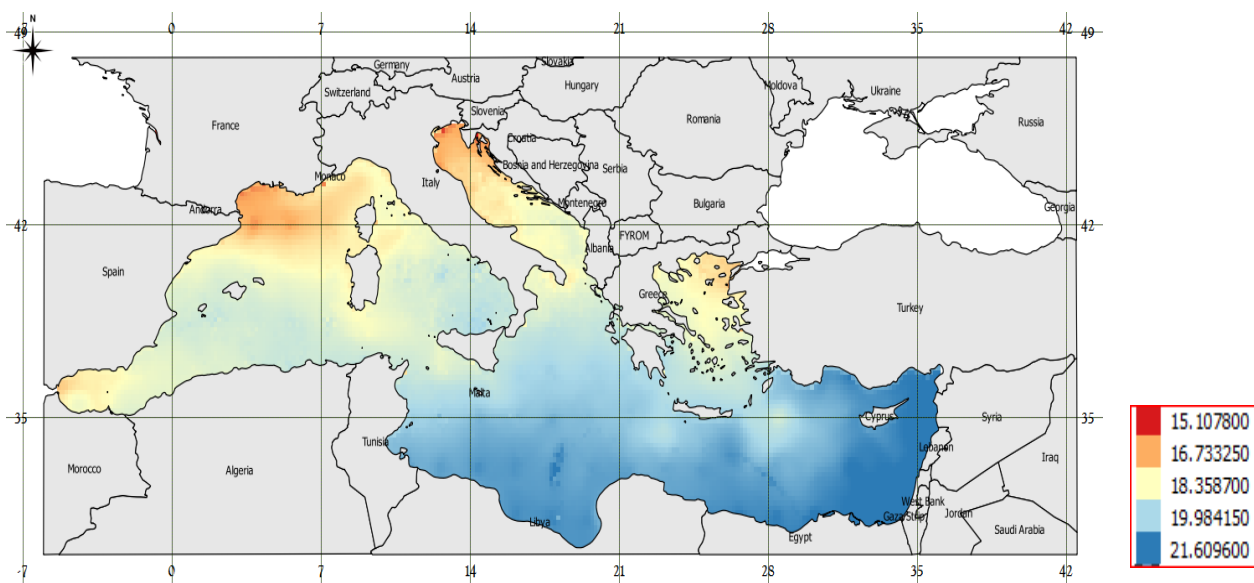
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2004, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου και Γάζας, Συρίας, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 59: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2004

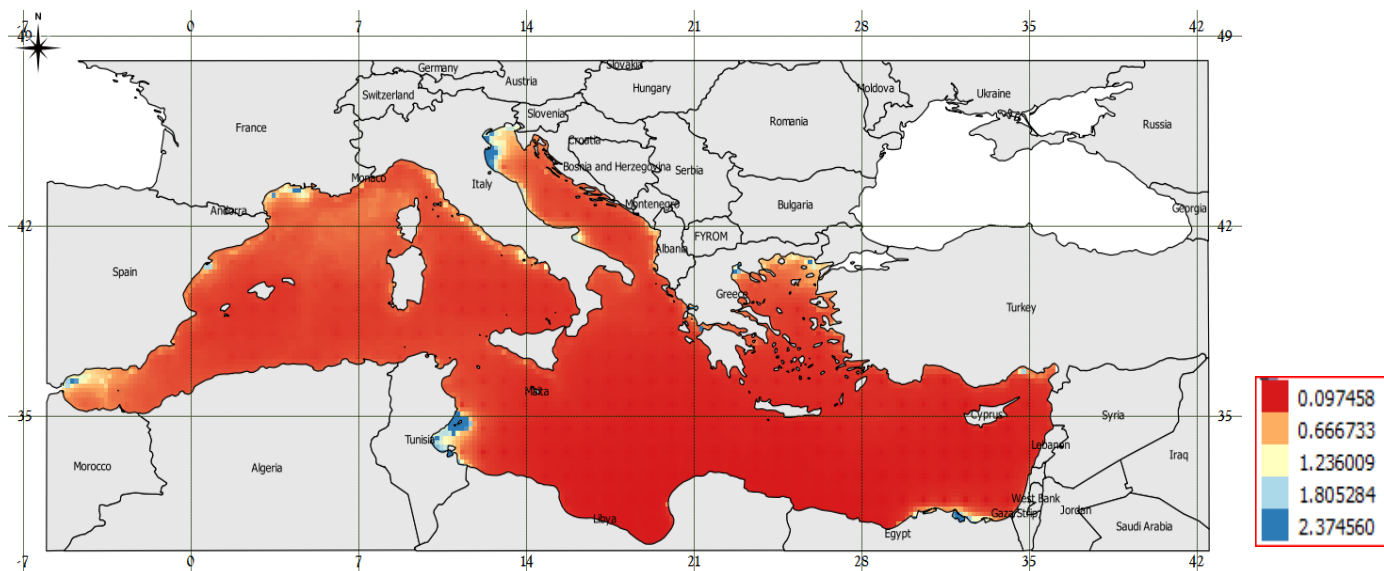
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2004, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Τυνησίας, Κωνσταντινούπολης (αρκετά περιορισμένης έκτασης) με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης, Γάζας όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιορισμένες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές και στα τελείως δυτικά του, έχουμε υψηλότερες τιμές.

4.2.3 Χρονολογικό έτος 2005



Εικόνα 60: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2005

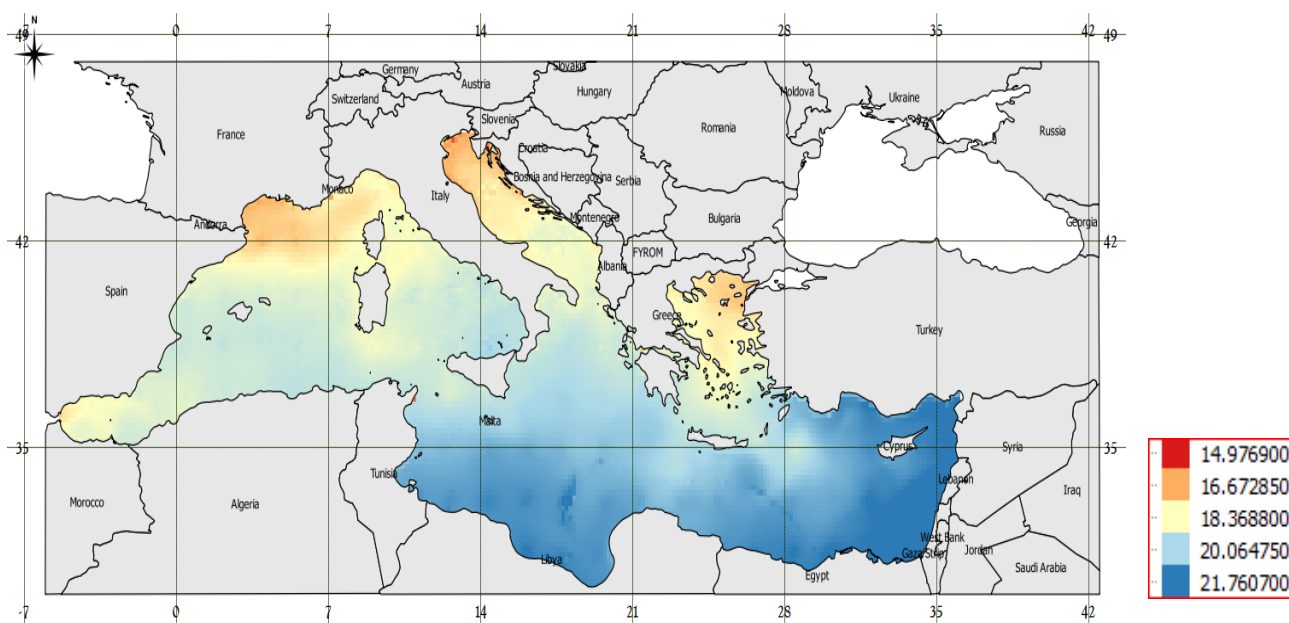
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2005, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό όπου υπάρχει αρκετά μεγάλη έκταση των χαμηλότερων επιφανειακών θαλάσσιων θερμοκρασιών, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Κύπρου, Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 61: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2005

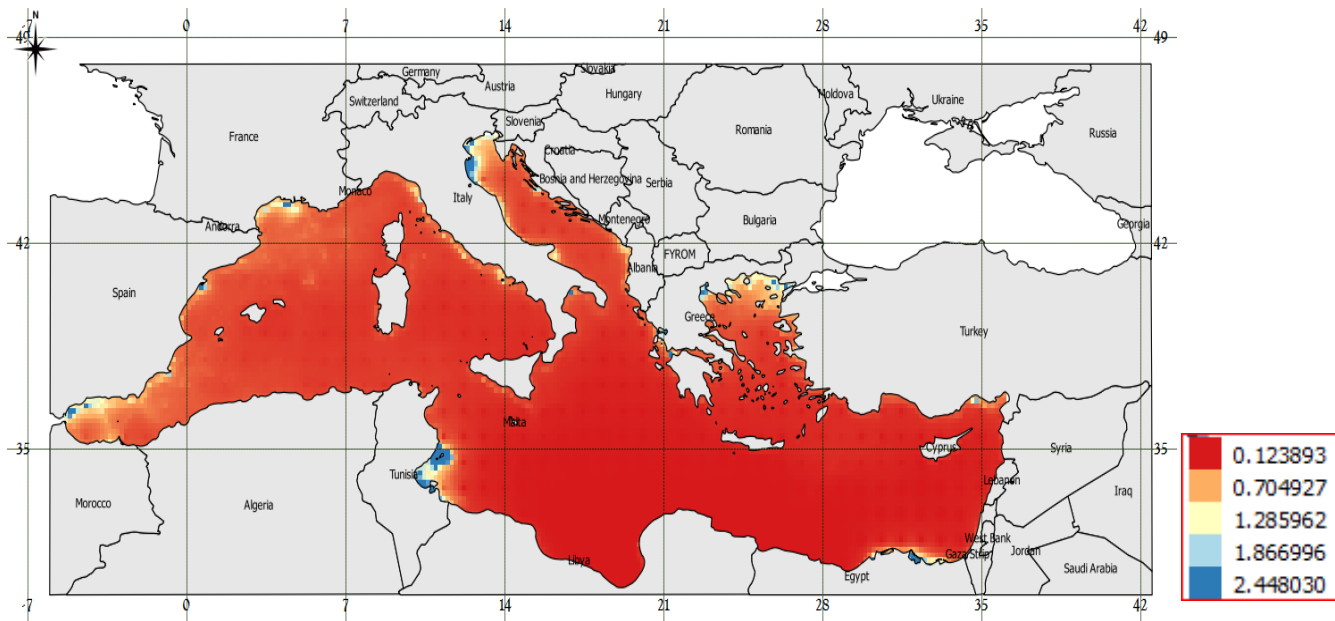
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2005, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.4 Χρονολογικό έτος 2006



Εικόνα 61: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2006

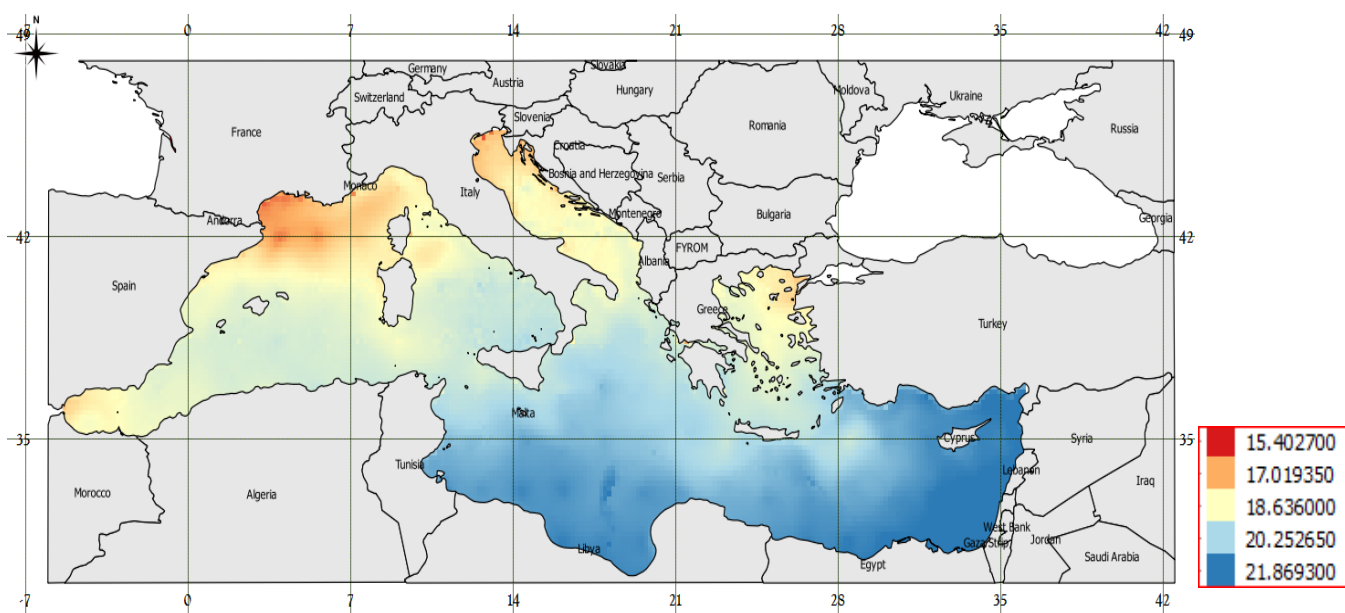
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2006, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό όπου υπάρχει αρκετά μεγάλη έκταση των χαμηλότερων επιφανειακών θαλάσσιων θερμοκρασιών, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 62: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2006

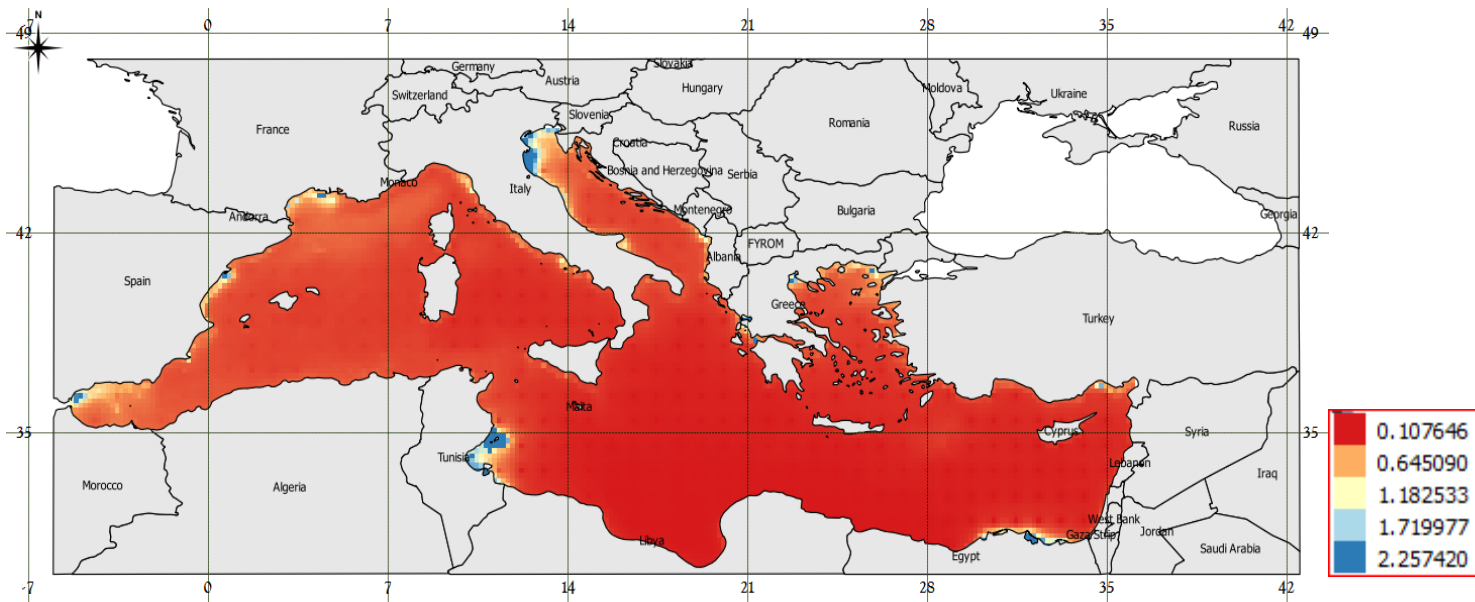
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2006, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.5 Χρονολογικό έτος 2007



Εικόνα 63: Χαρτογράφηση επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2007

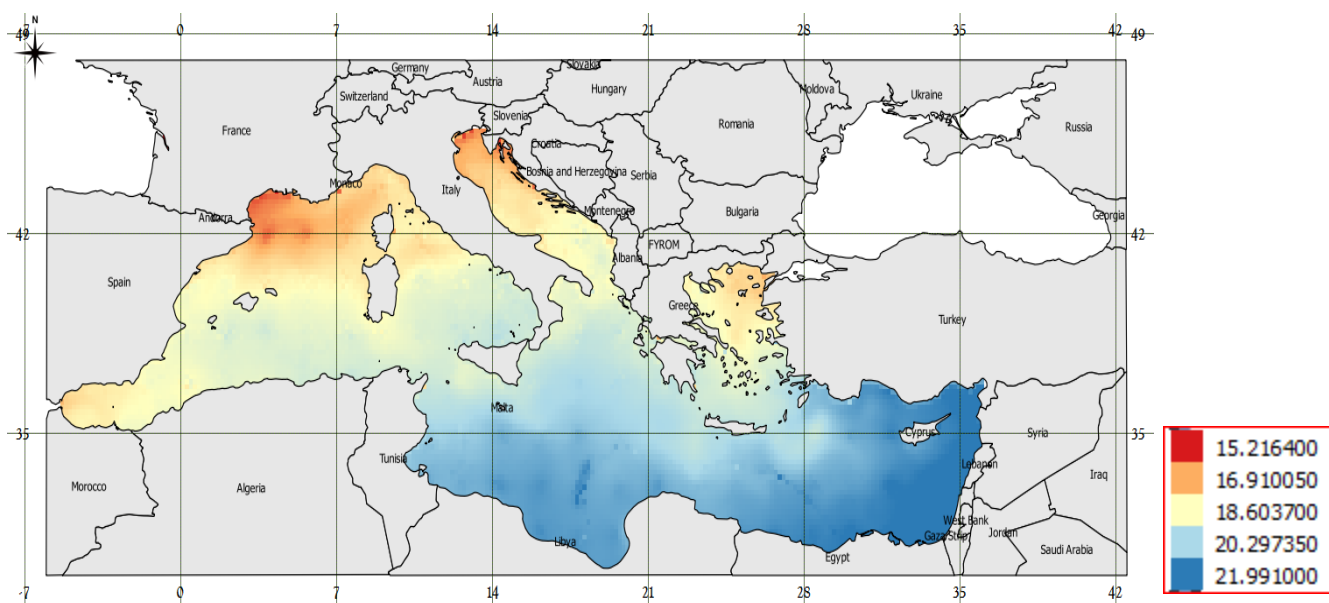
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2007, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Ισπανίας, Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό όπου υπάρχει αρκετά μεγάλη έκταση των χαμηλότερων επιφανειακών θαλάσσιων θερμοκρασιών, Ιταλίας αλλά και στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 64: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2007

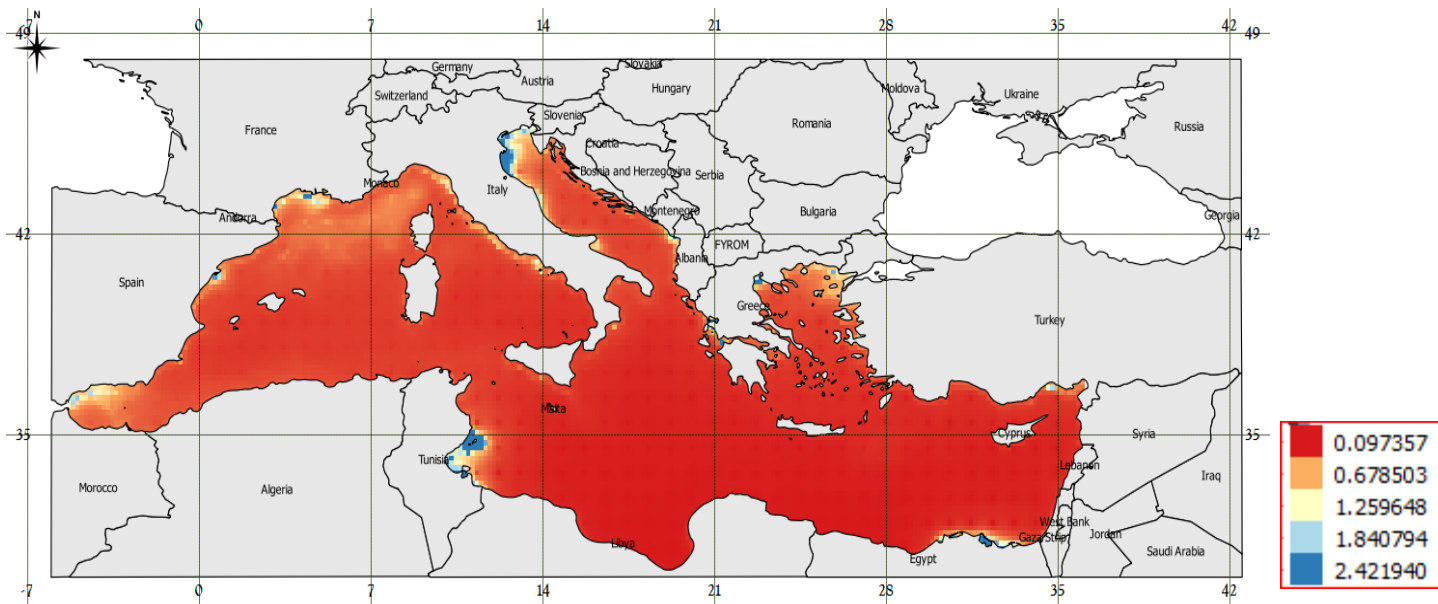
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2007, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.6 Χρονολογικό έτος 2008



Εικόνα 65: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2008

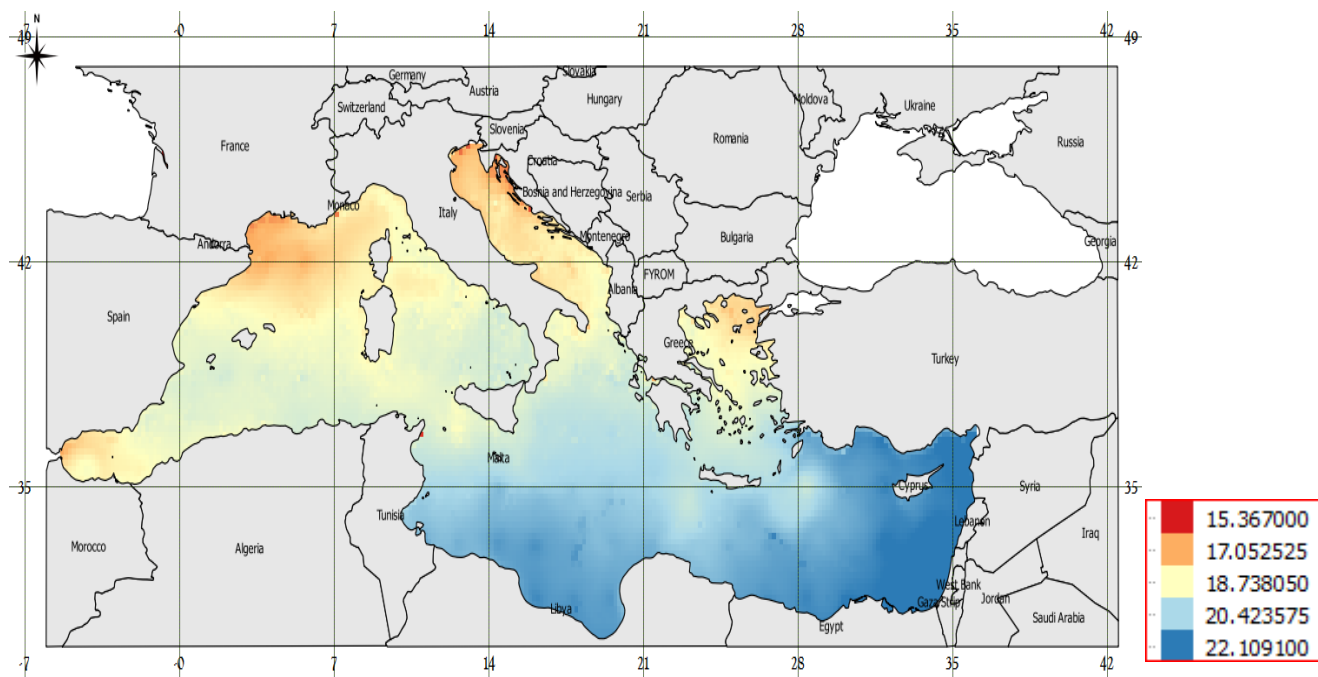
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2008, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό όπου υπάρχει αρκετά μεγάλη έκταση των χαμηλότερων επιφανειακών θαλάσσιων θερμοκρασιών, Ιταλίας. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 66: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2008

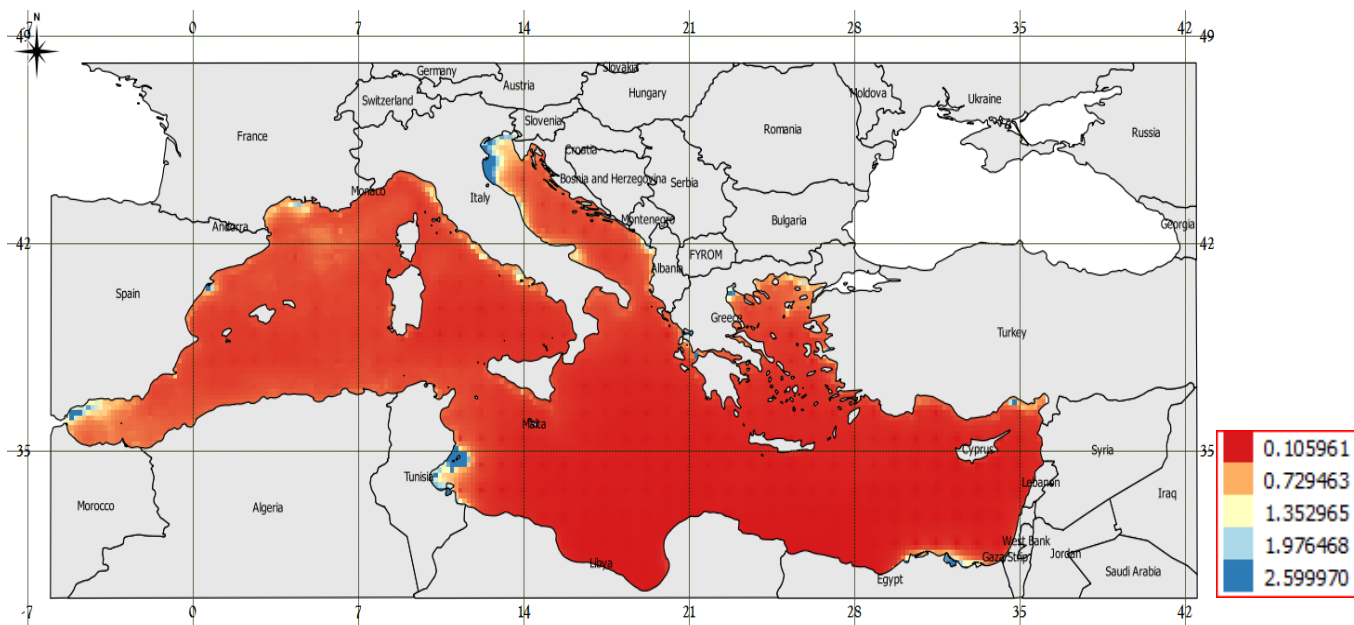
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2008, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.7 Χρονολογικό έτος 2009



Εικόνα 67: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2009

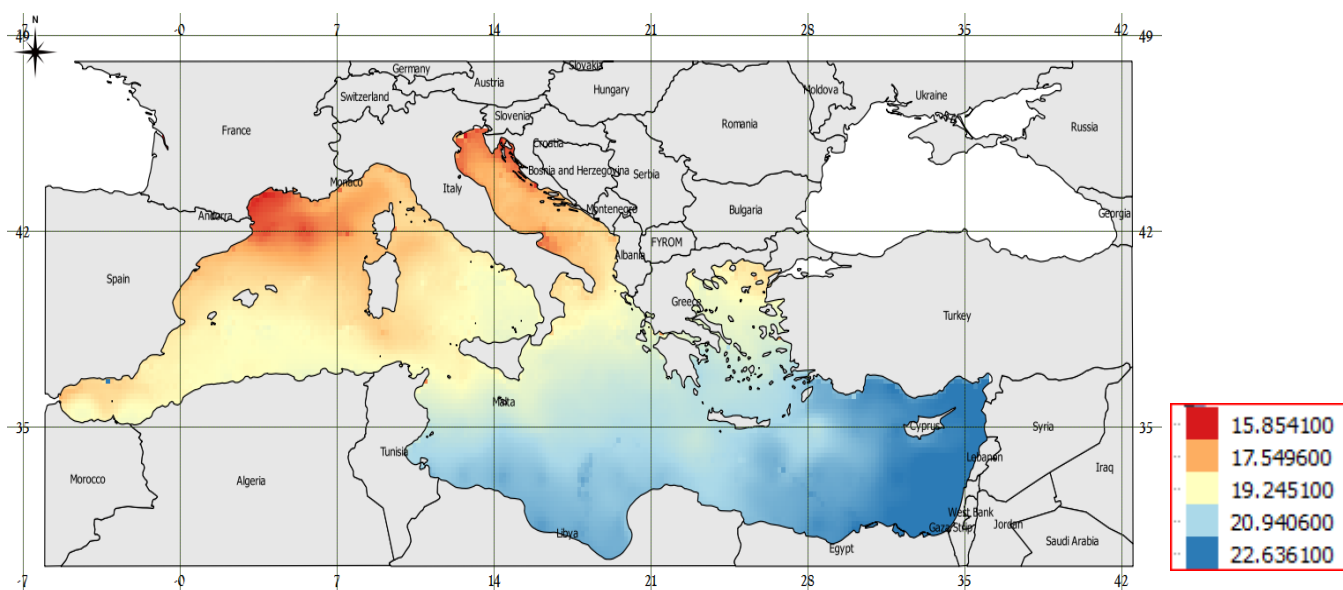
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2009, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Γαλλίας, Ανδόρας, Μονακό, στενών του Γιβραλτάρ. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 68: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2009

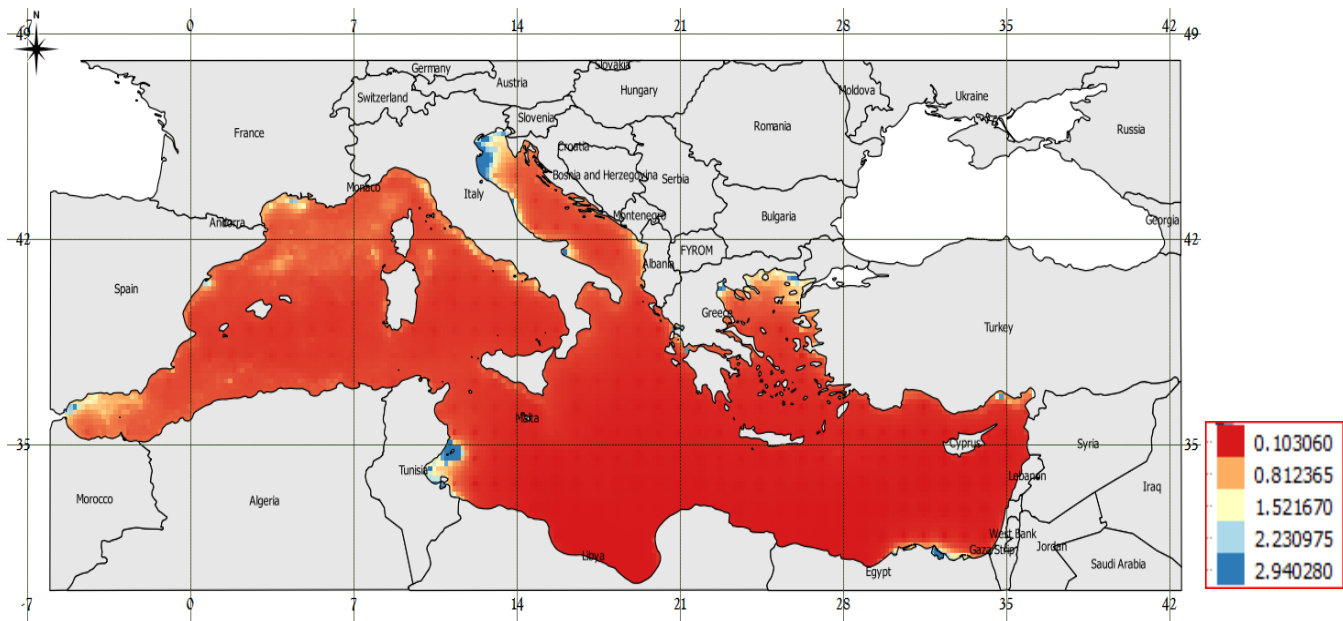
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2009, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.8 Χρονολογικό έτος 2010



Εικόνα 69: Χαρτογράφηση επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2010

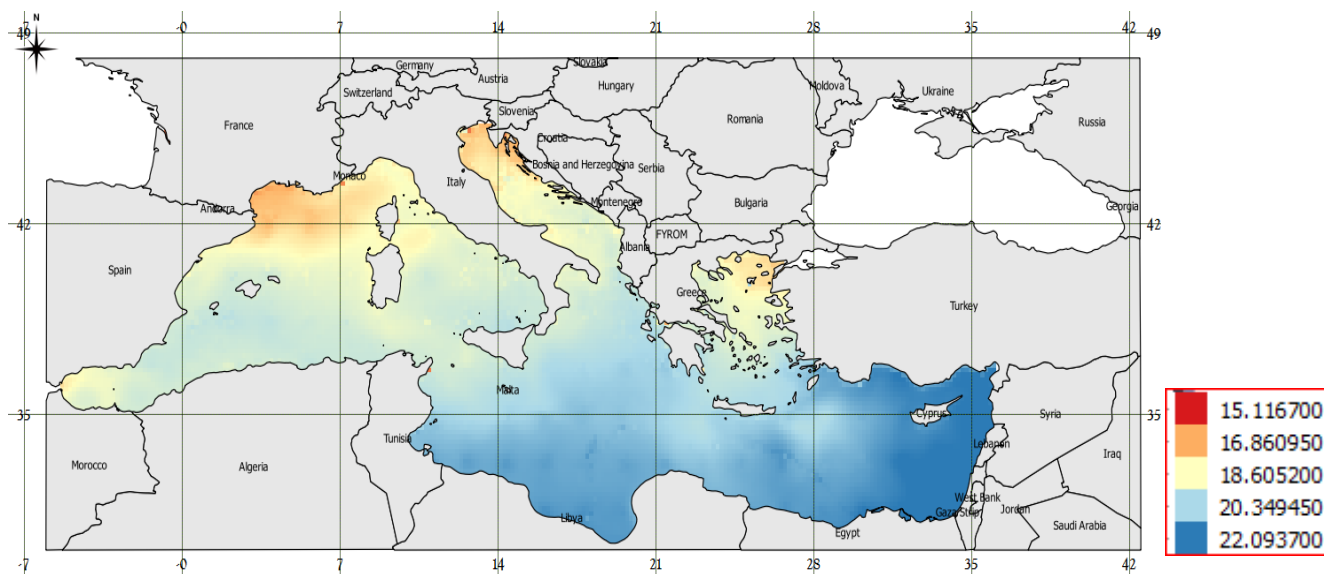
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2010, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Γαλλίας και ενδιάμεσων τιμών στην Ιταλία όπου υπάρχουν και χαμηλότερες τιμές, Ανδόρα, Μονακό, στενών του Γιβραλτάρ. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 70: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2010

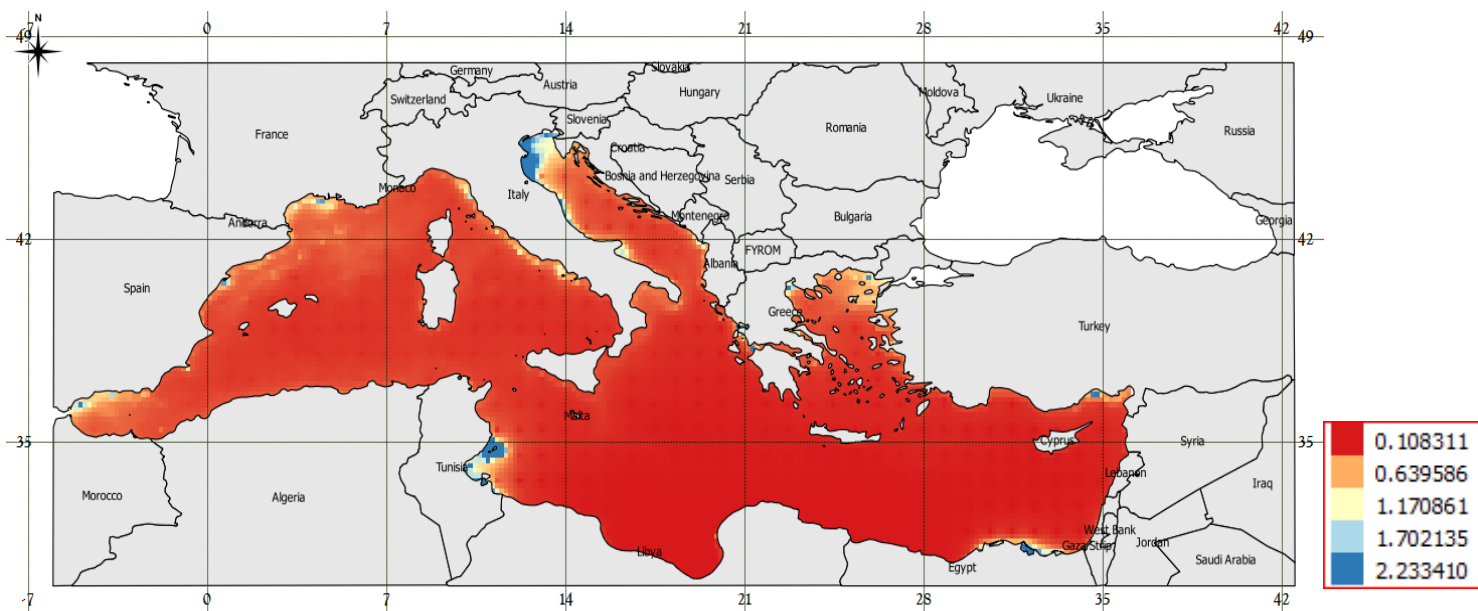
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2010, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.9 Χρονολογικό έτος 2011



Εικόνα 71: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2011

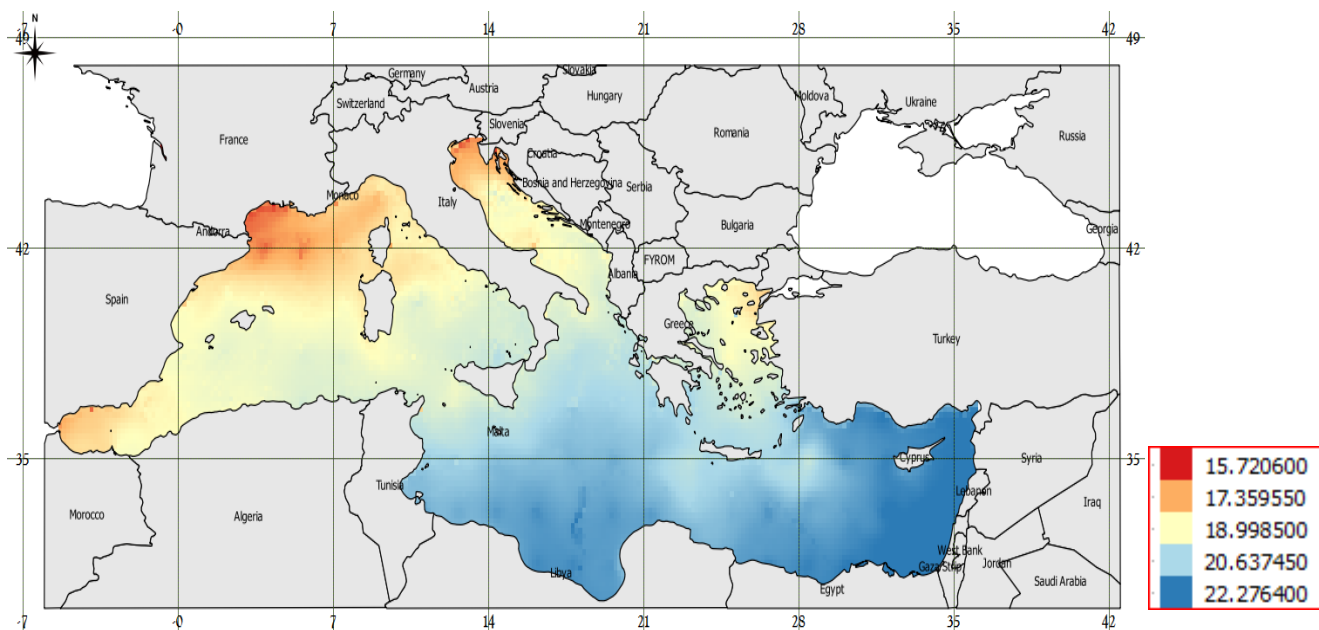
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2011, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Γαλλίας και ενδιάμεσων τιμών στην Ιταλία όπου υπάρχουν και χαμηλότερες τιμές, Ανδόρα, Μονακό, στενών του Γιβραλτάρ. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 72: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2011

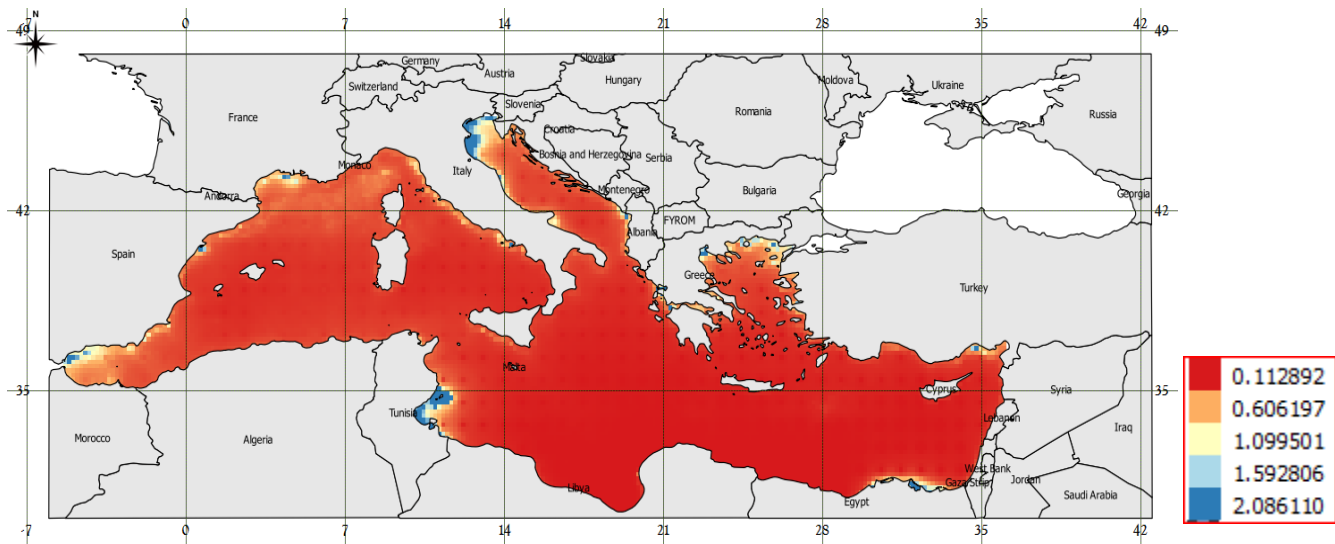
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2011, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.10 Χρονολογικό έτος 2012



Εικόνα 73: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2012

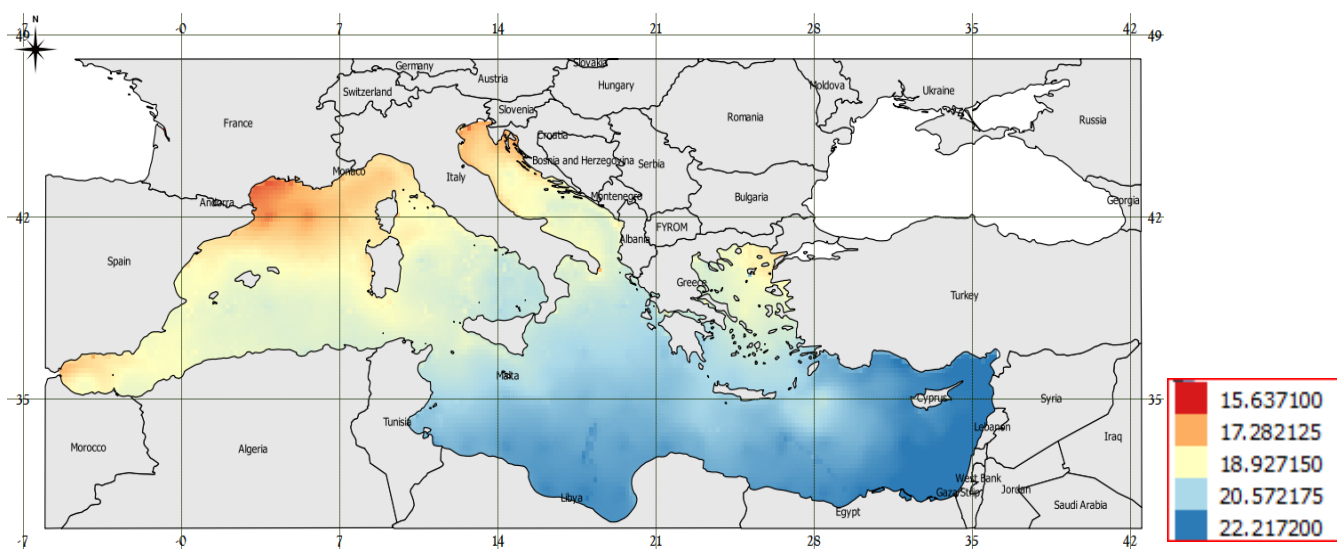
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2012, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Γαλλίας και ενδιάμεσων τιμών στην Ιταλία όπου υπάρχουν και χαμηλότερες τιμές, Ανδόρα, Μονακό, στενών του Γιβραλτάρ. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 74: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2012

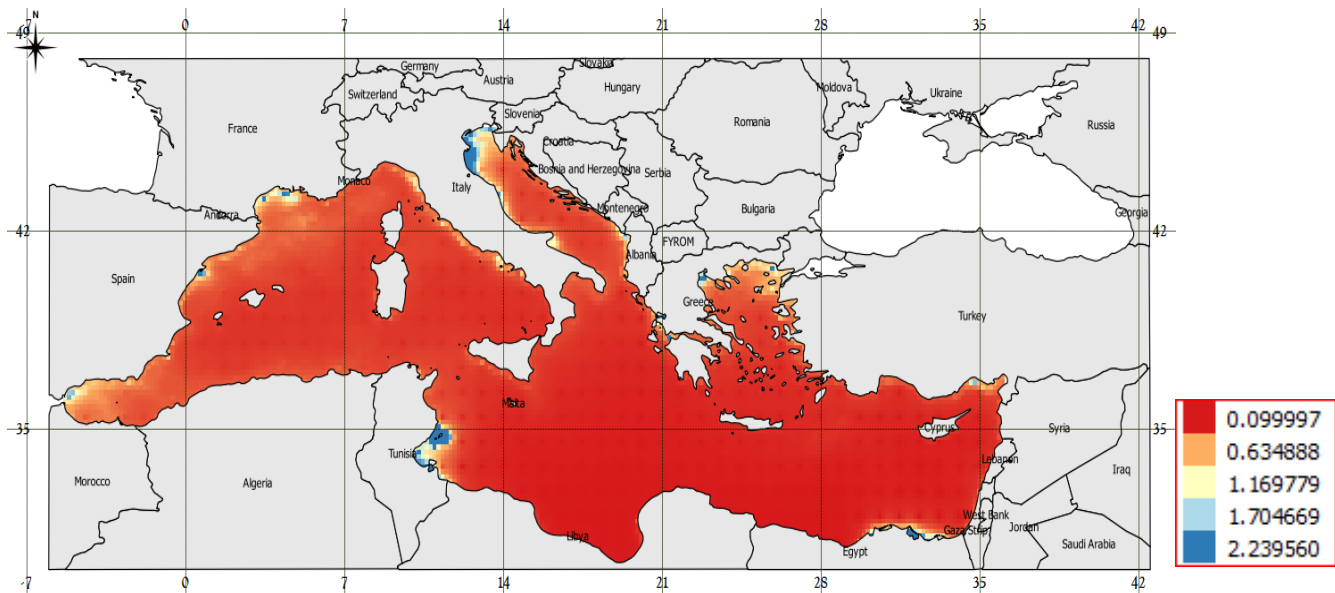
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2012, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές.

4.2.11 Χρονολογικό έτος 2013



Εικόνα 74: Χωρική κατανομή επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2013

Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2013, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα βορειοδυτικά, στις περιοχές των ακτών της Γαλλίας και ενδιάμεσων τιμών στην Ιταλία όπου υπάρχουν και χαμηλότερες τιμές, Ανδόρα, Μονακό, στενών του Γιβραλτάρ και Ισπανίας. Υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές στα βορειοανατολικά, στις ακτές της Αλβανίας και μεταξύ Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης. Υπάρχουν χαμηλότερες και ενδιάμεσες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας στα στενά του Γιβραλτάρ προς Ισπανία, Αλγερίας και Τυνησίας και σε σημεία στο Αιγαίο Πέλαγος. Στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, έχουμε τις υψηλότερες τιμές της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, με μικρές διάσπαρτες αυξομειώσεις. Τα μέγιστα των τιμών βρίσκονται στις περιοχές της Γάζας και Λίβανου, εντελώς ανατολικά.



Εικόνα 75: Χωρική κατανομή χλωροφύλλης-α στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας την χρονιά του 2013

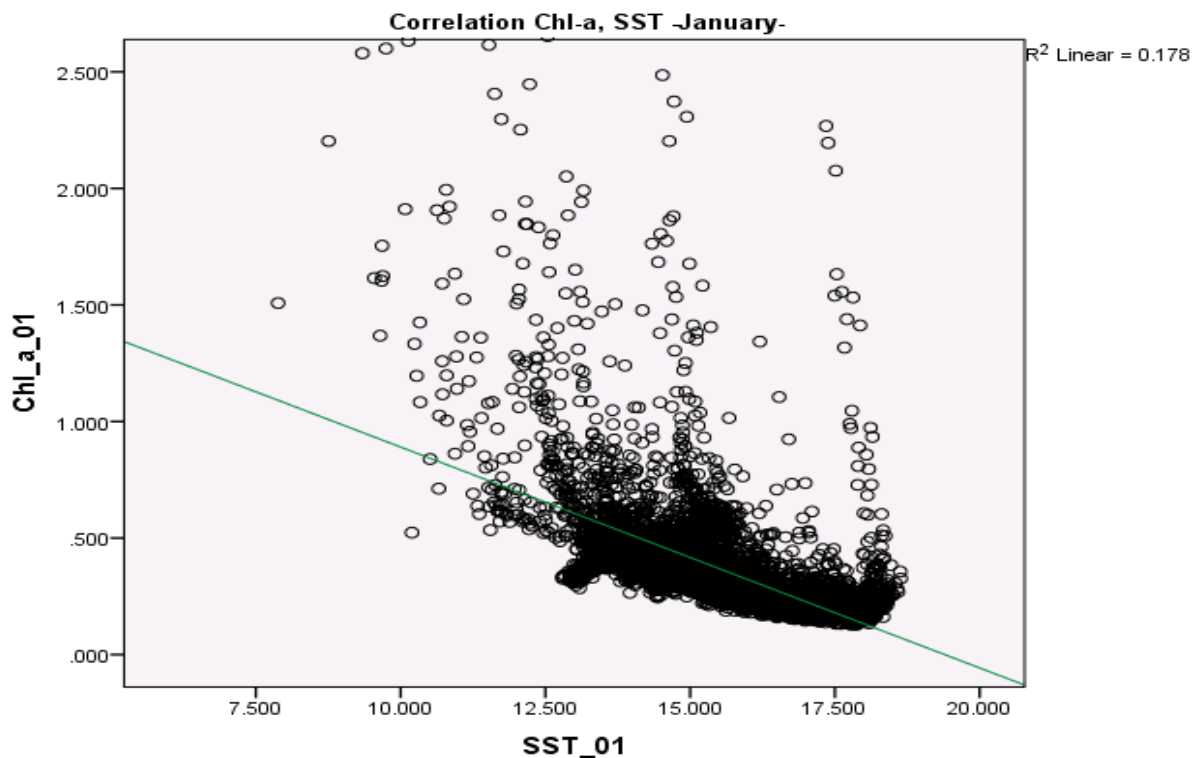
Οι μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α, απεικονίζονται με έντονο σκούρο μπλε χρώμα και οι χαμηλότερες με κόκκινο. Την χρονιά του 2013, παρατηρείται μια μειωμένη τάση της χλωροφύλλης-α στην νοτιοανατολική Μεσόγειο, με εξαίρεση στις ακτές της Γάζας, Αιγύπτου και Κωνσταντινούπολης με περιορισμένο εύρος μειωμένης χλωροφύλλης-α αλλά και μεταξύ των ακτών της Ελλάδας και Κωνσταντινούπολης όπου υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, με μέγιστα στα ανατολικά των ακτών της Αιγύπτου. Στα βόρεια, υπάρχουν μέγιστες τιμές σε κάποιες περιοχές των ακτών της Ιταλίας αλλά και σε περιοχές στα ανατολικά των ακτών της Τυνησίας και στα μέσα των ακτών της Ισπανίας και Γαλλίας. Στα στενά του Γιβραλτάρ, έχουμε ενδιάμεσες με χαμηλότερες τιμές

4.3 Μηνιαίες συσχετίσεις παράμετρων SPSS

4.3.1 Ιανουάριος

Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.422. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα είναι ασθενής συσχέτισης γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για τον μήνα Ιανουάριο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι ασθενής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.

Επίσης, φαίνεται μια πολύ ασθενής συσχέτιση μεταξύ chloro-a και Lon, με συντελεστή Pearson 0.307, σημαντικότητας $p=0.000$, επιπέδου 0.01. Αυτό σημαίνει ότι τα επίπεδα χλωροφύλλης-α αυξάνονται καθώς προχωράμε προς την δυτική Μεσόγειο, όπου εκεί τα φαινόμενα ευτροφισμού είναι ελαφρώς αυξημένα.



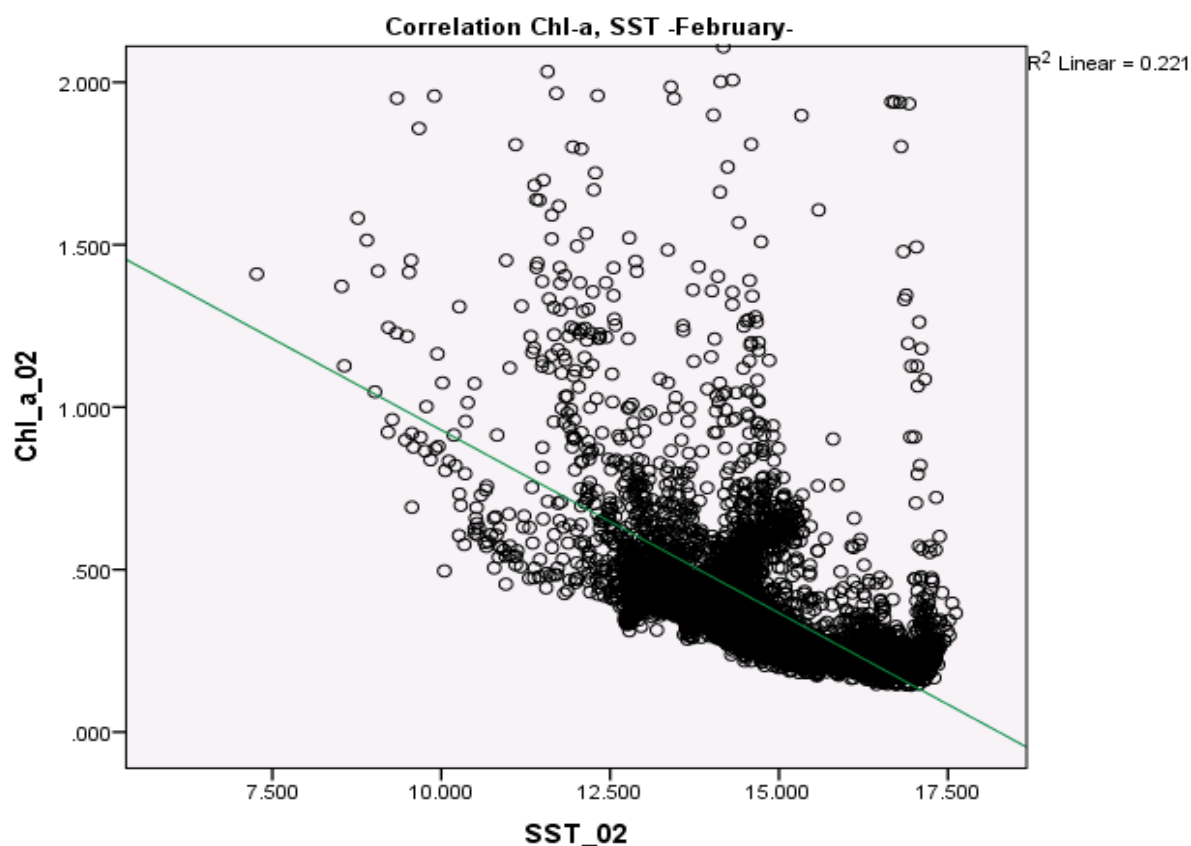
Εικόνα 76: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Ιανουάριο

4.3.2 Φεβρουάριος

Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.470. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα είναι ασθενής συσχέτισης γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για τον μήνα Φεβρουάριο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι ασθενής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.

Επίσης, φαίνεται μια πολύ ασθενής συσχέτιση μεταξύ chloro-a και Lon, με συντελεστή Pearson 0.338, σημαντικότητας $p=0.000$, επιπέδου 0.01. Αυτό σημαίνει ότι τα επίπεδα

χλωροφύλλης-α αυξάνονται καθώς προχωράμε προς την ανατολική Μεσόγειο, όπου εκεί τα φαινόμενα ευτροφισμού είναι ελαφρώς αυξημένα.



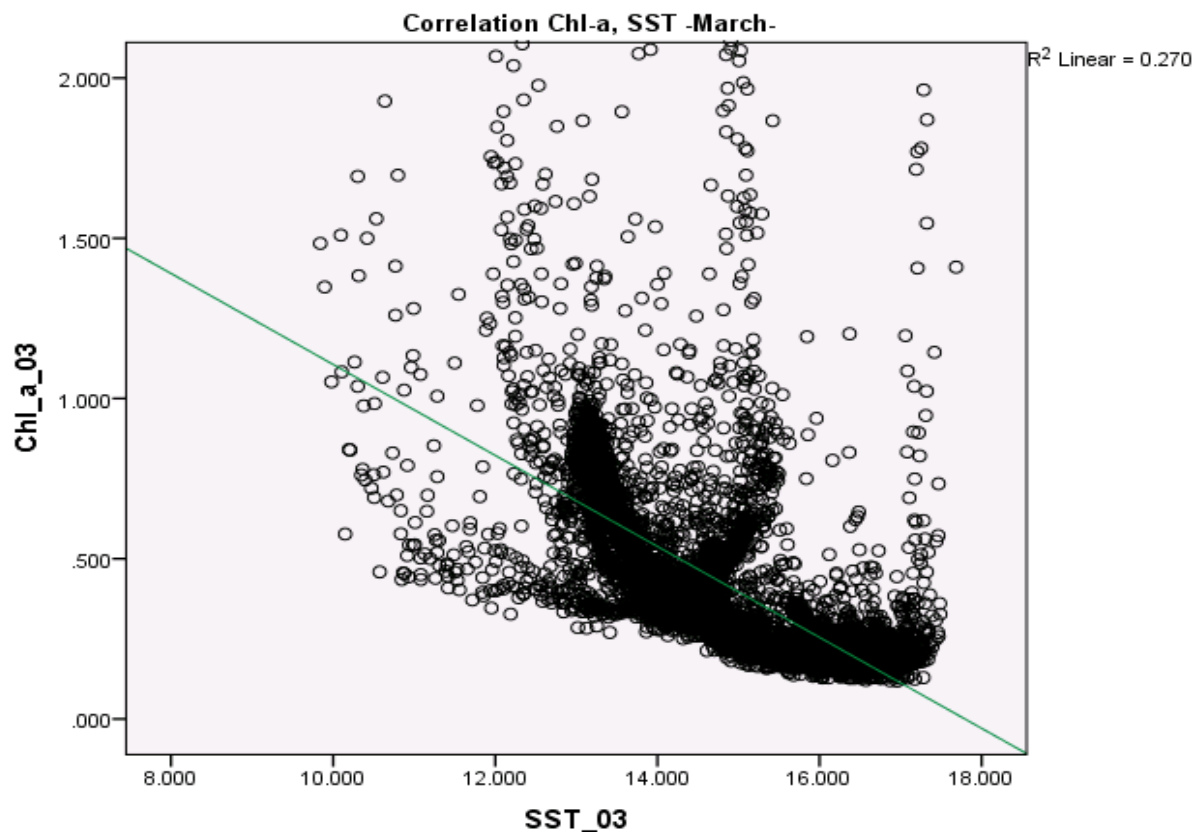
Εικόνα 77: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Φεβρουάριο

4.3.3 Μάρτιος

Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.519. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα είναι μέσης συσχέτισης γιατί η απόλυτη τιμή τείνει στο μέσο μεταξύ 1 και 0. Άρα, για τον μήνα Μάρτιο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι μεσαίας ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0,000$, επιπέδου 0.01.

Επίσης, φαίνεται μια αξιοσημείωτη αλλά όχι και τόσο ισχυρή, ασθενής συσχέτιση μεταξύ chloro-a και Lon, με συντελεστή Pearson 0.458, σημαντικότητας $p=0.000$, επιπέδου 0.01. Αυτό σημαίνει ότι τα επίπεδα χλωροφύλλης-α αυξάνονται καθώς

προχωράμε προς την δυτική Μεσόγειο, όπου εκεί τα φαινόμενα ευτροφισμού είναι ελαφρώς αυξημένα.



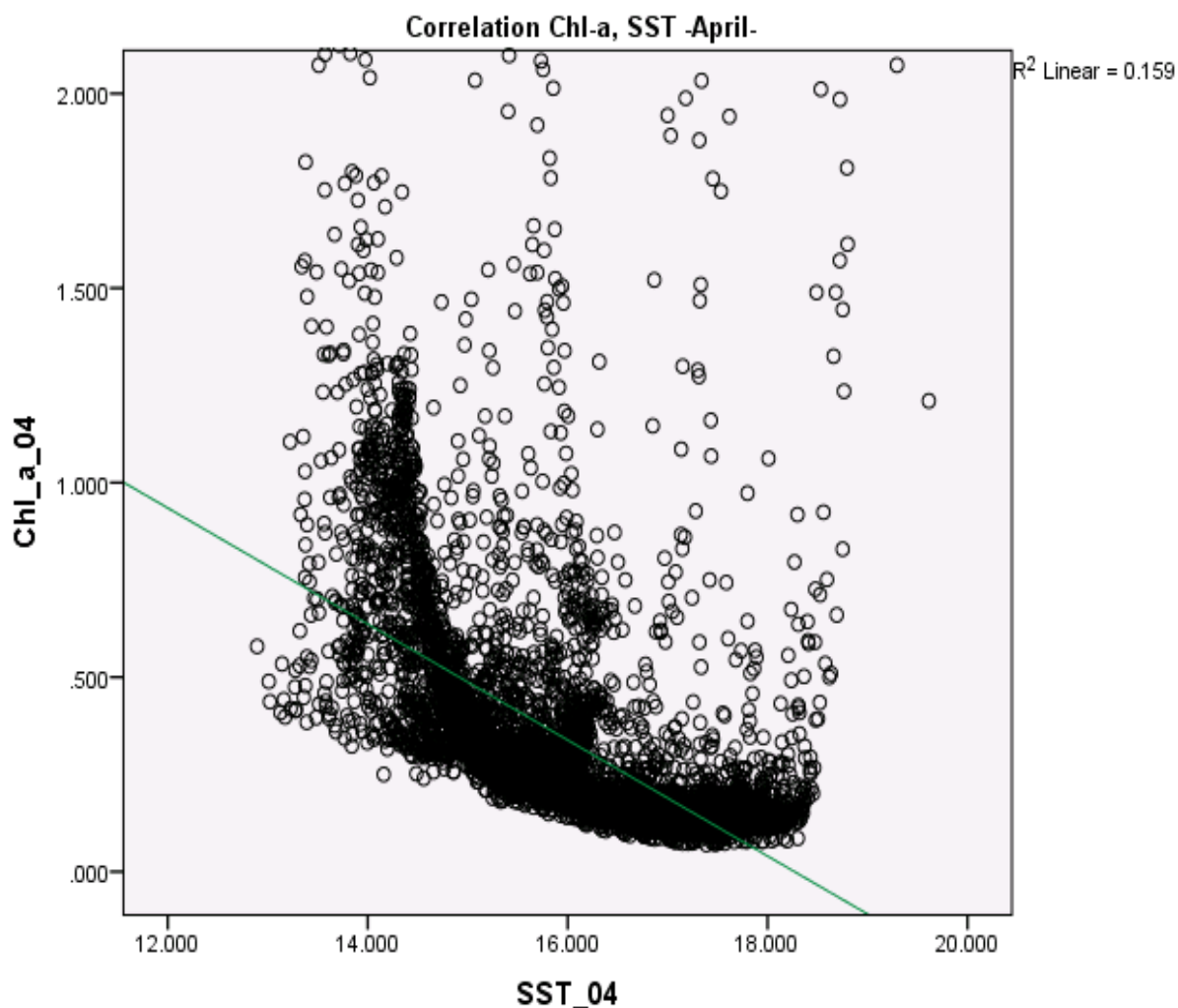
Εικόνα 78: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Μάρτιο

4.3.4 Απρίλιος

Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.399. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα είναι ασθενής συσχέτισης γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για τον μήνα Απρίλιο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι ασθενής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.

Επίσης, φαίνεται μια αξιοσημείωτη αλλά όχι και τόσο ισχυρή, ασθενής συσχέτιση μεταξύ chloro-a και Lon, με συντελεστή Pearson 0.408, σημαντικότητας $p=0.000$. Αυτό

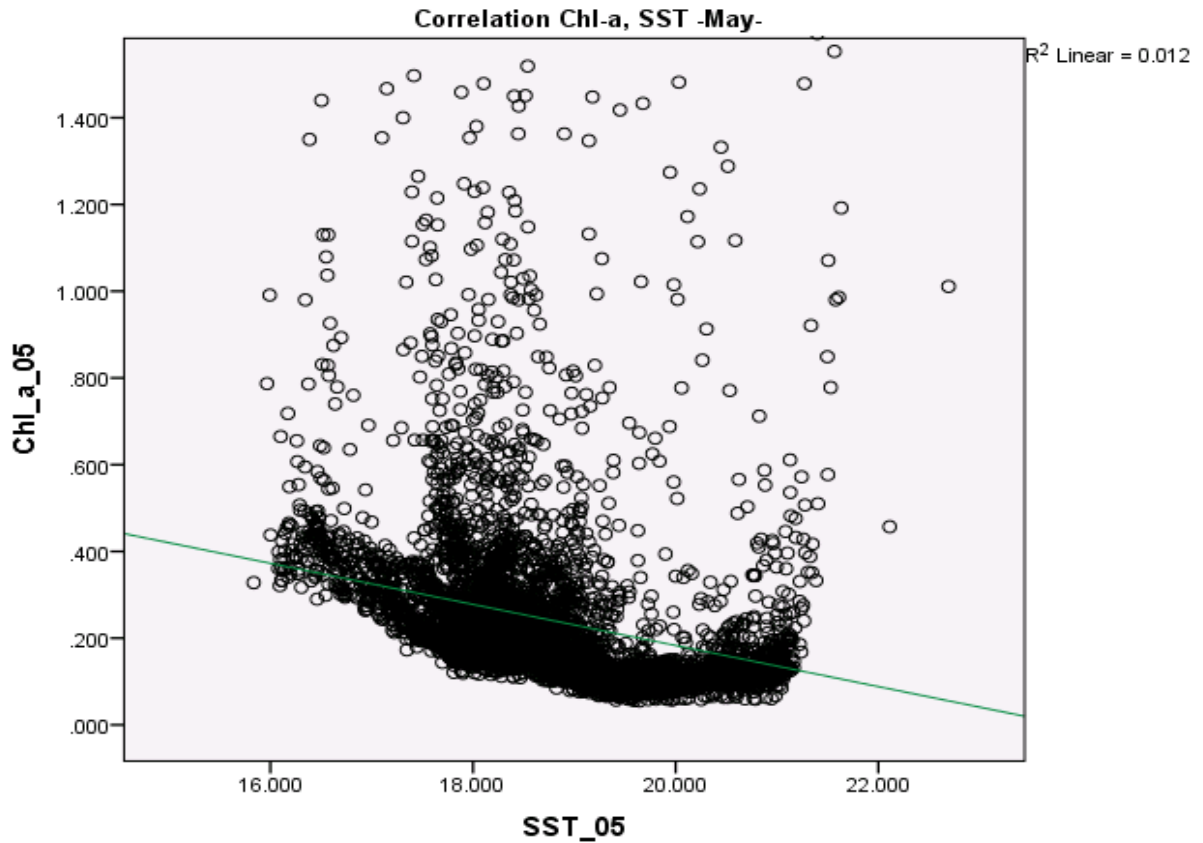
σημαίνει ότι τα επίπεδα χλωροφύλλης-α αυξάνονται καθώς προχωράμε προς την δυτική Μεσόγειο, όπου εκεί τα φαινόμενα ευτροφισμού είναι ελαφρώς αυξημένα.



Εικόνα 79: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Απρίλιο

4.3.5 Μάιος

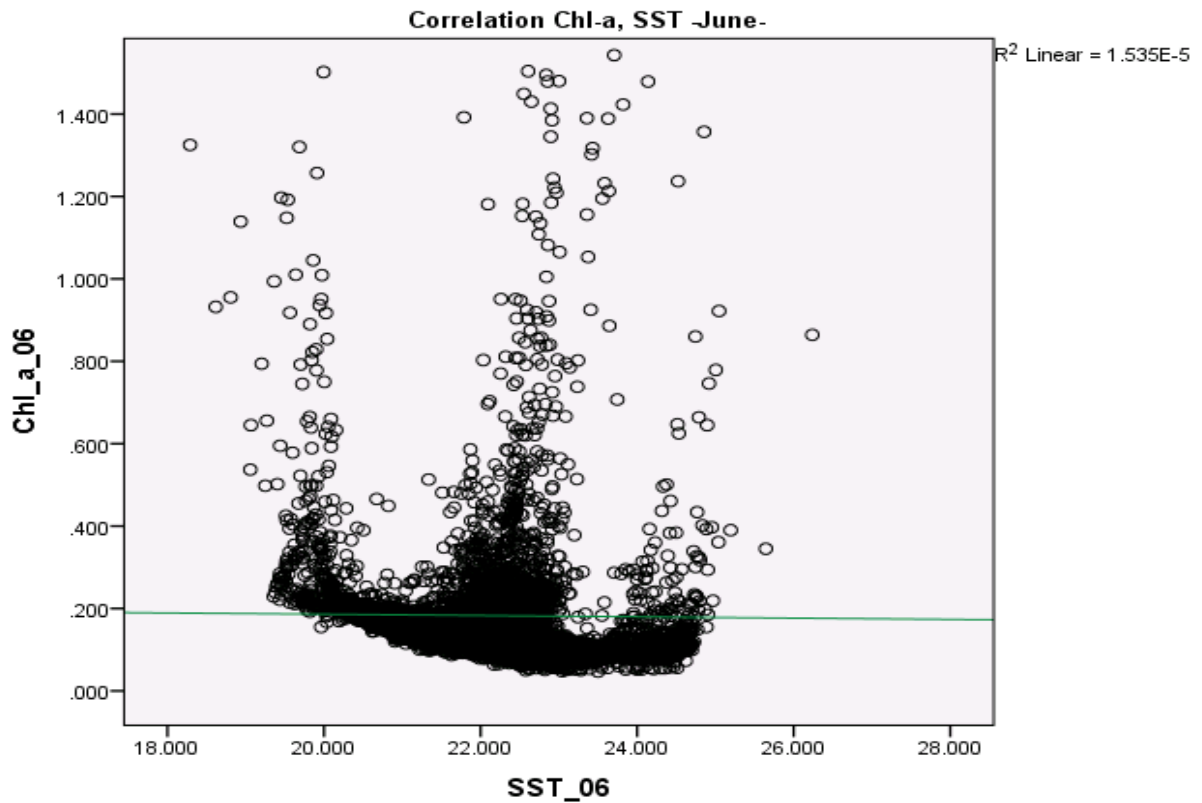
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.107. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα σχεδόν μηδενικής, γιατί η τιμή τείνει πολύ πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1 για τον τον μήνα Μάιο. Αυτό το είδος συσχέτισης είναι σχεδόν μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0,000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 80: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Μάιο

4.3.6 Ιούνιος

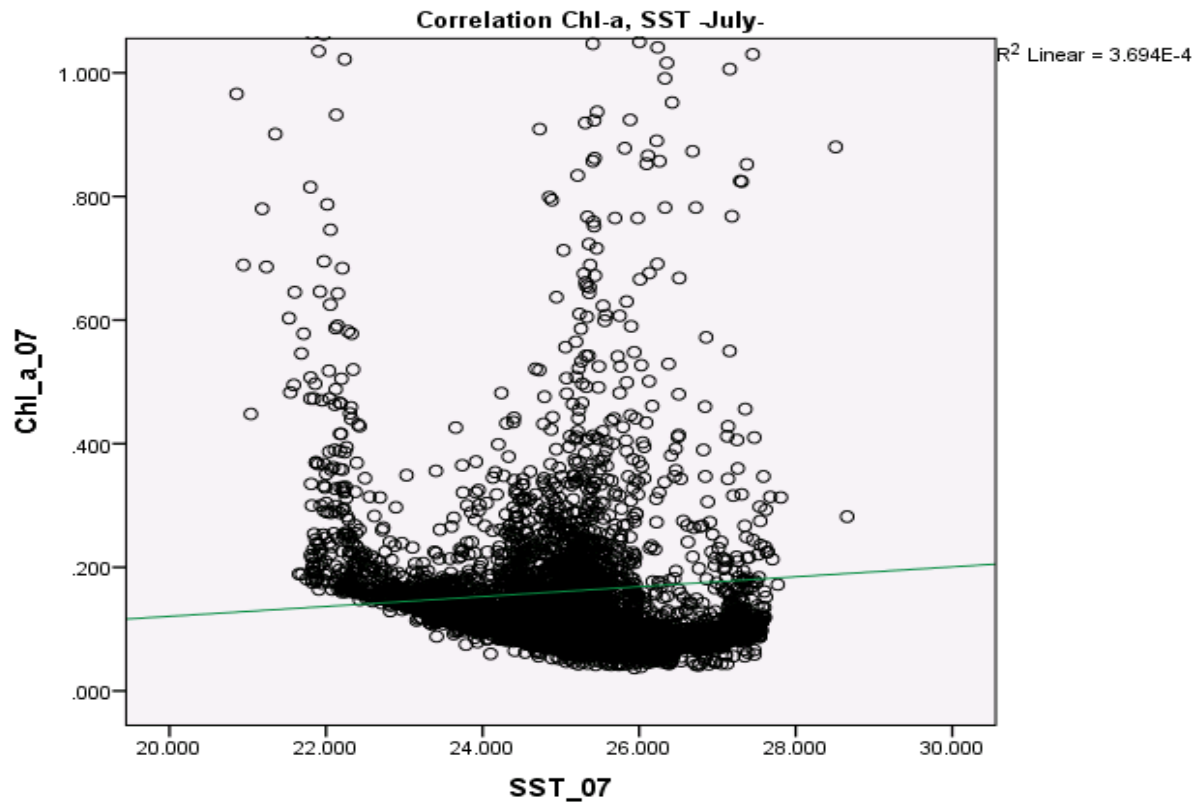
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.004. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μηδενικής, γιατί η τιμή είναι μηδενική για τον μήνα Ιούνιο. Αυτό το είδος συσχέτισης είναι μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$. επιπέδου 0.01.



Εικόνα 81: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Ιούνιο

4.3.7 Ιούλιος

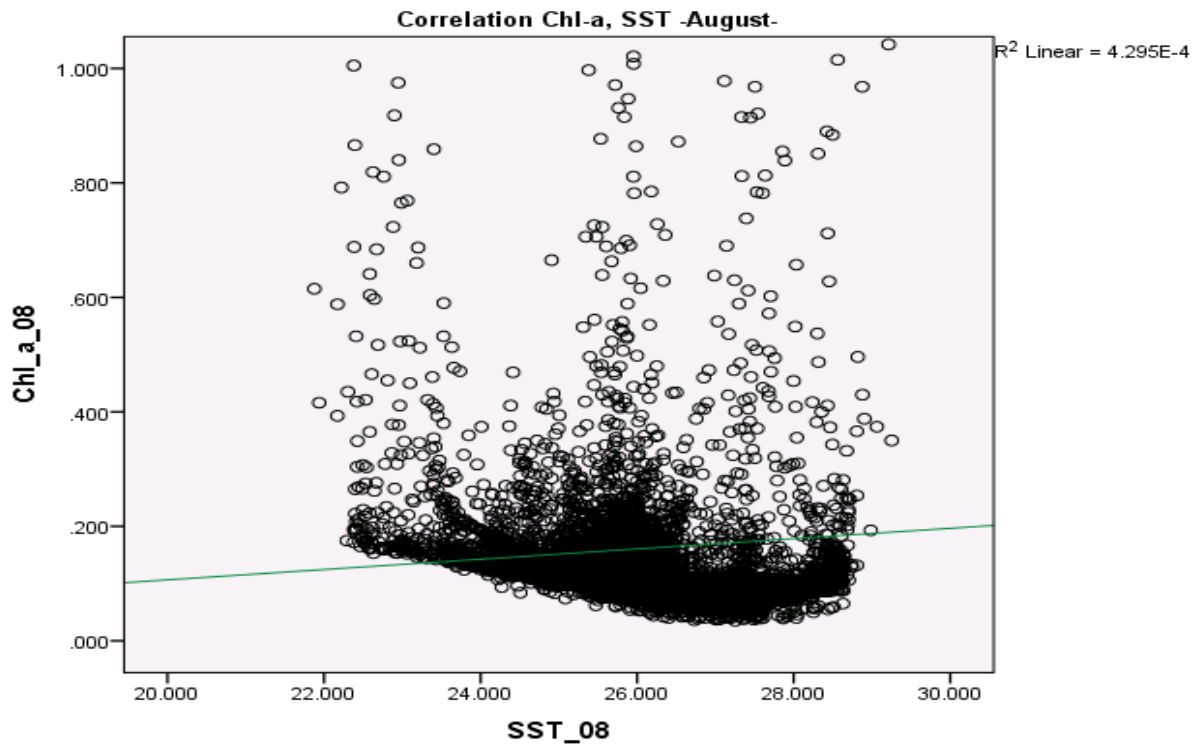
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι 0.019. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν θετική συσχέτιση και μάλιστα μηδενικής, γιατί η τιμή είναι μηδενική για τον μήνα Ιούλιο. Αυτό το είδος συσχέτισης είναι μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$. επιπέδου 0.01.



Εικόνα 82: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Ιούλιο

4.3.8 Αύγουστος

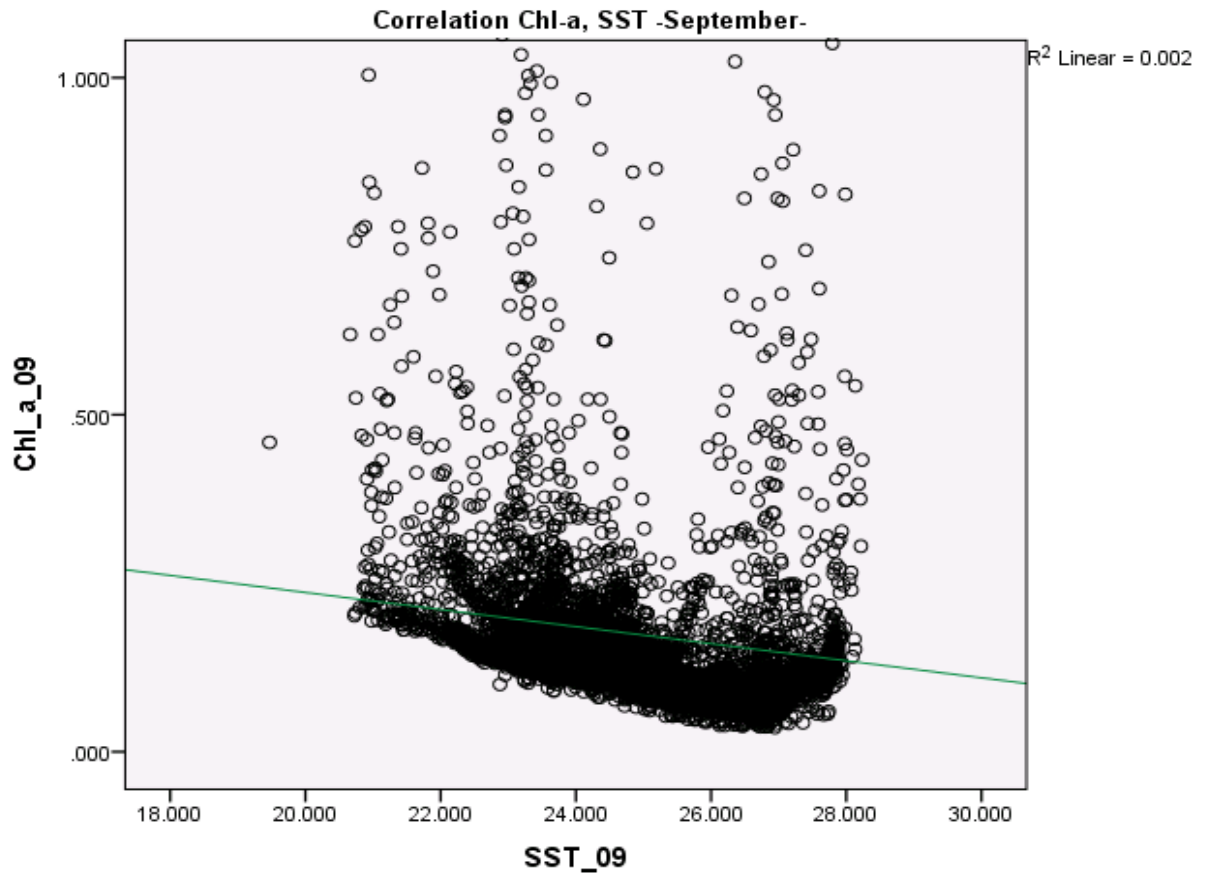
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι 0.021. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν θετική συσχέτιση και μάλιστα μηδενικής, γιατί η τιμή είναι μηδενική για τον μήνα Αύγουστο. Αυτό το είδος συσχέτισης είναι μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 83: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Αύγουστο

4.3.9 Σεπτέμβριος

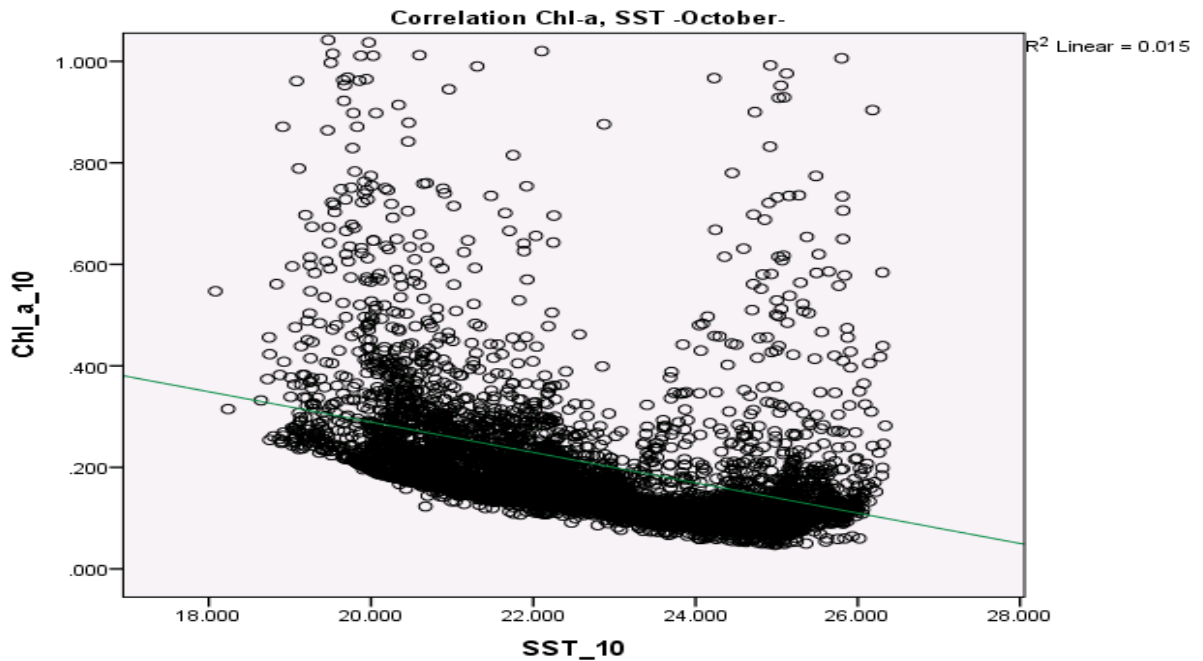
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.041. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μηδενικής, γιατί η τιμή είναι μηδενική για τον μήνα Αύγουστο. Αυτό το είδος συσχέτισης είναι μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 84: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Σεπτέμβριο

4.3.10 Οκτώβριος

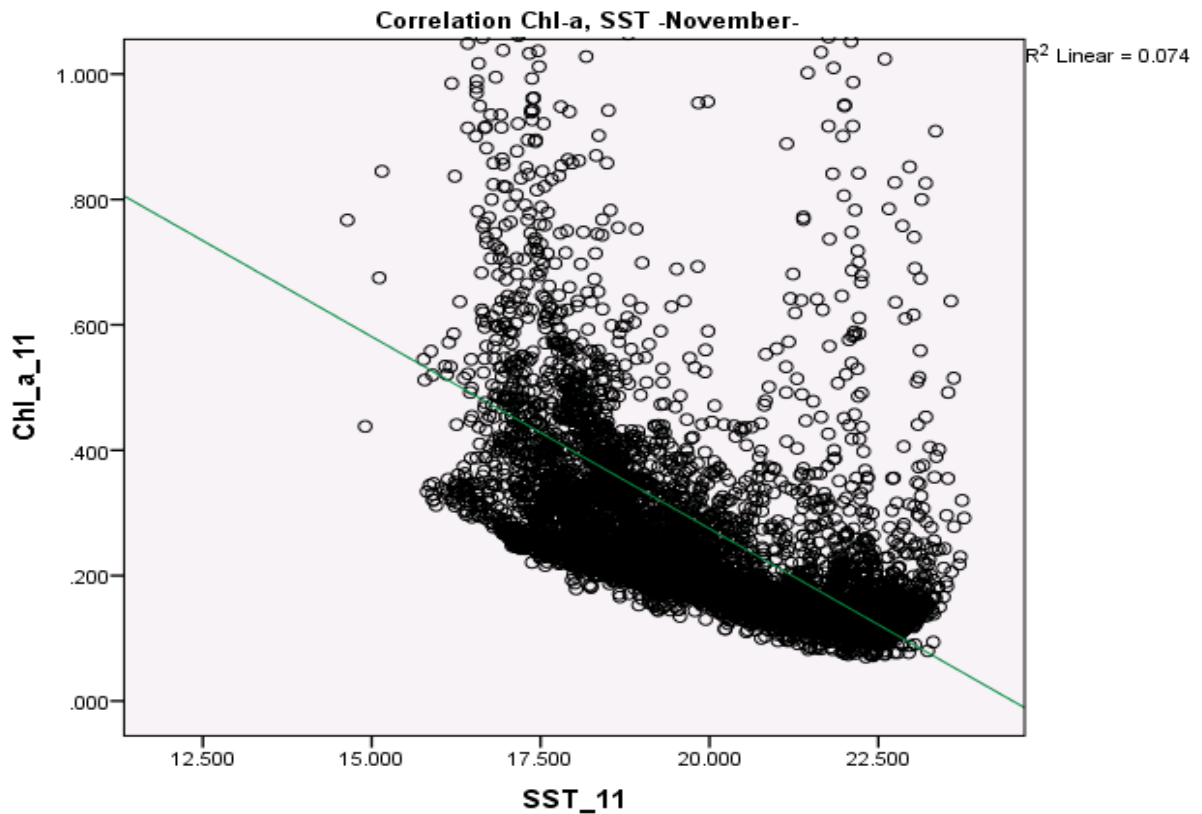
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.122. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα σχεδόν μηδενικής, γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά και σχεδόν στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για τον μήνα Οκτώβριο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι σχεδόν μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0,000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 85: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Οκτώβριο

4.3.11 Νοέμβριος

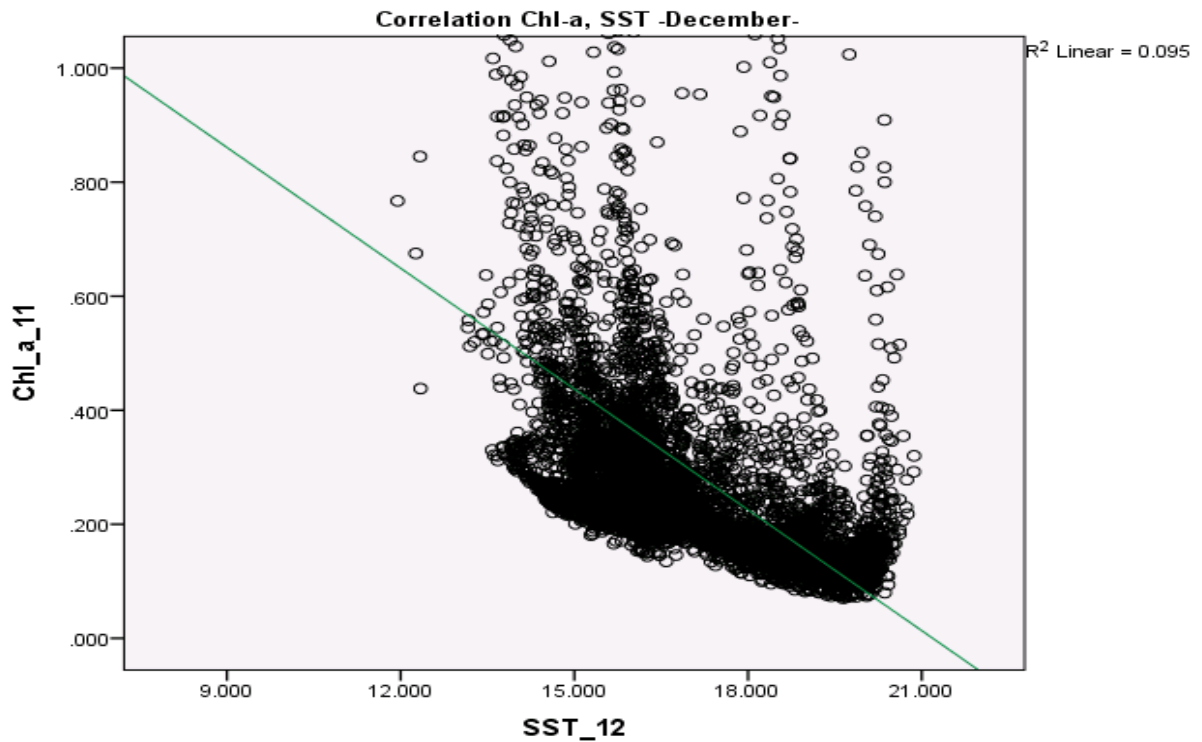
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.272. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα σχεδόν μηδενικής, γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά και σχεδόν στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για τον μήνα Νοέμβριο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι σχεδόν μηδενικής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0,000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 86: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Νοέμβριο

4.3.12 Δεκέμβριος

Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.372. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα είναι ασθενής συσχέτισης γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για τον μήνα Δεκέμβριο καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης είναι ασθενής ισχυρότητας αλλά και στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 87: Γραφική απεικόνιση της συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για τον μήνα Δεκέμβριο

Πίνακας 14: Συσχέτιση Pearson για τις μηνιαίες συσχετίσεις

Συσχέτιση Pearson	Μήνες											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Chl_a - SST	- .422**	-.470**	- .519**	-.399**	- .107**	-.004	.019	.021	- .041**	-.122**	- .272**	- .372**
Lat -SST	.675**	.663**	.655**	.649**	.807**	.819**	.634*	.601**	.589**	.588**	.636**	.683**
Lat-Chl_a	- .256**	-.290**	- .379**	-.265**	- .142**	- .099**	- .077*	- .064**	- .071**	-.098**	- .150**	- .234**
Lon-Chl_a	.307**	.338**	.458**	.408**	.248**	.145**	.066*	.041**	.073**	.123**	.220**	.278**
Lon-SST	- .519**	-.926**	- .933**	-.921**	- .739**	- .556**	- .547*	- .658**	- .815**	-.894**	- .914**	- .932**

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 15: Συσχέτιση Kendall's tau_b για τις μηνιαίες συσχετίσεις

Συσχέτιση Kendall's tau_b	Μήνες											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Chl_a - SST	- .559*	- .561**	- .605**	- .610**	- .497**	- .366**	- .325**	-. 367**	-. 470**	- .553**	-.594**	- .584**
Lat - SST	.508**	.522**	.515**	.484**	.628**	.608**	.418**	.398**	.406**	.420**	.465**	.502**
Lat-Chl_a	- .479**	- .498**	- .445**	- .387**	- .337**	- .310**	- .274**	-.219**	-.223**	- .281**	-.348**	- .430**
Lon-Chl_a	.525**	.525**	.613**	.647**	.603**	.564**	.514**	.467**	.488**	.543**	.548**	.543**
Lon-SST	- .805**	- .799**	- .804**	- .798**	- .588**	- .431**	- .405**	-.502**	-.647**	- .742**	-.766**	- .791**

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 16: Συσχέτιση Spearman's rho για τις μηνιαίες συσχετίσεις

Συσχέτιση Spearman's rho	Μήνες											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Chl_a - SST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	.768*	.768*	.792	.77	.107	.525	.473	.510	.608	.69	.75	.773**
	*	*	**	7**	**	**	**	**	**	7**	5**	
Lat -SST	.710*	.717*	.705	.66	.807	.794	.590	.566	.579	.59	.64	.697**
	*	*	**	4**	**	**	**	**	**	5**	2**	
Lat-Chl_a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	.664*	.678*	.632	.56	.142	.466	.417	.337	.346	.42	.49	.608**
	*	*	**	6**	**	**	**	**	**	4**	9**	
Lon-Chl_a	.711*	.716*	.790	.81	.248	.728	.677	.628	.647	.70	.71	.713**
	*	*	**	0**	**	**	**	**	**	0**	1**	
Lon-SST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	.945*	.941*	.944	.94	.739	.628	.604	.711	.836	.89	.91	.937**
	*	*	**	0**	**	**	**	**	**	9**	6**	

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

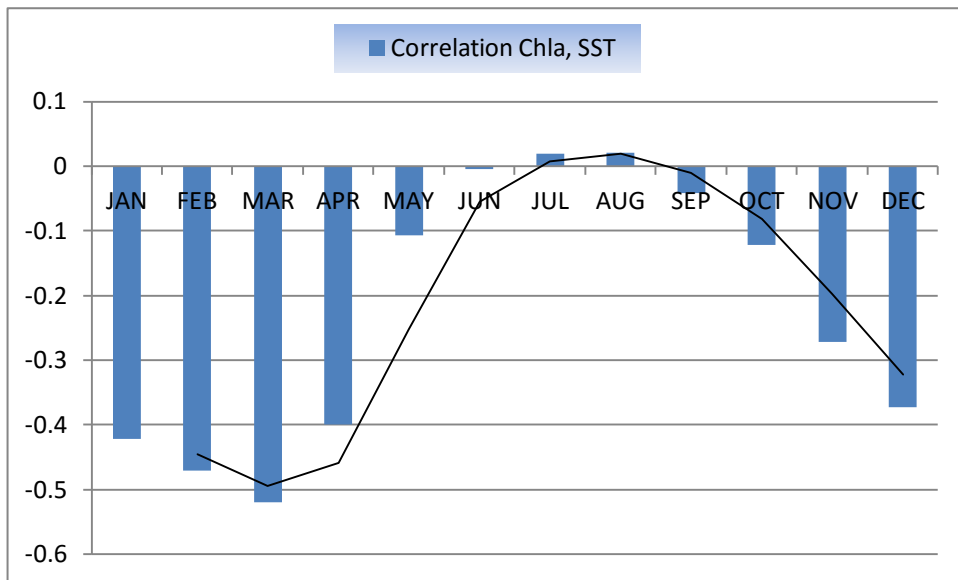
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 17: Συσχέτισεις των παραμέτρων ανά μήνα

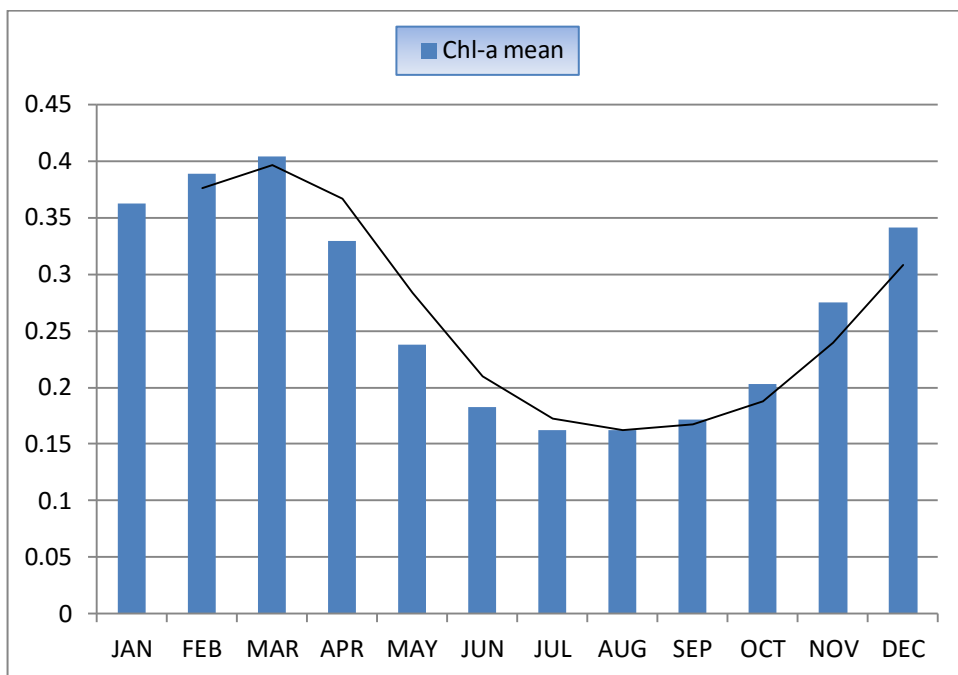
	Μήνες											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Corr.	-0.422	-	-	-	-	-	0.01	0.02	-	-	-	-
SST- Chl_a		0.470	0.519	0.399	0.107	0.00	9	1	0.04	0.122	0.272	0.372
Chl-a mean	0.36	0.88	0.40	0.32	0.23	0.18	0.16	0.16	0.17	0.20	0.27	0.34
Corr. SST mean	15.56	14.80	14.94	16.06	18.85	22.3	25.1	26.2	25.0	22.87	20.00	17.30
						5	8	2	9			

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

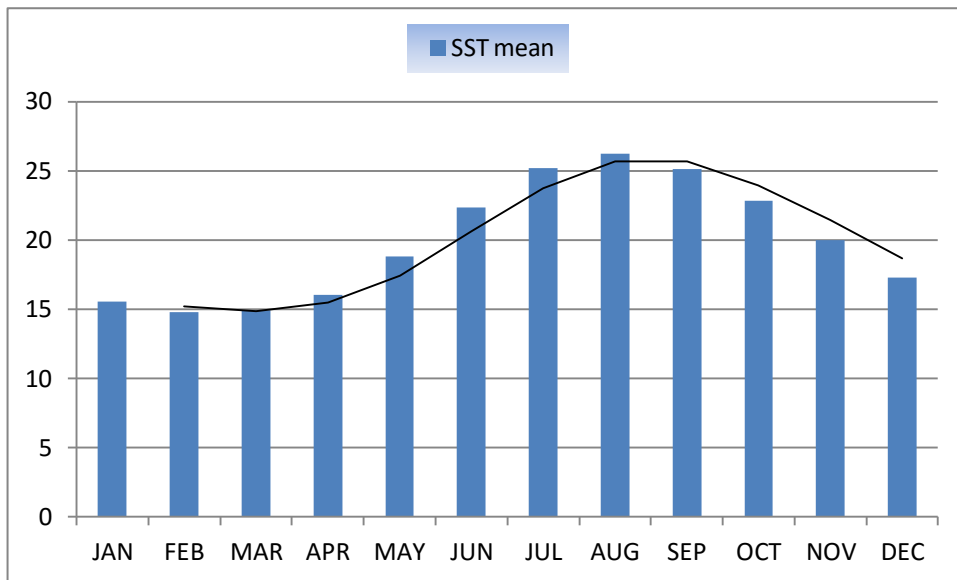
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



Εικόνα 88: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας



Εικόνα 89: Γραφική απεικόνιση της μηνιαίας κατανομής χλωροφύλλης-α



Εικόνα 90: Γραφική απεικόνιση της μηνιαίας κατανομής θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας

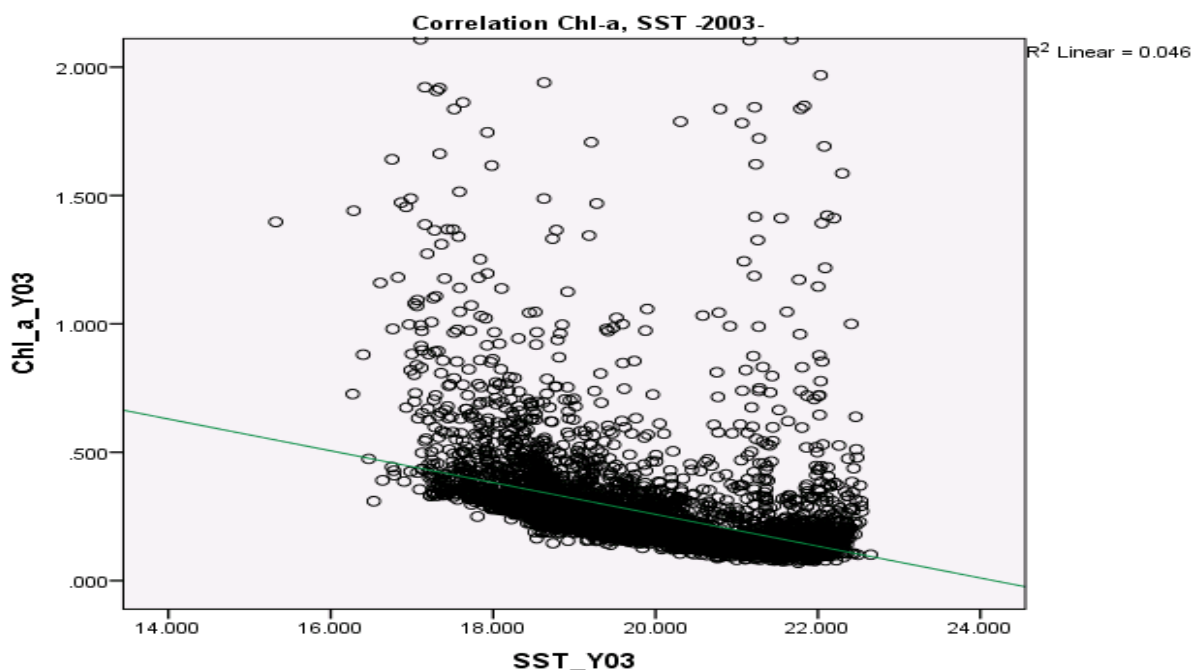
Πίνακας 18: Correlation Chloro_a-SST, Y, r² ανά μήνα

Month	Correlation Chloro_a-SST	
Jan	$Y=1.84+-0.004*x$	$r^2= 0.178$
Feb	$Y=2.05+-0.11*x$	$r^2=0.221$
Marc	$Y=2.52+-0.14*x$	$r^2=0.269$
Apr	$Y=2.72+-0.15*x$	$r^2=0.159$
May	$Y=1.13+-0.05*x$	$r^2=0.011$
Jun	$Y=0.22+-1.55E-3*x$	$r^2=1.498E-5$
Jul	$Y=0.04+-8.0E-3*x$	$r^2=3.722E-4$
Aug	$Y=0.07+-9.05E-3*x$	$r^2=4.342E-4$
Sept	$Y=0.49+-0.01*x$	$r^2=0.002$
Oct	$Y=0.89+-0.03*x$	$r^2=0.015$
Nov	$Y=1.5+-0.08*x$	$r^2=0,074$
Dec	$Y=1.78+-0.08*x$	$r^2=0.139$

4.4 Ετήσιες συσχετίσεις παράμετρων SPSS

4.4.1 Χρονολογικό έτος 2003

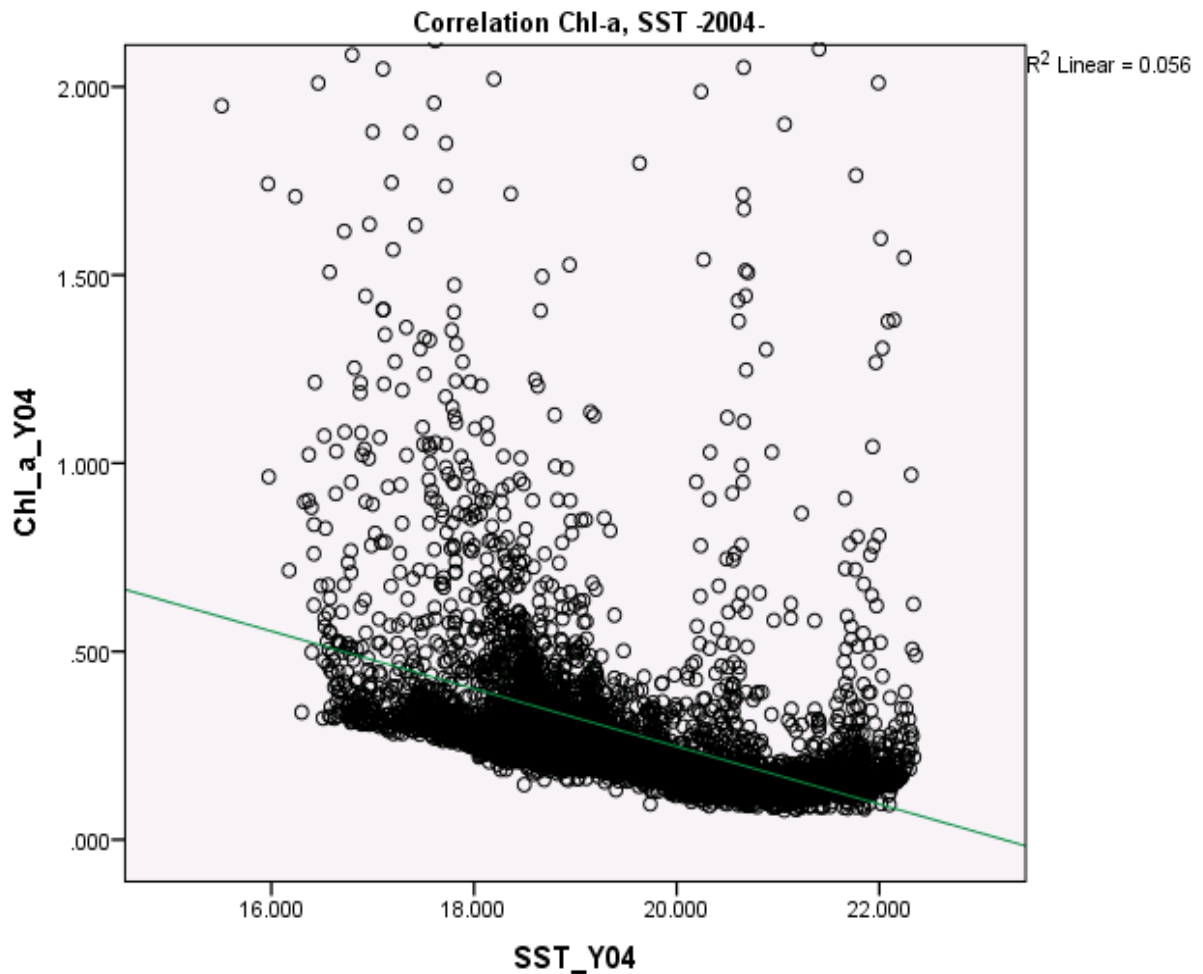
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.214. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2003, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 91: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2003

4.4.2 Χρονολογικό έτος 2004

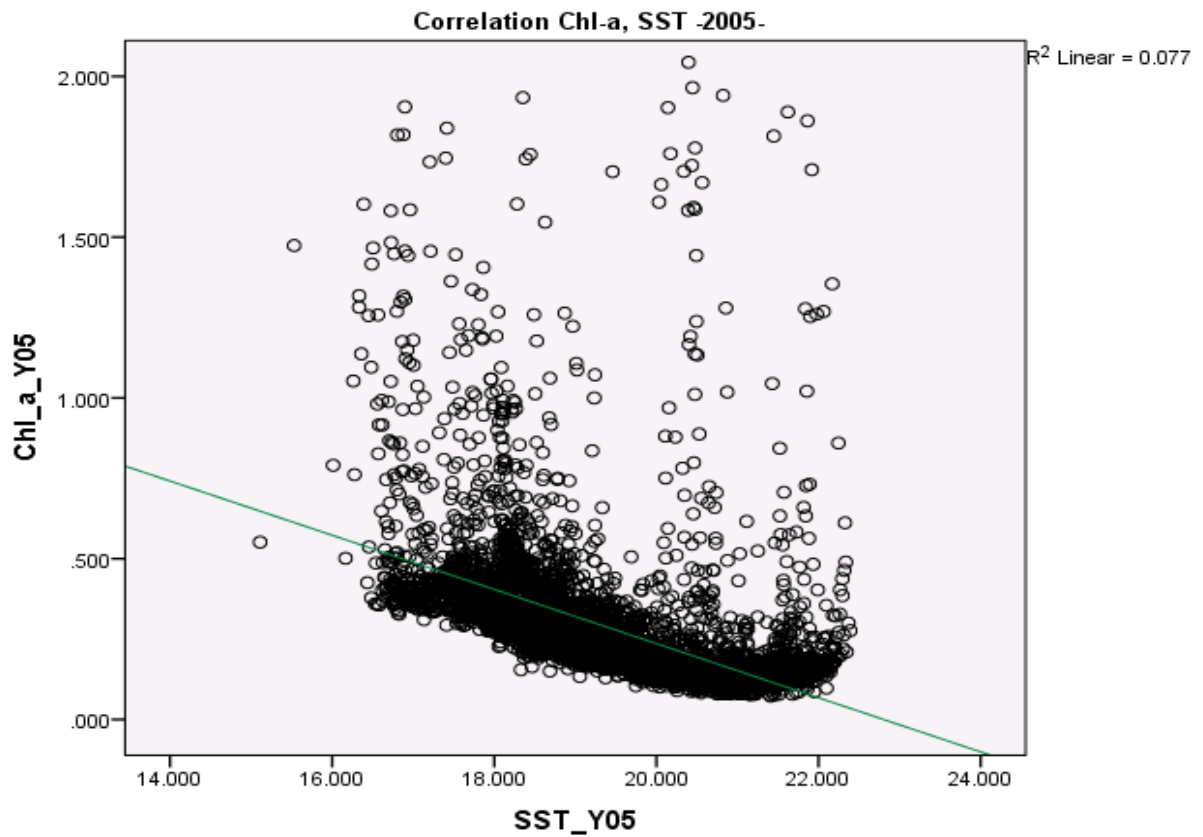
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.236. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2004, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01



Εικόνα 92: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2004

4.4.3 Χρονολογικό έτος 2005

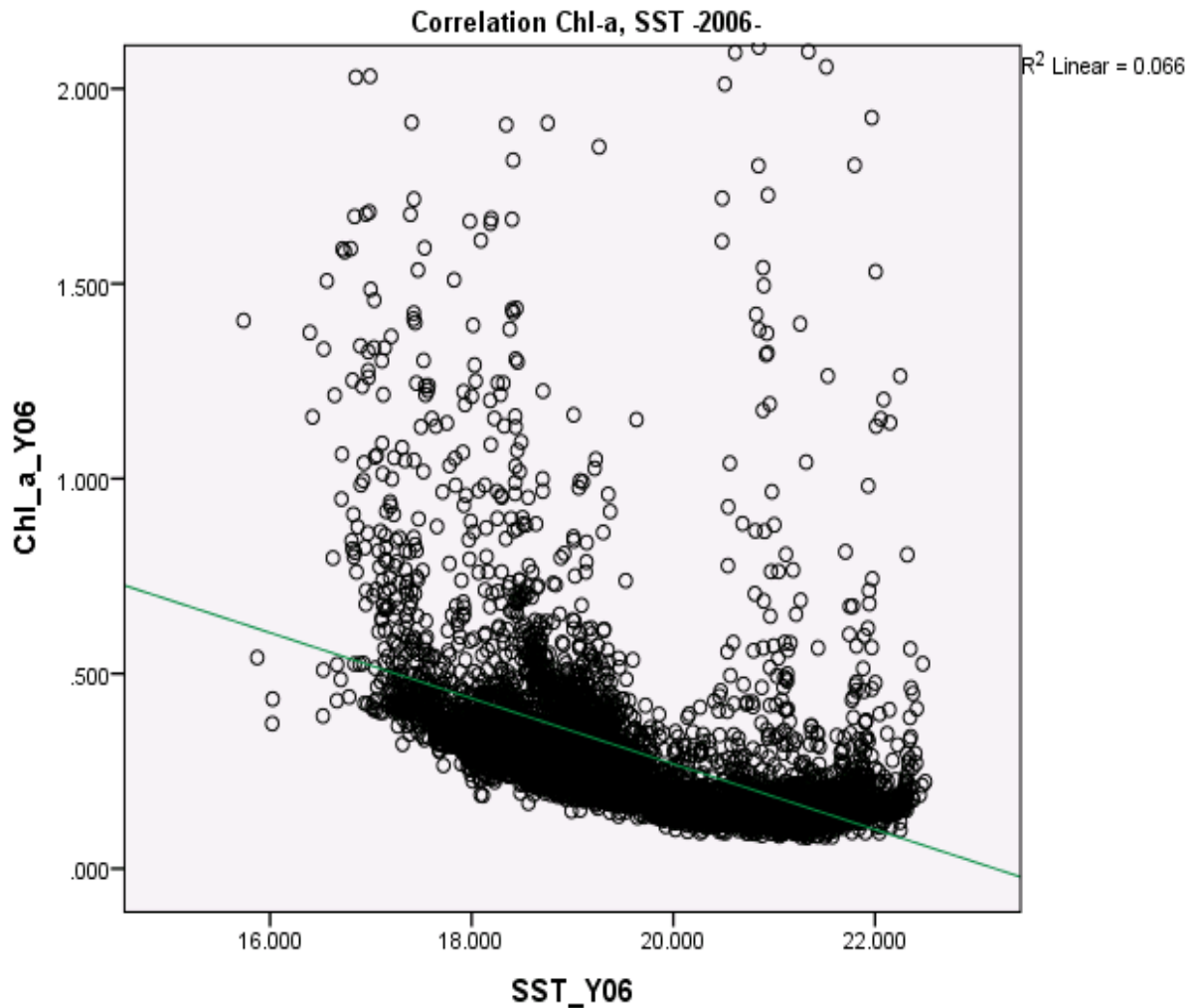
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.278. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2005, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01



Εικόνα 93: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2005

4.4.4 Χρονολογικό έτος 2006

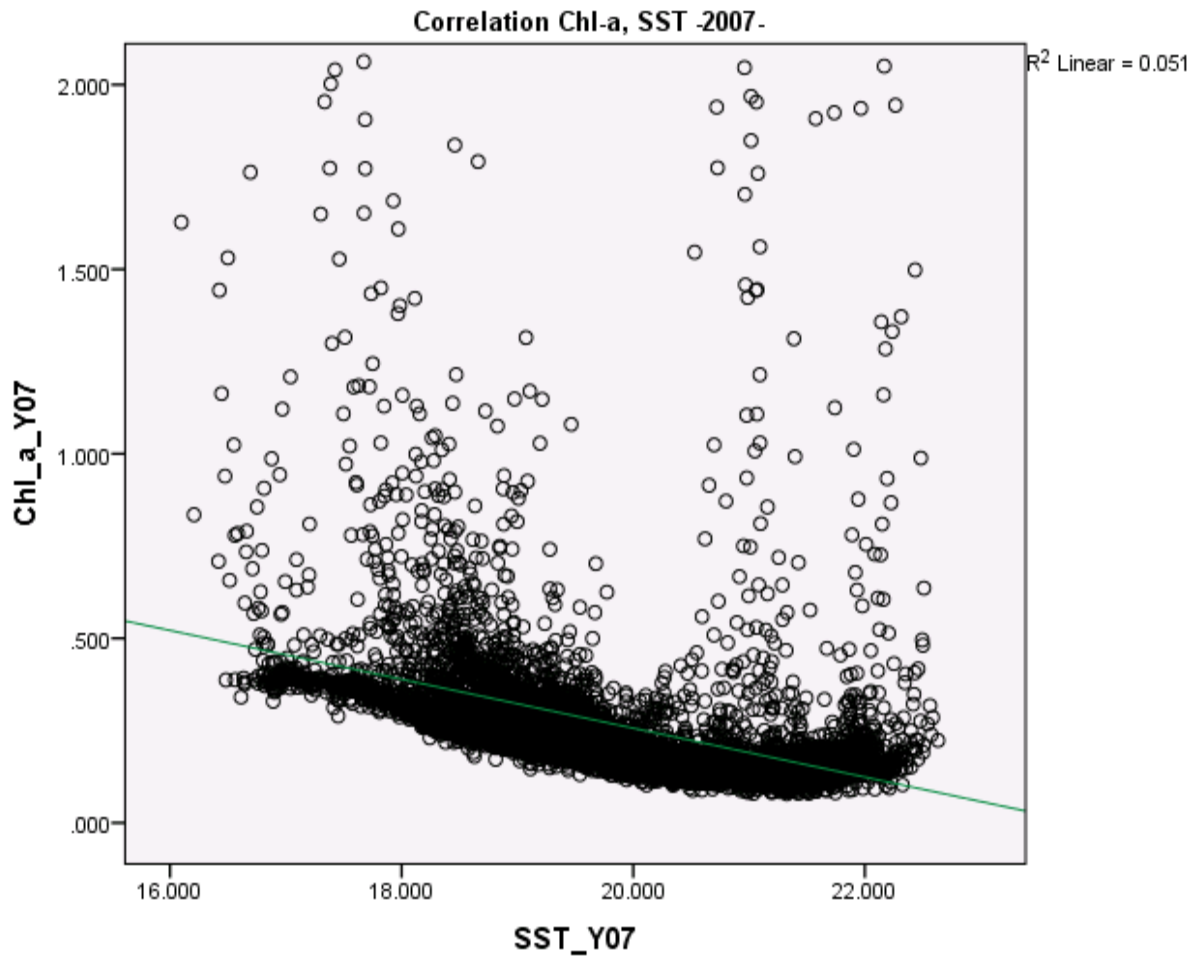
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.256. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2006, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 94: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2006

4.4.5 Χρονολογικό έτος 2007

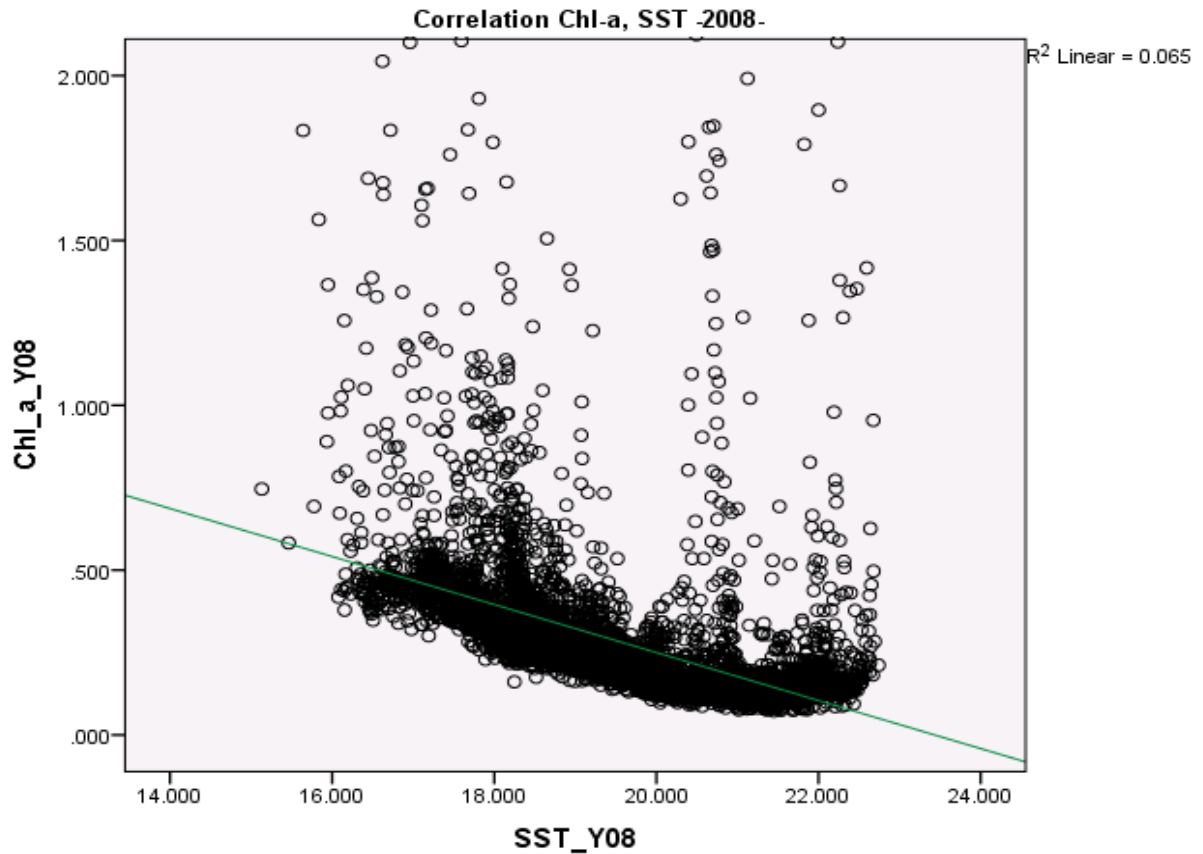
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.226. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2007, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 95: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2007

4.4.6 Χρονολογικό έτος 2008

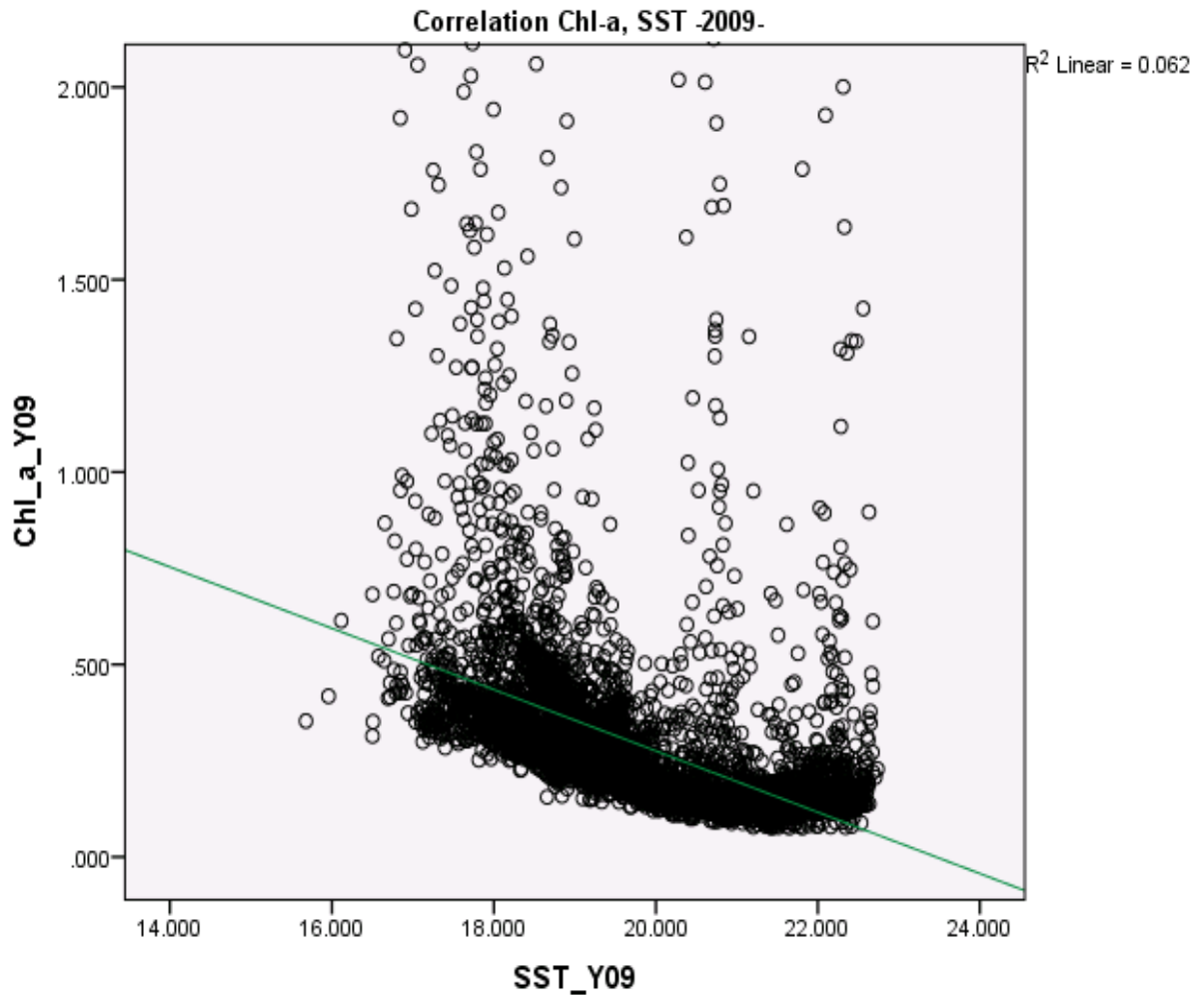
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.255. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2008, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 96: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2008

4.4.7 Χρονολογικό έτος 2009

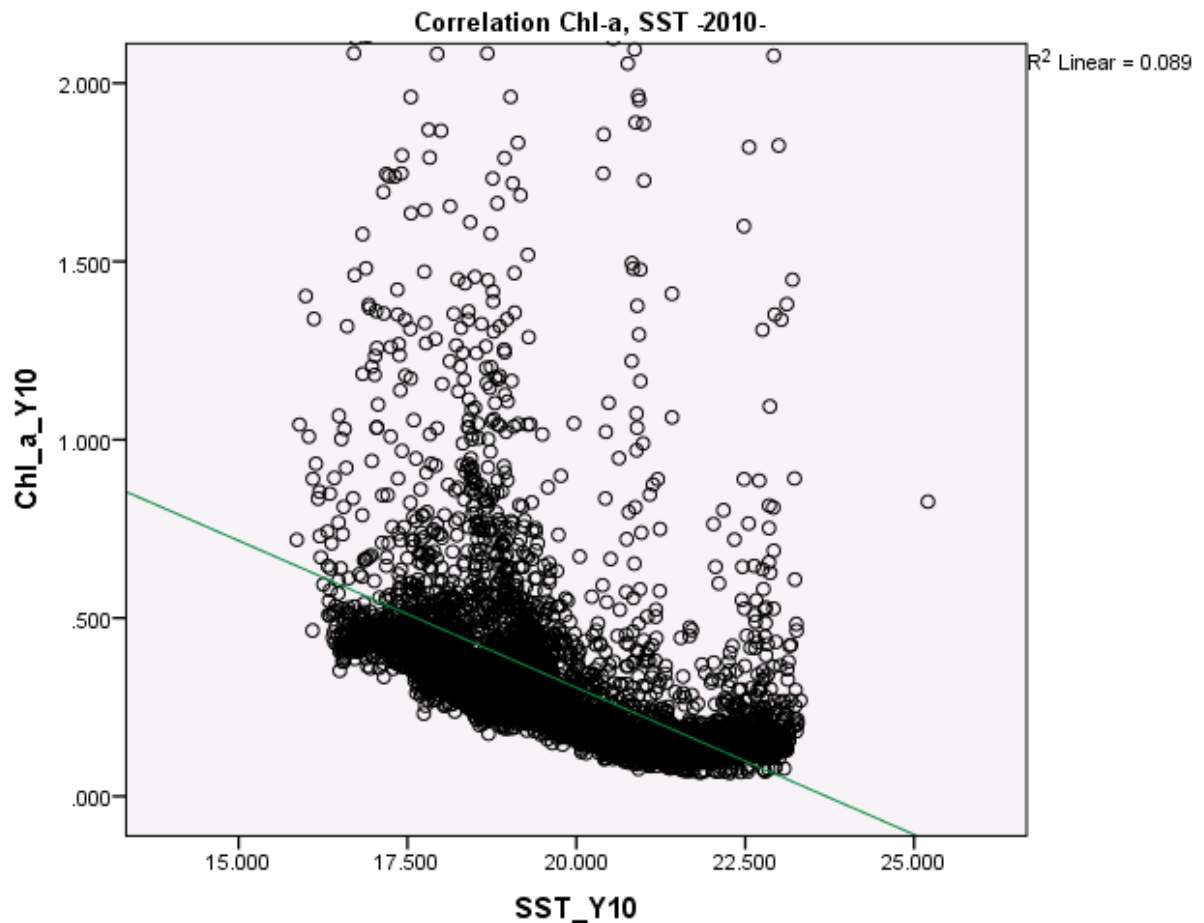
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.249. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2008, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 97: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2009

4.4.8 Χρονολογικό έτος 2010

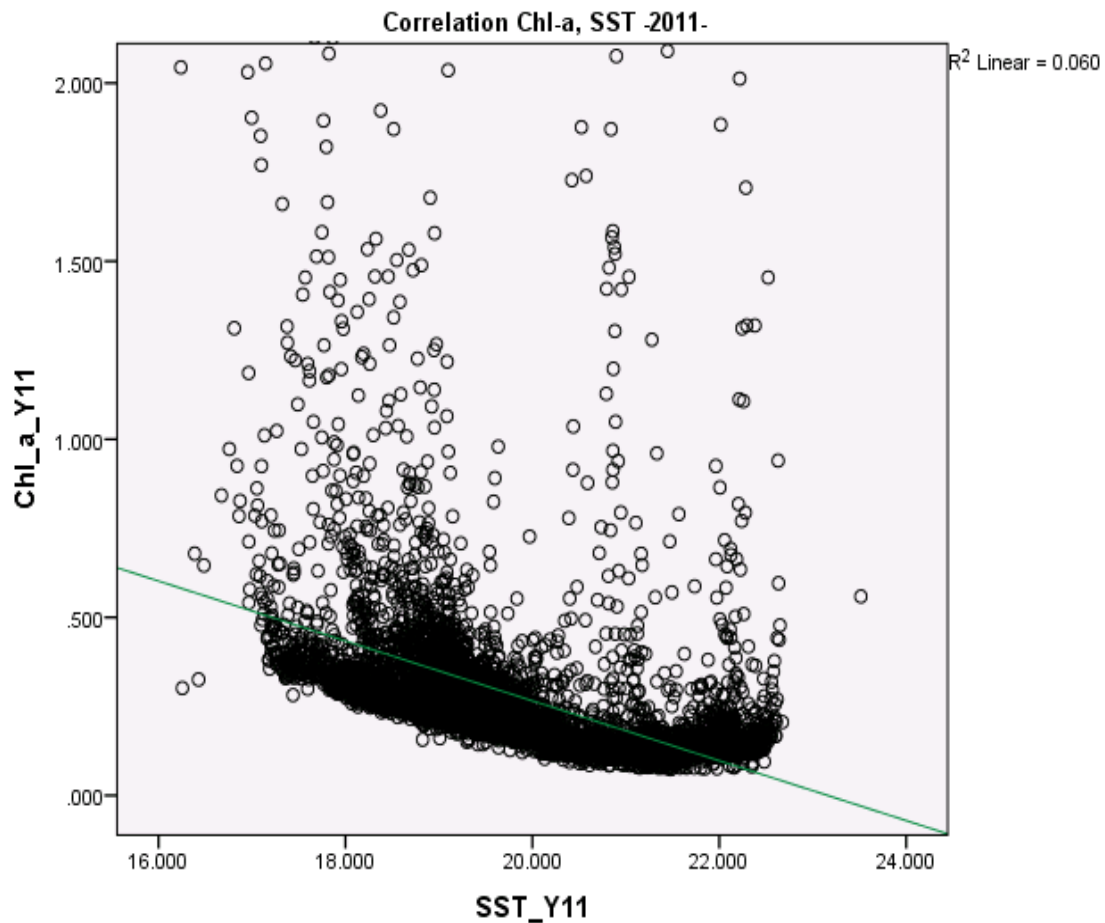
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.299. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2010, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 98: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2010

4.4.9 Χρονολογικό έτος 2011

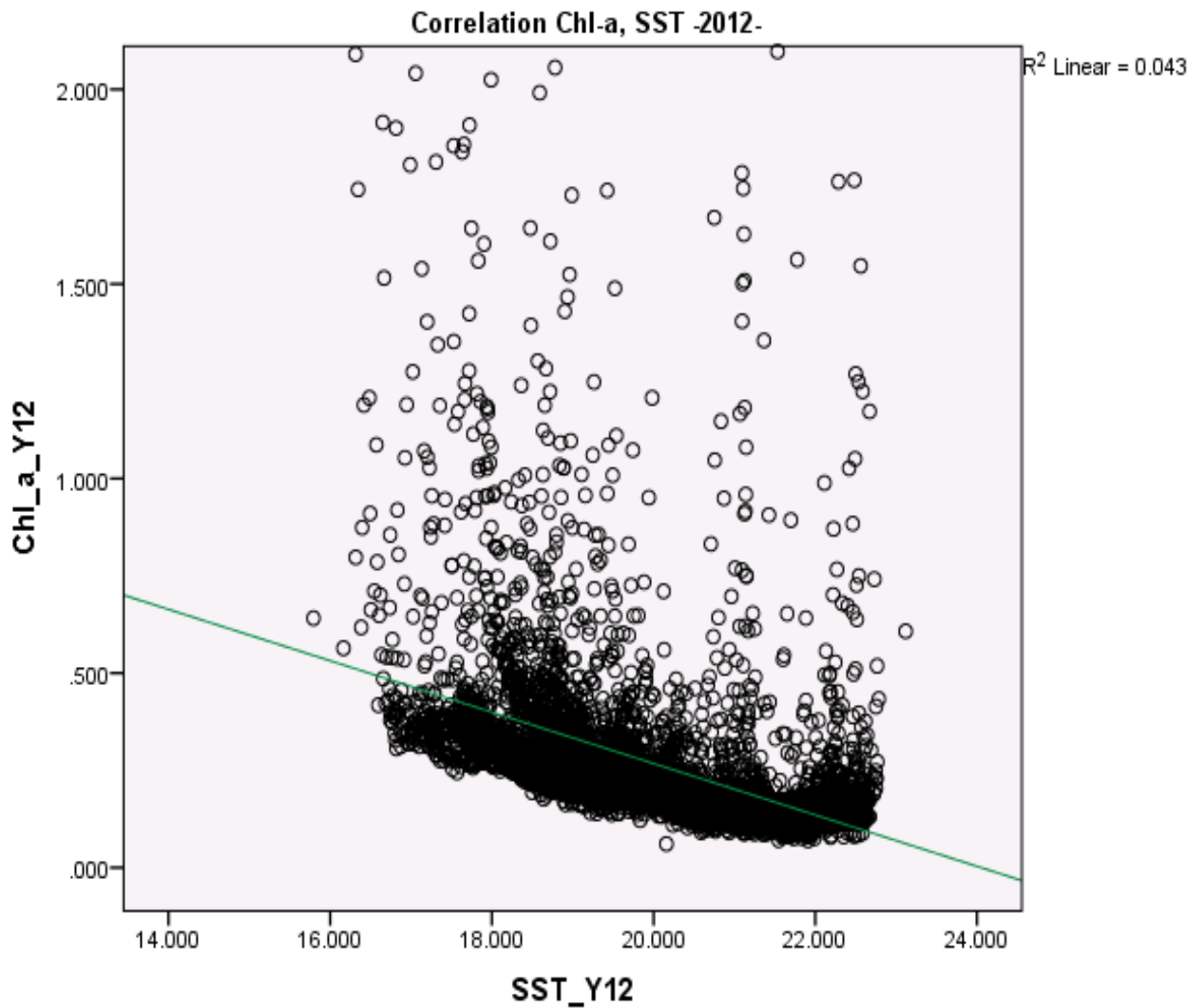
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.245. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2011, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 99: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2011

4.4.10 Χρονολογικό έτος 2012

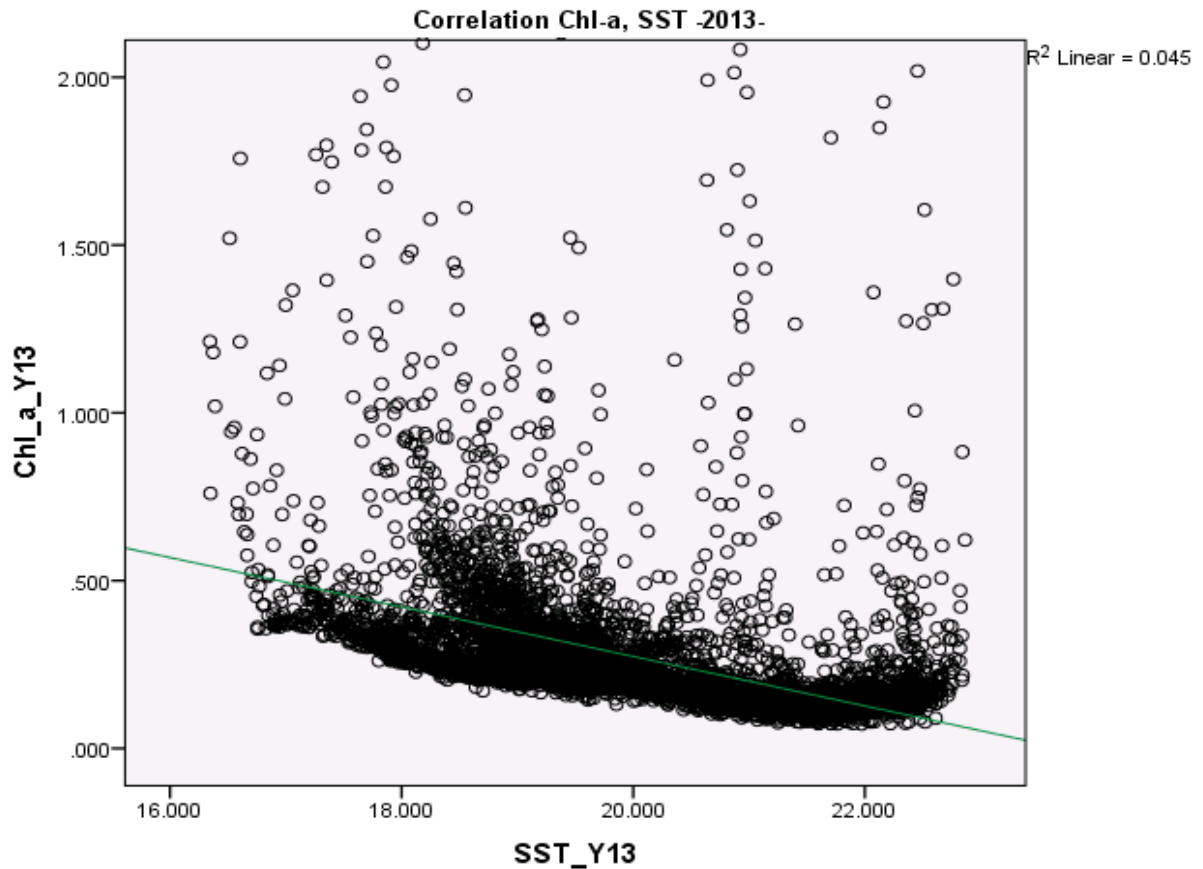
Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.207. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2012, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 100: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2012

4.4.11 Χρονολογικό έτος 2013

Ο συντελεστής Pearson για τη συσχέτιση μεταξύ SST και chloro-a είναι -0.213. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο παράμετροι έχουν αρνητική συσχέτιση και μάλιστα μάλιστα σχεδόν μηδενικής γιατί η τιμή τείνει πιο κοντά στο 0 από ότι στο 1. Άρα, για το 2013, καθώς η SST αυξάνει, η χλωροφύλλη-α πέφτει κι αυτό το είδος συσχέτισης δεν είναι γραμμικής αλλά είναι στατιστικά σημαντικό. Η σημαντικότητα της είναι $p=0.000$, επιπέδου 0.01.



Εικόνα 101: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α για την χρονιά του 2013

Πίνακας 19: Συσχέτιση Pearson για τις μηνιαίες συσχετίσεις

Συσχέτιση Pearson	Χρονιές										
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Chl_a - SST	-	-.236**	-	-	-	-.255**	-	-	-	-	-.213**
	.214**		.278**	.256**	.226**		.249*	.299**	.245*	.207**	
Lat -SST	.630**	.715**	.659**	.585**	.665**	.688**	.699*	.767**	.675**	.755**	.754**
Lat-Chl_a	-	-.150**	-	-	-	-.177**	-	-	-	-	-
	.143**		.196**	.187**	.178**		.188*	.202**	.146**	.138**	.132**
Lon-Chl_a	.174**	.222**	.239**	.215**	.207**	.230**	.225*	.299**	.239*	.182**	.197**
Lon-SST	-	-	-	-	-	-.896**	-	-	-	-	-.878**

	.866**	.884**	.895**	.889**	.889**		.888*	.894	.889**	.871**	
							*	**			

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 20: Συσχέτιση Kendall's tau_b για τις μηνιαίες συσχετίσεις

Συσχέτιση Kendall's tau_b	Χρονιές										
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Chl_a - SST	- .595**	- .574**	-.642**	-.582**	- .570**	-.633**	- .601**	- .602 **	- .599**	-.578**	- .599**
Lat -SST	.470**	.530**	.479**	.423**	.480**	-.388**	.507**	.582 **	.489**	.567**	.568**
Lat-Chl_a	- .358**	- .397**	-.411**	-.400**	- .380**	-.388**	- .416**	- .413**	- .381**	- .370**	- .371**
Lon-Chl_a	.540**	.568**	.606**	.575**	.536**	.604**	.580**	.622**	.593**	.563**	.573* *
Lon-SST	- .683**	- .731**	- .737**	-.722**	- .726**	-.738**	- .741**	- .740**	- .742**	-.705**	- .715* *

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

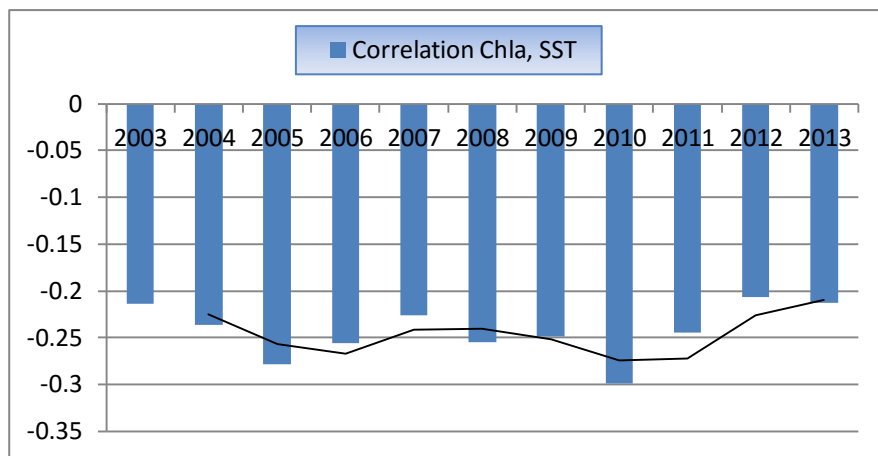
Πίνακας 22: Συσχετίσεις των παραμέτρων ανά μήνα

Συσχέτιση Spearman's rho	Χρονιές										
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Chl_a - SST	- .753**	- .751	- .808**	- .761**	- .746	- .796**	- .774**	- .782**	- .771**	- .749**	- .767**

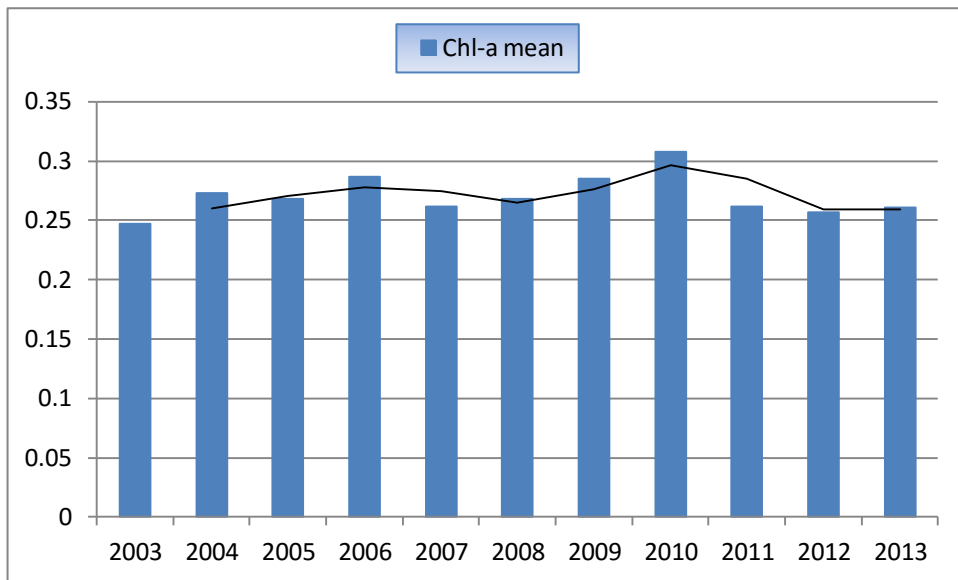
		**			**						
Lat -SST	.644 **	.719**	.661**	.590**	.663**	.691 **	.691 **	.777**	.675**	.761**	.763**
Lat-Chl_a	- .522**	- .571**	- .598**	- .567**	- .548**	- .568**	- .595**	- .597 **	- .555**	- .541**	- .541**
Lon-Chl_a	.710**	.740 **	.771**	.748**	.712**	.768**	.746**	.785**	.759**	.729**	.741**
Lon-SST	- .868**	- .898**	- .900**	- .891 **	- .895**	- .901* *	- .900**	- .906**	- .906**	- .878**	- .884**

** . Correlation is significant at the του επιπέδου 0.01 level (2-tailed).

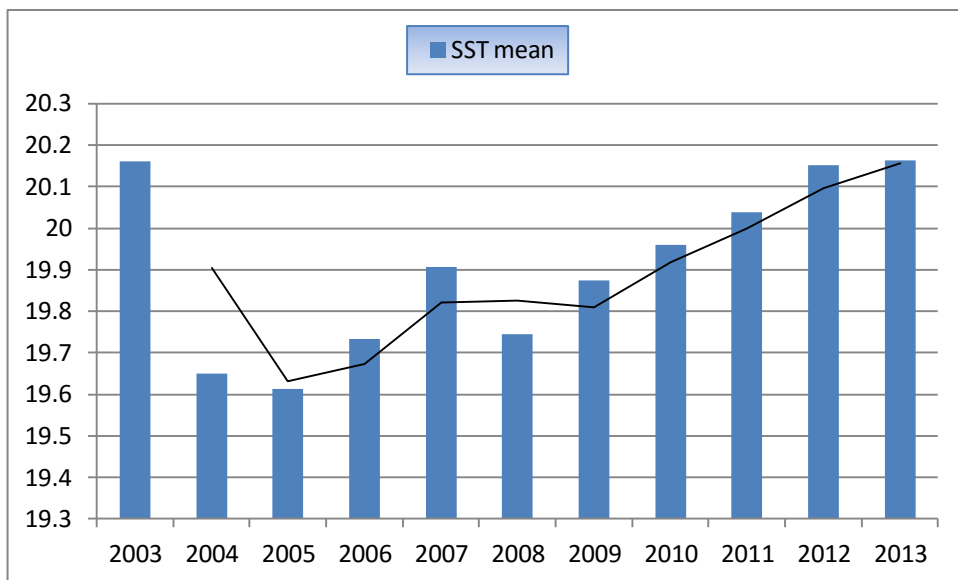
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



Εικόνα 102: Γραφική απεικόνιση συσχέτισης χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας



Εικόνα 103: Γραφική απεικόνιση της μηνιαίας κατανομής χλωροφύλλης-α



Εικόνα 104: Γραφική απεικόνιση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας

Πίνακας 105: Correlation Chloro_a-SST, Y, r^2 ανά χρονιά

Year	Correlation Chloro_a-SST	
2003	$Y=1.5+-0.06*x$	$r^2=0.046$
2004	$Y=1.78+-0.08*x$	$r^2=0.056$
2005	$Y=1.92+-0.08*x$	$r^2=0.077$
2006	$Y=1.95+-0.08*x$	$r^2=0.066$

2007	$Y=1.58+-0.07*x$	$r^2=0.051$
2008	$Y=1.71+-0.07*x$	$r^2=0.065$
2009	$Y=1.67+-0.08*x$	$r^2=0.062$
2010	$Y=1.95+-0.08*x$	$r^2=0.089$
2011	$Y=1.59+-0.08*x$	$r^2=0.60$
2012	$Y=1.59+-0.07*x$	$r^2=0.043$
2013	$Y=1.57+-0.07*x$	$r^2=0.045$

Κεφάλαιο 5

Αποτελέσματα

5.1 Αποτελέσματα, συζήτηση

Με βάση την χαρτογράφηση της χωρικής κατανομής των παράμετρων επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας, μπορούμε να αναφέρουμε ότι σε κάποιες περιπτώσεις είχαμε μια σχέση των περιοχών χαμηλής επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας σε αντίστοιχες περιοχές υψηλής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη-α αλλά δεν μπορούμε πούμε ότι ισχύει για όλες τις περιπτώσεις. Το γεγονός όμως, ότι στη Μεσόγειο θάλασσα, παρουσιάζεται κάποια συσχέτιση, αρνητική, έστω και ασθενής, μεταξύ των παράμετρων είναι φανερό, έπειτα από την στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων. Βάση των βιβλιογραφικών αναφορών (Κεφάλαιο 2, Βιβλιογραφία), συμπεραίνουμε ότι η Μεσόγειος, επηρεάζεται από την ατμόσφαιρα, αναδεικνύοντας την αλληλεπίδραση θάλασσας-ατμόσφαιρας.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι με βάση την χωρική κατανομή και την στατιστική επεξεργασία χλωροφύλλης-α και γεωγραφικού μήκους (Εικόνες 76, 77, 78, 79), η περιοχή της Μεσογείου θάλασσας, παρουσιάζει όσο προχωράμε από την Ανατολική προς Δυτική Μεσόγειο, φαινόμενα ελαφρώς ευτροφισμού. Αυτό επιβεβαιώνεται ξεκάθαρα, με βάση αρκετές βιβλιογραφικές έρευνες που έχουν γίνει στην περιοχή (Sikou et al., 2009, Kletou and Hall-Spencer 2012). Η Δυτική Μεσόγειος, χαρακτηρίζεται ως ολιγοτροφική θάλασσα (Sikou et al., 2009), βάση των Van et al., 2014, εφόσον η ετήσια παραγωγικότητα της, περιορίζεται με φώσφορο και όχι άζωτο και είναι από την χαμηλότερη παραγωγικότητα που παρουσιάζεται στους ωκεανούς, όμως εντούτοις σε σύγκριση με όλη τη περιοχή της Μεσογείου, υπερέχει σε χλωροφύλλη-α. Η μέση ετήσια ακαθόριστη πρωτογενής παραγωγή στην Μεσόγειο ανέρχεται στα 110-120 gC/m². για την Ανατολική Λεκάνη ενώ για την Δυτική γύρω στα 120-160 gC/m². (Bethoux et al., 1998, Crispi et al., 2002, Bosc et al., 2004). Οι Katara et al., 2008 βρήκαν ότι οι τιμές της χλωροφύλλης-α, κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα στο δυτικό τμήμα της Αλμποράν, γύρω από τις Βελεαρίδες Νήσους και την θάλασσα της Σικελίας. Χαμηλότερες τιμές

ακόμα, υπάρχουν στην Αδριατική, στο βόρειο Αιγαίο και Δυτική Μεσόγειο. Αυτά, επαληθεύονται με τις χωρικές κατανομές της παρούσας διατριβής.

Ο γραμμικός συντελεστής συσχέτισης Pearson, μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης-α, έχει εξεταστεί ανά μηνιαία αλλά και ετήσια διαστήματα. Όσο αφορά τις μηνιαίες τιμές, για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Μάιο, Οκτώβριο και Νοέμβριο (κατά αύξουσα σειρά, αντίστοιχες εικόνες 81, 82, 83, 84, 80, 85, 86), βρέθηκε μια τιμή μηδενική γραμμική συσχέτισης. Ενώ για τους μήνες Δεκέμβριο, Απρίλιο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο (κατά αύξουσα σειρά, αντίστοιχες εικόνες 87, 79, 76, 77, 78), έχει βρεθεί ασθενής αρνητική γραμμική συσχέτιση. Άρα, βρέθηκε μέγιστη απόλυτη τιμή συσχέτισης για τον μήνα Μάρτιο (εικόνα 78) και ελάχιστη για τον μήνα Ιούνιο (εικόνα 81)

Για τις ετήσιες τιμές, 2012, 2013, 2003, 2007, 2004, 2011, 2009, 2008, 2006, 2005 και 2010 (κατά αύξουσα σειρά, αντίστοιχες εικόνες 100, 101, 91, 95, 92, 99, 97, 96, 94, 93, 98) έχουν βρεθεί οι τιμές μηδενικής προς αρνητικής ασθενής συσχέτισης, όλες κυμαίνονταν από το -0.207 έως -0.299. για όλες οι χρονιές να είναι μηδενικές, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχει άλλου είδους συσχέτιση. Άρα, βρέθηκε μέγιστη απόλυτη τιμή συσχέτισης για τη χρονιά 2010 (εικόνα 8) και ελάχιστη για τη χρονιά 2003 (εικόνα 91).

Τα αποτελέσματα, επιβεβαιώνουν το ότι, όπως έχει προαναφερθεί στην βιβλιογραφική ανασκόπηση (NASA), όταν τα επιφανειακά ύδατα είναι κρύα, βοηθά τα βαθύτερα νερά να βγουν στην επιφάνεια φέροντας θρεπτικά συστατικά στις ηλιόλουστες περιοχές που είναι εύκολο για τα φυτοπλαγκτόν να τα χρησιμοποιήσουν. Όταν τα επιφανειακά ύδατα είναι θερμά, τότε τα θρεπτικά συστατικά είναι παγιδευμένα εφόσον δεν είναι σε ανάμειξη τα κάθετα στρώματα του ωκεανού. Στην ανάμειξη παίζουν ρόλο τα ρεύματα που προκαλούν αναβλύσεις. Έτσι οι χαμηλές επιφανειακές θαλάσσιες θερμοκρασίες μας προσφέρουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε χλωροφύλλη-α.

Οι Nurdin et al., 2013 έδειξαν μια αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της χλωροφύλλης-α και επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ινδονησία το 2002-2011. Όσο αφορά τις εποχιακές διακυμάνσεις, η έρευνα των Kahru et al., 2012, υποδεικνύει ότι οι από έτος σε έτος διακυμάνσεις της επιφανειακής

θαλάσσιας θερμοκρασίας και χλωροφύλλης δεν έχουν σημαντική συσχέτιση, εντούτοις όμως οι εποχιακές διακυμάνσεις συσχετίζονται σημαντικά. Υφίσταται υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης όπου παρουσιάζονται ψυχρές επιφανειακές θαλάσσιες θερμοκρασίες, κάτω από τους ευνοϊκούς ανέμους και των αναβλύσεων.

Οι Torouzelis and Kitsiou 2014, μελετώντας την περιοχή του Αιγαίου βρήκαν αρνητική συσχέτιση της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας και της χλωροφύλλης-α. Περιοχές με χαμηλή επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία, συγκεντρώνουν υψηλή σε περιεκτικότητα χλωροφύλλη-α. Οι Kanak et al, 2012 επίσης, στη περιοχή της Μαύρης θάλασσας, βρήκαν μεγάλη και σημαντική συσχέτιση σε ποσοστό 60% των δυο παράμετρων, σημαντικότητας $p < 0.05$. Οι Zamir et al., 2015 επιπλέον επιβεβαιώνουν και εκείνοι την συσχέτιση αυτή.

Βάση αποτελεσμάτων, οι εργαζόμενοι στον κλάδο της Αλιείας, μπορούν να αποφύγουν αρκετό χρόνο και κόπο αλλά και τα βεβαρημένα κόστη κατά την αναζήτηση, εντοπίζοντας ευκολότερα και αποτελεσματικότερα την ύπαρξη αλιευμάτων, κάτι αρκετά θετικό σε περίοδο οικονομικής κρίσης, όπου οι οικονομικοί πόροι είναι περιορισμένοι για όλες τις χώρες που βρέχονται από την Μεσόγειο θάλασσα.

5.2 Εισηγήσεις

Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η χαρτογράφηση και η στατιστική ανάλυση για εκτενέστερο χρονικό διάστημα. Επιπροσθέτως, η μελέτη της κάθετης κατανομής της χλωροφύλλης-α, θα έδινε πιο συγκεκριμένα αποτελέσματα στη παρούσα διατριβή. Η βροχόπτωση, είναι μια σημαντική παράμετρος μελέτης η οποία θα διευκρίνιζε περισσότερο την αλληλεπίδραση της θάλασσας-ατμόσφαιρας στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας.

Παράρτημα Α

Αποτελέσματα Παράμετρων στο SPSS

Α.1 Αποτελέσματα παραμέτρων στο SPSS ανά μήνα

Παράμετροι	Chl-a_01	SST_01	Chl-a_02	SST_02	Chl-a_03	SST_03
Mean	.36271	15.56708	.38863	14.80294	.40371	14.94955
Median	.30900	15.46250	.33300	14.74100	.31300	14.90100
Mode	.181	14.946	.202	12.837 ^a	.159 ^a	14.567
Std. Deviation	.346539	1.544496	.343194	1.433386	.355935	1.301798
Variance	.120	2.385	.118	2.055	.127	1.695
Skewness	21.251	-.239	11.517	-.409	5.062	-.318
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	866.985	-.315	245.154	.331	43.790	-.113
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.20900	14.42225	.22500	13.76200	.20000	14.00800
50	.30900	15.46250	.33300	14.74100	.31300	14.90100
75	.41500	16.91350	.45500	16.05000	.46000	16.06800

Παράμετροι	Chl-a_04	SST_04	Chl-a_05	SST_05	Chl-a_06	SST_06
Mean	.32911	16.06213	.23742	18.85168	.18238	22.35949
Median	.22600	15.99200	.15600	18.80900	.12100	22.45500
Mode	.134	15.727 ^a	.155	18.260 ^a	.117 ^a	22.961
Std. Deviation	.404329	1.082813	.431381	.978111	.406340	1.014896
Variance	.163	1.172	.186	.957	.165	1.030
Skewness	7.262	.004	10.911	.217	15.815	-.151
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	87.645	-.558	155.177	.091	335.814	.463
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.14700	15.32500	.11200	18.19400	.09300	21.68450
50	.22600	15.99200	.15600	18.80900	.12100	22.45500
75	.33200	16.91575	.22300	19.43500	.16100	22.91775

Παράμετροι	Chl-a_07	SST_07	Chl-a_08	SST_08	Chl-a_09	SST_09
Mean	.16221	25.18723	.16265	26.22869	.17184	25.09633
Median	.10600	25.22950	.10400	26.20300	.11300	25.07450
Mode	.102	24.773	.097	25.886 ^a	.107	24.799
Std. Deviation	.461969	1.109512	.507218	1.167751	.439236	1.428062
Variance	.213	1.231	.257	1.364	.193	2.039
Skewness	22.276	-.492	22.582	-.451	19.609	-.349
Std. Error	.027	.027	.027	.027	.027	.027

of Skewness						
Kurtosis	685.183	.608	687.413	.547	573.209	-.211
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.08200	24.58925	.08200	25.59750	.08800	24.22100
50	.10600	25.22950	.10400	26.20300	.11300	25.07450
75	.13900	25.95250	.13800	27.05800	.14900	26.22500

Παράμετροι	Chl-a_10	SST_10	Chl-a_11	SST_11	Chl-a_12	SST_12
Mean	.20337	22.87116	.27474	20.00326	.34097	17.29980
Median	.14000	22.77000	.19900	19.88900	.27400	17.16200
Mode	.131	22.629	.116 ^a	18.910 ^a	.149	16.000 ^a
Std. Deviation	.395741	1.623425	.391819	1.745118	.381641	1.713881
Variance	.157	2.636	.154	3.045	.146	2.937
Skewness	16.144	-.185	14.642	-.118	17.001	-.080
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	399.238	-.708	385.589	-.863	558.429	-.829
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.10600	21.85350	.14300	18.72000	.17900	16.01600
50	.14000	22.77000	.19900	19.88900	.27400	17.16200
75	.19000	24.23875	.27800	21.54200	.37700	18.80300

A.2 Αποτελέσματα παράμετρων στο SPSS ανά έτος

Παράμετροι	Chloro- a_Y03	SST_Y03	Chloro- a_Y04	SST_Y04	Chloro- a_Y05	SST_Y05
Mean	.24793	20.161 17	.27337	19.659 70	.26859	19.61435
Median	.18793	20.122 83	.21108	19.582 22	.21192	19.51201
Mode	.069 ^a	18.523 ^a	.114 ^a	18.337 ^a	.114 ^a	18.092 ^a
Std. Deviation	.34999 7	1.2106 42	.39844 0	1.2274 48	.368284	1.215518
Variance	.122	1.466	.159	1.507	.136	1.477
Skewness	14.092	-.217	14.527	-.081	17.085	-.107
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	316.05 9	-.650	341.71 7	-.550	502.905	-.604
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.13853	19.292 93	.14797	18.824 87	.13941	18.76113
50	.18793	20.122 83	.21108	19.582 22	.21192	19.51201
75	.25025	21.186 72	.27698	20.653 01	.28936	20.65215

Παράμετροι	Chloro- a_Y06	SST_Y06	Chloro- a_Y07	SST_Y07	Chloro- a_Y08	SST_Y08
Mean	.28749	19.77351	.26262	19.907 37	.26856	19.7444 9
Median	.21933	19.59275	.20075	19.786 37	.20636	19.6168 8
Mode	.112 ^a	17.591 ^a	.112 ^a	18.588 ^a	.292	18.316 ^a
Std. Deviation	.40136 1	1.222980	.35680 3	1.2181 30	.39258 6	1.37333 2
Variance	.161	1.496	.127	1.484	.154	1.886

Skewness	16.607	-.053	14.045	-.099	17.373	-.097
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	478.378	-.687	303.395	-.641	505.848	-.658
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.14729	18.95049	.14343	19.03880	.13886	18.75586
50	.21933	19.59275	.20075	19.78637	.20636	19.61688
75	.30714	20.84888	.27783	20.97339	.27900	20.93374

Παράμετροι	Chloro-a_Y09	SST_Y09	Chloro-a_Y10	SST_Y10	Chloro-a_Y11	SST_Y11
Mean	.28551	19.87491	.30809	19.96087	.26234	20.03953
Median	.21855	19.65956	.23413	19.82040	.19846	19.86738
Mode	.143 ^a	18.706 ^a	.234	18.459 ^a	.103 ^a	18.832 ^a
Std. Deviation	.410744	1.284872	.424943	1.542415	.402462	1.172891
Variance	.169	1.651	.181	2.379	.162	1.376
Skewness	14.816	.114	10.342	.009	14.085	-.025
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	355.508	-.782	166.621	-.751	302.441	-.500
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054	.054	.054
Percentiles						
25	.14365	18.93728	.13904	18.86405	.13246	19.24454
50	.21855	19.65956	.23413	19.82040	.19846	19.86738
75	.30478	20.946	.33741	21.180	.2695	20.9912

		59		23	2	6
--	--	----	--	----	---	---

Παράμετροι	Chloro- a_Y12	SST_Y12	Chloro- a_Y13	SST_Y13
Mean	.25755	20.151 73	.26181	20.1639 7
Median	.18614	20.168 03	.19710	20.1955 6
Mode	.188 ^a	19.013 a	.166 ^a	19.148 ^a
Std. Deviation	.427022	1.3388 02	.44109 9	1.27364 4
Variance	.182	1.792	.195	1.622
Skewness	17.798	-.164	27.101	-.172
Std. Error of Skewness	.027	.027	.027	.027
Kurtosis	514.997	-.731	1297.5 81	-.665
Std. Error of Kurtosis	.054	.054	.054	.054
Percentiles				
25	.13425	19.157 69	.13687	19.2396 0
50	.18614	20.168 03	.19710	20.1955 6
75	.25569	21.266 90	.26673	21.2282 7

Βιβλιογραφία

Αγγλική:

- Anding, D., Kauth, R., (1970). Estimation of sea surface temperature from space. *Remote Sensing of Environment*, 1, 4, 217-220.
- Annamalai, X., Xie, P., McCreary, P., Murtugudde, R., (2005). Impact of Indian Ocean sea surface temperature on developing El Niño*. *Journal of Climate*, 18, 2, 302-319.
- Antoine, D., Morel, A., Gordon, H. R., Banzon, V. F., Evans, E. H., (2005). Bridging ocean color observations of the 1980s and 2000s in search of long-term trends. *Journal of Geophysical Research*, 110.
- Ærtebjerg, G., Carstensen, J., Dahl, K., Hansen, J., Nygaard, K., Rygg, B., Schiller, C., (2001). Eutrophication in Europe's coastal waters.
- Axaopoulos, P., Sofianos, S., Angelopoulos, A., (2010). Long term variability of sea surface temperature in Mediterranean Sea. In *Aip Conference Proceedings*, 1203,1, 899.
- Bakun, A., Agostini, V. N., (2001). Seasonal patterns of wind-induced upwelling/downwelling in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 65, 3, 243-257.
- Bartholy, J., Pongracz, R., (2006). Regional effects of ENSO in Central/Eastern Europe. *Advances in Geosciences*, 6, 133-137.
- Bethoux, J.P., Morin, P., Chaumery, C., Connan, O., Gentili, B., Ruiz-Pino, D., (1998). Nutrients in the Mediterranean Sea: mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry* 63, 155-169.
- Bidigare R., Chai F., Landry M., Lukas, R., Hannides S., Christensen J., Karl M., Shi L., Chao Y., (2009). Subtropical ocean ecosystem structure changes forced by North Pacific climate variations. *J. Plankton Res.* 31, 1131-1139.
- Bjerknes, J., (1966). A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, 18, 820-829.
- Bjerknes, J., (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial pacific. *Mon. Weather Rev.*, 97, 163-172.
- Bjerknes, J., (1972). Large scale atmospheric response to 1964-65. Pacific equatorial warming. *Journal Physic Oceanography*, 22, 212-217.
- Boney, . D., (1975). *Studies in biology, Phytoplankton*, Edward Arnold, 52.

- Bosc, E., Bricaud, A. and Antoine, D., (2004). Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations. *Global Biogeochemical Cycles* 18, GB1005.
- Brasseur, P., J.M. Beckers, J.M., Brankart., R. Schoenauen., (1996). Seasonal temperature and salinity fields in the Mediterranean Sea: climatological analyses of an historical dataset. *Deep-Sea Research*, 43, 2, 159-92.
- Bronnimann, S., (2007). Impact of El Niño – Southern Oscillation on European climate. *Rev. Geophys*, 45.
- Bryant, D.A., (2003). The beauty in small things revealed. *Proceedings - National Academy Of Sciences, USA*, 100, 17, 9647-964, 0027-8424.
- Butler, A.; Mouchot, C.; Barale, V.; LeBlanc, C., (1988). The application of remote sensing technology to marine fisheries: an introductory manual. 165p., FAO Fish. Tech. Pap, 295, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. ISBN: 92-5-102694&-7.
- Campbell, B., (2002). Introduction to remote sensing. CRC Press.
- Candela, J., (2001). Mediterranean water and global circulation. *Ocean circulation and climate*, 419 – 429.
- Casal, G., Furey, T., Dabrowski, T., Nolan, G., (2015). Generating A Long-Term Series Of Sst And Chlorophyll-A For The Coast Of Ireland. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 7, 933.
- Castro, P., Huber, M., (1999). *Θαλάσσια Βιολογία*. University Studio Press, Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Θεσσαλονίκη, ISBN 960-12-0769-4.
- Chambers, P., Tapley, D., Stewart, H., (1999). Anomalous warming in the Indian Ocean coincident with Ελ Νίνο. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104, 3035-3047.
- Chavez, P., Strutton, G., Friederich, E., Feely, A., Feldman, C., Foley, G., McPhaden, J., (1999). Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997-98 El Niño. *Science*, 286, 5447, 2126-2131.
- Coll, C., Caselles, V., Sobrino, J. A., Valor, E., (1994). On the atmospheric dependence of the split-window equation for land surface temperature. *Remote Sensing*, 15, 1, 105-122.
- Collins, M., An, I., Cai, W., Ganachaud, A., Guilyardi, E., Jin, F., Vecchi, G., (2010). The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience*, 3, 6, 391-397.

- Cullen, J., (1982). The Deep Chlorophyll Maximum – Comparing Vertical Profiles of Chlorophyll-A, *Canada Journal Fish Aqua*, 39, 791–803.
- Crispi, G., Crise, A. and Solidoro, C., (2002). Coupled Mediterranean ecomodel of the phosphorus and nitrogen cycles. *J. of Marine Systems* 33– 34, 497– 521.
- Davey, K., Anderson, L., (1998). A comparison of the 1997–98 El Niño with other such events: *Weather*, 53, 295–303.
- Delepine, M., (1951). Joseph Pelletier and Joseph Caventoy. *Journal of Chemical Education*, 28, 9, 454, 454.
- Diankha, O., Sow, B. A., Thiaw, M., Gaye, A. T., (2013). Seasonal variability of sea surface temperature, chlorophyll-a and *Ethmalosa fimbriata* abundance off the coast of Senegal. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13, 4, 491-497.
- Edwards, D. P., Emmons, L. K., Hauglustaine, D. A., Chu, D. A., Gille, J. C., Kaufman, Y. J., Yudin, V., (2004). Observations of carbon monoxide and aerosols from the Terra satellite: Northern Hemisphere variability. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 1984–2012, 109, D24.
- Eisen, J., Nelson, KE., Paulsen, IT.; (2002). The complete genome sequence of *Chlorobium tepidum* TLS, a photosynthetic, anaerobic, green-sulfur bacterium. 99, 14, 9514, 48, 86.
- Elachi, C., Van Zyl, J., (2006). Introduction to the physics and techniques of remote sensing. 28
- Emeis, C., Struck, H., Schulz, R. Rosenberg, S. Bernasconi, H., Erlenkeuser, T., Sakamoto and F., Martinez-Ruiz., (2000). Temperature and salinity variations of Mediterranean Sea surface waters over the last 16,000 years from records of planktonic stable oxygen isotopes and alkenone unsaturation ratios. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158, 259-80.
- Emery, W. J., Yu, Y., Wick, G., Schluessel, P., Reynolds, R. W., (1994). Correcting infrared satellite estimates of sea surface temperature for atmospheric water vapor attenuation. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1994. IGARSS'94. Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis and Interpretation.*, International, 1, 571-575. IEEE.
- Evans R., Podestá G.,(1998). “AVHRR Pathfinder Oceans Sea Surface Temperature Algorithm, Version 4.0”. University of Miami.
- Falkowski, P., (2002). Marine phytoplankton play a critical role in regulating the earth's climate. Could they also be used to combat global warming?. *The ocean's invisible forest*, *Scientific American*, 58.

- Field, B., Behrenfeld, J., Randerson T., Falkowski, P., (1998). Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281, 237-240.
- Fusco, L., Muirhead K., (1987), "AVHRR data services in Europe-the Earthnet approach", *ESA Bulletin*, 49, 9-19.
- Garcies, L., Cuxart, J., (2007). Future trends of the Sea Surface Temperature for the Caribbean and the Western Mediterranean Seas.
- Gilpin, L., (2001). Methods for analysis of benthic photosynthetic pigment." School of Life Sciences, Napier University.
- Glantz, H., (1996). *Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society*. Cambridge University Press, 194.
- Gregor, J., Marsálek, B., (2004). Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll *a*: a comparative study of in vitro, in vivo and in situ methods. *Water Res*, 38, 517-522.
- Håkanson, L., Bryhn, A.C., (2008). *Eutrophication in the Baltic Sea. Present Situation, Nutrient Transport Processes, Remedial Strategies*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 310.
- Håkanson, L., Bryhn, A.C., Hytteborn, J., (2007) On the issue of limiting nutrient and predictions of cyanobacteria in aquatic systems. *Science of the Total Environment*, 379, 89-108.
- Herrera-Cervantes, H., Lluch-Cota, S. E., Lluch-Cota, D. B., Gutiérrez-de-Velasco, G., (2014). Interannual correlations between sea surface temperature and concentration of chlorophyll pigment off Punta Eugenia, Baja California, during different remote forcing conditions. *Ocean Science*, 10, 3, 345-355.
- Horne, A. J., Goldman, C. R., (1994). *Limnology*. McGraw-Hill, 576.
- Fedoror, A., Philander, G., (2000). *Science*, 2888, 1997-2002.
- Friedrich, H., (1969), *Marine Biology*. Sidgwick ,Jackson, London.
- IPCC, (2007). *El Nívo, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change*.
- Jeffrey, S. W.; Shibata, Kazuo., (1969). Some Spectral Characteristics of Chlorophyll c from *Tridacna crocea* Zooxanthellae. *Biological Bulletin, Marine Biological Laboratory*, 136, 54-62.
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., (2003). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 1984-2012, 108.

- Jönsson, L., (2003). Studies of chlorophyll-a levels in the North Aegean Sea using SeaWiFS data. In 22nd Symposium of the European-Association-of-Remote-Sensing-Laboratories, Millpress Science Publishers, 229-235.
- Johnson, W.; Harris, C., (1980). Remote sensing for water quality and biological measurements in coastal waters. *Photogramm. Eng. Remote Sens*, 46, 77-85.
- Jung, T., Ferranti, L., Tompkins, A. M., (2006). Response to the summer of 2003 Mediterranean SST anomalies over Europe and Africa. *Journal of climate*, 19, 20, 5439-5454.
- Kahru, M., Di Lorenzo, E., Manzano-Sarabia, M., Mitchell, B. G., (2012). Spatial and temporal statistics of sea surface temperature and chlorophyll fronts in the California Current. *Journal of plankton research*, 34, 9, 749-760.
- Kaplan, A., Cane, M., Kushnir, Y., Clement, A.C., Blumenthal, M.B., Rajagopalan, B., (1998). Analyses of global sea surface temperature 1856-1991. *Journal of Geophysical Research*, 103, 18, 567.
- Katara, I., Illian, J., Pierce, G. J., Scott, B., Wang, J., (2008). Atmospheric forcing on chlorophyll concentration in the Mediterranean. *Hydrobiologia*, 612, 1, 33-48.
- Kavak, M. T., Karadogan, S., (2012). The relationship between sea surface temperature and chlorophyll concentration of phytoplanktons in the Black Sea using remote sensing techniques. *Journal of environmental biology, Academy of Environmental Biology, India*, 33, 2, 493-498.
- Kilpatrick, K. A., Podesta, G. P., Evans, R., (2001). Overview of the NOAA/NASA advanced very high resolution radiometer Pathfinder algorithm for sea surface temperature and associated matchup database. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1978-2012, 106, C5, 9179-9197.
- King, M. D., Menzel, W. P., Kaufman, Y. J., Tanré, D., Gao, B. C., Platnick, S. Hubanks, P., (2003). Cloud and aerosol properties, precipitable water, and profiles of temperature and water vapor from MODIS. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 41, 2, 442-458.
- Kletou, D., Hall-Spencer, M., (2012). Threats to ultraoligotrophic marine ecosystems. INTECH Open Access Publisher.
- Labiosa, G., Arrigo, R., Genin, A., Monismith, G., Van Dijken, G., (2003). The interplay between upwelling and deep convective mixing in determining the seasonal phytoplankton dynamics in the Gulf of Aqaba: Evidence from SeaWiFS and MODIS. *Limnology and Oceanography*, 48, 6, 2355-2368.

- Landgrebe, A., (2005). Signal theory methods in multispectral remote sensing. 29.
- Langlois, G., Smith., Phytoplankton. P., 123-127.
- Lavigne, H., D'Ortenzio, F., Ribera D'Alcalà, M., Claustre, H., Sauzède, R., & Gacic, M., (2015). On the vertical distribution of the chlorophyll a concentration in the Mediterranean Sea: a basin-scale and seasonal approach. *Biogeosciences*, 12, 16, 5021-5039.
- Lazzari, P., Solidoro, C., Ibello, V., Salon, S., Teruzzi, A., Béranger, K., Crise, A., (2012). Seasonal and inter-annual variability of plankton chlorophyll and primary production in the Mediterranean Sea: a modelling approach. *Biogeosciences*, 9, 1, 217-233.
- Le Vine, M., Lagerloef, S., Torrusio, E., (2010). Aquarius and remote sensing of sea surface salinity from space. *Proceedings of the IEEE*, 98, 5, 688-703.
- Li, Y., He, R. (2014). Spatial and temporal variability of SST and ocean color in the Gulf of Maine based on cloud-free SST and chlorophyll reconstructions in 2003–2012. *Remote Sensing of Environment*, 144, 98-108.
- Maiyza, A., Kamel, S., (2009). Climatological trend of sea surface temperature anomalies in the south eastern Mediterranean Sea. *JKAU: Marine Science*, 20, 59-66.
- Maguire, J., (1991). An overview and definition of GIS. *Geographical information systems: Principles and applications*, 1, 9-20.
- Malanotte-Rizzoli, P., Manca, B., d'Alcalà, R., Theocharis, A., Bergamasco, A., Bregant, D., Sansone, E., (1997). A synthesis of the Ionian Sea hydrography, circulation and water mass pathways during POEM
- Marker, H., (1972). The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophyti. *Freshwater Biology*, 2, 4 361.
- Marullo, S., Santoleri, R., Malanotte-Rizzoli, P., Bergamasco, A., (1999). The sea surface temperature field in the Eastern Mediterranean from advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data: Part I. Seasonal variability. *Journal of Marine Systems*, 20, 1, 63-81.
- Phase I. *Progress in Oceanography*, Elsevier, USA, 39, 3, 153-204.
- Matthias, T., Stuart, J., (2003). *Regional Oceanography: An Introduction/ Delhi: Daya Publishing House.*
- McCarthy, M., (1996). 'North Atlantic Oscillation', *Oceanus*, 39, 2, 13.
- McClain, E. P., Pichel, W. G., Walton, C. C. (1985). Comparative performance of AVHRR-based multichannel sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012)*, 90, C6, 11587-11601.

- McClain, C.R., M.L. Cleave, G.C. Feldman, W.W. Gregg, S.B. Hooker, N. Kuring., (1998). Science quality SeaWiFS data for global biosphere research. *Sea Technology*, 39: 10-16.
- Mehta, A. V., Yang, S., (2008). Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements.
- Miles, T., He, R., (2010). Seasonal surface ocean temporal and spatial variability of the South Atlantic Bight: Revisiting with MODIS SST and Chl-a imagery. *Continental Shelf Research*.
- Miller, P., (2009). Composite front maps for improved visibility of dynamic sea-surface features on cloudy SeaWiFS and AVHRR data. *Journal of Marine systems*, 78, 3, 327-336.
- Minnett, P. J., (2001). Satellite Remote Sensing of Sea Surface Temperature, in "Encyclopedia of Ocean Sciences", Steele, S. Thorpe and K. Turekian, Academic Press Ltd., London, U.K., 2552-2563.
- Minnett, P. J., Evans, R. H., Kearns, E. J., & Brown, O. B., (2002). Sea-surface temperature measured by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'02. 2002 IEEE International*, 2, 1177-1179,. IEEE.
- Mitchell, P., (1990). *Atlas of Alberta Lakes*. University of Alberta Press, 675.
- Morel, A.; Claustre, H., Gentili, B., (2010). The most oligotrophic subtropical zones of the global ocean: similarities and differences in terms of chlorophyll and yellow substance. *Biogeosciences*, 7, 10, 3139-3151.
- Müller-Karger, E., Walsh, J., Evans, H., Meyers, B., (1991). On the seasonal phytoplankton concentration and sea surface temperature cycles of the Gulf of Mexico as determined by satellites. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 96, 12645-12665.
- Nalli, N. R., & Stowe, L. L. (2002). Aerosol correction for remotely sensed sea surface temperatures from the National Oceanic and Atmospheric Administration advanced very high resolution radiometer. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1978–2012), 107, C10, 36-1.
- Nature (2013). *Photosynthetic Cells". Essentials of Cell Biology*. nature.com, 1, 3.
- Newell, E., Newell, C., (1970). *Marine Plankton*, Hutchinson, London.
- Nicholls, N., (1987). ENSO and rainfall variability. *Journal of Climate*, 1, 418-421.
- Niclòs, R., Caselles, V., Coll, C., Valor, E., (2007). Determination of sea surface temperature at large observation angles using an angular and emissivity-dependent split-window equation. *Remote Sensing of Environment*, 111, 1, 107-121.

- NOAA, Liberto, T., (2014). Enso+Climate Change=Headache.
- Nurdin, S., Mustapha, M. A., Lihan, T., (2013). The relationship between sea surface temperature and chlorophyll-a concentration in fisheries aggregation area in the archipelagic waters of spermonde using satellite images. In THE 2013 UKM FST POSTGRADUATE COLLOQUIUM: Proceedings of the Universiti Kebangsaan Malaysia, Faculty of Science and Technology 2013 Postgraduate Colloquium, 1571, 1, 466-472.
- Nybakken, JW., Bertness, MD., (2005). Θαλάσσια Βιολογία: Μια οικολογική προσέγγιση, Ιών.
- Nykjaer, L., (2009). Mediterranean Sea surface warming 1985-2006. Climate research (Open Access for articles 4 years old and older), 39, 1, 11.
- O'Reilly, J. E., Maritorena, S., Mitchell, B. G., Siegel, D. A., Carder, K. L., Garver, S. A., McClain, C., (1998). Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 103, C11, 24937-24953.
- Ozernoy, V. M., Smith, D. R., Sicherman, A.,(1981). Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis. Interfaces. 11, 5, 92-100.
- Pan. L., (1979). Upper tropospheric tropical circulations during a recent decade. Florida State University Repot, 79-1, Department of Meteorology, FSU, 14.1.
- Parker, D., (1988). The unique qualities of a geographic information system: a commentary. Photogrammetric engineering and remote sensing, USA.
- Platt, T., Herman, A. W., (1983). Remote sensing of phytoplankton in the sea: Surface-layer chlorophyll as an estimate of water column chlorophyll and primary production. International Journal of Remote Sensing, 4, 2, 343–351.
- Pelletier, C, (1817). Notice sur la matiere verte des feuilles, Journal de Pharmacie, 3, 486-491, 490.
- Philander, G., (1990). El Niño, La Nina and the Southern Oscillation. San Diego:Academic Press, 46.
- Philander, H., (1983). El Niño Southern Oscillation Phenomena. Nature, 302, 295-301.
- Platt, T., Sathyendranath, S., (1988). Oceanic primary production: estimation by remote sensing at local and regional scales. Science, 241, 4873, 1613.
- Qiu, Y., Li, L., Yu, W., (2009). Behavior of the Wyrтки Jet observed with surface drifting buoys and satellite altimeter. Geophysical Research Letters, 36, 18.
- Raven, H.; Evert, F., Susan E., (2005). Photosynthesis, Light, and Life. Biology of Plants, 119–127.

- Reynolds, R. W., (1993). Impact of Mount Pinatubo aerosols on satellite-derived sea surface temperatures. *Journal of climate*, 6, 4, 768-774.
- Robinson, A. R., M. Golnaraghi., (1995). The Physical and dynamical oceanography of the Mediterranean sea. *Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 255-306.
- Robinson, A. R., Leslie, W. G., Theocharis, A., Lascaratos, A., (2001). Mediterranean sea circulation. *Ocean Currents: A Derivative of the Encyclopedia of Ocean Sciences*, 1689-1705.
- Russel – Hunter, W.D., (1970). *Aquatic productivity*. Macmillan, London.
- Sanderson, R., (2010). *Introduction to Remote sensing*. New Mexico state.
- Scherz, J.P., (1972). Development of a Practical Remote Sensing Water Quality Monitoring System. In *Proceeding of 8th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, University of Michigan, Ann Arbor, USA.
- Schmugge, T. J., Kustas, W. P., Ritchie, J. C., Jackson, T. J., Rango, A., (2002). Remote sensing in hydrology. *Advances in water resources*. 25, 8, 1367-1385.
- Siegel, D. A., Behrenfeld, M. J., Maritorena, S., McClain, C. R., Antoine, D., Bailey, S. W., Eplee, R. E., (2013). Regional to global assessments of phytoplankton dynamics from the SeaWiFS mission. *Remote Sensing of Environment*, 135, 77-91.
- Siokou-Frangou, I.; Christaki, M., Mazzocchi, G., Montresor, M., Ribera D'Alcalá, M., Vaqué D, Z.A., (2010). Plankton in the open Mediterranean Sea: a review. *Biogeosciences*, 7, 5, 1543-1586, 1726-4189.
- Sebastiá Frasquet, M. T., Estornell Cremades, J., Rodilla Alamá, M., Marti Gavila, J., Falco Giaccaglia, S. L., (2012). Estimation of chlorophyll «A» on the Mediterranean coast using a QuickBird image, *Revista de Teledetección*, 37, 23-33.
- Shushkina, E.A.; Vinogradov, M.E.; Lebedeva, L.P., Anokhina, L.L. (1997). Productivity Characteristics of Epipelagic Communities of the World's Oceans. *Oceanology*, 37, No. 3, 346-353.
- Siokou-Frangou, I., Christaki, U., Mazzocchi, M. G., Montresor, M., d'Alcalá, M. R., Vaqué, D., Zingone, A., (2009). Plankton in the open Mediterranean Sea: a review. *Biogeosciences Discussions*, 6, 6.
- Smith, L. C., (1997). Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: A review. *Hydrological processes*, 11, 10, 1427-1439.
- State of the Mediterranean Marine and coastal environment, (2012). UNEP, 51.

- Strickland, J., (1965). Production of organic matter in primary stages of the marine food chain. *Chemical Oceanography*, Academic Press, London, 477–610.
- Tett, P., Barton D., (1995). Why are there about 5000 species of phytoplankton in the sea?. *Plankton Research*, 17, 1693-1704.
- Topouzelis, K., Kitsiou, D., (2014). Correlation between chlorophyll-a concentration and sea surface temperature in the eastern Mediterranean sea using gis and satellite data., *Frsernius Environmental Bulletin*, 23, 11, 2919-2925.
- Tran, D. V., Gabric, A., Cropp, R., (2015). Interannual variability in chlorophyll-a on the southern Queensland continental shelf and its relationship to ENSO. *Journal of Sea Research*, 106, 27-38
- Trenberth, E., (1997). The definition of Ελ Νίvo. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 12 , 2771-2777.
- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., Steininger, M., (2003). Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in ecology & evolution*, 18, 6, 306-314.
- Tziperman, E., Stone, L., Cane, A., Jarosh, H., (1994). Ελ Νίvo chaos: Overlapping of resonances between the seasonal cycle and the Pacific ocean-atmosphere oscillator, *Science*, 264, 5155, 72-74.
- Van Cappellen, P., Powley, H. R., Emeis, K. C., Krom, M. D., (2014). A biogeochemical model for phosphorus and nitrogen cycling in the Eastern Mediterranean Sea: Part 1. Model development, initialization and sensitivity. *Journal of Marine Systems*, 139, 460-471.
- Van De Poll, W. H., Kulk, G., Timmermans, K. R., Brussaard, C. P. D., Van Der Woerd, H. J., Kehoe, M. J., Buma, A. G. J., (2013). Phytoplankton chlorophyll a biomass, composition, and productivity along a temperature and stratification gradient in the northeast Atlantic Ocean. *Biogeosciences*, 10, 6, 4227-4240.
- Van Loon, H., Zerefos, C., Repapis., (1982). The Southern Oscillation in the stratosphere. *Mon, Weather Rev*, 110, 225-229.
- Vittorio B. I., Italy Martin Gade, Remote Sensing. Germany Joint Research Centre European Commision, Institute of Oceanography, University of Hamburg, 13-14.
- Voogt, J. A., Oke, T. R., (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86, 3, 370-384.

- Xoplaki, E., J.F. Gonzalez-Rouco, J. Luterbacher, H. Wanner., (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Climate Dynamics*, 23, 63-78.
- Walton, C. C., Pichel, W. G., Sapper, J. F., May, D. A., (1998). The development and operational application of nonlinear algorithms for the measurement of sea surface temperatures with the NOAA polar-orbiting environmental satellites. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1978–2012, 103, C12, 27999-28012.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, Z. L., (2002). Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. *Remote sensing of Environment*. 83, 1, 163-180.
- Weng, Q., (2001). A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International journal of remote sensing*, 22, 10, 1999-2014.
- Weng, Q., (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64, 4, 335-344.
- Wentz, F. J., Gentemann, C., Smith, D., Chelton, D., (2000). Satellite measurements of sea surface temperature through clouds. *Science*, 288, 5467, 847-850.
- William, J. Emery, Richard, E., Thomson., (2001). *Data analysis methods in physical oceanography*. Gulf Professional Publishing. 24–25, ISBN 978-0-444-50757-0.
- Wilson, C., D. Adamec, 2001. Correlations between surface chlorophyll and sea surface height in the tropical Pacific during the 1997–1999 El Niño-Southern Oscillation event. *Journal of Geophysical Research*, 106, 31175–31188.
- Willstater, S., (1928) *Investigations on Chlorophyll*. Science Press.
- Youssouf, MO., Laurent, M., Xavier, C., (2016). Statistical Analysis of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a Concentration Patterns in the Gulf of Tadjourah (Djibouti). *J Marine Sci Res Dev* 6, 186.
- Zamir, U. B., Masood, H., Jamil, N., Bahadur, A., Munir, M., Tareen, P., Ashraf, H., (2015). The Relationship between Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a Concentration in Arabian Sea. In *Biological Forum*, 7, 2, 825.
- Zeng, X., Beljaars, A., (2005). A prognostic scheme of sea surface skin temperature for modeling and data assimilation. *Geophysical Research Letters*, 32, 14.

Ελληνική:

- Αθανάσιος, Θ., (2004). Ωκεανογραφία- Εισαγωγή στο θαλάσσιο περιβάλλον. Σταμούλη, 438-441.
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος, Ελ Νίνο.
- Θεοδώρου Α., (2004). Ωκεανογραφία, Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον, Σταματούλης, Αθήνα.
- Καρτάλης, Κ., Φειδάς, Χ., (2006), Αρχές και εφαρμογές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Αθήνα: Εκδόσεις ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ.
- Καψιμάλη Β., Παυλόπουλο, Κ., (2014), Εργαστήριο Ωκεανογραφίας Δ'Εξάμηνο, Χαροκόπειο, Αθήνα.
- Κεντούρη, Μ., (1998), Συμπληρωματικές σημειώσεις του μαθήματος θαλάσσια Βιολογία, Ηράλειο.
- Κουτσογιάννης, Δ., Θ. Ξανθόπουλος, (1999). Τεχνική Υδρολογία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 3, 418.
- Μερτίκας, Σ.Π., (1999), Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση εικόνας. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Μηλιαρέσης Γ. Χ., "Φωτοερμηνεία –Τηλεπισκόπηση", Εκδόσεις ΊΩΝ, 2002
- Παπαθεώρου, Γ., (2011). Επιχειρησιακή Ωκεανογραφία, Πάτρα.
- Πυραζίδης, Κ., Βούλγαρης Μ.Δ Κεφαλάς Γ, Λορίλια, Ρ.Σ., (2013). Βασικές αρχές της Τηλεπισκόπησης, ΑΤΕΙ ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ.
- Σακελλαριάδου., (2007), Φυσική Ωκεανογραφία, Εκδόσεις Σταματούλη, Αθήνα
- Σημειώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον, μια οικολογική προσέγγιση. Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών.
- Τακβόρ Σ., Ωκεάνεια κυκλοφορία και το φαινόμενο El Niño, Ελληνικό κέντρο θαλάσσιων ερευνών.
- Τζιαβός, Η, Υδρογραφία και Φυσική Ωκεανογραφία, Έκδοση της Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη 1994.
- Τραχανάς Στέφανος, Στοιχειώδης Κβαντική Φυσική, Ress W.G, (2013). Physical Principal of Remote Sensing (3rd Edition). Cambridge University Press, ISBN-13 978-960-524-345-6.
- Τσίπος, Κ., Κωνσταντινίδης, Θ.Κ., (2010). Βασικές αρχές της Στατιστικής, Εφαρμογές με τη χρήση του SPSS, Αλεξανδρούπολη.

- Φλόκας Α.Α., (1990) Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, σελ 465
- Χρονοπούλου-Σερέλη Α., Φλόκας Α.Α., (2010) Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, σελ. 557.
- Ωκεανογραφία, Ανώτερες Δημοτικές Σχολές Εμπορικού Ναυτικού, Ίδρυμα Ευγενίδου, Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

Ιστοσελίδες:

- Electromagnetic Spectrum: http://gate.iesl.forth.gr/~kafesaki/ModernPhysics/various/electro_spectrum.jpg
- Esa, Earth Online, Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor: <https://earth.esa.int/web/guest/-/sea-viewing-wide-field-of-view-sensor-3800>.
- GHRSSST-PP, Godae High Resolution Sea Surface Temperature Pilot Project: http://ghrsst-pp.metoffice.com/pages/sst_definitions/.
- Introduction to SPSS: <http://www.uvm.edu/~dhowell/fundamentals7/SPSSManual/SPSSLongerManual/SPSSChapter1.pdf>.
- Laboratoire d’Oceanographie spatiale, Defining sea surface temperature: <http://cersat.ifremer.fr/oceanography-from-space/our-domains-of-research/sea-surface-temperature/what-is-sst>.
- MODIS, MODIS design: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>.
- MODIS, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, Specifications: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>
- NASA. Sea surface Temperature and Chlorophyll: http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MYD28M&d2=MY1DMM_CHLORA.
- NASA, SeaWiFS Project: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS>.
- NASA. Remote Sensing: <http://science.nasa.gov/earthscience/oceanography/living-ocean/remote-sensing/>
- NASA. TERRA The EOS Flagship.
- NASA, TERRA, Mission Specification, <https://podaac.jpl.nasa.gov/Terra>
- NEODAAS SeaWiFS: Sea Viewing Wide Field of view Sensor: <http://www.sat.dundee.ac.uk/seawifs.html>

- NOAA, What is upwelling?: <http://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>.
- NOAA, Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR:
<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>
- NOAA Ocean Climate Observation Program. How We Observe the Ocean, Surface Drifting Buoys, <http://www.oco.noaa.gov/surfaceDriftingBuoys.html>.
- NOAA, Sea Surface Temperatures (SST) and Winds: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/sea-surface-temperatures-sst-and-winds>
- OCEANCOLOR WEB, Modis Terra: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/data/terra>.
- SeaWiFS, Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor:
<http://www.ioccg.org/sensors/seawifs.html>
- Steer, J., Structure and Reactions of Chlorophyll:
<http://www.ch.ic.ac.uk/local/projects/steer/chloro.htm>
- The Basics of Chlorophyll Measure:
<https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Technical%20Notes/T606-The-Basics-of-Chlorophyll-Measurement.pdf>
- Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_surface_temperature.
- Wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll_a#/media/File:Chlorophyll_ab_spectra-en.svg.
- Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Upwelling>.
- Wikipedia, (2015), Πλαγκτόν:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%B1%CE%B3%CE%BA%CF%84%CF%8C%CE%BD>.
- Βικιπαίδεια, Στατιστική:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE>.
- Βικιπαίδεια, Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα:
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%86%CE%AC%CF%83%CE%BC%CE%B1
- Περί Ακτινοβολιών:
<http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm>

- Σταυρίδης, Γ., Φωτοπούλου, Σ., ΕλΝίνο-El Nino, Νότια Κύμανση:
<http://www.airpollab.org/sites/default/files/enso.pdf>.
- Συνοπτικές σημειώσεις στατιστικής: <http://www.de.teipat.gr/pages/statistiki/>