



ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

**«Τυποποίηση και μοντελοποίηση διαχρονικών
θερμικών εικόνων, για τον εντοπισμό και
ερμηνεία θερμικών ανωμαλιών στο θαλάσσιο
χώρο της Μεσογείου»**

Γεώργιος Ναούμης

Επιβλέπων Καθηγητής
Γιώργος Μηλιαρέσης

Μάιος , 2015

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**«Τυποποίηση και μοντελοποίηση διαχρονικών θερμικών εικόνων,
για τον εντοπισμό και ερμηνεία θερμικών ανωμαλιών
στο θαλάσσιο χώρο της Μεσογείου»**

Γεώργιος Α. Ναούμης

Επιβλέπων Καθηγητής
Γιώργος Μηλιαρέσης

Μάιος , 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	vii
Ελληνική Περίληψη	viii
Αγγλική Περίληψη	x
Πίνακες	xiv
Εικόνες	xv
Σχήματα	xviii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εισαγωγή	19
1.1.1. Φυσιογραφία της Μεσογείου	19
1.1.2. Φυσικές διεργασίες στη Μεσόγειο	21
1.1.3. Κλιματολογικά στοιχεία	22
1.1.4. Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις	28
1.1.5. Θαλάσσια κυκλοφορία	28
1.2. Κοινωνικές και περιβαλλοντικές πτυχές	31
1.3. Οικονομική διάσταση (Φυσικοί πόροι – Γεωργία)	32
1.4. Τοποθέτηση του προβλήματος και της αναγκαιότητας στο χώρο της Μεσογείου ...	36
1.5. Καταγραφή του προβλήματος	37
1.6. Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	37
1.7. Σκοποί και στόχοι	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Εισαγωγή	40
2.2. Σχέσεις με το παγκόσμιο κλίμα	44

2.2.1. Το φαινόμενο του El Nino – Southern Oscillation (ENSO).....	48
2.2.2. Παγκόσμιες επιπτώσεις του φαινομένου ENSO	52
2.2.3. Επιπτώσεις του ENSO στη Μεσόγειο	55
2.3. Κλιματικές τάσεις και αλλαγές σε Περιφερειακή και σε Τοπική κλίμακα	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Μεθοδολογία	61
3.2. Εννοιολογικό περίγραμμα	61
3.2.1. Θερμοκρασία θάλασσας	61
3.2.2. Μοντελοποίηση διαχρονικών θαλάσσιων δεδομένων	65
3.2.2.1. Ανάλυση των κυρίων συνιστωσών στη Ερυθρά Θάλασσα	65
3.2.2.2. Χρονική μεταβολή με μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση.....	65
3.2.3. Εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος	70
3.2.4. Παράδειγμα αποσυσχέτισης θερμικών εικόνων στις ΗΠΑ	72
3.3. Σκοπός και Στόχοι	76
3.4. Ερευνητικά Ερωτήματα	77
3.5. Μέθοδος συλλογής δεδομένων	77
3.6. Δεδομένα	81
3.7. Αποσυσχέτιση	83
3.8. Χαρτογράφηση θερμικών ανωμαλιών	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων	92
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Συμπεράσματα	95
-------------------------	----

Βιβλιογραφία	97
---------------------------	-----------

Στους γονείς μου Αντώνιο και Βικτωρία,

στη σύζυγό μου Δέσποινα

και στα παιδιά μου Γιάννη και Βικτωρία

Ευχαριστίες

Οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ Μηλιαρέση Γεώργιο, για την εξαιρετική στάση του, τόσο στο επίπεδο της άριστης επιστημονικής καθοδήγησης, στο όλο πόνημα της μεταπτυχιακής μου διατριβής που αφειδώς μου προσέφερε, όσο και για την ανθρώπινη και αλληλέγγυα συμπεριφορά και στήριξή του, σε όποια κωλύματα μου έτυχαν, κατά τη διαδικασία συγγραφής της.

Τον ευχαριστώ γιατί μέσα από αυτή τη διαδικασία κατανόησα, πέραν των άλλων, την έννοια του εκπαιδευτικού “δασκάλου”, η οποία περιλαμβάνει την ανθρώπινη διάσταση της σχέσης εκπαιδευτικού/εκπαιδευόμενου, σχέση αναντικατάστατη και μοναδική που εμπεριέχει την πεμπτούσια της εκπαίδευσης. Ως εκπαιδευτικός στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υπόσχομαι να λειτουργήσω στο εξής, κρατώντας την ίδια αξία παραμάσχαλα, αντί βιβλίων, κάθε που εισέρχομαι στην αίθουσα διδασκαλίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, για τη στήριξή της συνολικά στην προσπάθεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, καθότι αφενός τους επιφόρτισα μέρος οικογενειακών μου υποχρεώσεων, αφετέρου δε τους αποστέρησα πολύτιμο χρόνο από την παρουσία και βοήθειά μου προς αυτούς, σε αναγκαιότητες της καθημερινότητας. Τους ευχαριστώ από καρδιάς, για την μεγάλη υπομονή και στήριξή τους.

Σε όλους αυτούς καταθέτω από καρδιάς τις ευχαριστίες μου και τους αφιερώνω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Ελληνική Περίληψη

Μεταξύ των βιοφυσικών παραμέτρων, η θερμοκρασία είναι από τις πιο σημαντικές, από αυτές που χρησιμοποιούνται στην περιβαλλοντική ανάλυση/αξιολόγηση και στην περιβαλλοντική λήψη αποφάσεων. Οι βιοφυσικές καταγραφές θερμοκρασίας, πραγματοποιούνται από το καταγραφικό σύστημα MODIS. Η διαθεσιμότητα των μηνιαίων μετρήσεων θερμοκρασίας (με μέτρια χωρική ανάλυση δεδομένων), μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να καταγραφούν οι χωρικές και χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας, τόσο στην ξηρά και τη θάλασσα. Στο πλαίσιο αυτό, γίνεται χρήση μιας χρονοσειράς μέσω μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας, για την περιβαλλοντική μελέτη της Μεσογείου. Η Μεσόγειος, είναι σχεδόν μια κλειστή θάλασσα αφού περιβάλλεται από γη, στα βόρεια από την Ευρώπη, στα νότια από τη Βόρεια Αφρική, και στην ανατολή από την Ασιατική ήπειρο. Καλύπτει μια έκταση περίπου 2,5 εκατομμύρια km², αλλά η σύνδεση της με τον Ατλαντικό (τα Στενά του Γιβραλτάρ) είναι μόλις 14 χιλιόμετρα πλάτος. Η θάλασσα μερικές φορές θεωρείται ως τμήμα του Ατλαντικού Ωκεανού, αν και συνήθως αναγνωρίζεται ως ένα εντελώς ξεχωριστό τμήμα. Παρατηρούνται από πλευράς υδροδυναμικής, τρία στρώματα υδάτινων μαζών. Ένα επιφανειακό στρώμα, που παρουσιάζει ένα πάχος που κυμαίνεται από περίπου 75- 300 m. Ένα ενδιάμεσο στρώμα ευρισκόμενο σε βάθος 300 ως 600 m, που είναι εμποτισμένο με θερμό και αλμυρό νερό, προερχόμενο από την ανατολική Μεσόγειο και στη συνέχεια, τα βαθιά στρώματα ευρισκόμενα στο κάτω μέρος. Η κυκλοφορία της Μεσογείου καθορίζεται από πολλούς φυσικούς παράγοντες, όπως την αλληλεπίδραση αέρα-θάλασσας (άνεμοι), των ποτάμιων εισροών, την υδραυλική ελεγχόμενη εισροή/εκροή μέσα από τα Στενά του Γιβραλτάρ και την επιρροή της Μαύρης Θάλασσας, την θερμή και αλατούχα αναγκαστική κυκλοφορία, τη μορφολογία πυθμένα, και της τοπογραφίας της περιβάλλουσας ξηράς. Οι εικόνες MODIS που χρησιμοποιήθηκαν, ενδεχομένως να αποκαλύψουν την ισχυρή σχέση, μεταξύ ετήσιας και εποχικής μεταβλητότητας της θερμοκρασίας της θάλασσας, καθώς και το σχέδιο/μοντέλο αλληλεπίδρασης αέρα-θάλασσας. Από την άλλη πλευρά, η θερμοκρασία της θάλασσας, πρέπει εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος (Βορράς/Νότος) και γεωγραφικό μήκος (Ανατολή/Δύση), λόγω μεταβολής της

προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας με το γεωγραφικό πλάτος, την διαφορική έκθεση στην ηλιακή ενέργεια λόγω περιστροφής της γης γύρω από τον άξονα της, την εισροή των ποταμών, τους ανέμους, της εισροής / εκροής στα Στενά του Γιβραλτάρ, της επιρροή της Μαύρης Θάλασσας, κλπ. Σε αυτή την ερευνητική προσπάθεια, χρησιμοποιούνται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ημέρας από το καταγραφικό σύστημα MODIS (Terra), με 4,6 χιλιόμετρα χωρική ανάλυση, για το έτος 2010. Οι στόχοι είναι οι εξής: α) η ποσοτικοποίηση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους στην χωροχρονική κατανομή των θερμοκρασιών και β) η εφαρμογή αποσυσχέτισης των θερμοκρασιών από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, εφαρμόζεται η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA), που είναι μια γραμμική τεχνική μετασχηματισμού, η οποία παράγει ένα σύνολο εικόνων, γνωστών ως κύριες συνιστώσες (PC), που είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους και διατάσσονται σε σχέση με το ποσό της διακύμανσης. Οι πρώτες δυο συνιστώσες, αντιπροσωπεύουν το 94 - 96% της διακύμανσης. Η συμβολή των ανεξάρτητων μεταβλητών (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), σε κάθε κύρια συνιστώσα, προκύπτει από την εφαρμογή του γραμμικού μοντέλου. Η PC1 αντιπροσωπεύει το 86,3% της συνολικής διακύμανσης, ενώ το 86,1% της διακύμανσης εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Έτσι, το 74,3% της συνολικής διακύμανσης, εμφανής στην πολυχρονική δέσμη στοιχείων, εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, ενώ 11,99% της διακύμανσης είναι ανεξάρτητο από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Η PC2 αντιπροσωπεύει το 8,66% της συνολικής διακύμανσης, εμφανής στο πολυχρονικό σύνολο δεδομένων, ενώ 64,0% της διακύμανσης, εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Έτσι, το 5,54% της συνολικής διακύμανσης εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, ενώ το 3,12% της διακύμανσης ποσοτικοποιείται μέσω της υπολειμματικής εικόνας. Στην συνέχεια γίνεται ανασύσταση των εικόνων, λαμβάνοντας υπόψη τις υπολειμματικές εικόνες PC1 και PC2. Οπότε προκύπτει μια χρονοσειρά, που είναι ανεξάρτητη από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, ενώ εξηγεί 20,1% της αρχικής διακύμανσης. Στο τέλος, μια μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (αλγόριθμος των K-Κέντρων) προσδιορίζει 9 τάξεις με διαφορετική χωροχρονική κατανομή της θερμοκρασίας.

Τα κέντρα βάρους, υποδηλώνουν τις αρνητικές ανωμαλίες που παρατηρούνται μεταξύ Σεπτεμβρίου – Δεκεμβρίου, ενώ η μεταβλητότητα στην θερμοκρασία μεγιστοποιείται το καλοκαίρι και ελαχιστοποιείται χειμώνα. Το χωρικό πρότυπο, υποδεικνύει ότι οι θερμότερες περιοχές, διανέμονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών της Βορειοανατολικής/Ανατολικής Μεσογείου (Κροατία, Αλβανία, Ελλάδα, Τουρκία, Συρία, Ισραήλ) και τη δυτική ακτή της Ιταλίας. Από την άλλη πλευρά, οι πιο κρύες περιοχές παρατηρήθηκαν: 1) Στο ανατολικά του Γιβραλτάρ Στενό, όπου η εισροή του Ατλαντικού κρύου νερού στα επιφανειακά στρώματα συνδέεται με την εκροή περισσότερο αλατούχου, στο παρακάτω ενδιάμεσο στρώμα. 2) Κατά μήκος των παράκτιων περιοχών της ανατολικής Αιγύπτου, που πιθανώς σχετίζονται με εκροές του Νείλου και της Ερυθράς Θάλασσας που επικοινωνεί μέσω της διώρυγας του Σουέζ με τη Μεσόγειο. 3) Ανατολικά / βόρεια του Εύξεινου Πόντου, που σχετίζεται με τις εκροές των μεγάλων ποτάμιων συστημάτων, στο βόρειο τμήμα της Μαύρης Θάλασσας, όπως του Ντον, του Δνείπερου και του Δούναβη που είναι οι πιο σημαντικοί..

Αγγλική Περίληψη

Among the biophysical parameters, temperature is among the most significant ones in environmental analysis. Currently biophysical data sets are computed from the satellite-based remotely sensed images with high temporal resolution at a moderate resolution scale, allowing the day and night monitoring of earth's surface. For example, the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) instrument on board the NASA Earth Observing System satellites Aqua and Terra, includes infrared bands that are designed for the accurate measurement of both the land surface temperature (LST) and the sea-surface temperature (SST). The Level 2 product is produced daily and consists of global day and night coverage every 24 hours, at 1-km. The days and nights in clear-sky conditions and with validated values within a calendar month are averaged, and generate the gridded monthly product (Level 3), over lands and oceans. The availability of monthly multi-temporal moderate resolution thermal data sets can be used to forward many research questions in environmental sciences and capture spatial and temporal changes in temperature in both the land and the sea. In this context a long time series of monthly LST imagery is used and LST anomalies are defined as regions presenting significantly higher or lower LST than their surrounding area while the assessment and interpretation of LST anomalies is based on both the temporal (seasonal variations) and the spatial pattern. Multi-temporal sea surface temperature (SST) imagery has been used to identify and map the internal ocean dynamics such as sea water upwelling by other possible causes, such as convergence of sea currents and salinity-driven currents. The *Mediterranean Sea* is almost completely enclosed by land: on the north by Europe, on the south by North Africa, and on the east by the Levant. It covers an approximate area of 2.5 million km² but its connection to the Atlantic (the Strait of Gibraltar) is only 14 km wide. The sea is sometimes considered a part of the Atlantic Ocean, although it is usually identified as a completely separate body. Mediterranean hydrodynamics are driven by three layers of water masses. A surface layer presents a thickness varying from roughly 75

to 300 meters. An intermediate layer situated at depths 300 and 600 meters that is infused with warm and saline water coming from the eastern Mediterranean and then the deep layer sinks to the bottom. The circulation of the Mediterranean Sea is determined by many physical factors, such as the air–sea interaction (wind stress), the continental rivers influx, the hydraulic controlled inflow/outflow through the Straits of Gibraltar and the influence of the Black Sea, thermohaline forced circulation, the ocean floor morphology and topography. Multi-temporal monthly averaged SST imagery was used in Mediterranean, in an attempt to reveal the strong inter-annual and seasonal SST variability, as well as the air-sea interaction pattern. On the other hand SST should be latitude (North to South) and longitude (East to West) dependent, due to rivers influx, winds, inflow/outflow through the Straits of Gibraltar, the influence of the Black Sea, etc In this research effort, the monthly averaged (day) SST MODIS (Terra) product at 4.6 km spatial resolution for the year 2010 in the Mediterranean is used. The aims are: a) to quantify the latitude and longitude dependency evident in multi-temporal monthly averaged SST imagery and b) to apply latitude and longitude decor relation stretch in order to enhance SST anomalies. In order to minimize the effect of latitude and longitude to the multi-temporal SST dataset a sort of data transformation is required in order to produce a new set of images that should present high correlations to the two variables under consideration. In this context, principal components analysis (PCA) is a linear transformation technique that produces a set of images known as principal components (PCs) that are uncorrelated with one another and are ordered in terms of the amount of variance they explain from the original image set. The first 2 PCAs account for the 94.96 % of the variance evident within the multi-temporal dataset. The contribution of the independent variables (latitude and longitude) to PCAs (dependent variable) is quantified by, empirical models based on multiple linear regression analysis. The difference between the predicted value for a point and the actual value for that point is the **residual** for that point or the **unexplained variation** that is squared to take care for both negative and positive deviations. The sum of

the squared residuals subtracted from the total sum of squares give the explained part of the regression (**regression sum of squares**). The explained part divided by the total sum of squares yields the R^2 while R represents the correlation coefficient between the independent variables and the dependent variable. R^2 represents the extent of variability in the dependent variable explained by all the independent variables. PC1 accounts for the 86.3 % of the total variance evident in the multi-temporal dataset while 86.1 % of the variation is explained by the linear regression model. Thus, the 74.3 % of the total variance evident in the multi-temporal dataset is explained by the linear regression model while 11.99 % of the variance is quantified by the residual image. PC2 accounts for 8.66 % (of the total variance evident in the multi-temporal dataset while 64.0 % of the variation is explained by the linear regression model. Thus, the 5.54 % of the total variance evident in the multi-temporal dataset is explained by the linear regression model while the 3.12 % of variance is quantified by the residual image. If dimension reduction is applied (omit PC1 and PC2) then a significant portion of variance (11.995 % + 3.12 %) that it is included in the two residual images and it is independent from latitude and longitude will be subtracted. On the contrary the residual images are considered as well as the PC3 to PC12 for the reconstruction of the multi-temporal SST dataset. In the current case study, the reconstructed SST (**RSST**) dataset is accounts for the **20.1%** of the total variation evident in the initial SST imagery. Finally K-Means cluster analysis is applied for mapping sea zones with different spatio-temporal variability of SST. It begins by initializing centroids, assigns each pixel to the cluster whose centroid is nearest, updates centroids, then repeats the process until the stopping criteria are satisfied. The maximum number of clusters was assigned to 9 while the stopping criterion was defined as no overall change in cluster centers. The temporal pattern of centroids indicates that: 1) RSST centroids present positive anomalies (SST is greater than the latitude and longitude predicted) in between January to July (more or less) for the four clusters. Negative anomalies are observed in between September to December. In July the four clusters present

the same in magnitude positive SST anomaly (the variability in SST centroid values among different clusters is minimized), 2) SST cluster centroids present SST variability that a) it is maximized in summer and b) it is minimized in winter. Cluster 4 includes the overall warmest sea regions while cluster 1 includes the coldest ones. The spatial pattern indicates that the warmest regions are distributed along the coastal regions of the Northern and Eastern Mediterranean (Croatia, Albania, Greece, Turkey, Syria, Israel) and the western coastline of Italy. On the other hand, the coldest regions are observed in East of Gibraltar Strait, where the inflow of Atlantic cold water at the surface layer is associated to the outflow of more saline intermediate layer below, 2) Along the coastal regions of eastern Egypt (related possibly to Nile outflows, and Red Sea that communicates through the Suez Canal with the Mediterranean Sea) and 3) Eastern / northern Black Sea (related to the outflows of the large Eurasian fluvial systems to the north of the Black Sea, of which the Don, Dnieper and Danube are the most significant.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1.3.1. Επεξήγηση συμβόλων στην κατά Korppen κλιματική ταξινόμηση.

Πίνακας 3.2.1.1. Φασματική δειγματοληψία του MODIS.

Πίνακας 3.2.2.1.1. Κύριες συνιστώσες (Miliareisis & Seymour 2011)

Πίνακας 3.2.4.1. Συσχέτιση μεταξύ υψομέτρου (H), γεωγραφικού πλάτους (ϕ) και μήκους (λ), με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στις ΗΠΑ (Miliareisis 2013a).

Πίνακας 3.2.4.2. Ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα του πίνακα 3.1.4.1. (Miliareisis 2013a).

Πίνακας 3.2.4.3. Γραμμική παλινδρόμηση των κυρίων συνιστωσών 1 και 2 ως προς το υψόμετρο, το πλάτος και το μήκος (Miliareisis 2013a).

Πίνακας: 3.2.4.4. Απόδειξη μη συσχέτισης μεταξύ Θ και H, Lat, Lon, στις αποσυσχετισμένες εικόνες..

Πίνακας 3.7.1. Ο πίνακας συσχέτισης για τις θερμικές εικόνες (Σχήμα 3.5.2) τόσο μεταξύ τους, όσο και με το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

Πίνακας 3.7.2. Ιδιοτιμές (**eigenvalues**) και ιδιοδιανύσματα (**eigenvectors**).

Πίνακας 3.7.3. Table 3.α) Οι συντελεστές R και R², των μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης (εξίσωση 1 και εξίσωση 2), που εφαρμόστηκαν στις 2 πρώτες κύριες συνιστώσες, β) η ανάλυση διασποράς ANOVA και γ) ο έλεγχος της σημαντικότητας των συντελεστών, των μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης (t-test).

Πίνακας 3.8.1. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αποσυσχετισμένες εικόνες.

Πίνακας 3.8.2. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αρχικές εικόνες.

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1.1.1. Γεωγραφικές ενότητες της Μεσογείου (Lionello 2006).

Εικόνα 1.1.3.1. Κατανομή των κλιματικών ζωνών στην λεκάνη της Μεσογείου, με βάση την αλληλεπίδραση της ελαχίστης θερμοκρασίας (m) του πιο κρύου μήνα και την υπαρξη βλάστησης (Quézel and Médail 2003).

Εικόνα 1.1.3.2. Περιοχές που δεν χαρακτηρίζονται ως έρημοι στην Β. Αφρική (Brunel et al. 2013) βάση της διακύμανσης της θερμοκρασίας τον ψυχρότερο μήνα (Ιανουάριος) που πρέπει να είναι στα εύρη α) : $T_{min} \geq 1^{\circ}\text{C}$ and $T_{max} \geq 18^{\circ}\text{C}$, είτε β) $T_{min} \geq 3^{\circ}\text{C}$ and $T_{max} \geq 15^{\circ}\text{C}$.

Εικόνα 1.1.3.3. Γεωγραφική ταξινόμηση των κατά Korpen κλιματικών τύπων.

Εικόνα 1.1.3.4. Οι κλιματικές ζώνες κατά Korpen στη Μεσόγειο (NOAA, 2014). Οι κύριοι τύποι Μεσογειακού κλίματος κατά Korpen είναι ο CSA (κλίμα εσωτερικά της Μεσογείου): Ζεστό, μέσου γεωγραφικού πλάτους κλίμα, με ευδιάκριτα ξηρό και θερμό καλοκαίρι. Η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα το χειμώνα, είναι μικρότερη από 18°C και στον υγρότερο μήνα έχει περίπου 3 φορές περισσότερες βροχοπτώσεις, σε σύγκριση με το ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού. Οι βροχοπτώσεις στο ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού είναι λιγότερο από 40 mm. Επίσης ο CSB (Μεσογειακό παράκτιο κλίμα): Μέσου πλάτους κλίμα, με ευδιάκριτα ξηρό και δροσερό καλοκαίρι. Η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα είναι μικρότερη από 18°C και πάνω από -3°C . Ο υγρότερος μήνας του χειμώνα, έχει περίπου 3 φορές περισσότερες βροχοπτώσεις, σε σύγκριση με τον ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού. Το νερό της βροχής, το ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού, είναι μικρότερο από 40 mm.

Πηγή: <http://geography.about.com/od/physicalgeography/a/koppen.htm>

Εικόνα 1.1.5.1. Μορφομετρία του πυθμένα της Μεσογείου (CIESEM, 2014).

Εικόνα 1.1.5.2. Η ημερήσια θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας την 25 Νοεμβρίου 2014 (ODYSSEA, 2014)

Εικόνα 1.1.5.3. Η τοπογραφία της Μεσογείου (απόκλιση από την μέση στάθμη), όπως καταγράφεται από αλτιμετρικούς δορυφόρους τον Σεπτέμβριο του 2006 (Oceanobs., 2014).

Εικόνα 1.1.5.4. Η μέση θαλάσσια κυκλοφορία στην λεκάνη της Μεσογείου (Robinson et al, 2014).

Εικόνα 1.1.5.5. Η επίδραση της αλατότητας, στην κίνηση των θαλάσσιων μαζών στη Μεσόγειο (Pinet, 2012).

Εικόνα 2.2.1.1. Προφίλ θερμοκρασιών επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και θερμοκρασιών της στο Νότιο Ειρηνικό, σε κανονικές συνθήκες. Με κόκκινο είναι οι θερμοκλινείς των 30 °C και με μπλε των 8 °C.
(Πηγή: NASA Goddard Space Flight Center)

Εικόνα 2.2.1.2. Προφίλ θερμοκρασιών επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και θερμοκρασιών της στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες El Nino. Με κόκκινο είναι οι θερμοκλινείς των 30 °C και με μπλε των 8 °C.
(Πηγή: NASA Goddard Space Flight Center)

Εικόνα 2.2.1.3. Προφίλ θερμοκρασιών επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και θερμοκρασίας της στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες La Nina. Με κόκκινο είναι οι θερμοκλινείς των 30 °C και με μπλε των 8 °C.
(Πηγή: NASA Goddard Space Flight Center)

Εικόνα 2.2.2.1. Επιπτώσεις φαινομένου El Nino σε παγκόσμια κλίμακα, στα διαστήματα Δεκεμβρίου/Φεβρουαρίου (πάνω) και Ιουνίου/Αυγούστου (κάτω).
(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

Εικόνα 2.2.2.2. Επιπτώσεις φαινομένου La Nina σε παγκόσμια κλίμακα, στα διαστήματα Δεκεμβρίου/Φεβρουαρίου (πάνω) και Ιουνίου/Αυγούστου (κάτω).

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

Εικόνα 3.2.1.1. Οπτικοποίηση της κατανομής, της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας με το γεωγραφικό πλάτος, κατά τον μήνα Μάιο του 2014 (GSFC, 2014).

Εικόνα 3.2.2.1.1. Χωρικά πρότυπα βάση των 3 πρώτων κυρίων συνιστωσών (Miliareisis & Seymour 2011).

Εικόνα 3.2.2.2.1. Η χωρική κατανομή των τάξεων στην Ερυθρά Θάλασσα.

Εικόνα 3.5.1. Διαδικτυακός τόπος Ocean Color WEB (GSFC, 2014).

Εικόνα 3.6.1. Η χωρική κατανομή των εικονοστοιχείων no-data, αντιπροσωπεύεται από τα λευκά εικονοστοιχεία και υποδηλώνει μη καταγραφή δεδομένων επιλεκτικά στην Μαύρη Θάλασσα.

Εικόνα 3.6.2. Εποχικά έγχρωμα σύνθετα των μέσων μηνιαίων θερμικών καταγραφών, στα οποία ο πρώτος μήνας της εποχής αντιστοιχίζεται στο μπλε, ο δεύτερος στο πράσινο και ο τρίτος στο κόκκινο.

Εικόνα 3.7.1. Εποχικά έγχρωμα σύνθετα των μέσων μηνιαίων θερμικών καταγραφών για τις ανασυσταθείσες εικόνες, στα οποία ο πρώτος μήνας της εποχής, αντιστοιχίζεται στο μπλε, ο δεύτερος στο πράσινο και ο τρίτος στο κόκκινο.

Εικόνα 3.8.1. Η χωρική κατανομή των 4 τάξεων. Τα σύμβολα υποδηλώνουν (a) Στενό του Γιβραλτάρ (b) Κόλπος της Σύρτης (c) Η ακτογραμμή της Αιγύπτου, βόρεια της Αλεξάνδρειας και νότια της θαλάσσιας λεκάνης της Λεβαντίνης (d) Το Δέλτα του Νείλου και η διώρυγα του Σουέζ (δυτικά) (e) Τουρκία (f) Δυτική ακτή της Μαύρης Θάλασσας (g) Ιταλική Χερσόνησος.

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 2.2.2.1. Διακυμάνσεις του ENSO τα τελευταία 150 χρόνια (με κόκκινο απεικονίζεται το φαινόμενο στην φάση του El Nino και με μπλε στη φάση La Nina).

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

Σχήμα 3.2.2.1.1. Χρονικά πρότυπα βάση των 3 πρώτων κυρίων συνιστωσών (Miliareisis & Seymour 2011).

Σχήμα 3.2.2.2.1. Η χρονική υπογραφή των τάξεων στην Ερυθρά Θάλασσα.

Σχήμα 3.7.1. Προβολή του συντελεστή συσχέτισης ανά μήνα, για το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

Σχήμα 3.8.1. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αποσυσχετισμένες εικόνες.

Σχήμα 3.8.2. Τα κέντρα βάρους, με βάση τις αρχικές εικόνες.

Κεφάλαιο Πρώτο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.Εισαγωγή

1.1.1. Φυσιογραφία της Μεσογείου

Η Μεσόγειος θάλασσα, είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους, ως μια μεγάλη και κλειστή θάλασσα. Είναι η μεγαλύτερη κλειστή θάλασσα στη Γη, με ιδιαίτερη φυσιογραφία (Lionello et al 2006) που συνοψίζεται παρακάτω:

- Βρίσκεται ανάμεσα σε τρεις ηπείρους, την Ασία, την Ευρώπη και την Αφρική, συνδεδεμένη στα δυτικά μέσω του πορθμού του Γιβραλτάρ με τον Ατλαντικό Ωκεανό, και στα ανατολικά μέσω της διώρυγας του Σουέζ, με την Ερυθρά θάλασσα.
- Η έκτασή της μαζί με την Προποντίδα, τον Εύξεινο Πόντο καθώς και την Αζοφική θάλασσα (κατά την αντίληψη Άγγλων γεωγράφων, για πρακτικούς λόγους θα πρέπει να εξετάζονται χωριστά από τη Μεσόγειο, ενώ κατά τους Γάλλους γεωγράφους αποτελούν παράρτημα αυτής) είναι περίπου 3.000.000 km².
- Το μέγιστο μήκος αυτής, από το Γιβραλτάρ ως τις ακτές της Συρίας είναι 3860 km, το μέγιστο πλάτος 1800 km και το βαθύτερο σημείο της, που βρίσκεται στο Ιόνιο πέλαγος σε απόσταση 62 μιλίων νοτιοδυτικά του ακρωτηρίου Ταίναρο, είναι 5150 m.

Περιστοιχισμένη από 21 χώρες των τριών ηπείρων που προαναφέρθησαν, υπήρξε πάντοτε σημαντικότερο εμπορικό και ταξιδιωτικό πέρασμα και κοιτίδα μεγάλων πολιτισμών. Στον παγκόσμιο χάρτη, η γεωγραφική της θέση προσδιορίζεται από τους γεωγραφικούς παραλλήλους και μεσημβρινούς που την πλαισιώνουν, δηλαδή γεωγραφικό πλάτος 30⁰ N. έως 46⁰ B. και γεωγραφικό μήκος 05⁰ 21' Δ μέχρι 36⁰ 10' Α.



Geographical Elements in the Map

Straits (denoted with white arrows)

- 1-Strait of Gibraltar
- 2-Strait of Sicily
- 3-Strait of Otranto
- 4-Cretan Strait (West)
- 5-Cretan Straits (East)
- 6-Dardanelles
- 7-Bosphorus Strait

Mountains

- Alps
- Anatolian mountains
- Apennines
- Atlas mountains
- Balkans
- Dinaric Alps
- Pyrenees

Lakes

- Sea of Galilee
- Dead Sea

Gulfs (denoted with circles)

- 1-Gulf of Lion
- 2-Gulf of Genoa
- 3-Gulf of Venice
- 4-Gulf of Sirte

Islands

- Balearic Islands
- Corsica
- Crete
- Cyprus
- Rhodes
- Sardinia
- Sicily

Peninsulas

- Balkan peninsula
- Crimea
- Iberian peninsula
- Italian peninsula

Seas and Basins (denoted with boxes)

- 1-Alboran Sea
- 2-Algerian basin
- 3-Tyrrhenian Sea
- 4-Adriatic Sea
- 5-Ionian Sea
- 6-North Aegean Sea
- 7-Cretan Sea
- 8-Cyclades Plateau
- 9-Levantine basin
- 10-Black Sea
- 11-Red Sea

Rivers (mouths are denoted with black arrows)

- Ebro
- Nile
- Po
- Danube
- Jordan

Others

- The Negev desert

Εικόνα 1.1.1.1. Γεωγραφικές ενότητες της Μεσογείου (Lionello et al 2006).

1.1.2. Φυσικές διεργασίες στη Μεσόγειο

Το ενδιαφέρον σε επιστημονική, περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική διάσταση για το κλίμα της Μεσογείου, παρακινείται από το γεγονός ότι αποτελεί μια υδατική λεκάνη με πυκνοκατοικημένες τις παράκτιες ζώνες, άρα με ισχυρότατες περιβαλλοντικές πιέσεις και είναι δυνητικά πολύ ευαίσθητη στις κλιματικές αλλαγές (Lionelo et al 2003, Potter et al 2004).

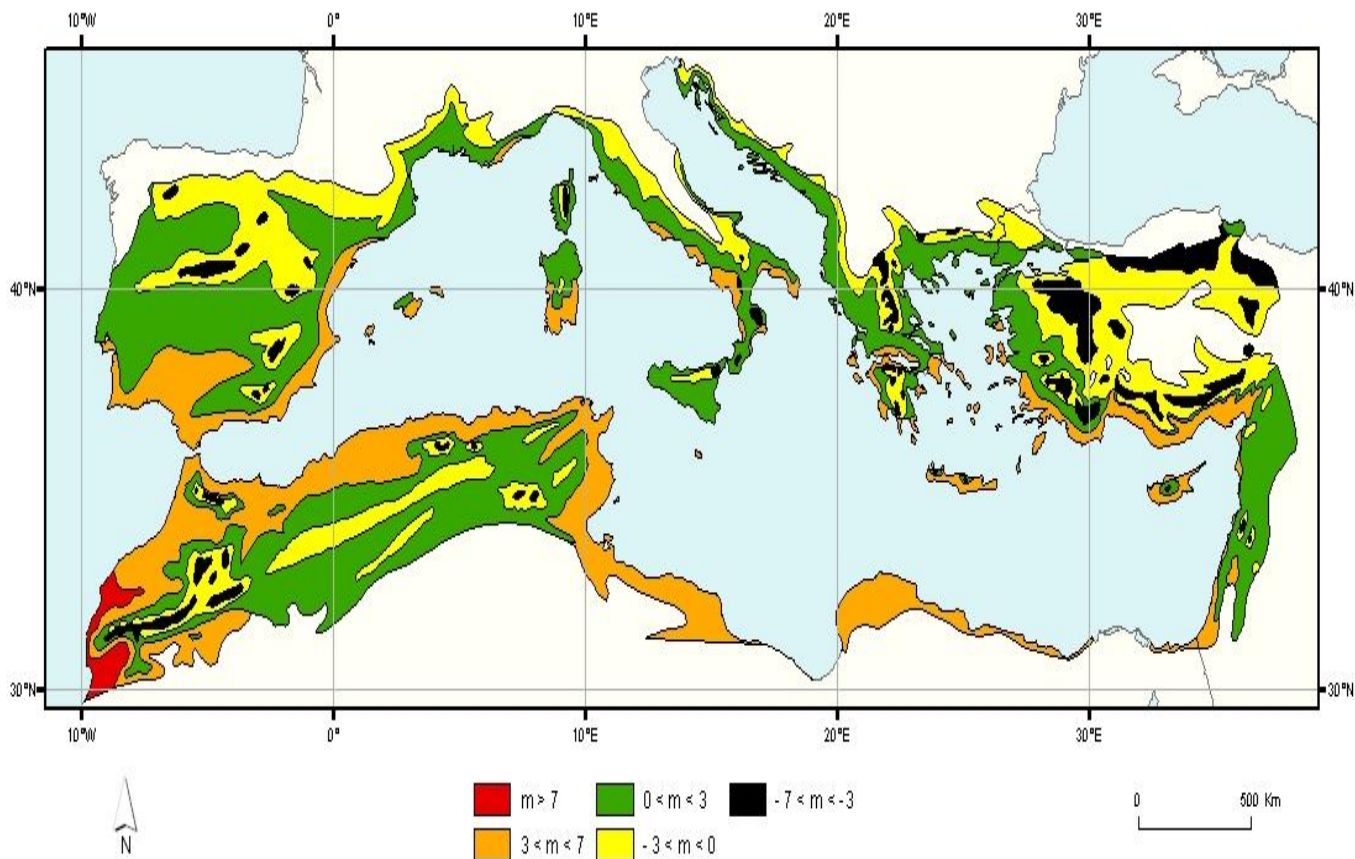
Η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει σημαντικές μεταβολές όπως:

- Πιθανώς η κρισιμότερη κατάσταση αυτής, συνδέεται με τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων, των οποίων η περαιτέρω μείωση (ελάττωση βροχοπτώσεων, μείωση της παροχής των ποτάμιων υδάτων), θα επηρεάσει σημαντικά, μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού που ζει γύρω της.
- Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως το θερμότερο καλοκαίρι του 2003 στη λεκάνη της Μεσογείου (πιθανά το θερμότερο στο μισό της χιλιετηρίδας που πέρασε) και γενικότερα η αύξηση της θερμοκρασίας, επιφέρουν σημαντικότερους κινδύνους, όπως αύξηση των πυρκαγιών, ανακατανομή της προσαρμογής των φυτικών ειδών, κα.
- Τα πλημμυρικά φαινόμενα, λόγω των έντονων βροχοπτώσεων που επακολουθούν σαν συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, σε συνδυασμό με τη μορφολογία του εδάφους με τις μικρές και απότομες λεκάνες απορροής των ποταμών, θα έχουν σαν αποτέλεσμα ισχυρή διάβρωση, κατολισθήσεις και καθίζηση εδαφών.
- Επιζήμια επίσης θα είναι τα τοπικά φαινόμενα χαλαζοπτώσεων, ανεμοστρόβιλων και κεραυνών.

Είναι σημαντικό άρα να κατανοήσουμε, το πώς οι μεγάλης κλίμακας κλιματικές μεταβολές, επηρεάζουν διαχρονικά, κατά το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον το κλίμα της Μεσογείου, λαμβάνοντας υπόψιν την ύπαρξη ορεινών όγκων, την αλληλεπίδραση ξηράς-θάλασσας, καθώς και άλλες ήσσονος σημασίας παραμέτρους. Αντίστροφα, το πώς η Μεσόγειος θάλασσα, επηρεάζει το παγκόσμιο κλιματικό σύστημα, ως πηγή υγρασίας, δεξαμενή θερμότητας και τροφοδότης αλμυρού νερού, που ανεβάζει τα μέσα επίπεδα αλμυρότητας του Ατλαντικού Ωκεανού.

1.1.3. Κλιματολογικά στοιχεία

Ιστορικά η Μεσόγειος από κλιματικής άποψης, παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία μορφολογικών και γεωγραφικών χαρακτηριστικών (Εικόνα 1.1.3.1, Εικόνα 1.1.3.2).



- **Infra-mediterranean** (in red; $m > 3^\circ \text{C}$)
- **Thermo-mediterranean** (in orange; $3 < m < 7^\circ \text{C}$): scrublands
- **Meso-mediterranean** (in green; $0 < m < 3^\circ \text{C}$) evergreen oak forests
- **Supra-mediterranean or sub-mediterranean** (in yellow; $-3 < m < 0^\circ \text{C}$): winter semi-deciduous forests
- **Mountain-mediterranean** (in black; $-7 < m < -3^\circ \text{C}$): conifer forest
- Areas with $m < -7^\circ \text{C}$ (Oro-mediterranean, $m < -7^\circ \text{C}$ dwarf-shrubs) are small areas at the tops of mountains (not shown).

Εικόνα 1.1.3.1. Κατανομή των κλιματικών ζωνών στην λεκάνη της Μεσογείου, με βάση την αλληλεπίδραση της ελαχίστης θερμοκρασίας (m) του ψυχρότερου μήνα και την εμφάνιση της βλάστησης (Quézel and Médail 2003).

Το κλίμα της σε ένα εύρος μεταξύ 30⁰ και 40⁰ γεωγραφικού πλάτους, από δυτικά προς τα ανατολικά, χαρακτηρίζεται από ήπιους, σχετικά ζεστούς και υγρούς χειμώνες, με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλομορφία, οφειλόμενη στις υψηλές ορεινές κορυφογραμμές που την περιστοιχίζουν σε κάθε σχεδόν πλευρά της, με υψηλότερη αυτή των Άλπεων με 4800 m υψόμετρο, η οποία περιέχει μόνιμους παγετώνες.

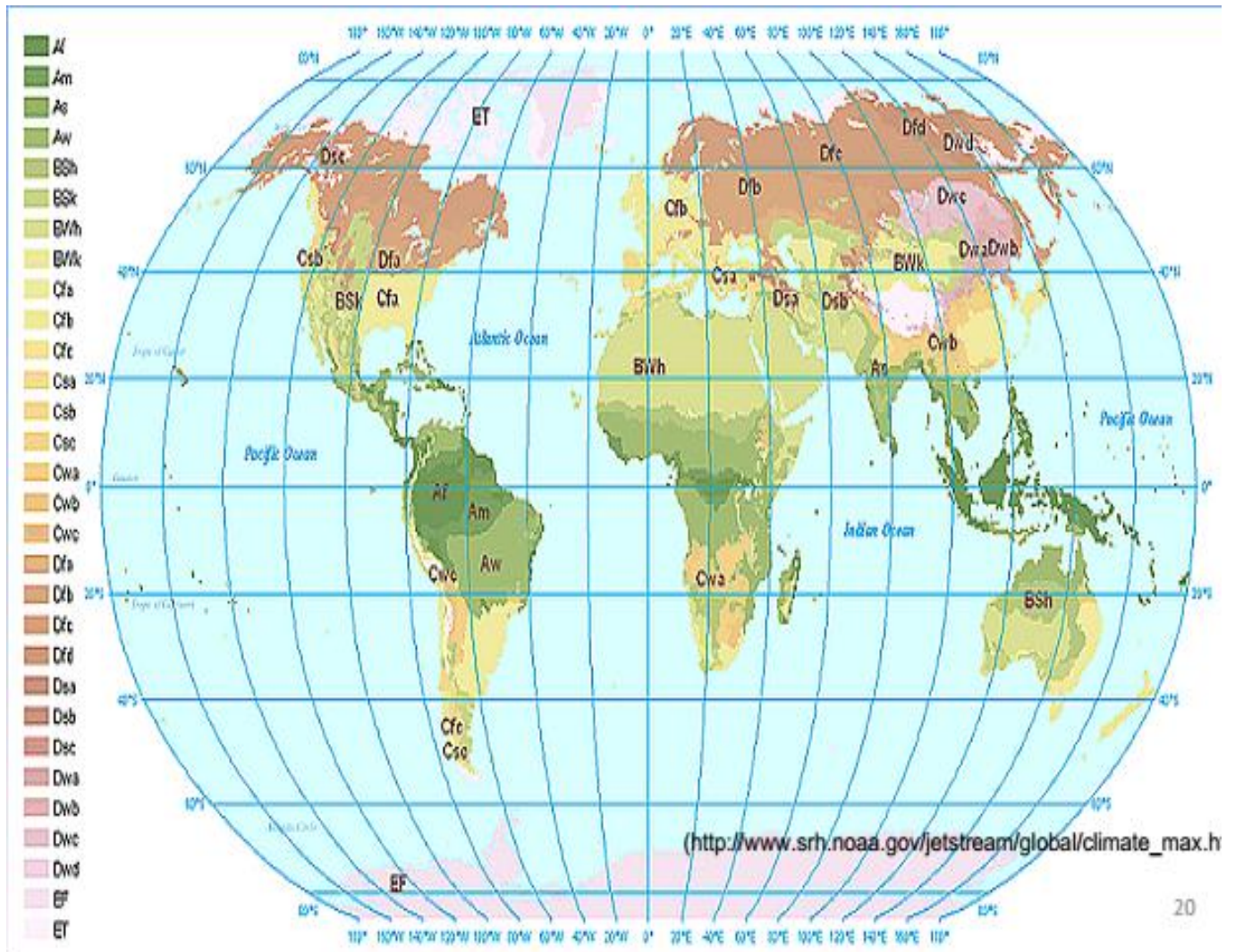
Πολυάριθμοι νήσοι, χερσόνησοι, περιφερειακές θάλασσες και λεκάνες, συνθέτουν μια περίπλοκη κατανομή στο μοτίβο θάλασσας-στεριάς.



Εικόνα 1.1.3.2. Περιοχές που δεν χαρακτηρίζονται ως έρημοι στην Β. Αφρική (Brunel et al. 2013), βάση της διακύμανσης της θερμοκρασίας του ψυχρότερου μήνα (Ιανουάριος), που βρίσκονται στα εύρη α) : $T_{min} \geq 1^{\circ}C$ and $T_{max} \geq 18^{\circ}C$, είτε β) $T_{min} \geq 3^{\circ}C$ and $T_{max} \geq 15^{\circ}C$.

Αυτά τα χαρακτηριστικά, φέρουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στη θάλασσα, όσο και στην κίνηση ατμοσφαιρικών μαζών, καθορίζουν την παρουσία μιας ποικίλης χωρικής μεταβλητότητας και εγκαθιστούν υπό-περιοχές με χαρακτηριστικά μικροκλίματος. Η επιρροή της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας από τους ορεινούς όγκους, επιφέρει αποκλίσεις και μεταβάσεις από περιοχές με ζεστό και ξηρό κλίμα, σε περισσότερο υγρές και ψυχρές, έως και μόνιμων παγετώνων, από περίπου 2000 m υψόμετρο και πάνω. Επίσης, η κυρίως θαλάσσια τοπογραφία αυτής, είναι εξίσου περίπλοκη, με βαθιές λεκάνες που συνδέονται μεταξύ τους με στενές και ρηχές λωρίδες. Κλιματικές μεταβολές και μεταβατικές ζώνες παρουσιάζονται ακόμη λόγω και του μεγάλου γεωγραφικού πλάτους (Touchan et al 2003, Touchan et al 2005).

Η αναγκαιότητα ανάπτυξης μιας κλιματικής ταξινόμησης, είχε ξεκινήσει από τους αρχαίους Έλληνες, οι οποίοι είχαν ταξινομήσει το κλίμα της γης σε πέντε βασικές ζώνες. Σήμερα η κλιματική ταξινόμηση που πρότεινε ο Vladimir Korppen (1846-1940), αποτελεί μια εύχρηστη και έγκριτη ταξινόμηση. (Εικόνα 1.1.3.3, Πίνακας 1.1.3.1).



Εικόνα 1.1.3.3. Γεωγραφική ταξινόμηση των κατά Korppen κλιματικών τύπων.

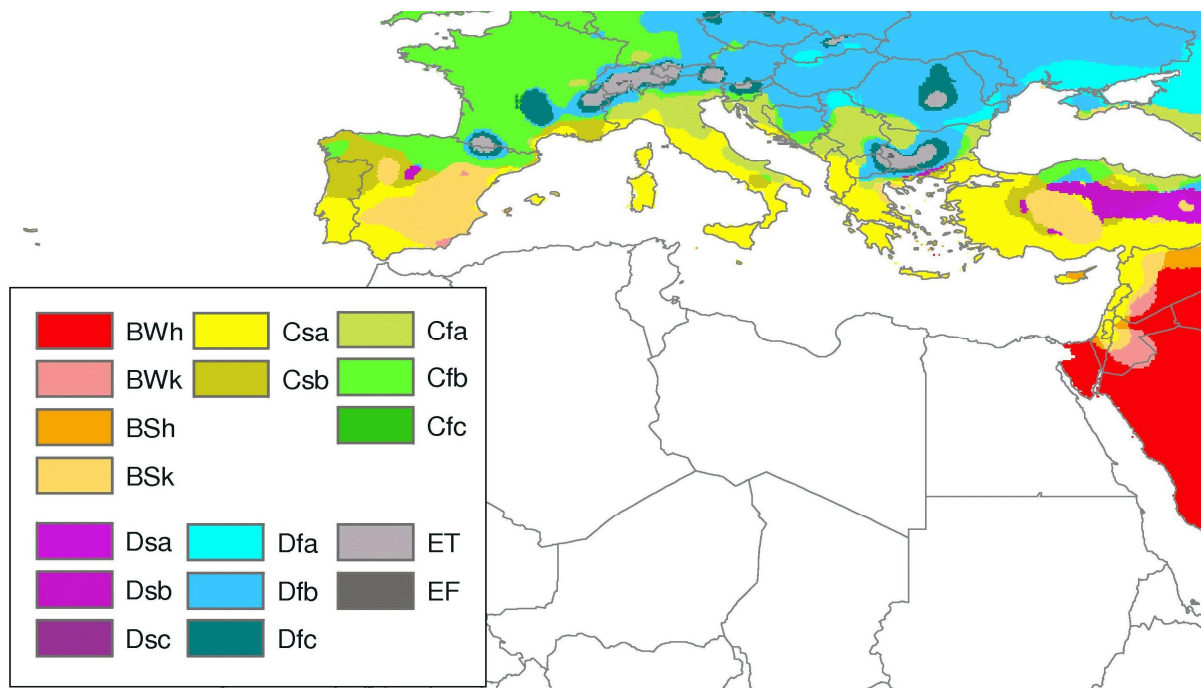
Πηγή : http://www.srh.noaa.gov/jetstream/global/climate_max.htm

Πίνακας 1.1.3.1. Επεξήγηση συμβόλων στην κατά Korppen κλιματική ταξινόμηση.

Af	Tropical rainforest	Τροπικό/βροχερό δάσος. θερμό και βροχερό κλίμα καθ' όλο το έτος.
Am	Tropical monsoonal	Τροπικό κλίμα μουσώνων. Εποχιακά υπερβολικές βροχοπτώσεις. Όλο το έτος πολύ θερμό.
Aw	Tropical savanna	Τροπική σαβάννα. Όλο το έτος πολύ θερμό. Συνήθως βροχερό καλοκαίρι και ξηροί χειμώνες.
BSh	Subtropical steppe	Τροπική στέπα. Πολύ θερμό και ημίξηρο κλίμα.
BSk	Mid-latitude steppe	Στέπα των μέσων γεωγραφικών πλατών. Ψυχρό ή δροσερό κλίμα
BWh	Subtropical desert	Τροπική έρημος. Ξηρό και πολύ θερμό κλίμα.
BWk	Mid-latitude desert	Έρημος των μέσων γεωγραφικών πλατών. Ξηρό ψυχρό ή δροσερό κλίμα.
Cfa	Humid subtropical	Υγρό υποτροπικό κλίμα. Μακρύ και πολύ θερμό καλοκαίρι. Ήπιοι χειμώνες. Βροχερές όλες οι εποχές
Cfb	Marine west coast	Θαλάσσιο κλίμα. Θερμά καλοκαίρια. Ήπιοι χειμώνες. Βροχερές όλες οι εποχές.
Cfc	Marine west coast	Θαλάσσιο κλίμα. Δροσερά και μικρά καλοκαίρια. Ήπιοι χειμώνες.
Csa	Mediterranean	Μεσογειακό κλίμα ενδοχώρας Μεσογείου. Θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Ήπιοι χειμώνες
Csb	Mediterranean	Παράκτιο Μεσογειακό κλίμα. Ήπιοι χειμώνες, ξηρά καλοκαίρια, βραχύ θερμό καλοκαίρι.
Cwa	Humid subtropical	Υποτροπικό μουσωνικό κλίμα. Ήπιοι ξηροί χειμώνες. Πολύ θερμά καλοκαίρια.
Dfa	Humid continental	Υγρό ηπειρωτικό κλίμα. Δριμείς χειμώνες. Μακρύ και πολύ θερμό καλοκαίρι. Βροχερές όλες οι εποχές
Dfb	Humid continental	Υγρό ηπειρωτικό κλίμα. Δριμείς χειμώνες. Βραχύ θερμό καλοκαίρι. Όλοι οι μήνες υγροί.
Dfc	Subarctic	Υπαρκτικό. Δριμείς χειμώνες, μικρά δροσερά καλοκαίρια. Υγρές όλες οι εποχές.
Dfd	Subarctic	Υπαρκτικό. Άκρως ψυχροί χειμώνες, μικρά δροσερά καλοκαίρια. Όλοι οι μήνες υγροί.
Dwa	Humid continental	Υγρό ηπειρωτικό. Δριμείς και ξηροί χειμώνες. Μακρά και πολύ θερμά καλοκαίρια.
Dwb	Humid continental	Υγρό ηπειρωτικό. Δριμείς και ξηροί χειμώνες, θερμά καλοκαίρια.
Dwc	Subarctic	Υπαρκτικό. Δριμείς και ξηροί χειμώνες. Βραχύ δροσερό και υγρό καλοκαίρι.
Dwd	Subarctic	Υπαρκτικό. Άκρως ψυχροί και ξηροί χειμώνες. Βραχύ δροσερό και ψυχρό καλοκαίρι.
ET	Tundra	Τούντρα. Πολύ βραχύ καλοκαίρι.
EF	Ice Cap	Αιώνια χιόνια και πάγοι.
H	Complex zone.	Κλίματα μεγάλων υψομέτρων.

Γεωγραφικά και σύμφωνα με την ταξινόμηση Κόπεν, στη Μεσόγειο παρατηρούνται οι παρακάτω διαφοροποιήσεις (Εικόνα 1.3.1.4):

- Το Βόρειο τμήμα της Μεσογείου, διακρίνεται από μια ζώνη με θαλάσσιες επιρροές (Δυτικό Παράκτιο Κλίμα).
- Το Νότιο τμήμα, δέχεται επιρροές από το κύτταρο Hadley και γενικότερα ερημικών και υποτροπικών κλιμάτων. Δηλαδή η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, επηρεάζεται από τις περιοχές της Νότιας Ασίας, που είναι εκτεθειμένες στην κλιματική επιρροή Μουσώνων και από έντονες ψυχρές πιέσεις προερχόμενες από τη Σιβηρία, την χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 1.1.3.4. Οι κλιματικές ζώνες κατά Κορπεν στη Μεσόγειο (NOAA, 2014). Οι κύριοι τύποι Μεσογειακού κλίματος κατά Κορπεν είναι α) ο CSA (κλίμα εσωτερικά της Μεσογείου): Ζεστό μέσου γεωγραφικού πλάτους κλίμα, με ευδιάκριτα ξηρό και θερμό καλοκαίρι. Η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα το χειμώνα είναι μικρότερη από 18 ° C και στον υγρότερο μήνα έχει περίπου 3 φορές περισσότερες βροχοπτώσεις σε σύγκριση με το ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού. Οι βροχοπτώσεις στο ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού είναι λιγότερο από 40 mm. β) ο CSB (Μεσογειακό παράκτιο κλίμα): Μέσου πλάτους κλίμα, με ευδιάκριτα ξηρό και δροσερό καλοκαίρι. Η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα είναι μικρότερη από 18 ° C και πάνω από -3 ° C. Ο υγρότερος μήνας του χειμώνα, έχει περίπου 3 φορές περισσότερες βροχοπτώσεις. σε σύγκριση με τον ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού. Το νερό της βροχής τον ξηρότερο μήνα του καλοκαιριού είναι μικρότερο από 40 mm).

Πηγή: <http://geography.about.com/od/physicalgeography/a/koppen.htm>

Από μετεωρολογικής απόψεως, η Μεσόγειος υπόκειται στην αλληλεπίδραση διαφορετικών φαινομένων με ξεχωριστή χωροχρονική κατανομή, όπως:

- Το Νότιο τμήμα της Μεσογείου, επηρεάζεται από την κάθοδο του Βόρειου αεροχειμάρρου (βορειοδυτική Ρωσία), ενώ το Βόρειο σχετίζεται περισσότερο με τη μεταβλητότητα του μέσου πλάτους, χαρακτηριστικό της επιρροής της Ταλάντωσης του Βόρειου Ατλαντικού (Dunkeloh and Jacobeit, 2003, Xoplaki et al, 2003, Hoerling et al, 2004, Hurrell et al., 2004).

Με αυτά τα δεδομένα:

- Η ανάλυση του Μεσογειακού κλίματος, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό αλλαγών, στην ένταση και την επέκταση των κλιματικών τύπων και μετεωρολογικών φαινομένων παγκόσμιας κλίμακας, όπως των NAO, ENSO- El Nino, Νότιας Ταλάντωσης και των μουσώνων.
- Επιπλέον, ο ρόλος της Μεσογείου, είναι σημαντικό να εξεταστεί ως δεξαμενή θερμότητας και πηγή υγρασίας για τις γύρω περιοχές,, στην ανάπτυξη κυκλώνων (λόγω της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας μεταξύ των θαλάσσιων μαζών και των υπερκειμένων στρωμάτων αέρα) και τις πιθανές επιπτώσεις της σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως π.χ περιοχή του Σάχελ (περιφερειακές ζώνες της ερήμου, όπου παρατηρείται εποχική ανάπτυξη βλάστησης με μικρή επιφανειακή πυκνότητα), καθώς και τις ανατροπές που επιφέρει στη θαλάσσια κυκλοφορία των ρευμάτων του Ατλαντικού.

Σημαντικό βοήθημα στα κλιματικά χαρακτηριστικά της Μεσογείου, είναι η ποσότητα πληροφοριών του κλίματος παρελθόντων αιώνων (Luterbacher et al., 2004), μοναδικών σε παγκόσμια κλίμακα, οι οποίες δεν έχουν ακόμη αξιοποιηθεί και οργανωθεί πλήρως, κάτι που θα βοηθούσε στην ανακατασκευή ορισμένων πτυχών του κλίματος από τη Ρωμαϊκή περίοδο και ενδεχομένως παλαιότερα (Guiot et al, 2005). Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Ανασυντάχτηκαν επί σειρά χιλιετίας, κάποια σημαντικά στοιχεία, κυρίως στην κεντρική και δυτική Ευρώπη (π.χ. το πάγωμα της βενετσιάνικης λιμνοθάλασσας και το κύμα θύελλας στη Βενετία).
- Αυτός ο πλούτος των στοιχείων, δίνει την ευκαιρία για την ανασύνταξη των ιστορικών δεδομένων του κλίματος της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένων των ακραίων φαινομένων, με στόχο τη χρήση τους, ως σημερινό εργαλείο σε επίκαιρες έρευνες.

1.1.4. Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις

Λόγω των δημογραφικών πιέσεων και την εκμετάλλευση της γης από τη γεωργία, η Μεσόγειος παρουσιάζει από την αρχαιότητα σημαντικές μορφές αλλαγών χρήσης, με σημαντικές ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα:

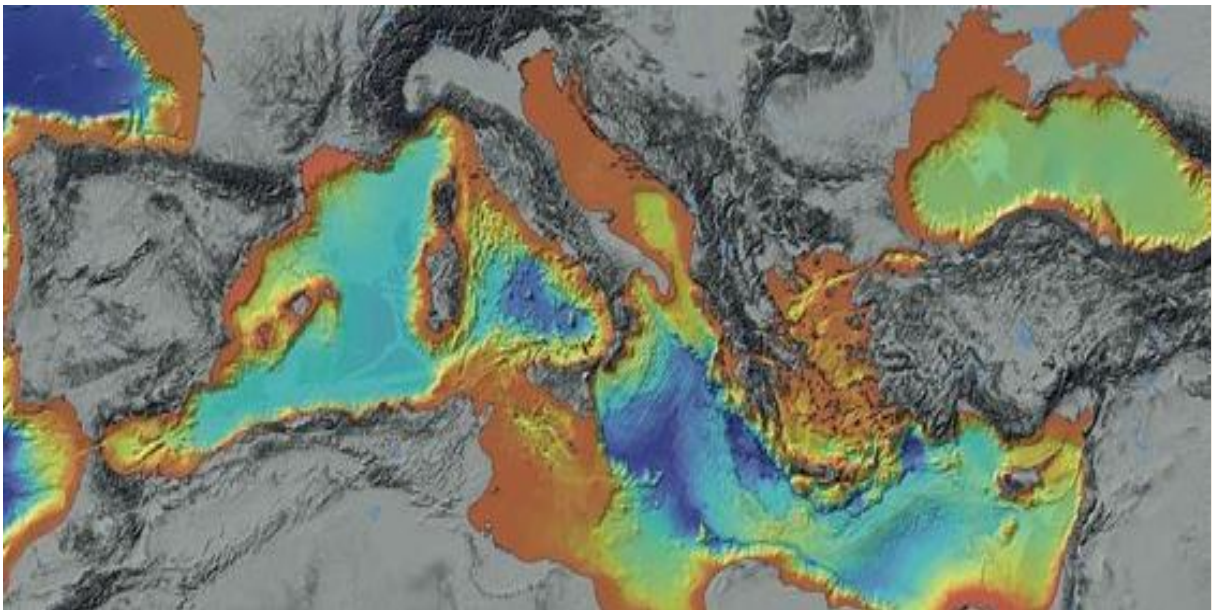
- Θεωρείται ότι οι παρεμβάσεις αποψίλωσης στη βλάστηση των δασών από τους Ρωμαϊκούς χρόνους, έχει συμβάλλει στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία πάνω από τη Βόρεια Αφρική και άρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ξηρότητα του κλίματος των περιοχών αυτών.
- Η σημασία της αποψίλωσης των δασών στη Μεσόγειο, επιβεβαιώθηκε και από άλλες μελέτες μοντελοποίησης. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η μείωση της εξατμισοδιαπνοής που επιφέρει, καθώς και η διάβρωση των εδαφών, μειώνουν τις απορροές επιφανειακών υδάτων, στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες το καλοκαίρι.

1.1.5. Θαλάσσια κυκλοφορία

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών, μέσω μιας σειράς προγραμμάτων παρατήρησης, έγιναν προσπάθειες μοντελοποίησης της κυκλοφορίας υδάτων της Μεσογείου. Θεμελιώδης συστατικά της κυκλοφορίας αυτής, είναι:

- Κατά πρώτον ένα ‘‘ανοιχτό’’ κανάλι κυκλοφορίας υδάτων, που συνδέει την Ανατολική με τη Δυτική Μεσόγειο και σχετίζεται με την εισροή υδάτων του Ατλαντικού από τα στενά του Γιβραλτάρ, στα επιφανειακά στρώματα και την επιστροφή/εκροή υδάτων, από τη θαλάσσια περιοχή βόρεια της Λιβύης, στα ενδιάμεσα υδατικά στρώματα, προς τον Ατλαντικό (Lyard et al 2006) (Λεβαντινά Ενδιάμεσα Ύδατα - Levantine Intermediate Water- LIW).
- Επίσης, δύο μεσημβρινά κάθετα κανάλια, που λαμβάνουν χώρα το ένα στην ανατολική και το άλλο στη δυτική μεσογειακή λεκάνη, καθοδηγούμενα από βαθιά τοπικά και συνεπακολουθούμενα συμβάντα, που λαμβάνουν χώρα στις Βόρειες Μεσογειακές περιοχές. Αυτά είναι υπεύθυνα, για το σχηματισμό πυκνών μαζών νερού, που διαχέονται στα βαθύτερα στρώματα, με αποτέλεσμα την αύξηση στάθμης και επιστροφή του νερού, στα ενδιάμεσα στρώματα εντός των ίδιων περιοχών (Troccoli et al 1999).
- Η σημαντικότητα των τοπικών αυτών διαδικασιών, καθορίζεται από την αλληλεπίδραση αέρα-θάλασσας και από μακροπρόθεσμες διεργασίες. Εντατική

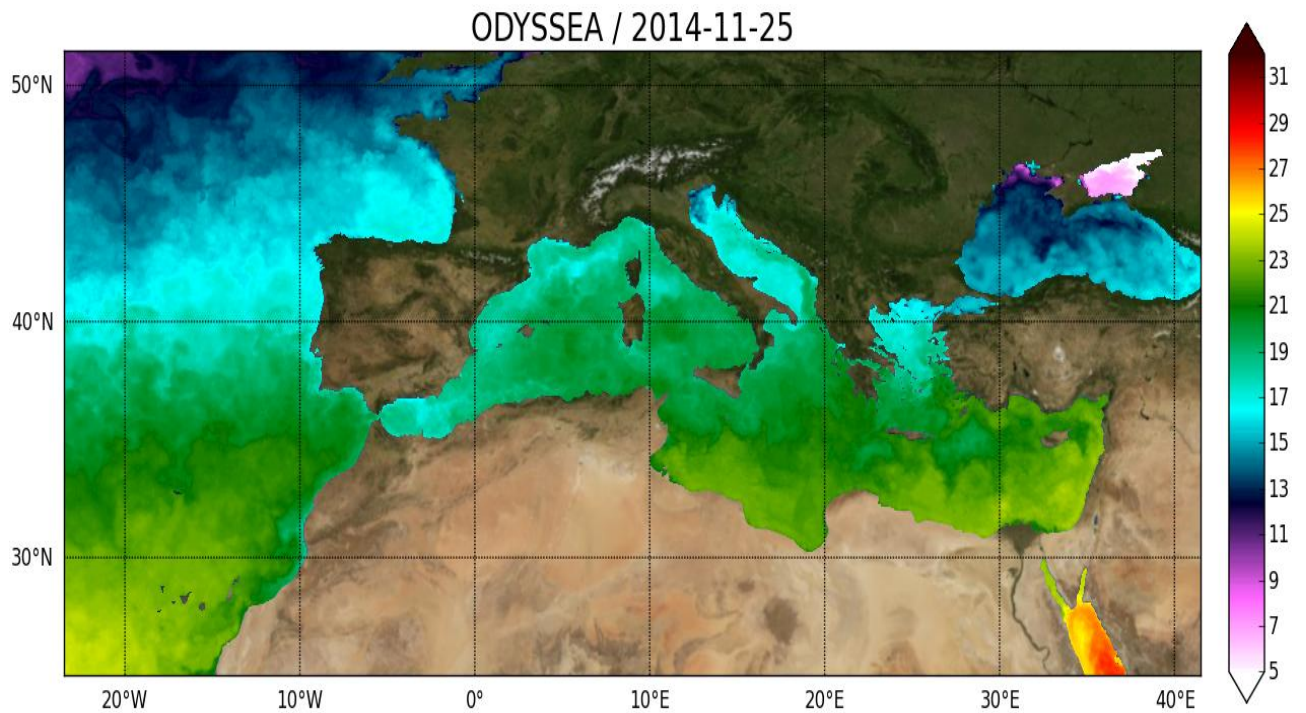
εξάτμιση και ψύξη, πάνω από περιορισμένες περιοχές στον βορειοδυτικό κόλπο της Λυών, τη Νότια Αδριατική θάλασσα, το Αιγαίο και Κρητικό πέλαγος, ελέγχουν το σχηματισμό πυκνών νερών, που καθιζάνουν στα βαθύτερα στρώματα της Μεσογείου. Οι δυτικές και ανατολικές υπό-λεκάνες, δημιουργούν θαλάσσιες ζώνες που είναι αποσυνδεδεμένες μεταξύ τους, λόγω της μορφολογίας του πυθμένα (Σχήμα 1.1.5.1) και ως εκ τούτου η θαλάσσια κυκλοφορία τους, είναι ανεξάρτητη (Rio et al 2011).



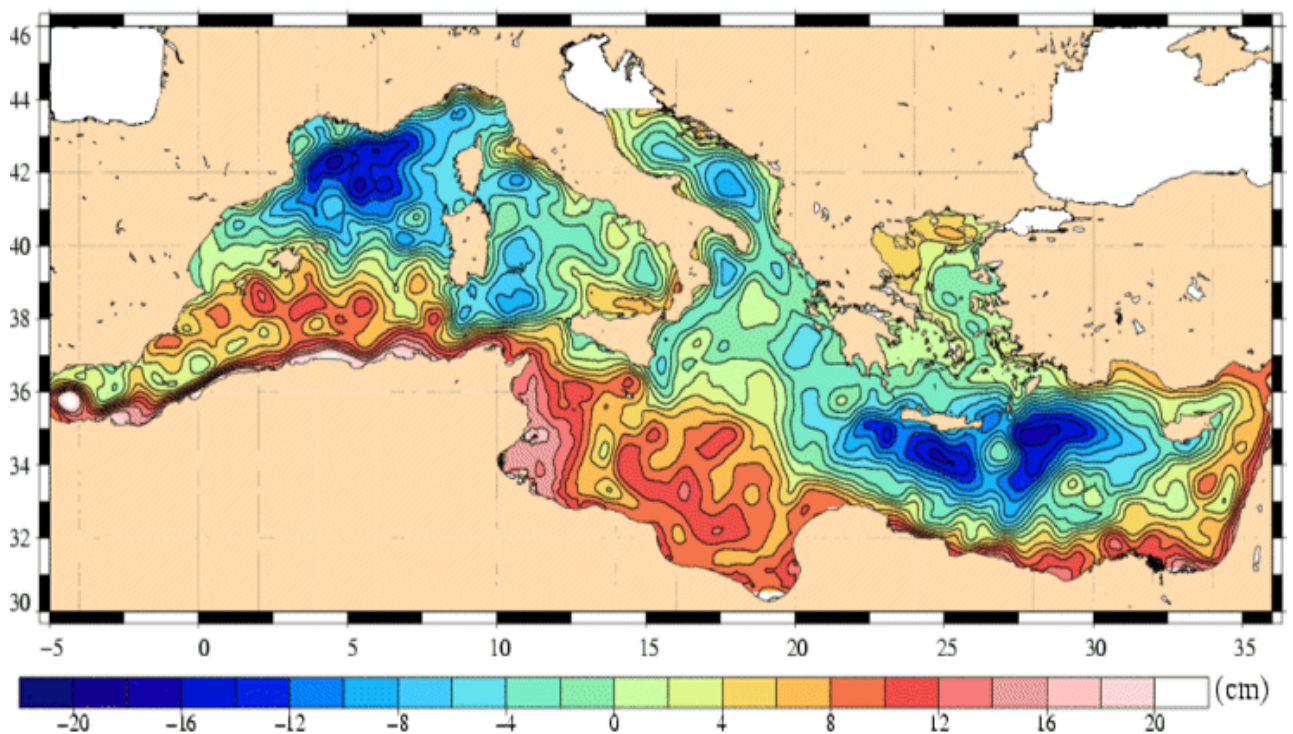
Εικόνα 1.1.5.1. Μορφομετρία του πυθμένα της Μεσογείου (CIESEM, 2014).

- Η Ανατολική Μεσογειακή θαλάσσια κυκλοφορία, είναι ένα κλειστό κανάλι στο οποίο λαμβάνουν χώρα πολλαπλές διεργασίες. Η έντονη εξάτμιση στη λεκάνη της Λεβαντίνης, καθορίζει τον σχηματισμό της θαλάσσιας κυκλοφορίας (LIW), το οποίο αποτελείται από δυο «παρακλάδια»: Ατλαντικό νερό εισχωρεί στο Γιβραλτάρ προς την περιοχή της λεκάνης της Λεβαντίνης και επιστρέφει στο Γιβραλτάρ όπου τελικά βγαίνει, δημιουργώντας την Βόρεια Ατλαντική αλμυρή ροή.
- Στη Δυτική Μεσόγειο τέτοιου είδους στοιχεία παρατήρησης και μοντέλα για τη θαλάσσια κυκλοφορία δεν είναι διαθέσιμα.

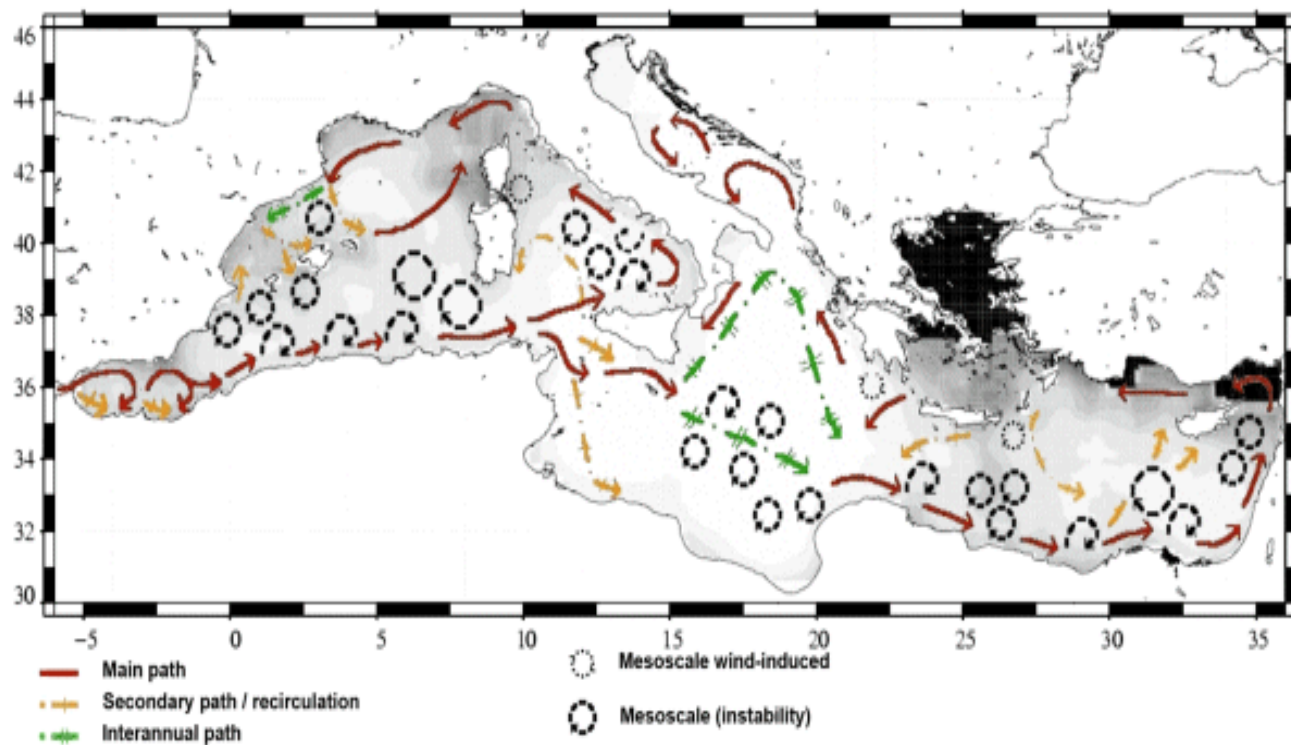
Από την άλλη πλευρά, οι εξελίξεις στην δορυφορική τηλεπισκόπηση, μας έχουν επιτρέψει την πρόσληψη ημερήσιων δορυφορικών καταγραφών και βιοφυσικών παραμέτρων, για το σύνολο της επιφάνειας της θαλάσσιας ζώνης (Εικόνα 1.1.5.2., Εικόνα 1.5.1.3, και Εικόνα 1.5.1.4).



Εικόνα 1.1.5.2. Η ημερήσια θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας την 25 Νοεμβρίου 2014 (ODYSSEA, 2014).



Εικόνα 1.1.5.3. Η τοπογραφία της μεσογείου (απόκλιση από την μέση στάθμη) όπως καταγράφεται από αλτιμετρικούς δορυφόρους τον Σεπτέμβριο του 2006 (Oceanobs, 2014).



Εικόνα 1.1.5.4. Η μέση θαλάσσια κυκλοφορία στην λεκάνη της Μεσογείου (Robinson et al, 2014).



Εικόνα 1.1.5.5. Η επίδραση της αλατότητας στην κίνηση των θαλάσσιων μαζών στην Μεσόγειο (Pinet, 2012).

1.2. Κοινωνικές και περιβαλλοντικές πτυχές

Σήμερα, περίπου 400 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν στις χώρες γύρω από τη Μεσόγειο θάλασσα και περίπου 145 εκατομμύρια άνθρωποι (δηλαδή 34% του συνόλου), ζουν στην παράκτια περιοχή. Ο μεγαλύτερος αριθμός αυτών ζουν στην Ιταλία (32 εκατομμύρια), την Αίγυπτο (24 εκατομμύρια), την Τουρκία (11 εκατομμύρια), την Αλγερία (10 εκατομμύρια ευρώ) και την Ελλάδα (9 εκατομμύρια).

Το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής ακτογραμμής (46000 χιλιόμετρα) είναι στην Ελλάδα (15.000 χιλιόμετρα), ακολουθούμενη από την Ιταλία (8000 χιλιόμετρα), την Κροατία (6.000 χιλιόμετρα) και την Τουρκία (5.000 χιλιόμετρα).

Αυτή η πυκνοκατοικημένη περιοχή, έχει μεγάλες οικονομικές, πολιτιστικές και δημογραφικές αντιθέσεις. Υπάρχουν περίπου δεκαπλάσιες διαφορές στο ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν) μεταξύ των μεγαλύτερων οικονομιών των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Μέσης Ανατολής, και τριπλάσιες ως εξαπλάσιες διαφορές στο κατά κεφαλήν ΑΕΠ μεταξύ των χωρών της Δυτικής Ευρώπης και τα άλλα έθνη. Οι μεγαλύτερες οικονομίες είναι αυτές της Γαλλίας και της Ιταλίας (περίπου 1.500 και 1.200 τρισεκατομμύρια \$ ΑΕΠ, αντίστοιχα). Ταυτόχρονα, 8 χώρες έχουν λιγότερο από 20 τρισεκατομμύρια δολάρια ΑΕΠ, ενώ δύο χώρες έχουν ένα ΑΕΠ ανά κάτοικο μεγαλύτερο των 20.000\$ και τέλος υπάρχουν 6 χώρες με λιγότερο από 2.000\$ ανά κάτοικο.

Οι δημογραφικές τάσεις, είναι επίσης αρκετά διαφορετικές στην περιοχή. Στις ευρωπαϊκές χώρες (συμπεριλαμβανομένων και των εθνών εκτός ΕΕ) που είναι κοντά σε μηδενικούς ρυθμούς ανάπτυξης, αναμένεται σταθεροποίηση ή ακόμα και μείωση του πληθυσμού τους, ενώ στις χώρες της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής, αναμένεται διπλασιασμός του πληθυσμού τους, από τα μέσα του 21ου αιώνα. Σε αντίθεση με τις ευρωπαϊκές χώρες, η αστικοποίηση στα περισσότερα έθνη της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής, είναι μια συνεχής διαδικασία, η οποία αλλάζει τις κοινωνικό-οικονομικές δομές των περιοχών αυτών.

Το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, σηματοδεύτηκε από μια αύξηση 5 έως 10 φορές του πληθυσμού των μεγάλων πόλεων, σε κάποιες από τις αφρικανικές και ασιατικές χώρες, ενώ σε χώρες της Νότιας Ευρώπης υπήρξε μεν αύξηση μα λιγότερο από το διπλάσιο του πληθυσμού τους. Προς το παρόν, το Κάιρο (το οποίο αύξησε τον πληθυσμό του 4 φορές από το 1950) και η Κωνσταντινούπολη (8 φορές) είναι η εικοστή και εικοστή δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του πλανήτη, αντίστοιχα.

Η αύξηση του πληθυσμού ασκεί μια δημογραφική πίεση στη Μεσόγειο και η πρόβλεψη είναι μια πληθυσμιακή αύξηση, από 420 εκατομμύρια το 2000 σε 530 εκατομμύρια στο έτος 2025. Η μετανάστευση, που προκαλείται από την υποβάθμιση του εδάφους ή ακόμα και την ερημοποίηση, είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα στην περιοχή της Μεσογείου, το νότιο τμήμα της οποίας είναι κυρίως ξηρό και ευάλωτο στην κλιματική αλλαγή. Η ερημοποίηση δεν προκαλείται μόνο από το κλίμα, αλλά και από τις αποφάσεις σε όλα τα επίπεδα της κοινωνίας, σχετικά με τη χρήση γης. Στην πραγματικότητα, φυσικά και ανθρώπινα συστήματα, είναι ευάλωτα στη σπανιότητα και ακανόνιστη διάθεση των υδάτινων πόρων και επιφέρουν αλλαγές στο κλίμα μιας περιοχής.

Σήμερα, το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού με έλλειψη νερού (δηλαδή λιγότερο από 1.000m³ ανά κάτοικο και ανά έτος) ζει στην περιοχή της Μεσογείου. Στην πραγματικότητα, περίπου 1.200 km³ είναι διαθέσιμα ανά έτος, σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου (περίπου το 50% από αυτά είναι πραγματικά εκμεταλλεύσιμα) και είναι πολύ άνισα κατανεμημένα. Το 71% των διαθέσιμων υδάτινων πόρων είναι στις βόρειες χώρες της Μεσογείου, το 20% στις ανατολικές και μόνο το 9% στις νότιες χώρες. Επιπροσθέτως, 30 εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό και οι ελλείψεις υδάτων, αναμένεται να επηρεάσουν 60 εκατομμύρια ανθρώπους το 2025. Η κατάσταση αυτή θα μπορούσε να γίνει πολύ κρίσιμη, εάν η κλιματική αλλαγή επέφερε περαιτέρω μείωση βροχοπτώσεων.

1.3. Οικονομική διάσταση (Φυσικοί πόροι-Γεωργία)

Προς το παρόν, η γεωργία εξακολουθεί να αποτελεί μείζονα οικονομική δραστηριότητα στην περιοχή, που αντιστοιχεί στο 20% του ΑΕΠ των χωρών της Νότιας Μεσογείου, εκείνων δηλαδή που έχουν πληγεί περισσότερο, από τις μεταβολές στη διαθεσιμότητα του νερού. Περίπου το 50% της συνολικής έκτασης της γης, χρησιμοποιείται για τη γεωργία, η οποία απορροφά πάνω από το 80% και το 60% της συνολικής ζήτησης νερού στις χώρες της Αφρικής και τις Ευρωπαϊκές χώρες, που περιβάλλουν τη Μεσόγειο Θάλασσα, αντίστοιχα.

Οι κρίσιμες καταστάσεις της λειψυδρίας και η παρατεταμένη ξηρασία, οφείλονται κυρίως στις υψηλές τιμές μεταβλητότητας των βροχοπτώσεων, από εποχή σε εποχή και από έτος σε έτος. Στην περιοχή της Μεσογείου, όπου το μεγαλύτερο μέρος των ετήσιων βροχοπτώσεων εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χειμερινού εξαμήνου, σοβαρά ελλείμματα νερού, μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ακόμη και όταν

υπάρχει επαρκής ετήσια βροχόπτωση. Αυτό συμβαίνει, διότι η επίδραση της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων στις αποδόσεις των περισσότερων καλλιεργειών, εξαρτάται κυρίως, από την αστάθεια που παρατηρείται στον εποχικό κύκλο αυτών των παραμέτρων, και όχι από τις διακυμάνσεις στην ετήσια μέση τιμή τους. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στην ανατολική Μεσόγειο και στην Εγγύς Ανατολή (Tarawneh and Kadioglu, 2003).

Το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι του 2003, επέφερε αισθητές ζημιές στη γεωργική παραγωγή στην Ισπανία, την Ιταλία και τη Γαλλία. Η μείωση ήταν μεγαλύτερη για τις ζωοτροφές (-30%, -40% και -60% αντίστοιχα), στη παραγωγή καλαμποκιού (-10%, -25%, -30%, αντίστοιχα), αλλά σε μεγάλο βαθμό επίσης επηρεάστηκαν το σιτάρι και οι πατάτες.

Οι γενικευμένες ξηρές και θερμές συνθήκες σε όλη την Ευρώπη, είχαν επίσης σημαντικό αντίκτυπο, στην αυξημένη θνησιμότητα των αποθεμάτων ζώων και πουλερικών. Η συνδυασμένη επίδραση, στη μείωση των αποδόσεων των καλλιεργητικών και των ζωικών αποθεμάτων, προκάλεσε στους αγρότες της Δυτικής Ευρώπης οικονομικές απώλειες έως και 13 δισεκατομμύρια ευρώ (Fink et al., 2004).

Υπάρχει ο φόβος, ότι η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να αυξήσει το στρες που οφείλεται σε επαναλαμβανόμενες ξηρασίες, το οποίο επιφέρει ισχυρές αρνητικές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή και στην ικανότητά της, να ικανοποιήσει την εσωτερική ζήτηση τροφίμων.

Οι καύσωνες επίσης, θεωρούνται ως ένας σημαντικός κίνδυνος για την υγεία, μετά το επεισόδιο του 2003, που έπληξε την Κεντρική Ευρώπη, και επηρέασε σημαντικά τις βορειοδυτικές μεσογειακές χώρες, όπως την Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία. Η μέση θερμοκρασία εκείνο το καλοκαίρι στην Ευρώπη, υπερέβη πιθανότατα τη μέση θερμοκρασία κάθε προηγούμενου καλοκαιριού, κατά τα τελευταία 500 χρόνια (Luterbacher et al., 2004). Η ασυνήθιστα υψηλή θερμοκρασία, άρχισε τον Ιούνιο και παρέμεινε για ολόκληρο τον Ιούλιο μέχρι και τα μέσα Αυγούστου. Ωστόσο, κατά τις μετρήσεις της πολιτικής προστασίας της δημόσιας υγείας και των δασών, τις σημαντικότερες επιπτώσεις στην Ευρώπη, επέφερε το σχετικά βραχύβιο κύμα καύσωνα, που σημειώθηκε κατά το πρώτο δεκαπενθήμερο του Αυγούστου του 2003 (Trigo et al., 2005).

Οι εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες στις αρχές Αυγούστου, ήταν υπεύθυνες για περίπου 30.000 θύματα στη Δυτική Ευρώπη, τα μισά από αυτά μόνο στη Γαλλία, περίπου 4.200 στην Ισπανία, 4.000 στην Ιταλία, στην Πορτογαλία 2.000 και 1.000 στην Ελβετία. Ηλικιωμένοι άνθρωποι, ηλικίας άνω των 65 ετών, παιδιά κάτω των 4 ετών, καθώς και ασθενείς με καρδιαγγειακές και χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις, ήταν οι πιο ευάλωτες κατηγορίες κατά τη διάρκεια αυτών των γεγονότων (Diaz et al., 2004).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας (sea level rise - SLR), αποτελεί μια άλλη πιθανή απειλή, αν και, αντιπροσωπεύοντας πολλά πιθανά σενάρια, η SLR προβλέπεται από 0,09 έως 0,88 μ μέχρι το 2100 και θα πρέπει να επηρεάσει μόνο περιορισμένες παράκτιες ζώνες.

Επιπλέον, τοπικές καθιζήσεις του εδάφους, συμβάλουν στην αύξηση της ευπάθειας τμημάτων των ακτών της Μεσογείου. Η πιο ευάλωτη κατάσταση, βρίσκεται στην Αίγυπτο, όπου έχει εκτιμηθεί ότι 150 εκατοστά άνοδος της στάθμης της θάλασσας, θα συνεπάγεται απώλεια του 20% των γεωργικών εκτάσεων, λόγω του χαμηλού Δέλτα του Νείλου. Σε κίνδυνο βρίσκονται επίσης, περιοχές στη Νότια Γαλλία όπως το Camargue και η λιμνοθάλασσα της Βενετίας στην Ιταλία, όπου μια κρίσιμη περιοχή στο κεντρικό τμήμα της πόλης, βρίσκεται σε ένα επίπεδο μεταξύ 70 και 80 cm πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας (mean sea level - MSL), με ένα παλιρροϊκό εύρος περίπου 50 cm.

Οι ακραίες δυσμενείς καιρικές συνθήκες, έχουν υψηλό κοινωνικό και οικονομικό αντίκτυπο στην περιοχή της Μεσογείου. Ιδιαίτερα οι έντονες βροχοπτώσεις και πλημμύρες που ακολουθούν, λόγω των πολλών απότομων λεκανών απορροής ποταμών, που βρίσκονται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, είναι μια σημαντική ανησυχία.

Με βάση 166 περιπτώσεων έντονων βροχοπτώσεων και πλημμυρών και 104 περιπτώσεων ισχυρών ανέμων, επί σειράς δεδομένων δεκαετίας, ο συνολικός αριθμός των θυμάτων, υπολογίζεται σε πάνω από 1.900 άτομα και οικονομικές απώλειες πάνω από 6,000 M Euro. Ο αριθμός αυτός είναι πιθανό να είναι υποτιμημένος. Για την Ισπανία μόνο και μόνο σε τέσσερα χρόνια (1996-1999), το πρόγραμμα Φυσικών Καταστροφών της Διεύθυνσης Ισπανικής Πολιτικής Άμυνας, έχει καταμετρήσει 155 θανάτους από σφοδρές βροχοπτώσεις και πλημμύρες και 28 θανάτους από καταιγίδες και ισχυρούς ανέμους. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσιεύθηκαν από τον Ελληνικό Οργανισμό Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛΓΑ) για το έτος 2002 και μόνο, οι οικονομικές απώλειες από βαριές βροχοπτώσεις, χαλάζι, πλημμύρες και ακραίους ανέμους ήταν πάνω από 180 εκατομμύρια Euro.

Μεμονωμένα καταστροφικά γεγονότα, έχουν επίσης καταγραφεί, όπως για παράδειγμα την 4^η Νοεμβρίου 1966, όταν καταιγίδα που έπληξε την κεντρική και βορειοανατολική Ιταλία, προκάλεσε περισσότερους από 50 θανάτους. Οι τεράστιες ζημιές στις ανατολικές Άλπεις, τη Φλωρεντία και τη Βενετία έχουν υπολογιστεί να είναι περισσότερο από 1M Euro. Αρκετές μελέτες, δείχνουν ότι η συνολική κυκλωνική δραστηριότητα στην περιοχή της Μεσογείου, αναμένεται να μειωθεί, ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής σε τούτο τον αιώνα. Η συχνότητα των έντονων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνεται κατά το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα σε ορισμένες περιοχές (Kostopoulou and Jones, 2005)

και κάποιες προσομοιώσεις δείχνουν, ότι αυτά τα γεγονότα θα είναι πιο έντονα σε ένα μελλοντικό σενάριο (Giorgi et al., 2004).

Οι παραπάνω καταστάσεις, σαφώς αποτελούν λόγους ανησυχίας, καθώς η κλιματική αλλαγή στην περιοχή της Μεσογείου, θα μπορούσε να επηρεάσει οικονομικά συναφείς δραστηριότητες και να επιφέρει κοινωνικά προβλήματα που σχετίζονται με την υγεία και την ευημερία των ανθρώπων. Το διαφορετικό επίπεδο των υπηρεσιών και της ετοιμότητάς τους προς αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, καθώς και οι διαθέσιμοι τεχνολογικοί και οικονομικοί πόροι για το σκοπό αυτό, είναι πιθανό να παρουσιάσουν, μεγάλη δυσκολία προσαρμογής στις περιβαλλοντικές αλλαγές και στα νέα προβλήματα.

Οι διαφορετικές οικονομικές καταστάσεις και οι δημογραφικές τάσεις, είναι πιθανόν να παράγουν αντιθέσεις και συγκρούσεις σε μια κατάσταση περιορισμένων διαθέσιμων πόρων και περιβαλλοντικού στρες. Εκτός από την περιγραφή των στρατηγικών προσαρμογής και της αξιολόγησης του κόστους, οι οποίες απαιτούνται για τη μείωση των κινδύνων αυτών, η έρευνα για την κατανόηση των μηχανισμών του κλίματος και την καλύτερη δυνατή πρόβλεψη των μελλοντικών κλιματικών σεναρίων, πρέπει να συνεχιστούν, ώστε να παρέχουν την πιο αξιόπιστη πληροφόρηση σχετικά με την εξέλιξη στο μεσογειακό κλίμα.

1.4.Τοποθέτηση του προβλήματος και της αναγκαιότητας στο χώρο της Μεσογείου

Η Μεσόγειος θάλασσα βρίσκεται σε μια διαρκή αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα, τα μετεωρολογικά φαινόμενα και τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις παράκτιες ζώνες. Ακόμη, με διεργασίες που επιδρούν στο θαλάσσιο περιβάλλον, των οποίων τα αίτια δημιουργίας τους, σχετίζονται με ενδογενής δυνάμεις, όπως η μεσοκεάνια ράχη του Ατλαντικού, τα υποθαλάσσια ηφαίστεια, η σεισμική δραστηριότητα στον Ινδικό, που προκάλεσε το τσουνάμι το 2004, αλλά και την αλληλεπίδραση της Γης με άλλα ουράνια σώματα του Ηλιακού μας συστήματος όπως π.χ. οι παλίρροιες (Miliareisis et al 2010, Miliareisis et al 2011).

Ένας σημαντικός παράγοντας, που υπεισέρχεται καταλυτικά, επιδρώντας στο φυσικό περιβάλλον, είναι η κλιματική αλλαγή. Επηρεάζει την αλατότητα της θάλασσας, τροποποιεί τη θαλάσσια κυκλοφορία (ρεύματα), μεταβάλλει τη θερμοκρασία των υδάτων με συνεπαγόμενο αποτέλεσμα τη μετανάστευση των ειδών και τη καταστροφή των κοραλλιογενών υφάλων, συντελεί στο λιώσιμο των πάγων και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας κ.α.

Όλες αυτές οι μεταβολές, έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι επιτελούνται πολύ γρήγορα, σε σχέση με το φυσιολογικό ρυθμό αλλαγών-εξέλιξης του φυσικού περιβάλλοντος, μέσα στο πέρασμα των χιλιετιών (Miliareisis et al 2009a , Miliareisis et al 2009b).

Άρα αυτές οι αλλαγές, μεταβάλλουν δραστικά τις φυσικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στο χωροχρόνο, αλλάζοντας την περιοδικότητα των φαινομένων, καθώς και τη συχνότητα εμφάνισής τους .Από την άλλη πλευρά ο θαλάσσιος χώρος σε σχέση με τη στεριά, είναι σχεδόν άγνωστος στον άνθρωπο, αφού δεν υπήρχε περιοδικότητα στη μελέτη του, παρά μόνο αποσπασματικές μετρήσεις από διελεύσεις πλοίων. Επομένως τα μη συστηματικά και αποσπασματικά δεδομένα που υπάρχουν ανά τους αιώνες, δεν μας επιτρέπουν να έχουμε μια σαφή εικόνα για τις φυσικές διεργασίες που λάμβαναν χώρα ,πόσο μάλλον για την εξέλιξή τους σε σχέση με τα τελευταία χρόνια που υφίστανται τεράστιες αλλαγές .

Η σύγχρονη τεχνολογία και ιδιαίτερα η εξέλιξη των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων, μας επιτρέπει την τελευταία τριακονταετία, να έχουμε μια πιο συστηματική δειγματοληψία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από δορυφορικά καταγραφικά συστήματα, η οποία έχει γίνει πιο συστηματική απ' το 2000 και μετά, με το πρόγραμμα των δορυφόρων AQUA και TERRA τα οποία παρέχουν δεδομένα για το θαλάσσιο χώρο, σε ημερήσια , εβδομαδιαία και μηνιαία βάση (Miliareisis et al 2005, Miliareisis 2007).

1.5. Καταγραφή προβλήματος

Η Μεσόγειος είναι ένα πλούσιο οικοσύστημα ,όμως παρατηρούνται πάρα πολλά προβλήματα και υπάρχουν απειλές για τα έμβια όντα, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες (Zouzias et al, 2011), οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω :

- Υπεραλίευση
- Ρύπανση
- Εκμετάλλευση των ενεργειακών κοιτασμάτων στην Ανατολική Μεσόγειο
- Κ.α

Σε όλα αυτά, αν συνυπολογιστούν τα προβλήματα που δημιουργεί η κλιματική αλλαγή ,η έντονη εκμετάλλευση και χωροθέτηση δραστηριοτήτων στην παράκτια ζώνη (τουριστικές εγκαταστάσεις ,βιομηχανικές μονάδες ,λιμάνια κλπ), δημιουργούν ένα εκρηκτικό και αστάθμητο περιβάλλον .

Είναι επομένως αναγκαίο να μελετηθεί η περιοχή αυτή του πλανήτη διαχρονικά, για περίοδο τουλάχιστον ενός έτους από δορυφορικά καταγραφικά συστήματα, προκειμένου να αποσαφηνισθεί η περιοδικότητα των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα. Ένας από τους πιο σημαντικούς βιοφυσικούς παράγοντες, που συσχετίζεται με την κλιματική αλλαγή, επηρεάζει τη θαλάσσια κυκλοφορία και καθορίζει την καταλληλότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος, την ανάπτυξη της θαλάσσιας ζωής αλλά και τις χρήσεις του (πχ τουρισμός), είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας. Η θερμοκρασία καταγράφεται σε ημερήσια βάση από δορυφορικά καταγραφικά συστήματα.

1.6. Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Σε προηγούμενες ερευνητικές προσπάθειες, έχει τεκμηριωθεί η εξάρτηση των διαχρονικών δεδομένων θερμοκρασίας του εδάφους, από το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και το υψόμετρο (Miliareisis 2014a, 2014b, 2013a, 2013b, 2012a, 2012b, 2012c). Έχουν προταθεί μέθοδοι και τεχνικές για την τυποποίηση των διαχρονικών δεδομένων, που έχουν άμεσες εφαρμογές στον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων, στην ενίσχυση και αποτύπωση των φαινομένων αστικής νησίδας (στο οποίο μία περιοχή έχει μικρότερη ή μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη περιβάλλουσα ζώνη), στον εντοπισμό γεωφυσικής θερμικής ρύπανσης, κ.α. Παράλληλα, διαχρονικά θερμικά δεδομένα υπάρχουν και για το θαλάσσιο περιβάλλον. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθεται είναι:

- A.** Υπάρχει σχέση στην χωρική μεταβολή των διαχρονικών θερμικών δεδομένων, με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος;
- B.** Μπορεί αυτή η σχέση, να ποσοτικοποιηθεί και να μοντελοποιηθεί;
- Γ.** Μπορούν να υλοποιηθούν διορθώσεις, στα διαχρονικά θερμικά δεδομένα της θάλασσας, έτσι ώστε να αποσυσχετισθούν από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος;
- Δ.** Ποια είναι τα σχετικά πλεονεκτήματα, που προσφέρουν τα διορθωμένα διαχρονικά θερμικά δεδομένα στην ερμηνεία φυσικών διεργασιών;

1.7. Σκοποί και Στόχοι

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι η ενίσχυση, αποκάλυψη και ερμηνεία των θερμικών ανωμαλιών που υφίστανται στη Μεσόγειο, από διαχρονικές δορυφορικές εικόνες MODIS.

Τα στάδια που θα ακολουθηθούν για την υλοποίηση του πιο πάνω σκοπού έχουν ως εξής:

- Βιβλιογραφική αναδρομή των τεχνικών βιοφυσικής ανάλυσης και χαρτογράφησης.
- Προσδιορισμός των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στη Μεσόγειο και της χωροχρονικής μεταβολής από βιβλιογραφικές πηγές.
- Προσδιορισμός/οργάνωση των βιοφυσικών διαχρονικών εικόνων MODIS για τη Μεσόγειο, σε μια πλεγματική βάση δεδομένων.
- Θα γίνει προσπάθεια αποκάλυψης της σχέσης, της χωρικής μεταβολής των διαχρονικών θερμικών δεδομένων, με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, με τεχνικές πολυδιάστατης στατιστικής ανάλυσης.
- Θα εφαρμοστεί μετασχηματισμός κυρίων συνιστωσών ή κάποιας άλλης μεθοδολογίας αποσυσχέτισης των δεδομένων.
- Θα ποσοτικοποιηθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους στα αποσυσχετισμένα δεδομένα με τεχνικές πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.
- Θα αφαιρεθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικού μήκους στα αποσυσχετισμένα δεδομένα.
- Θα εφαρμοστεί αντίστροφος μετασχηματισμός, έτσι ώστε τα διορθωμένα δεδομένα να επαναπροβληθούν ξανά στο χωρικό πεδίο.
- Θα ορισθούν τάξεις και θα προσδιορισθούν κέντρα βάρους, με τεχνικές μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης, τόσο για τα αποσυσχετισμένα δεδομένα στο χωρικό πεδίο, όσο και για τα αποσυσχετισμένα δεδομένα στο πεδίο των κυρίων συνιστωσών.
- Θα γίνει περιβαλλοντική ερμηνεία των αποτελεσμάτων, για στο θαλάσσιο χώρο της Μεσογείου και θα συσχετιστούν με φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα.
- Η επεξεργασία των δεδομένων, θα υλοποιηθεί με τη χρήση των λογισμικών προγραμμάτων ILWIS, IDRISI και QGIS (ILWIS, 2014, QGIS 2014).

Κεφάλαιο Δεύτερο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Εισαγωγή

Η Μεσόγειος καλύπτει 2,5 εκατομμύρια km², επιφάνειας και εμπεριέχει περίπου 4,3 εκατομμύρια κυβικά νερού. Αποτελεί το 1% της θαλάσσιας μάζας νερού του πλανήτη. Η θάλασσα βρίσκεται σε μια διαρκή αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα, τα μετεωρολογικά φαινόμενα και τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις παράκτιες ζώνες (Lionello 2006, Gomis et al 2008).

Είναι μια θάλασσα με ιδιαιτερότητες καθώς η δυσκολία στην ανανέωση των υδάτων της αποτελεί έναν εξαιρετικά επιβαρυντικό παράγοντα για το θαλάσσιο περιβάλλον. Απαιτούνται κατά τους πλέον μετριοπαθείς υπολογισμούς 40-50 χρόνια για να γίνει πλήρης ανανέωση των υδάτων της (Passaro et al 2011, Romanski et al 2012).

Αυτό σημαίνει ότι οι αυξημένοι ρύποι που καταλήγουν στη Μεσόγειο, παραμένουν εγκλωβισμένοι στην σχεδόν κλειστή αυτή θάλασσα και πως ακόμα και αν σταματούσε τώρα οποιαδήποτε ρύπανση, θα απαιτούνταν μεγάλο χρονικό διάστημα προκειμένου να έχουμε μια καθαρή θάλασσα (Potter et al 2004).

Παράλληλα κάθε μέρα εξατμίζονται από τη Μεσόγειο 4144 Km³ (Lionello et al 2003). Το νερό αυτό αντικαθιστούν:

- 24,11% οι βροχές
- 5,56% οι ποταμοί
- 3,68% το νερό από τη Μαύρη θάλασσα
- 66,65% το νερό του Ατλαντικού

Η αλατότητα της Μεσογείου είναι περίπου 3,8% υψηλότερη από αυτή του Ατλαντικού Ωκεανού (Pinet 2012).. Αυτό είναι συνέπεια της έντονης εξάτμισης. Έτσι τα νερά που εξατμίζονται δεν καλύπτονται από την εισροή γλυκού νερού των ποταμών και των ρεμάτων, έτσι ώστε να αντισταθμίζονται.

- Η επιφανειακή αλατότητα αυξάνεται στα δυτικά προς ανατολικά από 3,63% στο στενό του Γιβραλτάρ σε 3,91% στα ανοικτά των ακτών της Μικράς Ασίας.
- Μια όλο και περισσότερο αλμυρή Μεσόγειος, μπορεί να ξεκινήσει μια νέα παγετώδη περίοδο σε μερικές δεκαετίες. Ο λόγος για την αύξηση της αλατότητας της Μεσογείου πριν 150.000 χρόνια, ήταν μια μείωση στη κλίση του άξονα της γης, η οποία αποδυνάμωσε τους αφρικανικούς μουσώνες.

Επίσης, υπάρχουν διεργασίες που επιδρούν στο θαλάσσιο περιβάλλον, των οποίων τα αίτια δημιουργίας τους σχετίζονται με ενδογενείς δυνάμεις.

Από την άλλη η Μεσόγειος θάλασσα αποτελεί μια ιδιάζουσα περίπτωση, γιατί αν και σχεδόν στο σύνολο της περιβάλλεται από στεριά, σε αυτή καταλήγουν τεράστιες ποσότητες νερού από ηπειρωτικά ποτάμια συστήματα, ενώ επηρεάζεται από την θαλάσσια δυναμική του Ατλαντικού ωκεανού και μετεωρολογικά ατμοσφαιρικά φαινόμενα όπως τα El Niño, που λαμβάνουν χώρα σε ζώνες πολύ μακριά από την Μεσόγειο Θάλασσα (Calafat et al 2009)

Σήμερα το ξηρό κλίμα της Μεσογείου, οφείλεται σε ανθρώπινες επεμβάσεις, όπως εκτροπή ποταμών για άρδευση, αλλά και στην παγκόσμια θέρμανση (Karali et al 2013).

Η κύρια αιτία, είναι ότι οι μεσογειακές παράκτιες ζώνες, περιλαμβάνουν τις μεγαλύτερες πληθυσμιακές πυκνότητες σε σύγκριση με άλλες περιοχές και φιλοξενούν ένα τεράστιο αριθμό υποδομών. Είναι, επίσης, υπεύθυνες για την μεγάλη βιολογική τους παραγωγικότητα και τις σχέσεις που παράγουν, μεταξύ χερσαίων και υδρόβιων οικοσυστημάτων (Founda et al 2009)

Μία αποτίμηση των μελλοντικών προβολών, δείχνει ότι οι ατμοσφαιρικές και θαλάσσιες μεταβολές, αναμένεται να οδηγήσουν σε ένα εύρος βιογεωφυσικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων (Karali et al 2013).

Για παράδειγμα, για το θαλάσσιο οικοσύστημα, η αύξηση του αριθμού των μη ενδημικών ειδών προσδιορίστηκε στο 43% για κάθε 1°C αύξησης της θερμοκρασίας, γεγονός που θα οδηγήσει σε περίπου 106 νέα είδη το 2050 σε σχέση με το 2007 (Founda et al 2009).

Μία τέτοια αύξηση, μπορεί να έχει αλυσιδωτές επιπτώσεις στη θαλάσσια βιοποικιλότητα της περιοχής και στην οικονομικά σημαντική για την περιοχή αλιεία.

Ο τρόπος με τον οποίο οι κοινωνίες σήμερα, διαχειρίζονται τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής, παρέχει και τη βάση στους επιστήμονες για την αποτίμηση των μελλοντικών κλιματικών κινδύνων. Μέρος αυτής της διαδικασίας βέβαια, αποτελεί και η αναγνώριση των πηγών και των επιπέδων αβεβαιότητας, που εμπλέκονται στη λήψη αποφάσεων σε τοπική και μικρή κλίμακα.

Η πρόκληση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων που επιφέρει, θέτει στην ημερησία διάταξη την επιτακτική ανάγκη κοινωνικού, οικολογικού και δημοκρατικού μετασχηματισμού, με επίκεντρο την αλληλεγγύη, την περιβαλλοντική προστασία, την εργασία και την ταχεία άμβλυνση των ανισοτήτων στη λεκάνη της Μεσογείου. Αυτές είναι και οι απαραίτητες προϋποθέσεις, τόσο για την ικανοποίηση των κοινωνικών αναγκών των πληθυσμών της, όσο και για την προστασία των οικοσυστημάτων της, που οργανικά συνδέονται με τις ζωτικές συνθήκες διαβίωσης της παρούσας, αλλά και των μελλοντικών γενεών.

Συγκεκριμένα: (MEDSEC 2009, EMEKA 2011, Rio et al 2005, Rio et al 2007, Tsimplis et al 2002, Tsimplis et al 2008).

- Η κλιματική αλλαγή θα έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις, σε διάφορους τομείς στην Ελλάδα. Οι επιπτώσεις στους τομείς της γεωργίας, των δασών, της αλιείας, του τουρισμού, των μεταφορών, στις δραστηριότητες σε παράκτιες περιοχές και στο δομημένο περιβάλλον των αστικών κέντρων, οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας, στην ξηρασία, σε ακραία καιρικά φαινόμενα και στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Tsimplis et al 2000). Οι επιπτώσεις αυτές θα οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγικότητας, σε απώλεια κεφαλαίου και σε επιπλέον δαπάνες για την αποκατάσταση των ζημιών. Αρνητικές συνέπειες θα υπάρξουν επίσης για τους τομείς της βιοποικιλότητας, των οικοσυστημάτων και της υγείας.
- Επιπτώσεις από την οξίνιση των θαλάσσιων υδάτων, έχουν πλήξει την Μεσόγειο, με αποτέλεσμα την μείωση της βιοποικιλότητας στα μεσογειακά παράκτια οικοσυστήματα και στα θαλάσσια λιβάδια, τα οποία απομακρύνουν την περίσσεια CO₂ από την θάλασσα όταν είναι υγιή. Οι χώρες της Μεσογείου που βασίζονται όπως είπαμε στο θαλάσσιο περιβάλλον, στον τομέα της αλιείας, του τουρισμού και των παράκτιων καλλιεργειών, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή και στην οξίνιση των θαλάσσιων υδάτων.
- Η Ελλάδα, ως μια χώρα με εξαιρετικά μεγάλο μήκος ακτογραμμής, απειλείται άμεσα από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, η οποία δεν είναι απλώς πιθανή αλλά εκτιμάται ότι

θα κυμανθεί μέχρι το 2100 μεταξύ 0,2 και 2 μέτρων. Από το σύνολο της ακτογραμμής της Ελλάδος, περίπου το 20%, είναι ακτές με μέτρια έως υψηλή ευπάθεια, στις αναμενόμενες, βάσει των εκτιμήσεων εξελίξεις.

- Στην Ευρώπη και στην περιοχή της Μεσογείου, προβλέπεται ότι οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες, θα αυξηθούν περισσότερο από τις μέσες παγκόσμιες, ενώ η υπερθέρμανση στην βόρεια Ευρώπη είναι πιθανόν να είναι μεγαλύτερη τον χειμώνα και στην περιοχή της Μεσογείου μεγαλύτερη το καλοκαίρι. Οι χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες, πιθανόν να αυξηθούν περισσότερο σε σχέση με τις μέσες χειμερινές θερμοκρασίες στην βόρεια Ευρώπη και οι υψηλότερες καλοκαιρινές θερμοκρασίες είναι πιθανόν να αυξηθούν περισσότερο από τις μέσες καλοκαιρινές θερμοκρασίες στην νότια και κεντρική Ευρώπη.
- Η ετήσια βροχόπτωση, αναμένεται να αυξηθεί στο μεγαλύτερο μέρος της βόρειας Ευρώπης και να μειωθεί στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής της Μεσογείου. Στην κεντρική Ευρώπη, οι βροχοπτώσεις ενδέχεται να αυξηθούν τον χειμώνα αλλά να μειωθούν το καλοκαίρι. Οι ακραίες τιμές ημερήσιων βροχοπτώσεων, είναι πιθανόν να αυξηθούν στην βόρεια Ευρώπη. Ο ετήσιος αριθμός ημερών βροχόπτωσης, είναι πολύ πιθανό να μειωθεί στην περιοχή της Μεσογείου. Ο κίνδυνος καλοκαιρινής ξηρασίας, ενδέχεται να αυξηθεί στην κεντρική Ευρώπη και στην περιοχή της Μεσογείου.
- Αναμένονται μικρές αλλαγές στους ανέμους, αλλά είναι πολύ πιθανόν ότι θα υπάρξει αύξηση στις μέσες και ακραίες ταχύτητες των ανέμων στην βόρεια Ευρώπη. Η διάρκεια της περιόδου των χιονοπτώσεων είναι πολύ πιθανόν να περιοριστεί σε ολόκληρη την Ευρώπη και το βάθος του χιονιού ενδέχεται να μειωθεί στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης.

Στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, είναι να μελετήσει αυτά τα φαινόμενα και τις φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν είτε άμεσα είτε έμμεσα την Μεσόγειο Θάλασσα. Αυτές οι φυσικές διεργασίες, βρίσκονται υπό ραγδαία μεταβολή σαν ένα από τα αποτελέσματα του φαινομένου του θερμοκηπίου και αυτές οι μεταβολές μπορεί να απεικονίζονται στην εποχική και διαχρονική μεταβολή της θερμοκρασίας της θάλασσας, στην περιοχή της Μεσογείου.

2.2. Σχέσεις με το Παγκόσμιο κλίμα.

Η συμπεριφορά του κλίματος της Μεσογείου και περιφερειακών περιοχών της στο χώρο και χρόνο, σχετίζονται με παγκόσμιας κλίμακας φαινόμενα. Η γεωγραφική κατανομή και μορφολογία ξηράς θάλασσας, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του, σε επίπεδο λεκανών απορροής, καθώς και η αλληλεπίδρασή του με παγκόσμια δεδομένα. Οι περισσότερες μελέτες στη Μεσόγειο, έχουν ως αντικείμενο το καλοκαίρι και το χειμώνα, θεωρώντας πιο αβέβαια τα χαρακτηριστικά άνοιξης και φθινοπώρου, αποκαλύπτοντας ίσως την παροδική φύση αυτών των δύο εποχών.

- Η μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρική κυκλοφορία στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, ασκεί ισχυρή επιρροή ως προς την εγκατάσταση ψυχρών εποχικών διαστημάτων, πάνω από τη Μεσόγειο, ενώ η δύναμη της επιρροής αυτής, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από την υπό εξέταση περίοδο. Πρακτικά, η περιπλοκότητα των τοπογραφικών δομών των λεκανών, συνεπάγεται την παρουσία χαρακτηριστικών μέσης κλίμακας και ενδοεποχιακών διακυμάνσεων, σε πρότυπα τα οποία έχουν τη τάση να γίνουν πολύ πιο ομοιογενή και επίμονα. Το μεγαλύτερο μέρος των μελετών, απευθύνεται στον ρόλο του NAO (North Atlantic Oscillation /Ταλάντωση Βόρειου Ατλαντικού), το οποίο καθορίζει ένα μεγάλο και ισχυρό σύστημα χειμερινών βροχοπτώσεων, που επιδρά στο μεγαλύτερο μέρος της Δυτικής Μεσογείου (Trigo et al., 2004). Αυτή η ισχυρή σχέση, οφείλεται στον έλεγχο που ασκείται από το NAO, στο είδος των καταιγίδων που επιδρούν στη Μεσόγειο, κυρίως στο Δυτικό τμήμα αυτής.
- Εκτός από το NAO και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν το Μεσογειακό κλίμα (Dunkeloh and Jacobeit, 2003, Χορλακί et al., 2004). Ο ρόλος της Μεσογείου θάλασσας ως πηγή υγρασίας και η επακόλουθη μεταφορά αυτής ανατολικότερα, λόγω της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, επιφέρει μια πιο σύνθετη εικόνα στην Ανατολική Μεσόγειο, όπου το μοτίβο του Ανατολικού Ατλαντικού παίζει σημαντικό ρόλο (Fernandez et al., 2003). Γενικά, οι σταθερές του Ανατολικού Ατλαντικού, περιγράφουν πολλές από τις ανωμαλίες των βροχοπτώσεων της λεκάνης, οι οποίες δεν μπορούν να εξηγηθούν με το NAO.
- Στη κεντρική Μεσόγειο, το Σκανδιναβικό πρότυπο επιφέρει μια ισχυρή επιρροή. Η επιρροή του ENSO στα νότια σύνορα Ατλαντικού-Ευρώπης, προσδιορίζει κυρίως τα ακραία φαινόμενα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Στη πραγματικότητα, το ENSO έχει

βρεθεί να παίζει σημαντικό ρόλο, στη χειμερινή βροχόπτωση στην Ανατολική Μεσόγειο, όπου ο ρόλος του NAO είναι αδύναμος. Για παράδειγμα, περισσότερη ή λιγότερη από το φυσιολογικό βροχόπτωση, εκδηλώθηκε στο Ισραήλ για ένα-δύο έτη, λόγω επιρροών των φάσεων του φαινομένου El Nino/La Nina.

- Στη Δυτική Μεσόγειο, όπως στα νότια σύνορα Ευρώπης-Ατλαντικού, είναι δύσκολο να εντοπιστούν οι επιρροές του ENSO με κοινές στατιστικές μεθόδους, κυρίως λόγω της έντονης φύσης του, σε σχέση με τα δυναμικά που εξουσιάζει στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Η σημασία των επιρροών του στο Μεσογειακό κλίμα δεν είναι σαφής, παρόλο που μπορεί αυτό να επιτευχθεί σε επιλεγμένα και ευρύτατα διαστήματα. Η πιο ισχυρή σύνδεση, είναι ότι οι φθινοπωρινές βροχοπτώσεις στη Δυτική Μεσόγειο κατά μέσο όρο φέρουν σημαντική θετική συσχέτιση με το ENSO. Μια πιο ασθενέστερη συσχέτιση, παρουσιάζεται την άνοιξη και περιορίζεται σε μια μικρή περιοχή της Ισπανίας και του Μαρόκο.
- Το καλοκαίρι, όταν η μεταφορά της υγρασίας από τον Ατλαντικό είναι ασθενέστερη, υπάρχουν στοιχεία σύνδεσης (πιο ισχυρά στην Ανατολική Μεσόγειο και στη Βόρεια Αφρικανική ακτή) με τους Ασιατικούς και Αφρικανικούς μουσώνες. Οι Rodwell και Hoskins το 1996, επεσήμαναν τη σύνδεση και εμφάνιση ημιμόνιμης καθόδου των μουσώνων στην Ανατολική Μεσόγειο. Συνέπεια αυτού, θα μπορούσε να είναι το πολύ ξηρό κλίμα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στην Ανατολική Μεσόγειο και στις γειτονικές χώρες, κάτι στενά συνδεδεμένο με τα χαρακτηριστικά του μοτίβου των Ασιατικών μουσώνων. Επίσης οι Ziv et al. (2004), στη μελέτη τους για τη θερινή ατμοσφαιρική κυκλοφορία της Μεσογείου πάνω από τη βορειοανατολική Αφρική, επεσήμαναν επιρροές των Αφρικανικών μουσώνων στις περιοχές αυτές. Η επιρροή αυτή δεν επεκτείνεται βορειότερα της Μεσογείου, όπου εδώ έχουμε τους μήνες αυτούς επιρροές από το μοτίβο EA (από το μοντέλο αεροχειμάρρων (Dunkeloh and Jacobeit, 2003).

Η επιρροή του NAO τους χειμερινούς μήνες στη θερμοκρασία της Μεσογείου, είναι ασθενέστερη. Στα βορειοδυτικά τμήματα αυτής, η χωρική κατανομή συσχέτισης με τη θερμοκρασία, φέρει θετικό πρόσημο, ενώ όσο κατεβαίνουμε νοτιότερα, η επιρροή αυτή είναι ασθενέστερη και εν γένει μη γραμμική και σταθερή. Επιπλέον, εντοπίζεται ισχυρή επιρροή του NAO στη νεφοκάλυψη και γενικότερα την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από τη Μεσόγειο, κάτι που συνεπάγεται την εμφάνιση ασύμμετρων προτύπων, για τη μέγιστη και

ελάχιστη θερμοκρασία σε αυτήν. Άλλες μελέτες, (Frias et al., 2005) δείχνουν ότι το χειμώνα, στο Δυτικό τμήμα της Μεσογείου, οι μεταβολές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών, ελέγχονται κυρίως από το μοτίβο του Ανατολικού Ατλαντικού, με δευτερεύοντα το ρόλο του NAO. Ωστόσο οι επιδράσεις αυτές δεν επεκτείνονται στο ανατολικό τμήμα της Μεσογείου (Hasanean, 2004).

Οι θερινές θερμοκρασίες της Μεσογείου, δε σχετίζονται με το NAO ούτε με τους μηνιαίους δείκτες άλλων προτύπων μεγάλης κλίμακας. Αντίθετα, σε γενικές γραμμές, τα ζεστά μεσογειακά καλοκαίρια, χαρακτηρίζονται από ισχυρή θετική γεωδυναμική ανωμαλία, που καλύπτει μεγάλα τμήματα της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης της περιοχής της Μεσογείου και συνδέονται με συνθήκες αποκλεισμού, βροχοπτώσεις, ευστάθεια, μια ζεστή κατώτερη τροπόσφαιρα, μικρές κλίσεις πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας, καθώς επίσης και με την πάνω από το κανονικό παρατηρούμενη θερμοκρασία επιφάνειας της θάλασσας (Xorlaki et al., 2003).

Ένας σημαντικός ρόλος της Μεσογείου στο κλίμα των άλλων περιοχών, σχετίζεται με τη σύνδεση μεταξύ της Μεσογειακής Θερμοκρασίας Επιφάνειας της θάλασσας (SST) και της βροχοπτώσης στις περιοχές Σάχελ. Τα ξηρά και ζεστά καλοκαίρια στη Δυτική Μεσόγειο και τα φαινόμενα των μουσώνων πάνω από τη Δυτική Αφρική, συσχετίζονται μέσω ενός γραμμικά θετικού μηχανισμού. Όταν η Μεσογειακή Θερμοκρασία Επιφάνειας της θάλασσας (SST), είναι υψηλότερη από το κανονικό, η υγρασία από τη Δυτική Μεσόγειο τροφοδοτείται στη ζώνη Σάχελ, ευνοώντας τις βροχοπτώσεις (Rowell, 2003). Με τη σειρά τους, οι άφθονες βροχοπτώσεις στην περιοχή Σάχελ, αυξάνουν την υψηλή πίεση (λόγω εξάτμισης και αύξησης της ατμόσφαιρας σε περιεχόμενους υδρατμούς) στη Δυτική Μεσόγειο και έχουν σα συνέπεια μέσω κυμάτων Ross, την ενίσχυση της βροχοπτώσης στη Δυτική Μεσόγειο λόγω της ενίσχυσης διείδυσης με κεκορεσμένο σε υγρασία αέρα από τον Ατλαντικό στην Σάχελ και την περαιτέρω αύξηση βροχοπτώσεων στην περιοχή αυτή.

Η επίδραση των ανωμαλιών της SST το καλοκαίρι, έχει διερευνηθεί με μια σχετικά υψηλής ανάλυσης μαθηματικά μοντέλα, που πρωτοεφαρμόστηκαν, με αφορμή την ακραία κατάσταση που έλαβε χώρα το καλοκαίρι του 2003 (Jung et al., 2005) και επιβεβαίωσαν, ότι η αφύσικα ζεστή μεσογειακή SST, σχετίζεται με τις διαφοροποιήσεις των εντάσεων των βροχοπτώσεων στις περιοχές Σάχελ. Επίσης, άλλες μελέτες προσομοίωσης δείχνουν ότι οι αλλαγές της SST στη Μεσόγειο μπορεί να έχουν συνέπειες για την ατμοσφαιρική κυκλοφορία, επηρεάζοντας σχετικά απομακρυσμένες περιοχές (Li, 2005).

Η δυναμική του μεσογειακού κλίματος, περιλαμβάνει επίσης τον προσδιορισμό των διαδικασιών που ενεργούν εσωτερικά στην περιοχή. Όσον αφορά την ισορροπία της υγρασίας,

η Δυτική Μεσόγειος θάλασσα, αποτελεί μία πηγή για τις γύρω περιοχές και για το ανατολικό τμήμα της λεκάνης, καθώς η υγρασία που απελευθερώνεται από την εξάτμιση, αναδιανέμεται με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία (Fernandez et al., 2003).

Οι διαδικασίες αυτές, θα μπορούσαν να παίζουν έναν ρόλο στη συνδυασμένη μεταβλητότητα ατμόσφαιρας-ωκεανού, η οποία θα μπορούσε να είναι σημαντική για τον περιφερειακό υδρολογικό κύκλο, καθώς και την ποσότητα του νερού της περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου. Στην πραγματικότητα, οι υγροί και οι ξηροί χειμερινοί μήνες στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, χαρακτηρίζονται από μοτίβα βορειοδυτικής και βορειοανατολικής ροής κυκλοφορίας αέρα, στην κατώτερη τροπόσφαιρα, πάνω από την Ανατολική Μεσόγειο (Krichak and Alpert, 2005a).

Τα περιφερειακά-τοπικά καιρικά φαινόμενα και συνθήκες, είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό στοιχείο του μεσογειακού κλίματος. Χαρακτηρίζονται από ενεργητικά μέσης κλίμακας χαρακτηριστικά, αρκετές περιοχές κύκλο-γενέσεων κλιματικών φαινομένων, γενικά με μικρότερης διάρκειας κύκλο ζωής αυτών και μικρότερης χωρικής κλίμακας από ό,τι οι υπέρ-τροπικοί κυκλώνες που αναπτύσσονται στον Ατλαντικό. Εξαιρετικά διαφοροποιημένες τάξεις κυκλώνων, εμφανίζονται στην περιοχή της Μεσογείου, δεδομένου ότι παρουσιάζει γεωγραφικούς παράγοντες, που μπορούν να επηρεάσουν ουσιαστικά τους μηχανισμούς κύκλο-γενέσεων. Μια ενδεικτική λίστα, που να βασίζεται εν μέρει στους μηχανισμούς που παράγουν κύκλο-γενέσεις και εν μέρει στα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, θα περιελάμβανε lee-κυκλώνες (lee-cyclones), θερμικά χαμηλά, μικρής κλίμακας τυφώνες, Ατλαντικά συστήματα, Αφρικανικούς κυκλώνες και χαμηλά Μέσης Ανατολής.

Καθώς το NAO παίζει ένα βασικό ρόλο και πολλοί μεσογειακοί κυκλώνες προκαλούνται από συστήματα, που περνούν πάνω από την Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη κατά μήκος της τροχιάς των καταιγίδων του Βόρειου Ημισφαιρίου, πρέπει να μελετηθούν επίσης και άλλα μοτίβα τηλεσύνδεσης με κέντρα δράσης που βρίσκονται πιο κοντά ή πάνω από την Ευρώπη (Zorita et al., 2004) Μερικά παραδείγματα ακολουθούν:

- Μελέτες της μεταβλητότητας της κυκλοφορίας Μεσογείου Θάλασσας, έχουν ως στόχο να προσδιορίσουν τις δυνάμεις που είναι υπεύθυνες, για τη μεταβλητότητα των προτύπων κυκλοφορίας, ιδίως σε σχέση με τις μακροπρόθεσμες τάσεις στα χαρακτηριστικά της μάζας του νερού, τις αλλαγές στο επίπεδο της θάλασσας, λόγω διαστολής της επιφάνειας ως αποτέλεσμα της αύξησης θερμοκρασίας. Ένα παράδειγμα της επίδρασής της, είναι η περίπτωση κατά την οποία τα ύδατα της Ανατολικής Μεσογείου μετακινούνται προσωρινά από τη Νότια Αδριατική προς το Αιγαίο/Κρητικό

Πέλαγος. Διάφοροι παράγοντες έχουν εντοπιστεί από διαφορετικούς ερευνητές, χωρίς να έχουν συναγάγει οριστικά συμπεράσματα σχετικά με το κυρίαρχο μηχανισμό της.

- Η κλιματολογία των ανέμων πάνω από την ανατολική Μεσόγειο, ήταν αρκετά διαφορετική στη δεκαετία του 1980 και του 1990 και αυτή η μεταβλητότητα, μπορεί να προκαλεί την παρατηρούμενη σημαντική αλλαγή στη επάνω κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου, οι οποίες επηρεάζουν την LIW διαδρομή.
- Εσωτερικοί μηχανισμοί μπορεί εξίσου να συμμετέχουν, όπως μια εσωτερική αναδιανομή του αλατιού στην ανατολική λεκάνη. Η κατασκευή του φράγματος του Νείλου και η εκτροπή των ρωσικών ποταμών, υποστηρίζεται ότι είχαν αντίκτυπο στην θαλάσσια κυκλοφορία (Skirris and Lascaratos, 2004), καθώς και στην αύξηση της συνολικής ποσότητας αλατιού σε ολόκληρη τη λεκάνη της Μεσογείου.

Επιμέρους λοιπόν, τοπικά μετεωρολογικά φαινόμενα μπορούν να επηρεάσουν τη θαλάσσια κυκλοφορία, όπως:

- Σε ότι αφορά τις ροές αέρα-θάλασσας, η σοβαρή απώλεια θερμότητας σε δύο χειμώνες στις αρχές του 1990 επηρέασαν την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας (Josey, 2003).
- Η εκροή της Μαύρης Θάλασσας παίζει ένα ρόλο στις υδρογραφικές συνθήκες του Αιγαίου (Zervakis et al., 2000).

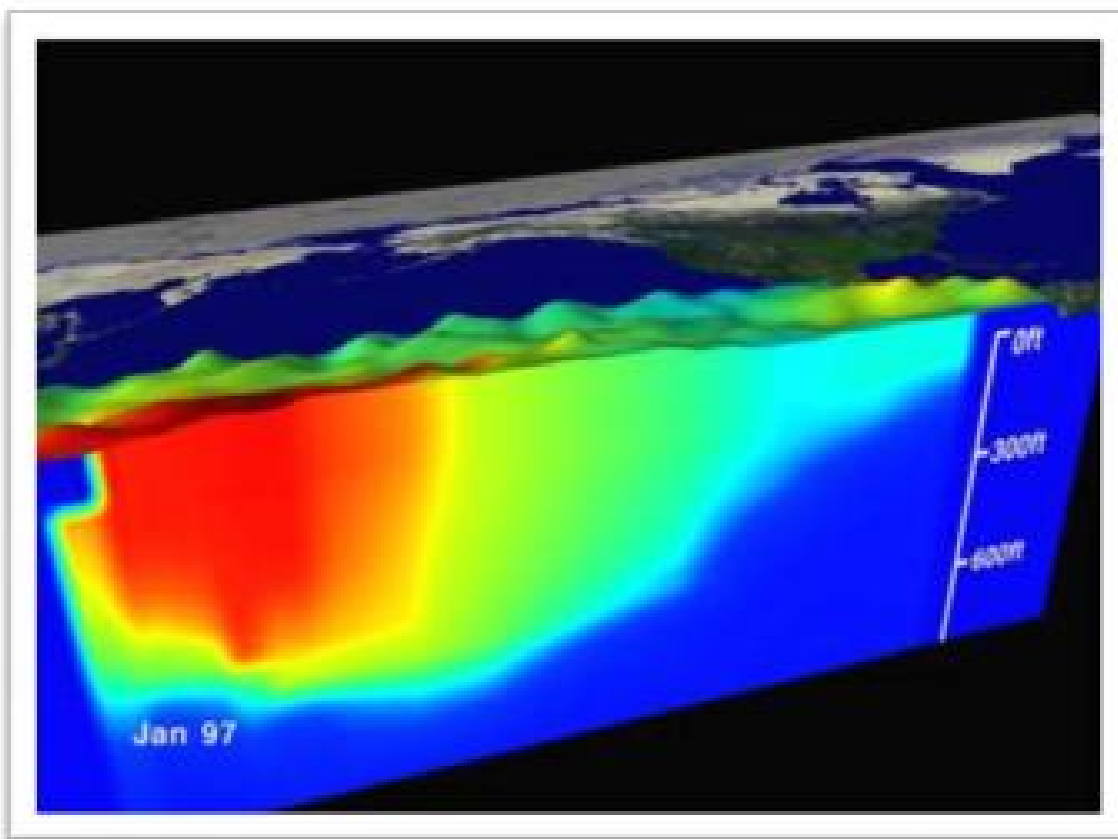
2.2.1. Το φαινόμενο El Nino – Southern Oscillation (ENSO)

Οι εξαιρετικά παρατεταμένες περίοδοι θέρμανσης των υδάτων του ανατολικού Ειρηνικού, επιφέρουν συνέπειες στο παγκόσμιο κλίμα. Ο αένας κύκλος θέρμανσης και ψύξης των ωκεανών, ερμηνεύεται με το μηχανισμό της Ισημερινής Κυκλοφορίας Walker. Σύμφωνα με αυτόν, υπάρχει στενή σύνδεση των αποκλίσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ Ανατολικού και Δυτικού Ειρηνικού, όπου η αύξηση της πίεσης στον Ανατολικό συνοδεύεται συνήθως με πτώση της πίεσης στο Δυτικό Ειρηνικό. Το φαινόμενο ENSO, αποτελεί συνέπεια της αλληλεπίδρασης μεταξύ της θέρμανσης/ψύξης του Ειρηνικού ωκεανού και της ατμόσφαιρας που τον περιβάλλει. (Wang et al, 2007, Duan et al., 2009).

Κατά την τυπική λειτουργία του μηχανισμού της Ισημερινής Κυκλοφορίας Walker, θερμές μάζες αέρα ανυψώνονται εξ αιτίας της θέρμανσης των υδάτων στο Δυτικό τροπικό Ειρηνικό ωκεανό, επιφέροντας τροπικές καταιγίδες και χαμηλή επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση. Αντίθετα στον ανατολικό Ειρηνικό ψυχρές αέριες μάζες καθιζάνουν επιφέροντας ξηρότητα,

καθιστώντας τις δυτικές ακτές στη Νότια Αμερική, μια από τις ξηρότερες περιοχές του πλανήτη. Η ανύψωση και καθίζηση των αέριων μαζών στις δυο πλευρές του ωκεανού, αποτελούν ιδανικές συνθήκες δημιουργίας επιφανειακών ανατολικών (αληγών) ανέμων. Αυτοί κινούνται προς δυσμάς, ανυψώνονται πάνω από το δυτικό Ειρηνικό και επιστρέφουν ως δυτικού άνεμοι στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας για να κατέλθουν τελικά ολοκληρώνοντας τον κύκλο κυκλοφορίας τους, στις ακτές της Νοτίου Αμερικής όπου παρατηρούνται υψηλές πιέσεις. Ο όρος ‘‘Νότια Κύμανση’’ (South Oscillation), αποδίδει αυτή ακριβώς την ταυτόχρονη αυξομείωση πιέσεων ανατολικά και δυτικά του Ειρηνικού.

Στη θαλάσσια κυκλοφορία στις παρούσες συνθήκες, παρατηρείται μια ισοθερμική στρωμάτωση στη θερμοκρασιακή δομή των υδάτων του Ειρηνικού ωκεανού, με κλίση από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Στο υδάτινο αυτό στρώμα έχουμε ίδιες τιμές θερμοκρασίας επιφανειακών υδάτων. Στα ανατολικά είναι ρηχό (50 m) και όσο κινούμαστε προς δυσμάς το ισόθερμο στρώμα (θερμοκλινές) βαθαίνει (150 m) (Clarke, 2008, Sarachik et al., 2010).



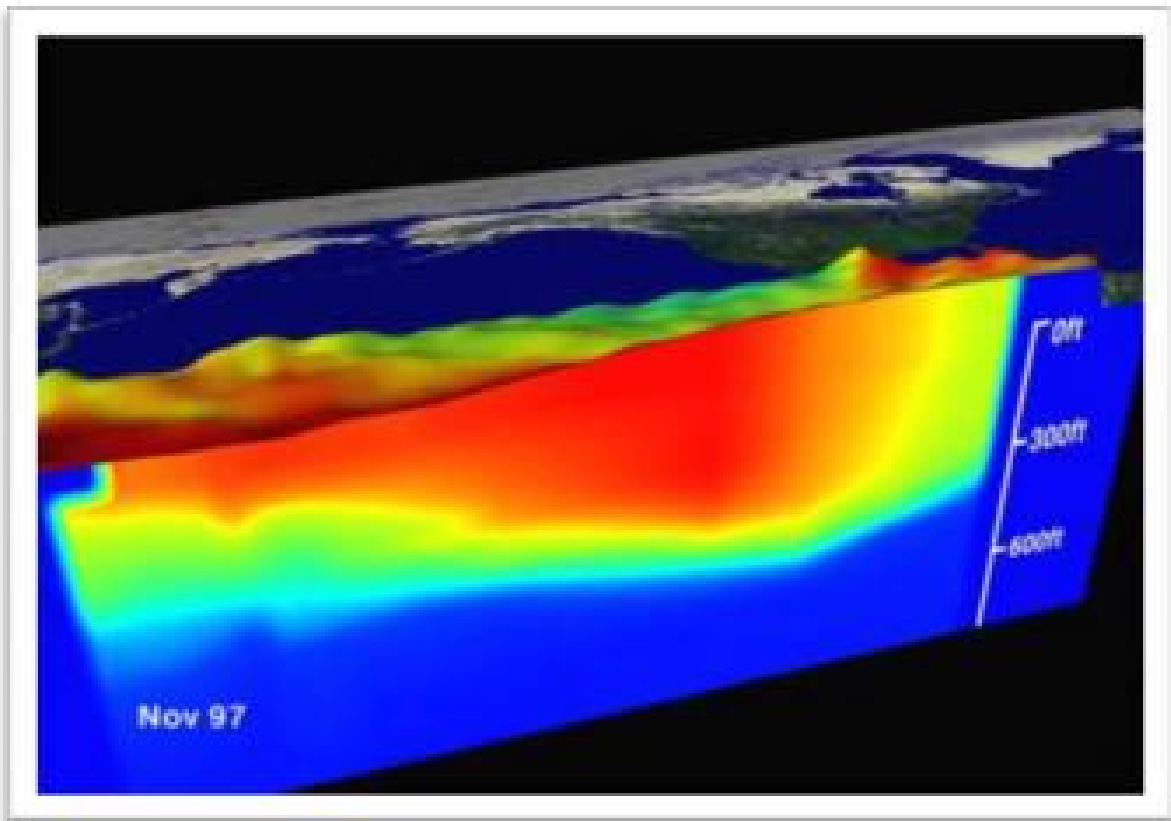
Εικόνα 2.2.1.1. Προφίλ θερμοκρασιών επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και θερμοκρασιών της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε κανονικές συνθήκες. Με κόκκινο είναι οι θερμοκλινείς των 30 °C και με μπλε των 8 °C.

(Πηγή: NASA Goddard Space Flight Center)

Αυτό οφείλεται στους προαναφερόμενους ανατολικούς ανέμους, οι οποίοι μεταφέρουν με ισχυρό κυματισμό τα επιφανειακά ύδατα, από τα ανατολικά προς τα δυτικά, σύμφωνα με το μηχανισμό μεταφοράς Ekman (μεταφορά επιφανειακών στρωμάτων ύδατος με κυματισμό, που επιφέρει σπειροειδή μεταφορά υδάτινων όγκων λόγω τριβής σε βαθύτερα στρώματα). Έτσι, προκαλείται ταπείνωση της στάθμης του ωκεανού ανατολικά και ανύψωση στα δυτικά, καθώς και ρεύματα ανάβλυσης (ρεύματα Humboldt) βαθύτερων και ψυχρότερων υδάτων, στις περιοχές του ανατολικού Ειρηνικού (δυτικές ακτές Ν. Αμερικής). Τρεις είναι οι βασικοί δακτύλιοι κυκλοφορίας Walker στον πλανήτη, ήτοι στη Νότια Ασία, την Αφρική και Κεντρική/Νότια Αμερική. Αυτοί μετατοπίζονται εποχικά και κατά το χειμώνα βρίσκονται μεταξύ των 5° Β και 15°Ν, ενώ κατά το θέρος μεταξύ 8° Β και 15°Β.

Το φαινόμενο ENSO παραπέμπει, σε πολύ ισχυρές παρατεταμένες περιόδους με θερμά ύδατα, που επικρατούν στον Ανατολικό Ειρηνικό. Καθώς η ατμοσφαιρική και η θαλάσσια κυκλοφορία ακολουθούν την κίνηση του ήλιου, οι αληγείς άνεμοι μετατοπίζονται για μια μικρή περίοδο κοντά στα Χριστούγεννα, νοτιότερα. Επέρχεται χαλάρωση του συστήματος ισημερινής κυκλοφορίας Walker, δηλαδή της σύνδεσης ανέμων και θαλάσσιας κυκλοφορίας, των ρευμάτων και της θερμοκρασίας υδάτων του ωκεανού. Η περιοδικότητά του είναι ανά 4-5 έτη, με μια διάρκεια περιόδου που κυμαίνεται από τρία ως επτά έτη. (Hanley et al., 2003, Kousky and Higgins, 2007).

Η παρουσία του προκαλεί αναστολή της άντλησης ψυχρών υδάτων, από τα βαθύτερα στρώματα στις περιοχές αυτές, μείωση της έντασης των ανατολικών επιφανειακών ανέμων καθώς και των δυτικών ανέμων της ανώτερης ατμόσφαιρας. Σε περιπτώσεις ισχυρών επεισοδίων του φαινομένου παρατηρείται πλήρη αναστολή της Ισημερινής κυκλοφορίας Walker. Η ζώνες βροχοπτώσεων μετατοπίζονται στον κεντρικό ωκεανό επιφέροντας παρατεταμένη ξηρασία σε Ινδονησία, Φιλιππίνες και Βόρεια Αυστραλία. Στη δομή του ωκεανού παρατηρείται ένα αφύσικα βαθύ στρώμα θερμών υδάτων καθώς και αύξηση του βάθους του θερμοκλινούς στις τροπικές περιοχές του ανατολικού Ειρηνικού. Έτσι τεράστιες ποσότητες ψυχρών υδάτων παγιδεύονται στις περιοχές κατά μήκος των ακτών της Ν. Αμερικής κάτω από το θερμοκλινές.



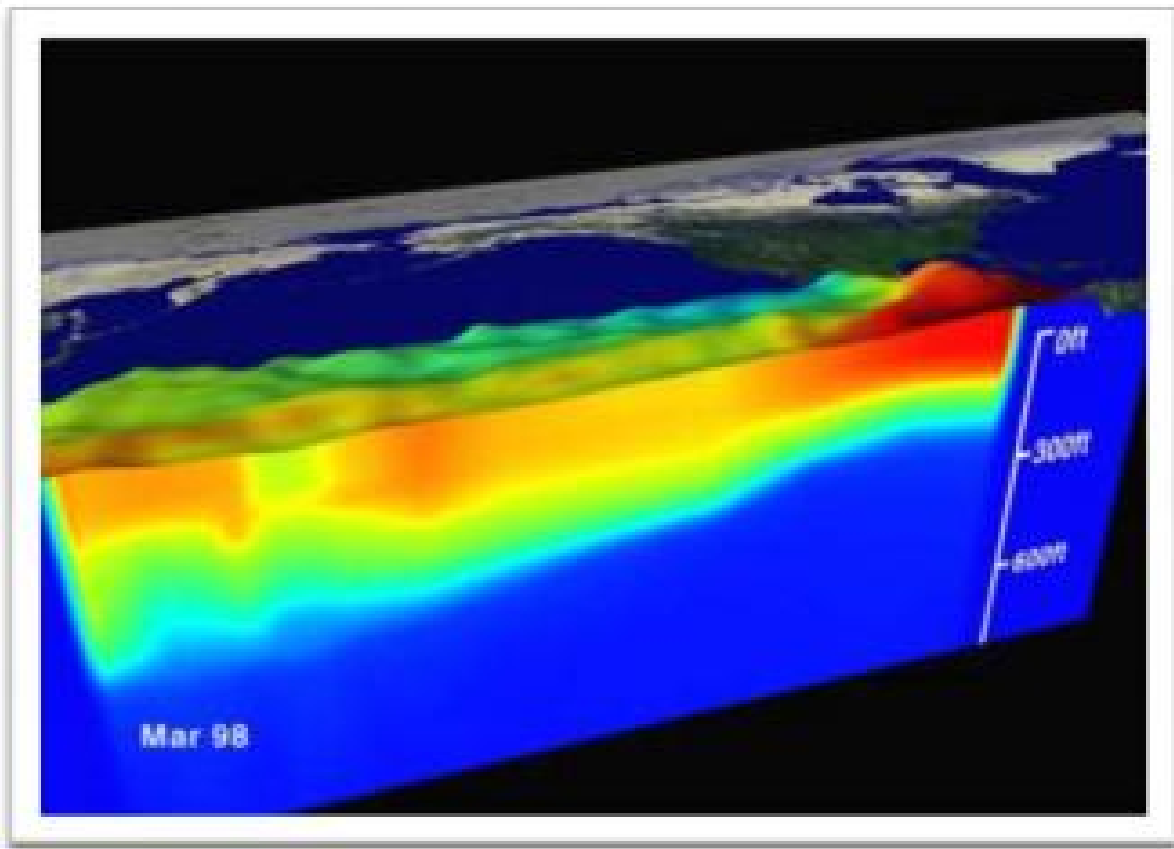
Εικόνα 2.2.1.2. Προφίλ θερμοκρασιών της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και θερμοκρασιών της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες El Nino. Με κόκκινο είναι οι θερμοκλινείς των 30 °C και με μπλε των 8 °C.
(Πηγή: NASA Goddard Space Flight Center)

Με την παύση του El Niño, οι ποσότητες αυτές των ψυχρών υδάτων εξέρχονται στην επιφάνεια με το μηχανισμό της άντλησης, επιφέροντας πτώση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας για αρκετά μεγάλη χρονική περίοδο στις δυτικές ακτές της Ν. Αμερικής. Η αντίστροφη αυτή φάση του El Niño ονομάζεται La Nina.

Με την εμφάνισή του παρατηρείται αντίστροφα, ένα αφύσικα λεπτό στρώμα θερμών υδάτων κατά μήκος του ανατολικού τροπικού Ειρηνικού αυξάνοντας την κλίση του θερμοκλινούς κατά μήκος του ωκεανού. Η έντονη ανάβλυση των ψυχρών υδάτων, συνοδεύεται από άντληση θρεπτικών συστατικών με ό,τι αυτό σημαίνει για τη θαλάσσια ζωή. Οι θαλάσσιες περιοχές του Περού, της Χιλής και των νησιών Γκαλαμπάκος είναι από τις πλουσιότερες σε θαλάσσια οικοσυστήματα περιοχές του κόσμου. (Leth et al., 2003).

Χαρακτηριστικό επίσης είναι, πως όσο ισχυρότερο είναι το φαινόμενο κατά τη δράση του El Niño, τόσο ισχυρότερη θα είναι και η φάση του La Nina και άρα, τόσο μεγαλύτερα ποσά

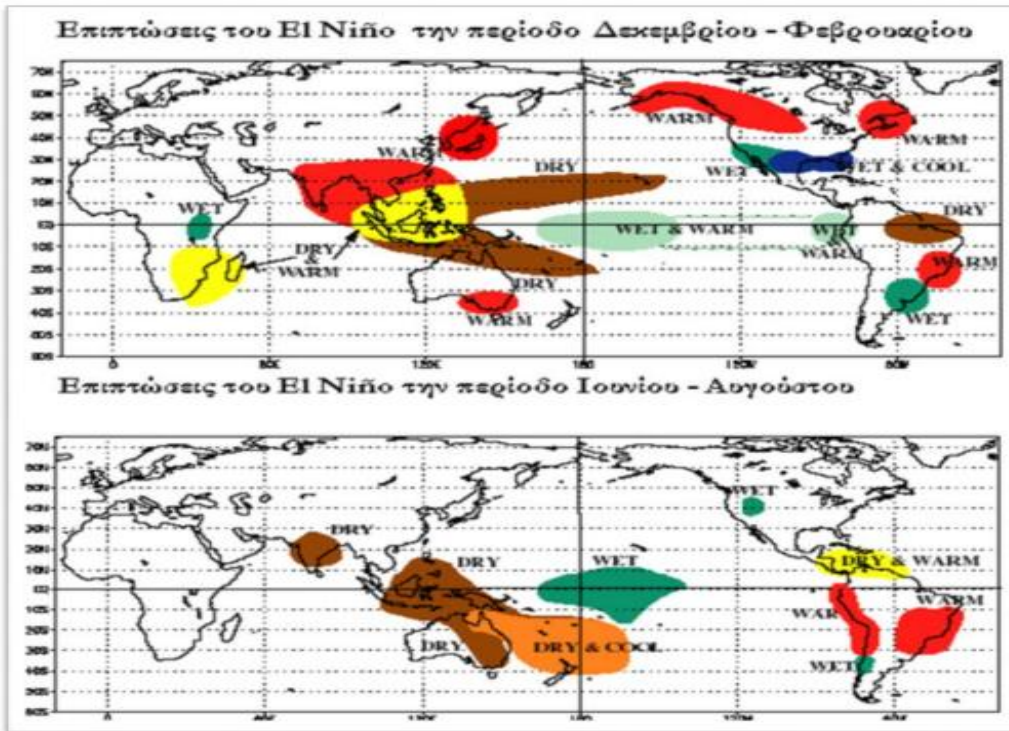
ψυχρών υδάτων, θα αντλούνται από τα βαθύτερα στρώματα του ωκεανού, ενισχύοντας την ένταση ισημερινής κυκλοφορίας Walker



Εικόνα 2.2.1.3. Προφίλ θερμοκρασιών επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες La Nina. Με κόκκινο είναι οι θερμοκλινοί των 30 °C και με μπλε των 8 °C. (Πηγή: NASA Goddard Space Flight Center)

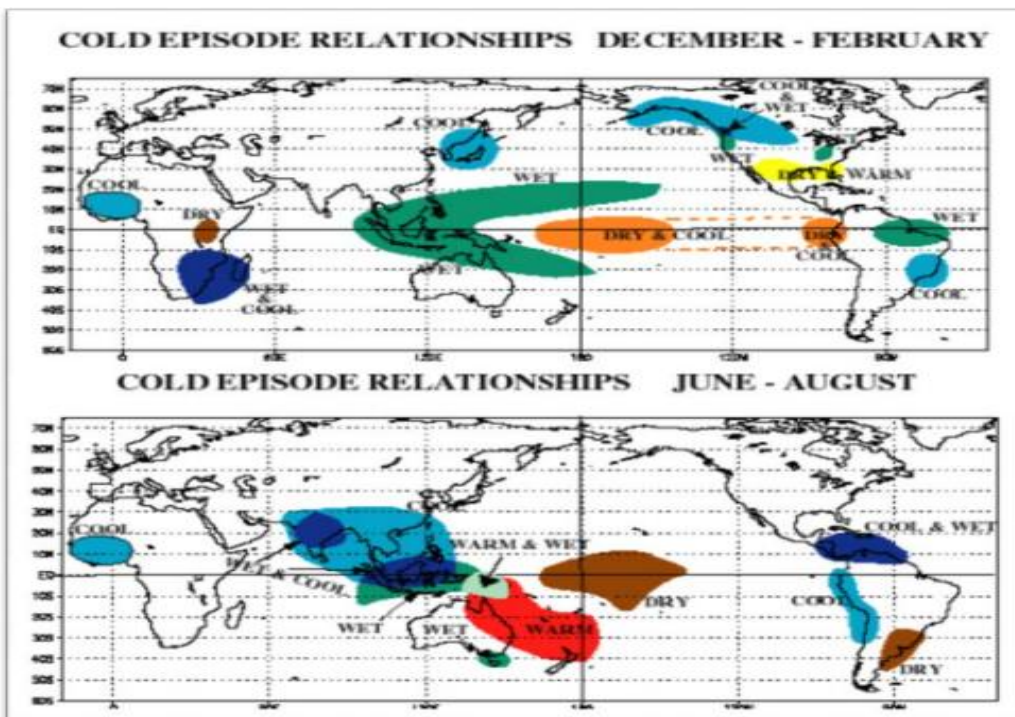
2.2.2. Παγκόσμιες επιπτώσεις του φαινομένου ENSO

Σημαντικές είναι οι κλιματικές επιπτώσεις του φαινομένου σε ολόκληρο τον πλανήτη, δεδομένων των ανωμαλιών που επιφέρει στην κίνηση των ωκεάνιων και ατμοσφαιρικών ρευμάτων, του Τροπικού Ειρηνικού ωκεανού. Οι ανταλλαγές ενέργειας μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανού επιφέρουν ποικίλες επιπτώσεις, σε όλα τα μήκη και πλάτη του πλανήτη (NOAA).



Εικόνα 2.2.2.1. Επιπτώσεις φαινομένου El Niño σε παγκόσμια κλίμακα στα διαστήματα Δεκεμβρίου/Φεβρουαρίου (πάνω) και Ιουνίου/Αυγούστου (κάτω).

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)



Εικόνα 2.2.2.2. Επιπτώσεις φαινομένου La Niña σε παγκόσμια κλίμακα στα διαστήματα Δεκεμβρίου/Φεβρουαρίου (πάνω) και Ιουνίου/Αυγούστου (κάτω).

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

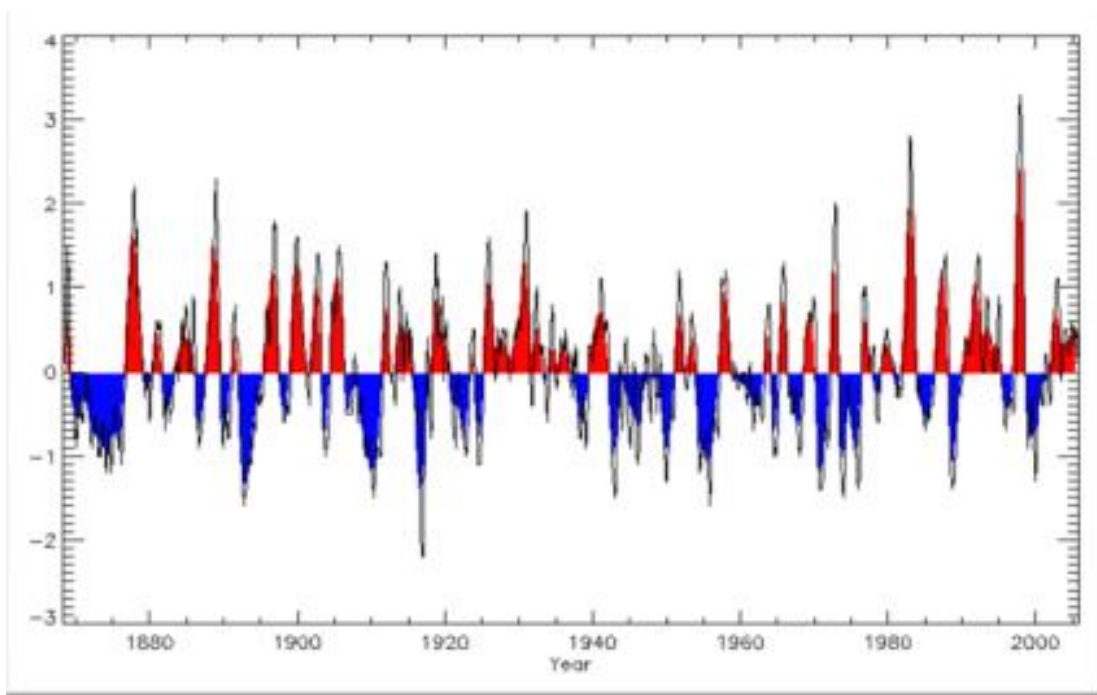
Η αλλαγή της πορείας των ανατολικών ανέμων του Ειρηνικού στη φάση του El Niño, η οποία επιφέρει μετακίνηση τεράστιων μαζών θερμού νερού ανατολικότερα και κατά μήκος του Ισημερινού και μέχρι τις ακτές της Ν. Αμερικής, αλλάζει τη ροή των ατμοσφαιρικών ρευμάτων σε όλο τον πλανήτη, με άμεσες συνέπειες:

- Στις ενδοτροπικές περιοχές του Ειρηνικού ωκεανού, στη Νότια αλλά και Βόρεια Αμερική όπως και στη δυτική πλευρά του Ειρηνικού, ήτοι στη βόρεια Αυστραλία, Ινδονησία και Πολυνησία. Αυξημένες βροχοπτώσεις στις νότιες περιοχές των ΗΠΑ και καταστροφικές πλημμύρες στο Περού, εν αντιθέσει με την ξηρασία στο Δυτικό Ειρηνικό και την Αυστραλία, που επιφέρει καταστροφικές πυρκαγιές.
- Περισσότερο υγρό το κλίμα σε Νότια Βραζιλία και Βόρεια Αργεντινή την άνοιξη και το καλοκαίρι, ηπιότερος χειμώνας στη Χιλή με περισσότερες βροχοπτώσεις, καθώς και ασυνήθιστες χιονοπτώσεις σε Περού και Βολιβία. Επίσης ξηρότερο και θερμότερο το κλίμα στη λεκάνη του Αμαζόνιου, την Κολομβία και Κεντρική Αμερική. Ακόμη παρατηρείται γενικότερα καταστολή των τυφώνων, με αξιοσημείωτη χρονιά το 2009 όπου είχαμε τη μικρότερη δραστηριότητα αυτών σε διάστημα 12 ετών (NOAA).
- Πλημμύρες στην κεντρική Ευρώπη, Νότια Κίνα, Αργεντινή, Βραζιλία, Ουρουγουάη και νησιά του κεντρικού Ειρηνικού εν αντιθέσει με εμφάνιση ξηρασίας σε Αυστραλία, Κεντρική Αφρική, Βόρεια Κίνα, Ινδονησία και Ταϊλάνδη καθώς και σε περιοχές της Ν. Αμερικής. Κατά τη διάρκεια του φαινομένου στα έτη 1982-83 είχαμε έντονα φαινόμενα τυφώνων σε Ταϊτή και Χαβάη και μεγάλο αριθμό τυφώνων στον κόλπο του Μεξικού, την Καραϊβική και τον Ατλαντικό ωκεανό τα έτη 1991-94 (University of Illinois, 2010).

Η ισχυροποίηση των ανατολικών ανέμων που ακολουθεί κατά τη φάση του La Niña ωθούν τα θερμά επιφανειακά ύδατα προς το Δυτικό Ειρηνικό επιφέροντας:

- Τροπικές καταιγίδες και πλημμύρες σε όλες τις περιοχές της Νοτιοανατολικής Ασίας.
- Έντονη πτώση θερμοκρασιών σε όλο τον Ανατολικό Ειρηνικό και κυρίως στις ακτές της Ν. Αμερικής.
- Ισχυρές μεταβολές στους ανέμους του τροπικού Ειρηνικού, με αύξηση των ανατολικών ανέμων στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας και ταυτόχρονη αύξηση των δυτικών ανέμων στα ανώτερα στρώματα και γενικότερα αύξηση των συνεπειών του φαινομένου της Ισημερινής κυκλοφορίας Walker.

Τα φαινόμενα El Niño και La Nina, επιφέρουν εποχικές θερμοκρασιακές αλλαγές και αυξομείωση βροχοπτώσεων ακόμη και σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη από αυτές του Ισημερινού Ειρηνικού, μέσω των τηλεσυνδέσεων (teleconnections). Αυτές προκύπτουν λόγω των βροχοπτώσεων, ως αποτέλεσμα θερμοκρασιακών μεταβολών των ωκεανών και θαλασσών, οι οποίες επηρεάζουν τους μέσους ανέμους σε όλο τον κόσμο. Η άνοδος των ανέμων στους τροπικούς με το σχηματισμό νεφών και τις ραγδαίες βροχοπτώσεις, σημαίνει ότι σε κάποια άλλη περιοχή θα επέλθει ξηρασία. Οι μεταβολές επίσης των βροχοπτώσεων και ανέμων (φαινόμενο El Niño/La Nina), δύναται να επηρεάσουν περιοχές εκτός τροπικών, επιφέροντας μεταβολές στα μοτίβα ανέμων ανά την υδρόγειο (IRI, 2007).



Σχήμα 2.2.2.1. Διακυμάνσεις του ENSO τα τελευταία 150 χρόνια (με κόκκινο απεικονίζεται το φαινόμενο στην φάση του El Niño και με μπλε στη φάση La Nina).

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

2.2.3. Επιπτώσεις του ENSO στη Μεσόγειο

Λόγω της μεγάλης απόστασης της Μεσογείου από τον Ειρηνικό, υπάρχει ασάφεια ως προς τις επιπτώσεις του φαινομένου σε αυτήν. Υπάρχουν μελέτες πάντως (Bartholy and Pongracz, 2006) που αποδεικνύουν πως το El Niño, μπορεί να επιφέρει υγρότερες και πιο νεφελώδεις καταστάσεις στη Βόρεια Ευρώπη και έναν ξηρότερο και ηπιότερο χειμώνα στη θάλασσα της Μεσογείου. Συγκεκριμένα:

- Επιπτώσεις στο χειμερινό κλίμα της Μεσογείου, όπου μετατοπίζεται βορειότερα η διαδρομή των κυκλώνων πάνω από αυτή, αυξάνοντας τις βροχοπτώσεις, με παράλληλη μείωση τους στη νοτιοδυτική Ευρώπη καθώς και στις περιοχές της Μαύρης Θάλασσας κατά τη διάρκεια του La Nina (Bronnimann, 2007).
- Κατά τη δράση του El Niño, παρατηρούνται ανωμαλίες κυκλοφορίας ρευμάτων στο Βόρειο Ατλαντικό και στην Ευρώπη. Κοινό χαρακτηριστικό για πολλούς χειμώνες, είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες στη Βορειοανατολική Ευρώπη.
- Οι βροχοπτώσεις παρουσιάζουν μείωση στη Βόρεια Ευρώπη και αύξηση στη Μεσόγειο, γεγονός που ποικίλει ως προς τη θέση εκδήλωσης. Γενικά, παρατηρείται αντίθεση επιπτώσεων στις αρχές του χειμώνα σε σχέση με το τέλος αυτού, ενώ την άνοιξη έχουμε μικρότερες διαφορές.
- Παρατηρήθηκε ασυνήθιστα ήπιος χειμώνας το 2006/2007 στη Δυτική Ευρώπη και το Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ στις Άλπεις καταγράφηκαν μικρότερες χιονοπτώσεις (Bronnimann, 2007).

2.3. Κλιματικές Τάσεις και Αλλαγές σε Περιφερειακή-Τοπική Κλίμακα

Το νερό της βροχής και η θερμοκρασία στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα, παρουσιάζουν σημαντικές τάσεις-ροπές. Αρνητικές τάσεις βροχόπτωσης, εμφανίστηκαν σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου. Επίσης βρέθηκαν αρνητικές τάσεις χειμερινής βροχόπτωσης, πάνω από την ευρύτερη μεσογειακή περιοχή για τον 20ο αιώνα. Ωστόσο, η ενδο-περιφερειακή μεταβλητότητα, είναι υψηλή και οι τάσεις σε πολλές περιοχές, δεν είναι στατιστικά σημαντικές, όπως προκύπτει από την επιφανειακή μεταβλητότητα της θερμοκρασίας του αέρα και τις τάσεις πάνω από το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης γης της Μεσογείου, για τον 20ο αιώνα. Βρέθηκε μια σημαντική τάση αύξησης της θερμοκρασίας, της τάξης του 0.75C σε εκατό χρόνια, κυρίως μεταξύ των πρώτων και των τελευταίων δεκαετιών του αιώνα. Ελαφρώς υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν για το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Οι δομές της σειράς του κλίματος, μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ περιοχών, δείχνοντας μεταβλητότητα σε ένα εύρος κλιμάκων. Κατά το μεγαλύτερο μέρος της δυτικής Μεσογείου για παράδειγμα, αύξηση της θερμοκρασίας έχει καταγραφεί κυρίως σε δύο φάσεις : Από τα μέσα της δεκαετίας του 1920 μέχρι τη δεκαετία του 1950 και από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 και μετά (Xorlaki et al., 2003). Επιπλέον, η διαθεσιμότητα των αρχείων των φυσικών δεδομένων, στην περιοχή της Μεσογείου, επέτρεψε την κατασκευή εποχιακών

χαρτών θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, πάνω από την περιοχή αυτής, για περισσότερο από 500 χρόνια (Pauling et al., 2005, Xoplaki et al., 2005). Σε αυτό το πλαίσιο, η ανάλυση της χειμερινής θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, αποκαλύπτει ότι στις πρόσφατες δεκαετίες (τέλος του εικοστού, αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα), οι χειμώνες ήταν οι θερμότεροι και ξηρότεροι, σε συμφωνία με τα πρόσφατα ευρήματα από την Ευρώπη και το Βόρειο Ημισφαίριο. Είναι προφανώς σημαντικό, να διερευνηθεί η μελλοντική εξέλιξη των τάσεων αυτών και η παραγωγή αξιόπιστων μοντέλων προσομοίωσης.

Σημαντικές περιβαλλοντικές αλλαγές, έχουν παρατηρηθεί στην κυκλοφορία της Μεσογείου Θάλασσας κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Τάσεις υπερθέρμανσης, έχουν παρατηρηθεί τόσο σε βαθιά, όσο και ενδιάμεσα ύδατα. Η στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί σύμφωνα με τη μέση εκτιμώμενη συνολική τιμή, 1,8 χιλιοστά/έτος μέχρι τη δεκαετία του 1960, αλλά στη συνέχεια μειώθηκε κατά 2-3 εκατοστά, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Κατά την τελευταία δεκαετία του 20ου αιώνα, η στάθμη της Μεσογείου, είχε αυξηθεί 10 φορές πιο γρήγορα από ό,τι σε παγκόσμια κλίμακα. Η EMT (Πάροδος της Ανατολικής Μεσογείου/Eastern Mediterranean Transient - EMT), είναι μια σημαντική αλλαγή, που χαρακτήρισε το σχηματισμό βαθέων υδάτων στην ανατολική Μεσόγειο, με μια μετάβαση στη δομή του κλειστού εσωτερικού θερμοαλατικού κυττάρου (thermohaline cell).

Ιστορικά, η κυκλοφορία της θερμότητας της ανατολικής Μεσογείου, αποτελεί συνέπεια μιας μεταφοράς θερμότητας στα βαθιά στρώματα, για το σχηματισμό πυκνού νερού, που συγκεντρώνεται στη νότια Αδριατική Θάλασσα. Αυτή ήταν στην πραγματικότητα, η κατάσταση στη δεκαετία του 1980. Μεταξύ των ετών 1987 και 1991, ωστόσο, η "κινητήρια μηχανή" της κυκλοφορίας της θερμότητας μετατοπίζεται προς το Νότιο Αιγαίο / Κρητικό Πέλαγος. Το 1995, σχεδόν το 20% των βαθέων υδάτων (κάτω από 1.200 μ) της ανατολικής Μεσογείου, βρέθηκε ότι αντικαταστάθηκαν από τα πιο πυκνά νερά, που απλώνονται από το Αιγαίο, μέσα από τα Στενά Κρητικού τόξου. Αυτό το σημαντικό φαινόμενο, (Πάροδος της Ανατολικής Μεσογείου/Eastern Mediterranean Transient - EMT), σταμάτησε μετά το 1997. Στην πραγματικότητα, το 1998, τα πυκνά νερά του Αιγαίου, δεν ήταν πλέον αρκετά πυκνά για να φτάσουν στο κάτω στρώμα και η Αδριατική Θάλασσα ανέκτησε το ρόλο της ως η πρωταρχική πηγή πυκνού νερού (Theocharis et al. 2002, Manca et al., 2003). Αυτά τα στοιχεία της παρατήρησης, έχουν οδηγήσει σε διαφορετικές αναζητήσεις για την κυκλοφορία της θερμότητας, και στην κατάρτιση μοντέλων ερμηνείας. Οι επιπτώσεις αυτών των διακυμάνσεων για το περιβάλλον της Μεσογείου δεν έχουν ακόμη αποσαφηνισθεί.

Η ποσοτικοποίηση και η κατανόηση των κλιματικών αλλαγών σε περιφερειακό – τοπικό επίπεδο, είναι ένα από τα πιο σημαντικά και αβέβαια ζητήματα στο πλαίσιο της

παγκόσμιας συζήτησης για την κλιματική αλλαγή. Μέχρι σήμερα, οι προβλέψεις για τις περιφερειακές κλιματικές αλλαγές για τον 21ο αιώνα, έχουν βασιστεί στο συνδυασμένο παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο ατμόσφαιρας-ωκεανού (atmosphere–ocean global climate model - AOGCM), προσομοιώνοντας την ανταπόκριση του κλιματικού συστήματος, στις αλλαγές ανθρωπογενών επιδράσεων. Ένα σημαντικό βήμα προς την κατανόηση των περιφερειακών κλιματικών αλλαγών και των επιπτώσεών τους, είναι η εκτίμηση των χαρακτηριστικών της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος.

Πιθανώς, η Μεσόγειος, είναι μία από τις λίγες περιοχές, όπου οι περισσότερες παγκόσμιες προσομοιώσεις, πραγματοποιούνται με διαφορετικά μοντέλα, δίνοντας ωστόσο, σχετικά συνεπή στοιχεία της κλιματικής αλλαγής. Στην πραγματικότητα, οι διάφορες προσομοιώσεις του μοντέλου της ανθρωπογενούς επίδρασης στο κλίμα, τείνουν να συμφωνούν στην πρόβλεψή τους στην περιοχή της Μεσογείου, ως προς μια αύξηση της θερμοκρασίας μεγαλύτερη από τον παγκόσμιο μέσο όρο και μια μεγάλη μείωση της βροχόπτωσης το καλοκαίρι, αλλά αμφιλεγόμενη το χειμώνα, εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των μοντέλων και μεταξύ των δυτικών και ανατολικών περιοχών.

Σε γενικές γραμμές, στην περιοχή της Μεσογείου, οι προσομοιώσεις της κλιματικής αλλαγής, παράγουν ένα ποσοτικό αποτέλεσμα στην περιοχή σε ένα εύρος από +3 έως +7 K⁰ για τη θερμοκρασία και από -40 έως +20% για τις βροχοπτώσεις σε έναν αιώνα. Οι τιμές προφανώς εξαρτώνται από το σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Προσομοιώσεις με πέντε διαφορετικές αρχικές τιμές κλιματικού μοντέλου, προβλέπουν:

- για ένα σενάριο A2, μια αύξηση στο εύρος 4-5 K⁰ το χειμώνα και 6-7 K⁰ το καλοκαίρι
- η αύξηση σε ένα σενάριο B2, μειώνεται σε 1 και 2 K⁰, αντίστοιχα.

Το αποτέλεσμα της αλλαγής του κλίματος στη χειμερινή βροχόπτωση, εξαρτάται καθοριστικά από τη βορειόστροφη απόκλιση της τροχιάς των καταιγίδων, που σχετίζεται με την μετατόπιση και την εντατικοποίηση του NAO, όπως προβλέπεται από ορισμένες προσομοιώσεις, με μειωμένες και αυξημένες βροχοπτώσεις στη νοτιοανατολική και βορειοδυτική Μεσόγειο περιοχή, αντίστοιχα. Το καλοκαίρι, όλα τα μοντέλα τείνουν να συμφωνήσουν, προβλέποντας ξηρότερο κλίμα με μια μείωση των βροχοπτώσεων της τάξης του 50% (Tsimplis et al 2001).

Η χωρική ανάλυση που χρησιμοποιείται για τις περισσότερες παγκόσμιες κλιματικές προσομοιώσεις, δεν περιγράφει επαρκώς τις λεκάνες που συνθέτουν τη Μεσόγειο Θάλασσα και τις κορυφογραμμές των βουνών που την περιβάλλουν. Οι χαρακτηριστικές δομές της περιοχής της Μεσογείου, μπορούν να εντοπιστούν στο βαθυμετρικό μοντέλο που μας δίνει το

ανάγλυφο του πυθμένα (model land–sea mask and surface elevation grid), μόνο εάν το μέγεθος του δικτύου είναι τουλάχιστον μικρότερο από 10 km. Επιπλέον, ακόμη ένα λεπτότερο πλέγμα απαιτείται για την περιγραφή επιφανειακών ανέμων και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, του οποίου η χωρική μεταβλητότητα περιλαμβάνει κλίμακες μικρότερες από 5 χλμ.

Οι πληροφορίες των περιβαλλοντικών ποσοτήτων (όπως η θερμοκρασία, οι άνεμοι, η βροχόπτωση) στην περιοχή της Μεσογείου, χαρακτηρίζονται από μεγάλη χωρική μεταβλητότητα, καθώς και υψηλή εποχικότητα. Ως εκ τούτου, για να εξαχθούν από τα τρέχοντα Παγκόσμια Κυκλοφοριακά Μοντέλα (Global Circulation Models) απαιτείται κάποιο είδος "περιφερειοποίησης" που σημαίνει "συρρίκνωση" με Τοπικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Model - RCM), ή τη χρήση του παγκοσμίου μοντέλου με μεταβλητή ανάλυση πλέγματος (π.χ. το μοντέλο ARPEGE), (Gibelin and Deque, 2003).

Πολλές μελέτες, ερευνητικά και ευρωπαϊκά προγράμματα, έχουν αναλύσει το πρόβλημα της προσομοίωσης του κλίματος πάνω από την Ευρώπη, αλλά η Μεσόγειος θάλασσα περιλαμβανόταν τις περισσότερες φορές μόνο εν μέρει, ή μόνο στο νότιο τμήμα της περιοχής, όπου η ανταπόκριση στο μοντέλο, ήταν πιθανό να επηρεαστεί έντονα από τις οριακές συνθήκες. Επιπλέον, η ποιότητα και η αξιοπιστία αυτών των προσομοιώσεων, είναι αντικείμενο συζήτησης.

Είναι γνωστό ότι τέτοιες προσομοιώσεις (RCM),, επηρεάζονται από σφάλματα που οφείλονται τόσο στις δικές τους δυναμικές, όσο και σε αυτές του παγκόσμιου μοντέλου, που παρέχουν τις οριακές συνθήκες και αυξάνοντας μόνο την ανάλυση, δεν εξασφαλίζονται πιο ρεαλιστικά τα περιφερειακά κλιματικά σενάρια. Μελέτες περιφερειοποίησης, επιβεβαιώνουν την αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή της Μεσογείου, που προβλέπεται από το AORCM, εντονότερη το καλοκαίρι από ό,τι το χειμώνα, καθώς και εντονότερη πάνω από το έδαφος από ό,τι πάνω από τη θάλασσα, και αυξάνεται, με την ένταση της ακτινοβολίας που παράγεται από το σενάριο εκπομπών του φαινομένου του θερμοκηπίου Giorgi et al, 2004).

Η ισχυρή μείωση των θερινών βροχοπτώσεων, επιβεβαιώνεται χρησιμοποιώντας RCM, αλλά η αβεβαιότητα σχετικά με τις τιμές του χειμώνα, παραμένει σε υψηλά επίπεδα, καθώς η επέκταση της περιοχής της Βορειοδυτικής Μεσογείου με υψηλότερη βροχόπτωση, εξαρτάται από την παγκόσμια προσομοίωση που χρησιμοποιείται για να παρέχει τις οριακές συνθήκες (Raisanen et al., 2004).

Πρόσφατες προσομοιώσεις, για ένα μοντέλο Γενικής Κυκλοφορίας στη Μεσόγειο Θάλασσα (Mediterranean Sea General Circulation Model), που έχουν κατευθυνθεί από ένα σενάριο κλιματικής αλλαγής προς το τέλος του 21ου αιώνα, δείχνουν μεγάλες πιθανές αλλαγές της κυκλοφορίας στη Μεσόγειο Θάλασσα. (Somot et al., 2005), με μια αύξηση της τάξης των

3K⁰ θερμοκρασίας και 0,43 psu (PH salinity unity) αύξηση της ποσότητας αλατιού (salinity), στην επιφάνεια της θάλασσας. Το χαμηλότερο κομμάτι (από 500 μέτρα βάθος μέχρι το βυθό) της Μεσογείου παρουσιάζει μικρότερη αύξηση (0,9K⁰ για τη θερμοκρασία και 0,18 psu για την ποσότητα αλατιού). Η ισχυρότερη διαστρωμάτωση αντιστοιχεί σε μια πιο ρηχή Θερμοαλατική Κυκλοφορία της Μεσογείου (Mediterranean Thermohaline Circulation).

Οι τάσεις των ακραίων καιρικών συνθηκών και οι μεταβολές τους σε μελλοντικά σενάρια για το κλίμα, είναι αμφιλεγόμενες. Κατά το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, υπάρχει μια τεκμηριωμένη τάση, που δείχνει τη μείωση της συνολικής χειμερινής βροχόπτωσης στη λεκάνη της Μεσογείου, η οποία σχετίζεται με σημαντική μείωση των έντονων κυκλώνων. Ταυτόχρονα, η αύξηση της σχετικής συχνότητας των καταρρακτωδών βροχών έχει προταθεί, αλλά μόνο για ορισμένες περιοχές της περιφέρειας της δυτικής Μεσογείου. Υπάρχουν συγκλίνουσες ενδείξεις αρνητικής τάσης για κυκλώνες, τις οποίες οι προσομοιώσεις δείχνουν να συνεχίζονται στα μελλοντικά κλιματικά σενάρια, αλλά δεν έχει εντοπιστεί σαφής αλλαγή της συχνότητας των ακραίων κυκλώνων. Κρίσιμες παράκτιες περιοχές, θα μπορούσαν να επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από τις αλλαγές των θαλάσσιων καταιγίδων, των ακραίων θυελλών, ανέμων και κυμάτων (π.χ. βόρεια Αδριατική Θάλασσα), με μεγάλο αντίκτυπο στις κοινωνίες στην περιοχή της Μεσογείου (Lionello, 2005).

Λόγω της δυσκολίας να επιλυθούν τα ζητήματα των περιφερειακών κλιμάτων, στις παγκόσμιες κλιματικές προσομοιώσεις, η ταυτοποίηση των τηλεσυνδέσεων με μοτίβα κυκλοφορίας μεγάλης κλίμακας, αποτελούν βασικό εργαλείο για την πρόβλεψη των μελλοντικών κλιματικών άκρων (Munoz-Diaz and Rodrigo, 2004). Επιπλέον, οι περιφερειακοί παράγοντες (π.χ. η επιφανειακή θερμοκρασία της Μεσογείου θάλασσας, η περιεκτικότητα σε υγρασία στρωμάτων αέρα) αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία προσέγγισης της μεταπτυχιακής διατριβής, αποτελείται από μια σειρά βημάτων. Πρώτα καθορίζεται το εννοιολογικό περίγραμμα έτσι ώστε περιγραφεί το πρόβλημα, ο στόχος και τα προς απάντηση ερευνητικά ερωτήματα. Στην συνέχεια περιγράφονται:

- Τα δεδομένα και
- Οι τεχνικές επεξεργασίας που θα υλοποιηθούν-εφαρμοστούν στα δεδομένα, οι οποίες περιλαμβάνουν:
 1. Την ανάλυση των κυρών συνιστωσών, για την αποσυσχέτιση των πολυχρονικών θερμικών δεδομένων και
 2. Την μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση για την χαρτογράφηση θερμικών ανωμαλιών στα αποσυσχετισμένα δεδομένα.

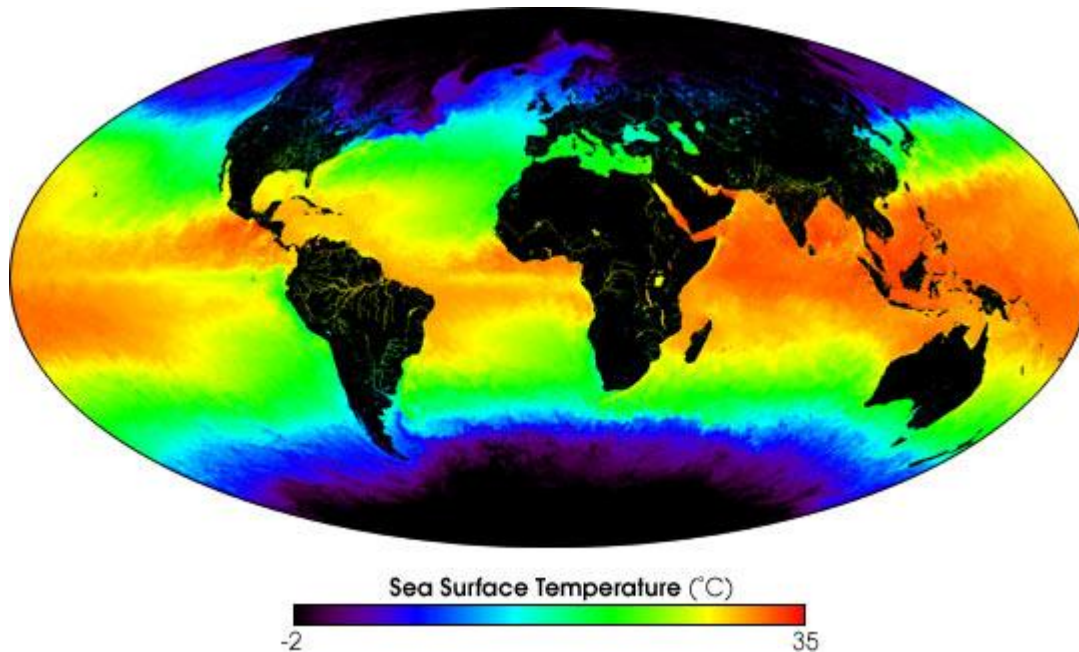
Θα παρατεθούν τα αποτελέσματα και οι σχετικοί χάρτες που θα σχολιασθούν σε επόμενο στάδιο.

3.2. Εννοιολογικό περίγραμμα

3.2.1 Θερμοκρασία θάλασσας

Ο όρος θερμοκρασία (θ) θάλασσας, χαρακτηρίζει την θερμοκρασία που καταγράφεται στην επιφάνεια αυτής. Οι καταγραφές παρουσιάζουν εποχική, και ημερήσια μεταβλητότητα (Heburnm 2013). Η ημερήσια μεταβλητότητα (διαφορά μεταξύ θ ημέρας και θ νύκτας), είναι πολύ μικρή στο θαλάσσιο περιβάλλον, μπορεί να είναι της τάξης μεγέθους του ενός-δύο βαθμών κελσίου και δεν έχει καμιά σχέση με την μεγάλη ημερήσια μεταβλητότητα που παρατηρείται στις ηπείρους (Browning & Gurney 1999). Αιτία είναι η μικρή απορρόφηση θερμικής ενέργειας του θαλασσινού νερού, η μεγάλη θερμοχωρητικότητα του θαλάσσιου ύδατος και η επίδραση του κυματισμού και των θαλάσσιων ρευμάτων (Alexander et al 1999).

Αντίθετα η εποχική-ετήσια διακύμανση μπορεί είναι της τάξης των 5 έως 10 βαθμών κελσίου (Burroughs 2007).



Εικόνα: 3.2.1.1. Οπτικοποίηση της κατανομής της μέσης μηνιαίας θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας με το γεωγραφικό πλάτος κατά τον μήνα Μάιο του 2014 (GSFC, 2014).

Επιπλέον, διαφοροποίηση παρατηρείται και με το γεωγραφικό πλάτος (Εικόνα 3.2.1.1) αφού η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας που παρατηρείται στο γεωγραφικό πλάτος (0 μοίρες) του ισημερινού και βόρειου γεωγραφικού πλάτος (80 μοίρες) μπορεί να φθάνει τους 20 βαθμούς κελσίου (Heburnm 2013). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την διαφοροποίηση των θερμοκρασιών της επιφάνειας της θάλασσας είναι η μορφολογία της ακτογραμμής, της περικλείουσας λεκάνης, των εισροών νερού από τις παράκτιες ηπειρωτικές ζώνες, οι χρήσεις γης στην παράκτια ζώνη κ.α. (Smith et al. 2008).

Συνοψίζοντας, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του θαλάσσιου ύδατος και η τάξη μεγέθους της επίδρασης (Browning & Gurney 1999, Kabbara et al. 2002) είναι οι ακόλουθοι:

- 1) **Το γεωγραφικό πλάτος.** Έχει διαπιστωθεί μία μείωση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων, με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους. Κατά μέσο όρο είναι στον ισημερινό είναι 27° C, και στους πόλους -1,9° C.
- 2) **Οι εποχές του έτους.** Έχει διαπιστωθεί ότι, σε ορισμένο γεωγραφικό πλάτος, η θερμοκρασία του επιφανειακού θαλάσσιου ύδατος, είναι μεγαλύτερη κατά τη

διάρκεια του θέρους από αυτή του χειμώνα. Η εποχιακή, όμως, μεταβολή της θερμοκρασίας δεν υπερβαίνει τους $5,5^{\circ}\text{C}$ ενώ οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρούνται στις εύκρατες ζώνες.

- 3) **Η εναλλαγή ημέρας και νύχτας** επηρεάζει τη θερμοκρασία των επιφανειακών θαλάσσιων υδάτων, αλλά η μεταβολή δεν ξεπερνά τους $1,8^{\circ}\text{C}$.
- 4) **Το βάθος.** Όπως προαναφέρθηκε, η θερμοκρασία του θαλάσσιου ύδατος μεταβάλλεται με το βάθος. Στα 400 m φτάνει τους 10°C , από τα 400 m μέχρι 750-1100 m τους 4°C , ενώ σε μεγαλύτερα βάθη η θερμοκρασία μεταβάλλεται ανεπαίσθητα και μπορούμε να πούμε ότι παραμένει σταθερή.

Παράλληλα, διαχρονικά θερμικά δεδομένα υπάρχουν και για το θαλάσσιο περιβάλλον (Miliareisis & Seymour 2011).

Το καταγραφικό σύστημα MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), είναι ένας πολυφασματικός σαρωτής (παθητικό καταγραφικό σύστημα), που καταγράφει την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία ή/και την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία από την επιφάνεια της γης (Wan et al 2004). Το πλεονέκτημα του είναι ότι παρέχει υψηλής ακρίβειας δεδομένα, σε περιοδική βάση από το 2000 έως σήμερα (Burroughs 2007).

Με αυτό το καταγραφικό σύστημα, έχουν εξοπλισθεί δύο δορυφορικά καταγραφικά συστήματα (AQUA, TERRA) και αποτελεί πολύ προηγμένης τεχνολογίας παθητικό ραδιόμετρο (Brown and Minnett 1999). Αποστολή του, είναι η παροχή καταγραφών βιοφυσικών παραμέτρων της επιφάνειας της γης, των ωκεανών και της ατμόσφαιρας, με μέση χωρική αλλά υψηλή φασματική διακριτική ικανότητα και πολύ μεγάλο αριθμό επαναπρόσληψης εικόνων/δεδομένων (Browning & Gurney 1999), αφού καταγράφει 4 φορές το εικοσιτετράωρο (01~30, 10~30, 13~30, 22~30). Η υψηλή ραδιομετρική και χρονική διακριτική του ικανότητα, το καθιστά εργαλείο ανυπολόγιστης αξίας για τη μελέτη του περιβάλλοντος σε παγκόσμια κλίμακα (Williams et al 2013). Τα δεδομένα αυτά στο επίπεδο επεξεργασίας level 3 ομαδοποιούνται σε εβδομαδιαίες, δεκαπενθήμερες και μηνιαίες εκτιμήσεις για το σύνολο της επιφάνειας της γης (Wang 2007) κι επομένως είναι δυνατόν, να ορίσουμε ζώνες με κοινή βιοφυσική υπογραφή σε εβδομαδιαία, μηνιαία, εποχική, ετήσια και διαχρονική βάση (Smith et al. 2008).

Η φασματική δειγματοληψία (κανάλια και τα αντίστοιχα φασματικά εύρη) του καταγραφικού συστήματος MODIS (MOD28, 2013), παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2.1.1.

Πίνακας 3.2.1.1. Φασματική δειγματοληψία του MODIS

Κανάλι	Μήκος Κύματος (μm)	Κανάλι	Μήκος Κύματος (μm)	Κανάλι	Μήκος Κύματος (μm)
1	0,620 -0, 670	13	0,662 -0, 672	25	4,482 – 4,549
2	0,841 -0, 876	14	0,673 -0, 683	26	1,360 – 1,390
3	0,459 – 0,479	15	0,743 – 0,753	27	6,535 – 6,895
4	0,545 – 0,565	16	0,862 – 0,877	28	7,175 – 7,475
5	1,230 – 1,250	17	0,890 – 0,920	29	8,400 – 8,700
6	1,628 – 1,652	18	0,931 – 0,941	30	9,580 – 9,880
7	2,105 – 2,155	19	0,915 -0,965	31	10,780 – 11,280
8	0,405 – 0,420	20	3,660 – 3,840	32	11,770 – 12,270
9	0,438 -0, 448	21	3,929 – 3,989	33	13,185 – 13,485
10	0,483 -0, 493	22	3,929 – 3,989	34	13,485 – 13,785
11	0,526 – 0,536	23	4,020 – 4,080	35	13,785 – 14,085
12	0,546 -0, 556	24	4,433 – 4,498	36	14,085 – 14,385

Ο MODIS χρησιμοποιεί τα παρακάτω 5 φασματικά κανάλια για τις καταγραφές θερμοκρασίας (θ) της θάλασσας (Browning & Gurney 1999):

- Τα κανάλια 31 και 32 στο θερμικό υπέρυθρο,
- το κανάλι 20 στο μέσο υπέρυθρο, και
- τα κανάλια 22 και 23 (δύο επιπλέον πολύ μικρού εύρους κανάλια του MODIS) στο μέσο υπέρυθρο.

Για παράδειγμα, ο αλγόριθμος για τη μέτρηση της SST στο θερμικό υπέρυθρο (10-12 μm) που χρησιμοποιείται για μετρήσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας (MOD28 2013, Brown and Minnett 1999), είναι:

$$\text{SST4} = c1 + c2 * T3.9 + c3 * (T3.9 - T4.0) + c4 * (\sec(z) - 1),$$

Όπου:

- $T3.9$ = θερμοκρασία σε βαθμούς C στο κανάλι 31
- $T4.0$ = θερμοκρασία σε βαθμούς C στο κανάλι 32
- $\sec(z)$ = συνημίτονο της ζενίθιας γωνίας του δέκτη
- $c1, c2, c3$ και $c4$ είναι σταθερές που προκύπτουν από την αντιστοιχία των θερμοκρασιών από τον MODIS και τις μετρήσεις πεδίου από πλωτήρες.

3.2.2. Μοντελοποίηση διαχρονικών θαλάσσιων δεδομένων

Δυο τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση και ερμηνεία διαχρονικών θαλάσσιων εικόνων.

- Η πρώτη αφορά την εφαρμογή της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στα διαχρονικά πολυδιάστατα θερμοκά δεδομένα, ενώ
- Η δεύτερη εφαρμόζει τεχνικές μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης στις εικόνες και ερμηνεύει τη χωρο-χρονική μεταβολή με βάση τα κέντρα βάρους και την χωρική κατανομή των τάξεων που προκύπτουν (Miliareisis & Seymour 2011).

3.2.2.1 Ανάλυση των κυρίων συνιστωσών στη Ερυθρά Θάλασσα

Στην Ερυθρά θάλασσα εφαρμόστηκε από τους Miliareisis & Seymour (2011), η ανάλυση κυρίων συνιστωσών σε πολυδιάστατες χρονικά, θερμοκές καταγραφές της επιφάνειας της θάλασσας (μέσες μηνιαίες εκτιμήσεις), από το καταγραφικό σύστημα AVHRR που ανήκει στη σειρά των δορυφόρων NOAA. Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA), αποτελεί μια στατιστική μέθοδο ανάλυσης, η οποία μειώνει τον αριθμό των μεταβλητών που πρέπει να εξεταστούν, σε ένα μικρότερο αριθμό «νέων» μεταβλητών που ονομάζονται «**κύριες συνιστώσες, PC**» (Landam and Everitt 2004). Οι συνιστώσες αυτές, αποτελούν γραμμικό συνδυασμό των αρχικών μεταβλητών και δεν συσχετίζονται μεταξύ τους (Mather 2004). Στην ουσία δηλαδή, η μέθοδος αυτή μετασχηματίζει γραμμικά ένα σύνολο μεταβλητών σε ένα σύνολο νέων μη συσχετιζόμενων μεταβλητών (Eastman and Fulk 1993).

Η μελέτη των PC, των μεταβλητών αποσκοπεί στην μείωση του όγκου των δεδομένων και δίνει τη δυνατότητα αποτελεσματικής ερμηνείας και εξαγωγής συμπερασμάτων, σε σχέση με την χωροχρονική μεταβλητότητα, της υπό μελέτης ιδιότητας (Siljestrom et al., 1997).

Επιπλέον ο μετασχηματισμός των κυρίων συνιστωσών, έχει το πλεονέκτημα ότι δεν επηρεάζει την θέση των σημείων στον n -διάστατο φασματικό χώρο (Maaten and Hinton 2008) αλλά στην πράξη περιστρέφει τους άξονες, έτσι ώστε να αναπαριστούν το νέφος τιμών με βάση τη γεωμετρία του νέφους.

Η μέθοδος των κυρίων συνιστωσών περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Υπολογισμό της συνδιασποράς (covariance matrix), ή του βαθμού συσχέτισης (correlation matrix) των μεταβλητών των δορυφορικών εικόνων.
- Υπολογισμό των ιδιοτιμών (eigenvalues) και των ιδιοδιανυσμάτων (eigenvectors).
- Υπολογισμό των κυρίων συνιστωσών PC, που στην ουσία επαναπροβάλλουν τα σημεία χρησιμοποιώντας ένα γραμμικό συνδυασμό των αρχικών συντεταγμένων κάθε σημείου.

Διακρίνεται σε κανονικοποιημένη (standardised PCA, sPCA), όταν υπολογίζεται ο βαθμός συσχέτισης των μεταβλητών και σε μη κανονικοποιημένη (ustandardised PCA, uPCA), όταν γίνεται υπολογισμός της συνδιασποράς αυτών (Eastman and Fulk 1993). Η σύγκριση της αποτελεσματικότητας μεταξύ των δύο PCA, έχει δείξει ότι η sPCA (τυποποίηση των κατανομών σε μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση 1), δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, αν το ζητούμενο είναι οι μεταβλητές που έχουν πολύ μεγάλο εύρος αριθμητικών τιμών, ώστε να μην επηρεάσουν μονόπλευρα την διαδικασία αποσυσχέτισης (Mather 2004).

Σημειώνεται ότι, ο μετασχηματισμός γίνεται έτσι ώστε οι παραγόμενες συνιστώσες να ταξινομούνται με φθίνουσα σειρά περιεχόμενης πληροφορίας.

- Έτσι η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC 1), εμπεριέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της πληροφορίας της εικόνας και εμφανίζει τη μεγαλύτερη διακύμανση, ενώ η κάθε επόμενη, περιλαμβάνει ένα μειωμένο ποσοστό/διακύμανση σε σχέση με την προηγούμενη και ταυτόχρονα δεν εμφανίζει συσχέτιση με τις προηγούμενες της.
- Ο αριθμός των κύριων συνιστωσών είναι το πολύ ίσος (ή και μικρότερος, αν επιλεγθεί να παραλειφθούν οι συνιστώσες που ερμηνεύουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της αρχικής διασποράς) με τον αριθμό των αρχικών μεταβλητών (Mather, 2004).

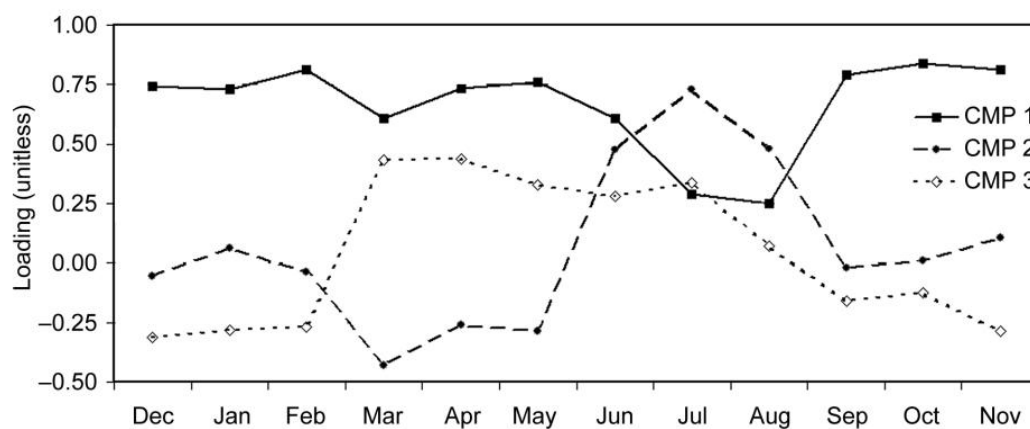
Πρακτικά, σε ότι αφορά την επεξεργασία των εικόνων των βιοφυσικών δεδομένων της περιοχής μελέτης στην Ερυθρά Θάλασσα, η εφαρμογή του μετασχηματισμού (Πινάκας 3.2.2.1.1) υποδεικνύει ότι οι 3 πρώτες κύριες συνιστώσες ερμηνεύουν το 70% της διασποράς (Miliaresis & Seymour 2011).

Πινάκας 3.2.2.1.1: Κύριες συνιστώσες (Miliareisis & Seymour 2011)

Season	Month	Standardized component loadings (-1, 1)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Winter	December	0.74	-0.06	-0.31	0.02	-0.24	0.27	-0.43	-0.03	-0.10	-0.06	0.03	-0.14
	January	0.73	0.06	-0.28	-0.06	-0.37	-0.37	0.21	-0.13	-0.16	-0.13	0.01	-0.05
Spring	February	0.81	-0.04	-0.27	-0.05	0.02	-0.08	-0.01	0.34	-0.13	0.31	-0.03	0.17
	March	0.61	-0.43	0.43	0.07	-0.35	0.04	0.04	-0.17	0.18	0.26	0.06	0.02
	April	0.74	-0.26	0.44	0.09	0.00	-0.03	-0.01	0.18	-0.03	-0.18	-0.34	-0.06
Summer	May	0.76	-0.29	0.33	0.02	0.20	0.02	0.01	0.05	-0.18	-0.19	0.32	0.11
	June	0.61	0.48	0.28	-0.21	0.19	-0.32	-0.33	-0.14	0.08	0.06	-0.01	0.02
	July	0.29	0.73	0.34	-0.32	-0.21	0.28	0.17	0.08	-0.09	0.00	0.02	0.00
Autumn	August	0.25	0.48	0.07	0.84	-0.02	-0.02	0.02	0.01	-0.01	0.03	0.04	-0.01
	September	0.79	-0.02	-0.16	0.02	0.32	0.20	0.15	-0.35	-0.15	0.08	-0.16	0.07
	October	0.84	0.01	-0.12	-0.06	0.25	0.00	0.17	0.10	0.17	0.07	0.10	-0.36
	November	0.81	0.11	-0.29	-0.02	-0.03	0.09	0.05	0.03	0.38	-0.20	0.00	0.23
Variance (%)		47.9	11.2	8.8	7.3	5.0	3.7	3.5	3.0	2.7	2.5	2.2	2.1

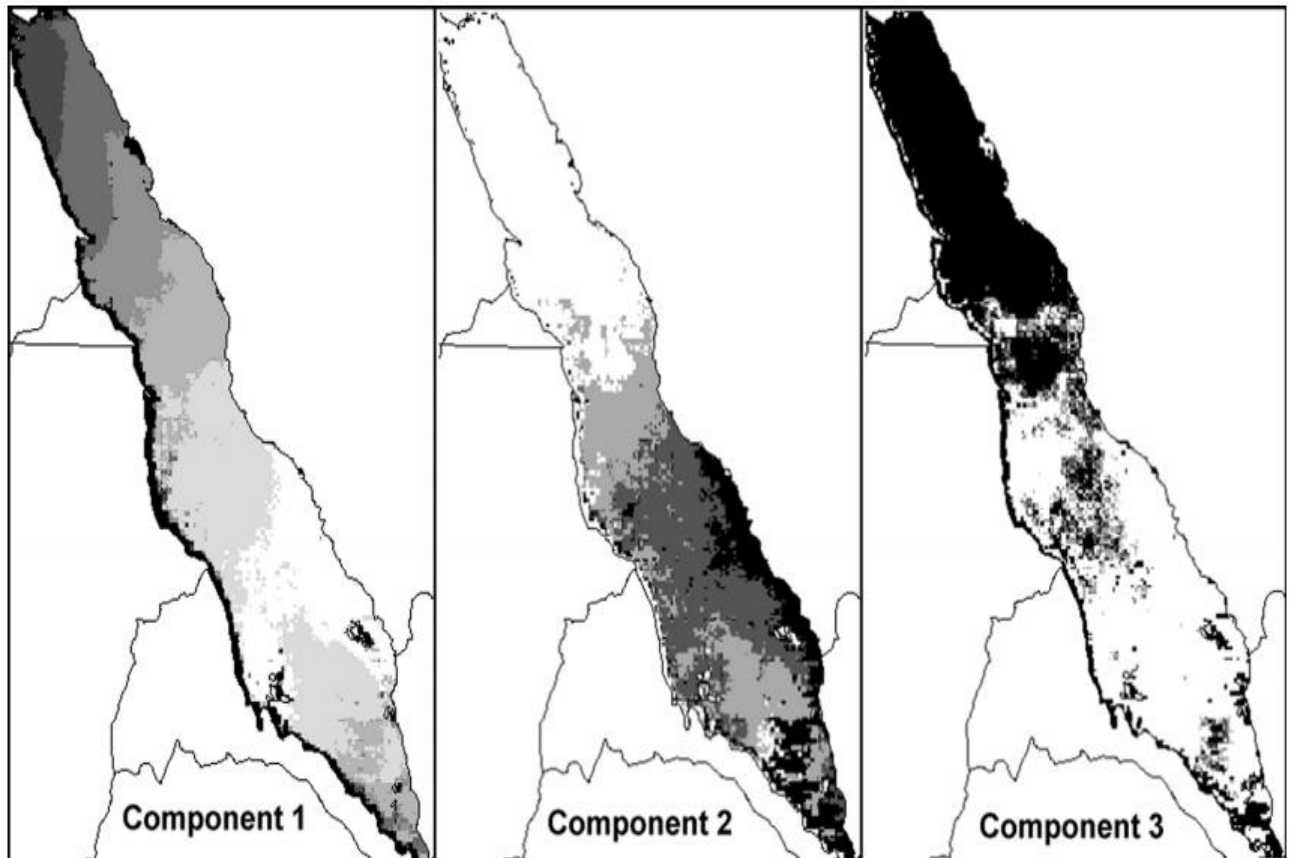
The bottom row indicates the percentage of the amount of the variance explained by the corresponding components: the first three components account for almost the 70% of the total variance.

Η τεχνική εφαρμόζεται σε όλες τις εικόνες, αφού τα βιοφυσικά δεδομένα διαδοχικών μηνών ίδιας εποχής, εμφανίζουν κατά κανόνα μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους. Μέσα λοιπόν από το γραμμικό μετασχηματισμό των μεταβλητών (μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας), η κανονικοποιημένη ανάλυση κύριων συνιστωσών (sPCA) οδηγεί στη δημιουργία νέων εικόνων από μη συσχετιζόμενους γραμμικούς σχηματισμούς των αρχικών τιμών, που βοηθούν στην αποτελεσματικότερη εξαγωγή συμπερασμάτων και στην μοντελοποίηση της χωροχρονικής μεταβολής όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.2.1.1 και στην εικόνα 3.2.2.1.1.



Σχήμα 3.2.2.1.1. Χρονικά πρότυπα βάση των 3 πρώτων κυρίων συνιστωσών (Miliareisis & Seymour 2011)

Η γραφική αναπαράσταση των 3 κυρίων συνιστωσών με βάση τις ιδιοτιμές, υποδηλώνει διαφορετικά χρονικά πρότυπα (Σχήμα 3.2.2.1.1), ενώ η ερμηνεία των εικόνων που αντιστοιχούν στις πρώτες 3 κύριες συνιστώσες υποδηλώνει διαφορετικά χωρικά πρότυπα (εικόνα 3.2.2.1.1).

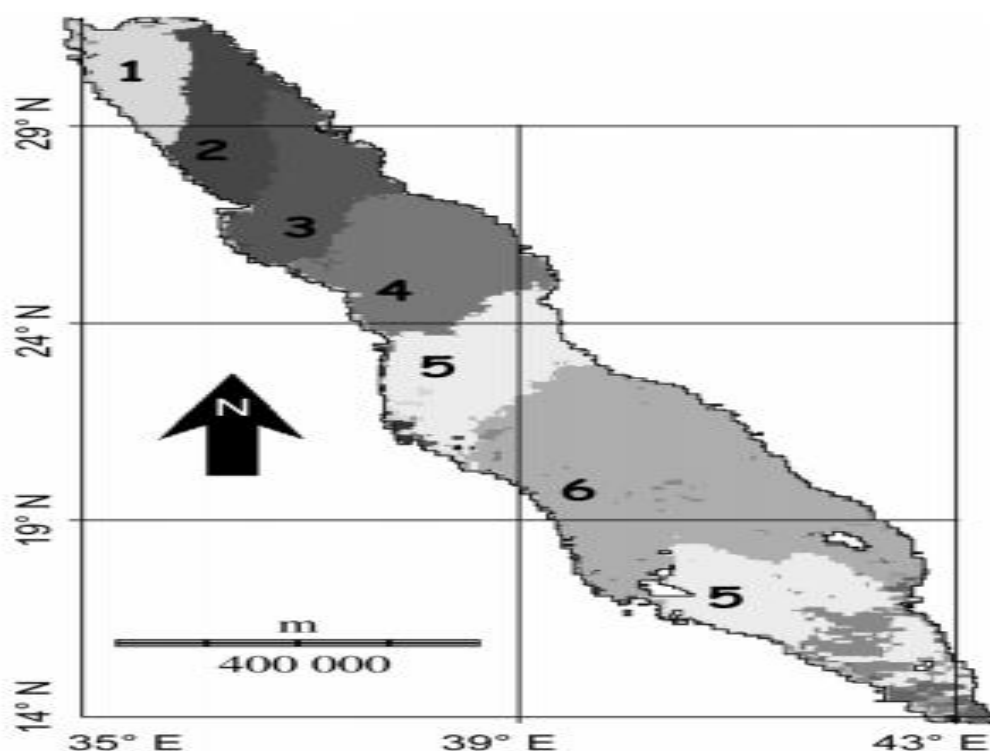


Εικόνα: 3.2.2.1.1. Χωρικά πρότυπα βάση των 3 πρώτων κυρίων συνιστωσών (Miliaresis & Seymour 2011)

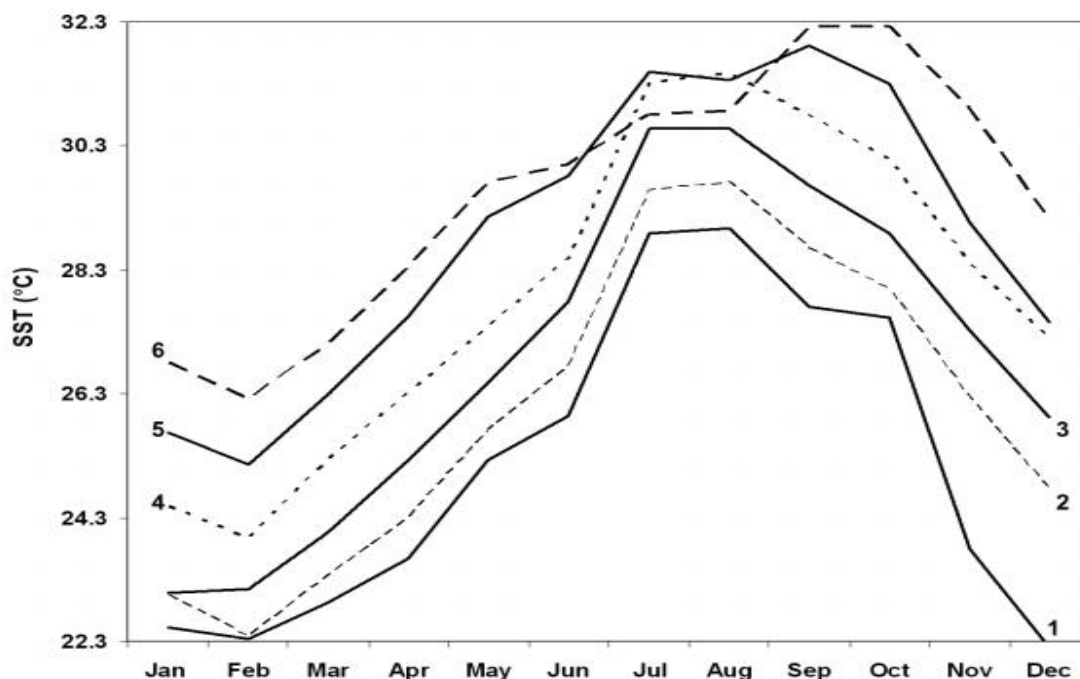
3.2.2.2 Χρονική μεταβολή με μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Οι τεχνικές καταγραφής - αποκάλυψης βιοφυσικών ανωμαλιών, συνίσταται τόσο στην οριοθέτηση των ζωνών στις οποίες υφίστανται, όσο και στην χωροχρονική τους παραμετροποίηση, συνήθως σε ετήσια ή εποχική βάση αλλά μερικές φορές και με χρονοσειρές αρκετών ετών, όπως οι μέσες μηνιαίες μετρήσεις που παρουσιάζει ο Miliareisis (2014a, 2014b).

Η χαρτογράφηση των βιοφυσικών ανωμαλιών, μπορεί να επιτευχθεί, με τεχνικές μη επιβλεπόμενης χαρτογράφησης (Landam and Everitt 2004), των διαχρονικών εικόνων του βιοφυσικού δείκτη που χρησιμοποιείται (π.χ μέσες μηνιαίες εικόνες της θερμοκρασίας). Αυτή χρησιμοποιείται, όταν είναι περιορισμένη η γνώση σχετικά με τα δεδομένα. Η μεθοδολογία μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης, διαχωρίζει τα δεδομένα με βάση φασματικά κριτήρια. Παραδείγματα αποτελούν ο αλγόριθμος k-means (Miliareisis, 2014a). Ο χρήστης προσδιορίζει κατά την εκτέλεση της: α) τον αριθμό των τάξεων, β) τον αριθμό των επαναλήψεων γ) τα όρια σύγκλισης. Σημαντική επίσης υπόμνηση είναι, ότι στον αλγόριθμο των K-Κέντρων, τα δεδομένα καθορίζουν το αποτέλεσμα της ερμηνείας, ενώ κάθε τάξη αναπαρίσταται με το κέντρο βάρους της (Miliareisis, 2013a).



Εικόνα 3.2.2.2.1. Η χωρική κατανομή των τάξεων στην Ερυθρά Θάλασσα.



Σχήμα 3.2.2.2.1. Η χρονική υπογραφή των τάξεων στην Ερυθρά Θάλασσα.

Η εφαρμογή τεχνικών μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης στις εικόνες σύμφωνα με το παράδειγμα στην Ερυθρά Θάλασσα δίνεται στο Σχήμα 3.1.2.2.1 και στο Σχήμα 3.1.2.2.2. που ερμηνεύει την χωροχρονική μεταβολή με βάση τα κέντρα βάρους και την χωρική κατανομή των τάξεων που προκύπτουν (Miliareisis & Seymour 2011).

3.2.3 Εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος

Σε προηγούμενες ερευνητικές προσπάθειες, έχει τεκμηριωθεί η εξάρτηση των διαχρονικών δεδομένων θερμοκρασίας του εδάφους, από το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και το υψόμετρο (Miliareisis 2014a, 2014b, 2013a, 2013b) και έχουν προταθεί μέθοδοι και τεχνικές για την τυποποίηση των διαχρονικών δεδομένων, που έχουν άμεσες εφαρμογές στον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων, στην ενίσχυση και αποτύπωση των φαινομένων αστικής νησίδας (θετικές ή αρνητικές ανωμαλίες στα κέντρα αστικών συγκεντρώσεων λόγω κεντρικών θερμάνσεων, αυξημένης κυκλοφορίας οχημάτων), στον εντοπισμό γεωφυσικής θερμικής ρύπανσης (Miliareisis 2012a, 2012b, 2012c), κ.α.

Οι τεχνικές και τα στάδια που εφαρμόστηκαν, σε μέσες μηνιαίες εκτιμήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους (διαχρονικές εικόνες) για την αποσυσχέτιση από το υψόμετρο και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, από το καταγραφικό σύστημα MODIS, συνοψίζονται παρακάτω:

- Για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, εφαρμόζεται η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) που είναι μια γραμμική τεχνική μετασχηματισμού, η οποία παράγει ένα σύνολο εικόνων γνωστές ως κύριες συνιστώσες (PC), που είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους (Mather 2004) και διατάσσονται σε σχέση με το ποσό της διακύμανσης.
- Οι πρώτες δυο συνιστώσες αντιπροσωπεύουν πάνω από το 90% της διακύμανσης. Η συμβολή των ανεξάρτητων μεταβλητών (υψόμετρο, γεωγραφικό πλάτος και μήκος), σε κάθε κύρια συνιστώσα προκύπτει από την εφαρμογή του γραμμικού μοντέλου.
- Η PC1, αντιπροσωπεύει θεωρητικά (εξ αιτίας της συσχέτισης μεταξύ διαδοχικών μηνών ή μηνών στην ίδια εποχή), το 80-90% της συνολικής διακύμανσης (Landam and Everitt 2004), άρα ένα πολύ σημαντικό ποσοστό της συνολικής διασποράς θα εξηγείται από ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης της PC1 προς το υψόμετρο, το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος. Αν εφαρμοστεί γραμμική παλινδρόμηση, τότε η υπολειπόμενη εικόνα θα περιλαμβάνει το ποσοστό της διασποράς που είναι ανεξάρτητο από γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο και γεωγραφικό μήκος.
- Κατά αντιστοιχία, η PC2 αντιπροσωπεύει θεωρητικά (εξ αιτίας της συσχέτισης μεταξύ διαδοχικών μηνών ή μηνών στην ίδια εποχή), το 5-10% της συνολικής διακύμανσης (Landam and Everitt 2004). Άρα ένα πολύ σημαντικό ποσοστό της συνολικής διασποράς, θα εξηγείται από ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης της PC2 προς το υψόμετρο, το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος. Αν εφαρμοστεί γραμμική παλινδρόμηση τότε η υπολειπόμενη εικόνα, θα περιλαμβάνει το ποσοστό της διασποράς που είναι ανεξάρτητο από γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο και γεωγραφικό μήκος.
- Επομένως, αν γίνει ανασύσταση των αρχικών εικόνων, χρησιμοποιώντας τις 2 υπολειπόμενες εικόνες και τις εικόνες PC3-PC12, τότε οι νέες εικόνες θερμοκρασίας του εδάφους, θα είναι ανεξάρτητες από το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος (Miliareisis 2104a, 2014b).

3.2.4. Παράδειγμα αποσυσχέτισης θερμικών εικόνων στις ΗΠΑ

Ακολουθεί παράδειγμα υλοποίησης της αποσυσχέτισης για διαχρονικές εικόνες θερμοκρασίας στις Η.Π.Α. (Miliareisis 2013a). Στο πίνακα 3.2.4.1, είναι σαφέστατη η εποχικά μεταβαλλόμενη συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και του πλάτους, μήκους και υψομέτρου.

Πίνακας 3.2.4.1 Συσχέτιση μεταξύ υψομέτρου (H), γεωγραφικού πλάτους (φ) και μήκους (λ) με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στις ΗΠΑ (Miliareisis 2013a).

	Physiography			Winter			Spring			Summer			Autumn		
	H	Lat	Lon	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
H	1														
LAT	0.04	1													
LON	-0.57	-0.06	1												
Dec	-0.28	-0.86	0.08	1											
Jan	-0.35	-0.84	0.10	0.95	1										
Feb	-0.24	-0.85	-0.02	0.95	0.96	1									
Mar	-0.34	-0.87	0.06	0.93	0.95	0.96	1								
Apr	-0.49	-0.84	0.29	0.89	0.91	0.87	0.93	1							
May	-0.50	-0.80	0.20	0.86	0.90	0.87	0.93	0.95	1						
Jun	-0.58	-0.74	0.37	0.78	0.81	0.76	0.86	0.93	0.94	1					
Jul	-0.61	-0.58	0.28	0.67	0.71	0.67	0.77	0.81	0.85	0.92	1				
Aug	-0.57	-0.64	0.18	0.72	0.76	0.73	0.82	0.83	0.88	0.92	0.97	1			
Sep	-0.57	-0.73	0.25	0.83	0.85	0.80	0.87	0.92	0.90	0.92	0.90	0.92	1		
Oct	-0.42	-0.83	0.12	0.89	0.92	0.88	0.92	0.94	0.92	0.88	0.81	0.85	0.94	1	
Nov	-0.37	-0.81	0.02	0.92	0.93	0.90	0.92	0.91	0.89	0.81	0.73	0.78	0.88	0.95	1

Πίνακας 3.2.4.2. Ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα του πίνακα 3.1.4.1. (Miliarexis 2013a).

Eigenvectors	PCAs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
December	0.28	-0.35	-0.05	0.14	0.57	0.49	0.11	0.28	-0.06	-0.35	-0.03	0.05
January	0.29	-0.29	-0.11	0.05	0.08	-0.47	-0.73	0.04	0.09	-0.19	0.00	-0.07
February	0.28	-0.36	-0.38	0.24	-0.06	-0.14	0.25	0.10	0.10	0.65	-0.10	0.22
March	0.30	-0.17	-0.33	-0.01	-0.15	-0.06	0.34	-0.60	0.01	-0.32	0.19	-0.36
April	0.30	-0.02	0.14	-0.52	0.16	0.00	-0.05	-0.41	-0.34	0.09	-0.34	0.42
May	0.30	0.05	-0.21	-0.39	-0.43	0.06	0.05	0.54	-0.35	-0.07	-0.11	-0.29
June	0.29	0.31	-0.11	-0.46	0.20	0.09	-0.04	0.09	0.53	0.15	0.48	0.07
July	0.27	0.52	-0.16	0.27	0.12	0.25	-0.20	-0.15	0.15	0.16	-0.52	-0.32
August	0.28	0.42	-0.18	0.39	-0.21	-0.04	-0.01	0.04	-0.21	-0.29	0.24	0.57
September	0.29	0.21	0.39	0.16	0.37	-0.39	0.21	0.08	-0.37	0.22	0.25	-0.31
October	0.30	-0.04	0.48	0.04	-0.21	-0.23	0.33	0.14	0.50	-0.27	-0.35	0.10
November	0.29	-0.21	0.47	0.17	-0.39	0.48	-0.28	-0.15	-0.03	0.24	0.28	-0.07
Eigenvalue	10.58	0.81	0.17	0.16	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Percent (%) variance	88.18	6.71	1.42	1.30	0.66	0.38	0.32	0.29	0.25	0.19	0.17	0.13

Από τον πίνακα 3.2.4.2, προκύπτει βάση των ιδιοτιμών (eigenvalues), ότι ερμηνεύεται το 95% περίπου της αρχικής διασποράς, από τις 2 πρώτες κύριες συνιστώσες.

Στην συνέχεια εφαρμόζεται γραμμική παλινδρόμηση για τις κύριες συνιστώσες 1 και 2 ως προς το υψόμετρο, το πλάτος και το μήκος (Πίνακας 3.2.4.3).

Πίνακας 3.2.4.3. Γραμμική παλινδρόμηση των κυρίων συνιστωσών 1 και 2 ως προς το υψόμετρο, το πλάτος και το μήκος (Miliareisis 2013a).

Regression Equation					R ²						
pca-1 = 13.2016- (0.0024*H) - (0.4164*LAT) - (0.0459*LON) [Equation 1]					0.915						
pca-2 = -0.0793- (0.0005*H) + (0.0409*LAT) + (0.0107*LON) [Equation 2]					0.321						
pca-1 = 17.2981- (0.4132*LAT) + (0.0019*H) [Equation 3]					0.892						
pca-2 = -1.0380- (0.0006*H) + (0.0401*LAT) [Equation 4]					0.305						
pca-1 = 15.9931 – (0.4213*LAT)					0.698						
pca-1 = 1.7217 – (0.0021*H)					0.221						
pca-1 = 4.3047 + (0.0430*LON)					0.029						
pca-2 = -1.4310 + (0.0377*LAT)					0.073						
pca-2 = 0.4751 –(0.0006*H)					0.222						
pca-2 = 2.5096 + (0.0250*LON)					0.132						
ANOVA regression table for Equation 1, R= 0.956					ANOVA regression table for Equation 2, R=0.567						
Source	degrees of freedom	sum of squares	mean square	F-test		Source	degrees of freedom	sum of squares	mean square	F-test	
Regression	3	3573524	1191174	1320207		Regression	3	95536	31845	58280.	
Residual	369175	333092	0.90			Residual	369175	201721	0.55		
Total	369178	3906617				Total	369178	297257			
Individual Regression Coefficients	degrees of freedom	Coefficient of independent variable		t-test	VIF	Individual Regression Coefficients	degrees of freedom	Coefficient of independent variable		t-test	VIF
	369175	H	-0.00240	-933.5	1.47		369175	H	-0.00048	-239.1	1.474
		LAT	-0.41639	-1715.	1.00			LAT	0.04089	216.4	1.002
		LON	-0.04587	-313.5	1.48			LON	0.01074	94.29	1.478

Η παλινδρόμηση αποδεικνύει, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της διασποράς για τις κύριες συνιστώσες 1 και 2 ερμηνεύεται από το πλάτος, το μήκος και το υψόμετρο.

Στην συνέχεια γίνεται ανασύσταση, με βάση τις υπολειπόμενες εικόνες (που προκύπτουν από την γραμμική παλινδρόμηση της κύριας συνιστώσες 1 και 2) για τις ΗΠΑ. Αποδεικνύεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ Θ και H, Lat, Lon στις αποσυσχετισμένες εικόνες (Πίνακας 3.2.4.4.).

Πίνακας 3.2.4.4. Απόδειξη μη ύπαρξης συσχέτισης, μεταξύ Θ και H, Lat, Lon στις αποσυσχετισμένες εικόνες.

	Physiography			Winter			Spring			Summer			Autumn		
	H	LAT	LON	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
H	1														
LAT	0.04	1													
LON	-0.57	-0.06	1												
Dec	0.02	-0.01	0.08	1											
Jan	-0.07	0.04	0.08	0.73	1										
Feb	0.10	0.01	-0.15	0.74	0.78	1									
Mar	0.12	-0.06	-0.14	0.58	0.64	0.76	1								
Apr	-0.12	-0.08	0.39	0.43	0.45	0.33	0.48	1							
May	-0.07	-0.03	0.06	0.24	0.35	0.41	0.55	0.55	1						
Jun	-0.02	-0.07	0.28	0.10	0.12	0.11	0.38	0.56	0.64	1					
Jul	0.03	0.03	-0.07	0.03	0.03	0.10	0.34	0.24	0.45	0.72	1				
Aug	0.07	0.03	-0.21	0.03	0.08	0.18	0.39	0.18	0.48	0.64	0.91	1			
Sep	-0.09	0.04	0.06	0.31	0.27	0.22	0.31	0.44	0.30	0.54	0.66	0.66	1		
Oct	0.06	-0.04	-0.08	0.38	0.42	0.34	0.37	0.49	0.37	0.38	0.38	0.42	0.70	1	
Nov	-0.04	0.08	-0.18	0.56	0.57	0.50	0.42	0.44	0.28	0.09	0.12	0.18	0.44	0.70	1

3.3. Σκοπός και Στόχοι

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι η ενίσχυση , αποκάλυψη και ερμηνεία των θερμικών ανωμαλιών που υφίστανται στη Μεσόγειο, από διαχρονικές δορυφορικές εικόνες MODIS .

Τα στάδια που θα ακολουθηθούν για την υλοποίηση του πιο πάνω σκοπού έχουν ως εξής:

- Προσδιορισμός/οργάνωση των βιοφυσικών διαχρονικών εικόνων MODIS για τη Μεσόγειο, σε μια πλεγματική βάση δεδομένων.
- Θα γίνει προσπάθεια αποκάλυψης της σχέσης, στην χωρική μεταβολή των διαχρονικών θερμικών δεδομένων, με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, με τεχνικές πολυδιάστατης στατιστικής ανάλυσης.
- Θα εφαρμοστεί μετασχηματισμός κυρίων συνιστωσών, ως η κύρια μεθοδολογία αποσυσχέτισης των δεδομένων.
- Θα ποσοτικοποιηθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, στα αποσυσχετισμένα δεδομένα, με τεχνικές πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.
- Θα αφαιρεθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικού μήκους, στα αποσυσχετισμένα δεδομένα.
- Θα εφαρμοστεί αντίστροφος μετασχηματισμός, έτσι ώστε τα διορθωμένα δεδομένα να επαναπροβληθούν ξανά στο χωρικό πεδίο.
- Θα ορισθούν τάξεις και θα προσδιορισθούν κέντρα βάρους, με τεχνικές μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης, τόσο για τα αποσυσχετισμένα δεδομένα στο χωρικό πεδίο, όσο και για τα αποσυσχετισμένα δεδομένα στο πεδίο των κυρίων συνιστωσών.
- Θα γίνει περιβαλλοντική ερμηνεία των αποτελεσμάτων, για στο θαλάσσιο χώρο της Μεσογείου και θα συσχετιστούν με φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα.
- Η επεξεργασία των δεδομένων, θα υλοποιηθεί με τη χρήση των λογισμικών προγραμμάτων ILWIS, και QGIS (ILWIS 2014, QGIS 2014).

3.4. Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθεται είναι:

- A. Υπάρχει σχέση στην χωρική μεταβολή των διαχρονικών θερμικών δεδομένων στην Μεσόγειο, με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος;
- B. Μπορεί αυτή η σχέση, να ποσοτικοποιηθεί και να μοντελοποιηθεί;
- Γ. Μπορούν να υλοποιηθούν διορθώσεις, στα διαχρονικά θερμικά δεδομένα της θάλασσας, έτσι ώστε να αποσυσχετισθούν από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος;
- Δ. Ποια είναι τα σχετικά πλεονεκτήματα, που προσφέρουν τα διορθωμένα διαχρονικά θερμικά δεδομένα στον εντοπισμό και ερμηνεία θερμικών ανωμαλιών στην περιοχή της Μεσογείου;

3.5. Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Η θερμοκρασία της θάλασσας συνδέεται στενά με πολλές περιβαλλοντικές διεργασίες, την θαλάσσια κυκλοφορία, το κλίμα, (Lionello et al 2006) κ.α.. Επιπλέον η επιφάνεια της θάλασσας, είναι σε άμεση επαφή με την υπερκείμενη ατμόσφαιρα και την επηρεάζει άμεσα. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να παρακολουθείται η θερμοκρασία της θάλασσας (Williams et al 2013), αφού έχει άμεση σχέση με την πρόβλεψη του καιρού, την εμφάνιση ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων (π.χ. κυκλώνες) κ.α. (Kabbara et al. 2002).

Η μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST) μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους (Tomažić et al 2011). Οι πλέον εφαρμοσμένες τεχνικές σε παγκόσμια κλίμακα είναι (Browning & Gurney 1999):

- Μέτρηση θερμοκρασίας της θάλασσας από το διάστημα, με θερμική υπέρυθη ραδιομετρία.
- Παθητική μικροκυματική ραδιομετρία, που μπορεί να μας παρέχει επιπλέον πολύτιμες πληροφορίες.

Και οι δύο μέθοδοι έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους (Pellegrini et al 2006) και, επομένως καλύτερες εικόνες λαμβάνονται πολλές φορές, με συνδυασμό των δεδομένων από τους δύο τύπους αισθητήρων.

Όλες οι επιφάνειες εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακτινοβολούμενη ενέργεια που εκπέμπει (Schneider et al 2004). Η κατάσταση αυτή ονομάζεται «θερμική εκπομπή». Οι αισθητήρες υπέρυθρης ραδιομετρίας καταγράφουν τη θερμική εκπομπή του πρώτου 0,01 mm της θάλασσας, γνωστή ως θ του ανώτατου στρώματος (Burgoughs 2007). Ωστόσο, τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα (κυρίως σύννεφα) απορροφούν κάποια ποσότητα από την ενέργεια και, συνεπώς, δεν φτάνει όλη η εκπεμπόμενη ακτινοβολία στους αισθητήρες (Smith et al. 2008). Για το λόγο αυτό, οι μετρήσεις θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας αποτελούνται συνήθως από εβδομαδιαίες ή μηνιαίες σύνθετες εικόνες, που περιλαμβάνουν όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για τη δημιουργία εικόνων χωρίς σύννεφα (MOD28, 2013).

Το πλεονέκτημα της παθητικής μικροκυματικής, είναι ότι η ακτινοβολία μεγάλου κύματος επηρεάζεται ελάχιστα από τα σύννεφα. Ωστόσο, η ισχύς της ακτινοβολίας σε αυτήν την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, είναι χαμηλότερη και, συνεπώς, η ακρίβεια και η χωρική ανάλυση είναι μικρότερη σε σύγκριση με την τιμή SST που προκύπτει από τις μετρήσεις θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας (Tomažić et al 2011).

Τα δεδομένα που απαιτούνται για την επίτευξη του στόχου της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, προέρχονται από συλλογή πρωτογενών δεδομένων του δορυφόρου MODIS για την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας

Όπως συμβαίνει με τα προϊόντα από τους υπόλοιπους δέκτες που βρίσκονται πάνω στους δορυφόρους Terra και Aqua (Wan, 2007), έτσι και με τα προϊόντα του MODIS, αυτά μεταφέρονται σε επίγειους σταθμούς στο White Sands, στο Νέο Μεξικό, μέσω του Tracking and Data Relay Satellite System (TDRSS). Έπειτα τα δεδομένα αποστέλλονται στο EOS Data and Operations System (EDOS) στο Goddard Space Flight Center. Τα προϊόντα που υπάγονται στις κατηγορίες Level 1A, Level 1B, geolocation και cloud mask, καθώς και τα υψηλότερου επιπέδου (Higher-level) προϊόντα για την ξηρά και την ατμόσφαιρα, παράγονται από το MODIS Adaptive Processing System (MODAPS). Τα προϊόντα που αφορούν τον ωκεανό, παράγονται από το Ocean Color Data Processing System (OCDPS) και τελικά όλα διανέμονται στην επιστημονική και όχι μόνο κοινότητα (Wan et al 2004).

Όσον αφορά τη διάθεση των προϊόντων, οι πηγές ποικίλουν.

- Τα Level 1 και ατμοσφαιρικά προϊόντα διατίθενται μέσω του δικτύου LAADS (2014).
- Τα προϊόντα για την ξηρά είναι διαθέσιμα μέσω του Land Processes DAAC στο U. S. Geological Survey EROS Data Center (EDC, 2014).

- Τα δεδομένα που αφορούν τα προϊόντα για την κρύοσφαιρα, διατίθενται από το National Snow and Ice Data Center (NSIDC, 2014) στο Boulder του Colorado.
- Τέλος, τα προϊόντα που σχετίζονται με τον ωκεανό, είναι διαθέσιμα από το Goddard Space Flight Center (GSFC, 2014) της NASA.

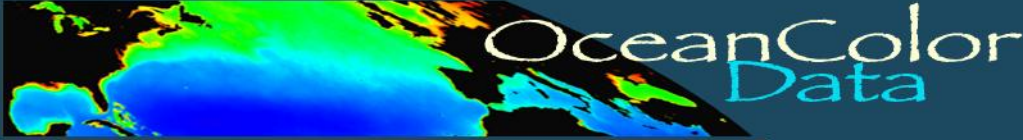
Οι θερμοκρασίες ημέρας και νύχτας (SST) στο MODIS, συμπεριλαμβάνονται σε ένα προϊόν που λέγεται MOD 28 (MOD28 2013), το οποίο είναι διαθέσιμο σε τυποποίηση CMG 0,05 (Dec monthly (Climate Modeling Grid), με χωρική διακριτική ικανότητα 0.05° μοίρες και χρονική διακριτική ικανότητα 1 φορά το μήνα.

- Για να προσδιοριστούν οι μέσες μηνιαίες εκτιμήσεις των δεικτών SST για κάθε εικονοστοιχείο, χρησιμοποιούνται οι μέρες κάθε μήνα οι οποίες είναι ελεύθερες από νέφωση και για τις οποίες έγινε λήψη δεδομένων (Wan et al 2004).
- Η τυποποίηση των τιμών SST, είναι σε ακέραιες τιμές ανά εικονοστοιχείο και έχουν εύρος τιμών 2 byte μη προσημασμένα.
- Το δυνητικό εύρος των τιμών ανά εικονοστοιχείο, είναι από 0 έως +32767. Για τις ανάγκες τυποποίησης του SST, χρησιμοποιείται εύρος ακέραιων αριθμών στο διάστημα 7500-65535 και η σχέση μετατροπής των κωδικοποιημένων τιμών από Kelvin σε τιμές Celsius είναι η ακόλουθη:

$$(X*0,02)-273$$

- Το τελικό προϊόν περιλαμβάνει στρώματα δεδομένων, ημερήσιας και νυχτερινής παρατήρησης SST, δεδομένων ποιοτικού ελέγχου, χρόνων κάλυψης, γωνιών ζενίθ, ημερών χωρίς νέφωση και ειδικών εκπομπών για τα φασματικά κανάλια 20, 22, 23, 29, 31 και 32 (Wan et al 2004).
- Τα δεδομένα αυτά έχουν επικυρωθεί στο επίπεδο 2, μέσω εργασιών πεδίου και μελετών επικύρωσης της ανακλαστικότητας.
- Τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα από 01/08/2002. Η κάθε εικόνα έχει συμπιεσμένο μέγεθος 80 MB, είναι σε γεωγραφικές συντεταγμένες (Lon/Lat) και η τυποποίηση του αρχείου είναι HDF EOS.











Η πρόσβαση στα δεδομένα γίνεται διαμέσου του διαδικτυακού τόπου Ocean Color WEB (GSFC, 2014) όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.5.1.




Missions ▾ *Data* ▾ *Documents* ▾ *Analyses* ▾ *People* *Forum* ▾ *Services* ▾ *Links*

Data Distribution Site Description

In addition to browsing the directory structure below, you may create a Customizable File Search

Filename	Last Modified	Size
 Ancillary	-	-
 Aquarius	-	-
 CZCS	-	-
 HICO	-	-
 MERIS	-	-
 MODISA	-	-
 MODIST	-	-
 OCTS	-	-
 SeaWiFS	-	-
 VIIRS	-	-

Curator: OceanColor Webmaster Privacy Policy and Important Notices 

Authorized by: gene carl feldman Updated: 13 June 2013

Εικόνα: 3.5.1. Διαδικτυακός τόπος Ocean Color WEB (GSFC, 2014)

3.6. Δεδομένα

Οι θερμικές εικόνες (μέσες μηνιαίες εκτιμήσεις) για την περιοχή μελέτης, αντιπροσωπεύουν την μέση τιμή των ελεύθερων από σύννεφα ημερών, ενός ημερολογιακού μήνα.

Αν στην διάρκεια ενός μηνά, δεν καταστεί δυνατόν να υπάρξουν καταγραφές για ένα εικονοστοιχείο, τότε αυτό σημειώνεται με την ένδειξη no data. Αν έστω και για ένα μήνα σε ένα εικονοστοιχείο, δεν έχει υπάρξει καταγραφή της θερμοκρασίας, τότε αυτό δεν λαμβάνεται υπόψιν στις επεξεργασίες.

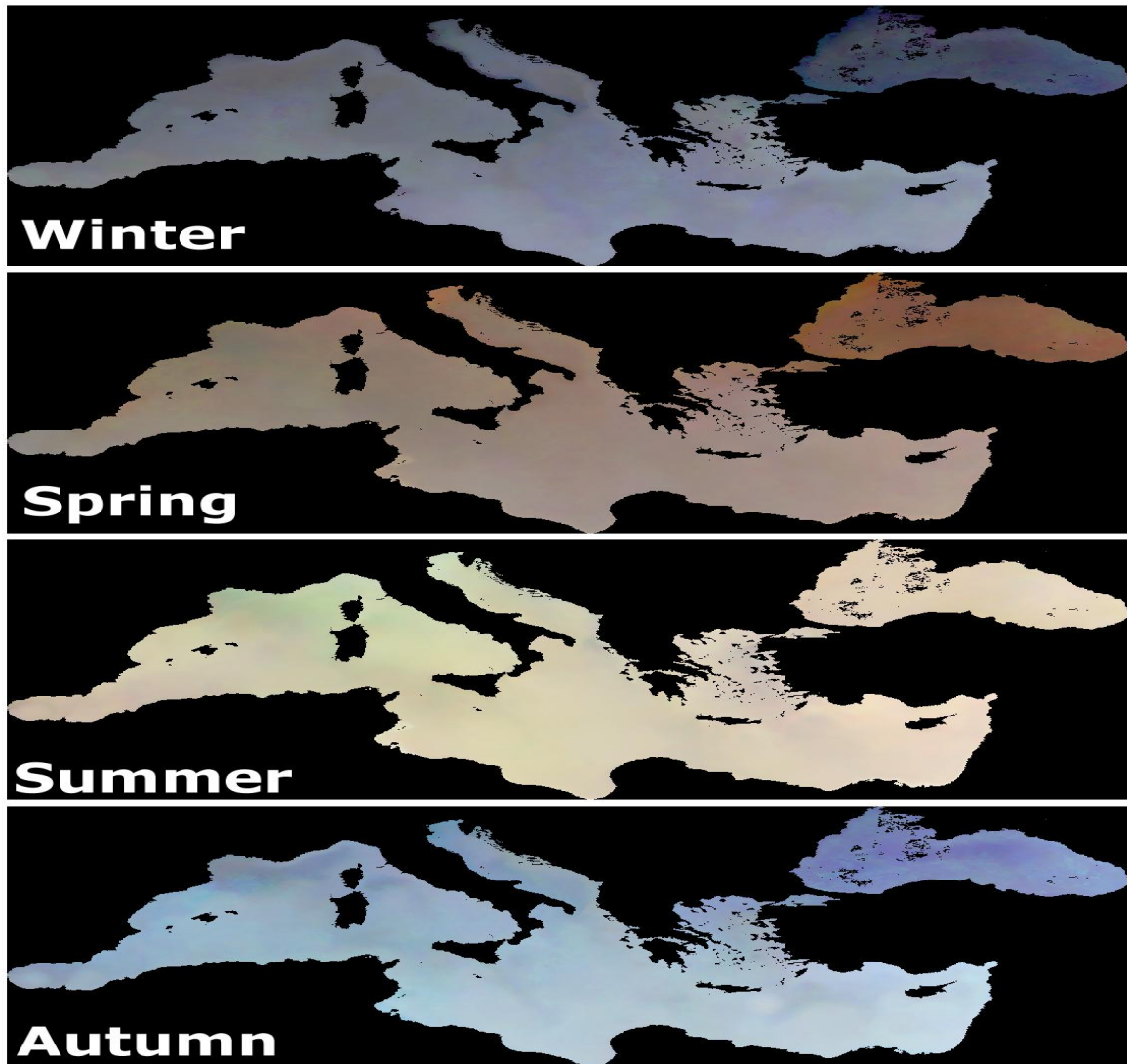
Η χωρική κατανομή των εικονοστοιχείων με την ένδειξη no-data εμφανίζεται στην Εικόνα 3.6.1.



Εικόνα: 3.6.1. Η χωρική κατανομή των εικονοστοιχείων no-data, αντιπροσωπεύεται από τα λευκά εικονοστοιχεία και υποδηλώνει μη καταγραφή δεδομένων επιλεκτικά στην Μαύρη Θάλασσα.

Τα δεδομένα (MOD28 2013) έχουν καταγραφεί από το δορυφορικό σύστημα Terra το 2010 και αντιπροσωπεύουν ημερήσιες λήψεις. Είναι σε γεωγραφικές συντεταγμένες στο ελλειψοειδές αναφοράς WGS-84, με χωρική διακριτική ικανότητα 0.041667 degrees.

Απεικονίζονται στην Εικόνα 3.6.2. σαν εποχικά έγχρωμα σύνθετα, στα οποία ο πρώτος μήνας της εποχής αντιστοιχίζεται στο μπλε, ο δεύτερος στο πράσινο και ο τρίτος στο κόκκινο.



Εικόνα: 3.6.2. Εποχικά έγχρωμα σύνθετα των μέσων μηνιαίων θερμικών καταγραφών, στα οποία ο πρώτος μήνας της εποχής αντιστοιχίζεται στο μπλε, ο δεύτερος στο πράσινο και ο τρίτος στο κόκκινο.

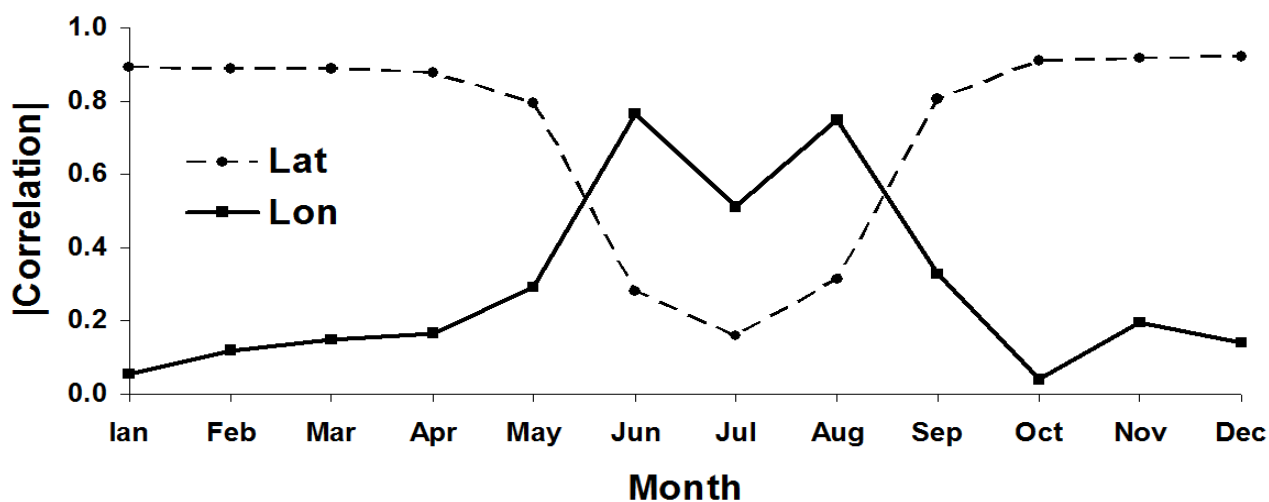
3.7. Αποσυσχέτιση

Πρώτα θα εκτιμηθεί το μέγεθος της συσχέτισης που παρουσιάζουν οι θερμικές εικόνες τόσο μεταξύ τους, όσο με το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Για αυτό το λόγο θα προσδιορισθεί ο πίνακας συσχέτισης που δίνεται στο Πίνακα 3.7.1

Για να οπτικοποιηθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και του γεωγραφικού μήκους, στην συνολική διασπορά των δεδομένων, η συσχέτιση για κάθε μήνα προβάλλεται στο διάγραμμα 3.7.1.

Πίνακας 3.7.1. Ο πίνακας συσχέτισης για τις θερμικές εικόνες (Εικόνα 3.6.2.) τόσο μεταξύ τους όσο και με το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

	Lat	Lon	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lat	1													
Lon	-0.04	1												
Jan	-0.89	-0.05	1											
Feb	-0.89	-0.12	0.98	1										
Mar	-0.89	-0.15	0.97	0.98	1									
Apr	-0.88	-0.17	0.95	0.95	0.97	1								
May	-0.79	0.29	0.82	0.80	0.81	0.84	1							
Jun	-0.28	0.76	0.25	0.19	0.19	0.22	0.65	1						
Jul	-0.16	0.51	0.15	0.09	0.10	0.14	0.46	0.67	1					
Aug	-0.31	0.75	0.18	0.10	0.10	0.13	0.52	0.84	0.73	1				
Sep	-0.80	0.33	0.75	0.71	0.71	0.73	0.84	0.62	0.56	0.69	1			
Oct	-0.91	0.04	0.92	0.90	0.91	0.92	0.85	0.36	0.31	0.34	0.88	1		
Nov	-0.92	0.19	0.92	0.89	0.89	0.88	0.88	0.45	0.33	0.41	0.88	0.96	1	
Dec	-0.92	0.14	0.94	0.93	0.92	0.90	0.87	0.40	0.27	0.34	0.84	0.94	0.97	1



Σχήμα 3.7.1. Προβολή του συντελεστή συσχέτισης ανά μήνα για το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

Είναι σαφές ότι η συσχέτιση τόσο μεταξύ γεωγραφικού πλάτους και της θερμοκρασίας, όσο και του γεωγραφικού μήκους και της θερμοκρασίας, είναι εποχικά μεταβαλλόμενη. Δηλαδή για το γεωγραφικό πλάτος παρουσιάζει μέγιστο, το φθινόπωρο, το χειμώνα και την άνοιξη, ενώ για το γεωγραφικό μήκος παρουσιάζει μέγιστο την θερινή περίοδο.

Προκειμένου να εκτιμηθεί το ποσοστό της διασποράς που οφείλεται στο γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος θα προσδιορισθούν οι ιδιοτιμές (**eigenvalue**) και τα ιδιοδιανύσματα (**eigenvectors**) στον Πίνακα 3.7.2.

Πίνακας 3.7.2. Ιδιοτιμές (**eigenvalues**) και ιδιοδιανύσματα (**eigenvectors**).

Eigen vectors	PCs											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0.38	-0.17	-0.19	0.17	-0.41	0.12	-0.72	-0.24	-0.01	-0.04	0.01	0.08
2	0.37	-0.26	-0.21	0.04	-0.32	0.07	0.28	0.57	-0.14	0.04	0.12	-0.44
3	0.37	-0.26	-0.22	-0.18	-0.04	-0.06	0.36	0.01	0.05	-0.08	-0.21	0.73
4	0.28	-0.16	-0.18	-0.44	0.22	-0.18	0.07	-0.49	-0.03	0.28	-0.26	-0.44
5	0.18	0.19	-0.44	-0.12	0.41	-0.09	-0.07	-0.03	-0.08	-0.42	0.59	-0.01
6	0.06	0.40	-0.44	0.14	0.26	-0.09	-0.24	0.40	0.14	0.44	-0.32	0.09
7	0.03	0.32	-0.09	-0.30	-0.06	0.88	0.10	-0.08	-0.01	0.04	-0.03	0.01
8	0.06	0.58	-0.13	0.03	-0.42	-0.28	0.18	-0.14	-0.11	-0.43	-0.35	-0.13
9	0.20	0.36	0.21	-0.24	-0.35	-0.24	0.08	-0.06	0.18	0.47	0.51	0.15
10	0.38	0.10	0.53	-0.38	0.21	-0.04	-0.29	0.36	0.18	-0.30	-0.19	-0.04
11	0.36	0.18	0.30	0.32	0.23	0.05	0.06	-0.08	-0.73	0.18	-0.01	0.10
12	0.38	0.08	0.12	0.56	0.18	0.14	0.26	-0.22	0.58	-0.05	0.01	-0.14
Eigenvalue	59.87	6.01	0.99	0.76	0.47	0.39	0.23	0.18	0.17	0.12	0.10	0.08
(%)	86.30	8.66	1.43	1.09	0.68	0.56	0.33	0.26	0.25	0.18	0.15	0.12

Είναι σαφές ότι οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες (ιδιοδιάνυσμα 1 και ιδιοδιάνυσμα 2), συνεισφέρουν το 95% (86.30+8.66), της συνολικής διασποράς που υπάρχει στα δεδομένα.

Το ερώτημα που τίθεται είναι, αν μπορεί να εκτιμηθεί το ποσοστό της διασποράς που οφείλεται στο γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος; Για αυτό τον λόγο θα εφαρμοστεί πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση στα ιδιοδιανυσματα 1 και 2 (κύριες συνιστώσες 1 και 2). Το αποτέλεσμα θα προκύψει από τις παρακάτω εμπειρικές σχέσεις (1) και (2) :

$$PC1= 127.6853 - 1.9212 * Lat - 0.0072 * Lon \quad [\text{Εξίσωση 1}]$$

$$PC2= 35.6273 + 0.0143 * Lat + 0.1802 * Lon \quad [\text{Εξίσωση 2}]$$

Πίνακας 3.7.3. α) Οι συντελεστές R και R² των μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης (εξίσωση 1 και εξίσωση 2) που εφαρμόστηκαν στις 2 πρώτες κύριες συνιστώσες, β) η ανάλυση διασποράς ANOVA και γ) ο έλεγχος της σημαντικότητας των συντελεστών των μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης (t-test).

Equation 1					Equation 2				
R= 0.928			R ² = 0.861		R= 0.800			R ² = 0.640	
Source	degrees freedom	sum of squares	mean square	F-test	Source	degrees freedom	sum of squares	mean square	F-test
Regression	2	9111694	4555847	536393	Regression	2	686565	343282	154559
Residual	173615	1474596	8.49		Residual	173615	385606	2.22	
Total	173617	10586290			Total	173617	1072171		
Individual Regression Coefficients					Individual Regression Coefficients				
degrees of freedom		coefficient	t-test		degrees of freedom		coefficient	t-test	
173615		Lat	-1035.7		173615		Lat	15.04	
		Lon	-11.3				Lon	555.96	

Η ανάλυση διασποράς και ο έλεγχος των συντελεστών των εξισώσεων γραμμικής παλινδρόμησης, δείχνει ότι είναι στατιστικά σημαντικές. Δηλαδή, και το κάθε γραμμικό

μοντέλο επεξηγεί την μεταβλητότητα στα δεδομένα και οι συντελεστές της κάθε εξίσωσης δεν είναι ίσοι με το μηδέν. Πιο συγκεκριμένα:

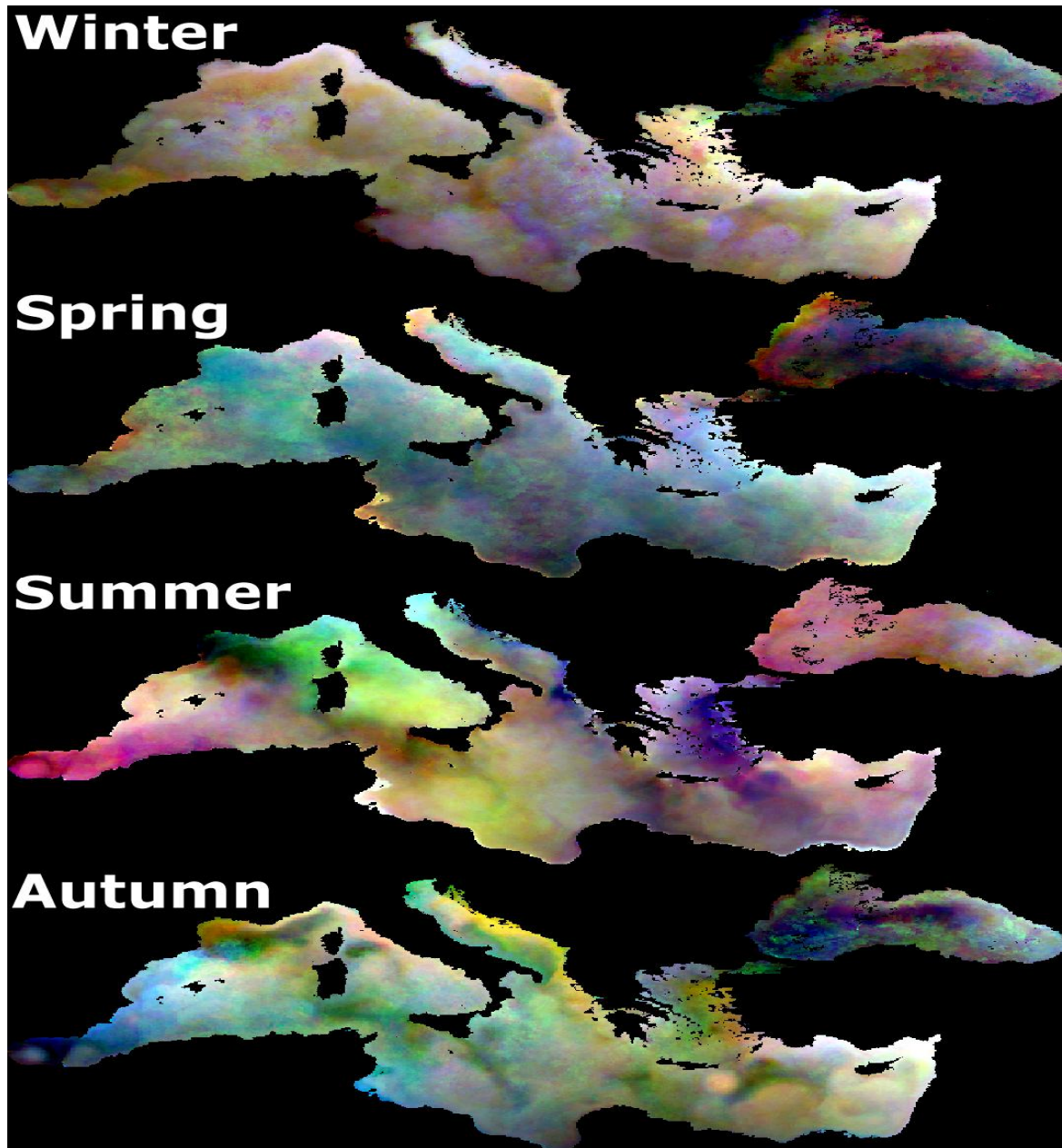
- Το F-test και για τις δύο εξισώσεις ξεπερνά την F-critical (26.12) στο 0.01 επίπεδο εμπιστοσύνης, άρα και οι δύο πολλαπλές γραμμικές παλινδρομήσεις είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 3.7.3).
- Η σημαντικότητα των συντελεστών του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης, ελέγχεται με το ένα t-test (Πίνακας 3.7.3). Οι απόλυτες τιμές του t-test για τις ανεξάρτητες μεταβλητές του γεωγραφικού πλάτους και του γεωγραφικού μήκους, είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από την t-critical τιμή (2.58) σε επίπεδο εμπιστοσύνης 0.01. Επομένως οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών αποκλίνουν από την τιμή 0.

Από την άλλη, ο συντελεστής R^2 , υποδηλώνει το ποσοστό της διασποράς που εξηγεί το γραμμικό μοντέλο, όπου για την πρώτη εξίσωση (Κύρια συνιστώσα 1) είναι ίσος με 86.1%, ενώ για την δεύτερη εξίσωση (Κύρια συνιστώσα 2) είναι ίσος με 64 %

- Αφού η κύρια συνιστώσα 1 ερμηνεύει το 86.3 % της συνολικής διασποράς, ενώ το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, που βασίζεται στο γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος, ερμηνεύει το 86.1% της διασποράς, ΣΥΜΠΕΡΑΙΝΟΥΜΕ ότι το 74,3 της συνολικής διασποράς που ερμηνεύεται από την κύρια συνιστώσα 1, πρέπει να αποδοθεί στο γεωγραφικό πλάτος και στο γεωγραφικό μήκος. Δηλαδή η υπολειπόμενη εικόνα (residual image), θα εμπεριέχει το 11.995% της συνολικής διασποράς, η οποία είναι ανεξάρτητη από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.
- Αφού η κύρια συνιστώσα 2 ερμηνεύει το 8.66 % της συνολικής διασποράς, ενώ το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης που βασίζεται στο γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος, ερμηνεύει το 64,0% της διασποράς, ΣΥΜΠΕΡΑΙΝΟΥΜΕ ότι το 5,54 % της συνολικής διασποράς που ερμηνεύεται από την κύρια συνιστώσα 1, πρέπει να αποδοθεί στο γεωγραφικό πλάτος και στο γεωγραφικό μήκος. Δηλαδή η υπολειπόμενη εικόνα (residual image) θα εμπεριέχει το 3.12 % της συνολικής διασποράς, η οποία είναι ανεξάρτητη από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

Αν παραβλεφθούν οι 2 πρώτες κύριες συνιστώσες, τότε ένα πολύ σημαντικό ποσοστό της διασποράς (11.995 % + 3.12 %) που είναι ανεξάρτητη από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος και που συμπεριλαμβάνεται στις υπολειπόμενες εικόνες, θα αφαιρεθεί σύμφωνα με τον Miliareisis (2013a). Αντίθετα, αν στην ανασύσταση συμπεριληφθούν οι 2 υπολειπόμενες εικόνες και οι κύριες συνιστώσες 3 έως και 12, τότε το ποσοστό της διασποράς

που θα συμπεριλαμβάνεται στις ανασυσταθείσες εικόνες, θα είναι ίσο με το **20,1%** των αρχικών εικόνων και το ποσοστό αυτό θα είναι ανεξάρτητο από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

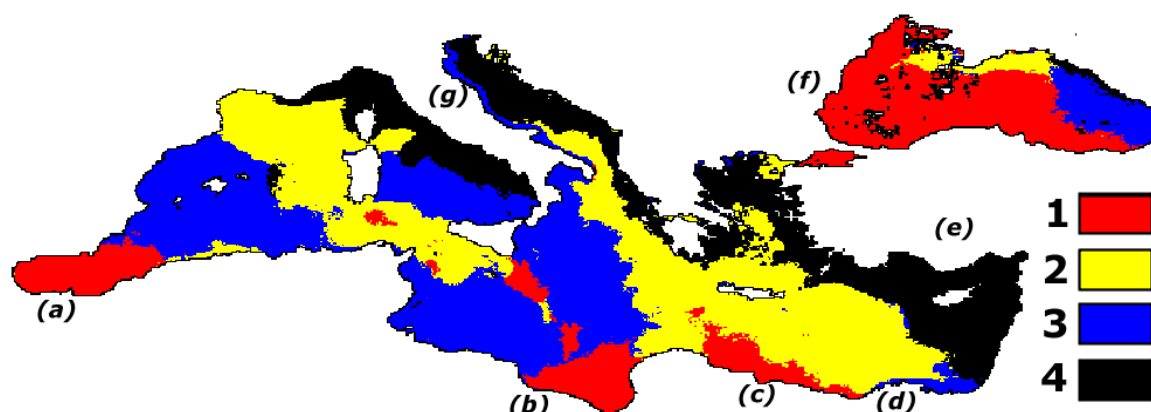


Εικόνα: 3.7.1. Εποχικά έγχρωμα σύνθετα των μέσων μηνιαίων θερμικών καταγραφών για τις ανασυσταθείσες εικόνες, στα οποία ο πρώτος μήνας της εποχής αντιστοιχίζεται στο μπλε, ο δεύτερος στο πράσινο και ο τρίτος στο κόκκινο.

3.8. Χαρτογράφηση θερμικών ανωμαλιών

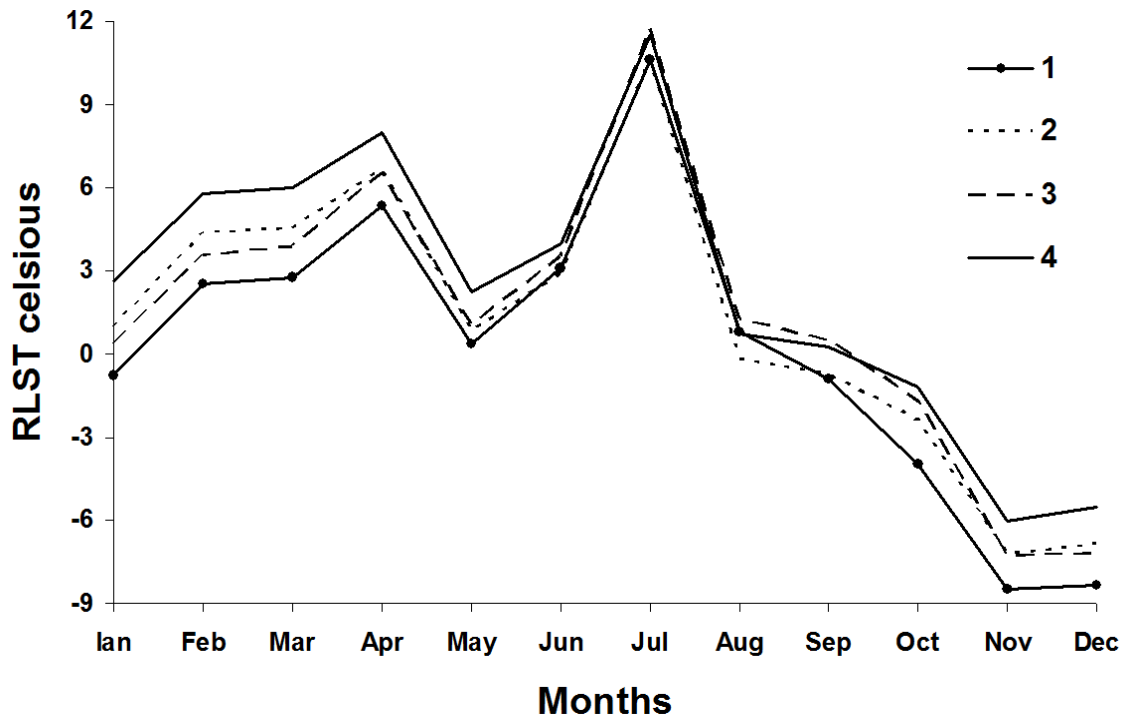
Η χαρτογράφηση των βιοφυσικών ανωμαλιών, θα επιτευχθεί με τεχνικές μη επιβλεπόμενης χαρτογράφησης (Landam and Everitt 2004), των αποσυσχετισμένων διαχρονικών εικόνων της θερμοκρασίας. Είναι μια τεχνική, που χρησιμοποιείται όταν είναι περιορισμένη η γνώση σχετικά με τα δεδομένα, ενώ η μεθοδολογία μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης, διαχωρίζει τα δεδομένα με βάση φασματικά κριτήρια. Θα εφαρμοστεί ο αλγόριθμος k-means (Miliareisis, 2014a), στον οποίο ο χρήστης προσδιορίζει κατά την εκτέλεση: α) τον αριθμό των τάξεων β) τον αριθμό των επαναλήψεων γ) τα όρια σύγκλισης. Επίσης δεν πρέπει να ξεχνάμε, ότι στον αλγόριθμο των K-Κέντρων, τα δεδομένα καθορίζουν το αποτέλεσμα της ερμηνείας, ενώ κάθε τάξη αναπαρίσταται με το κέντρο βάρους της (Miliareisis, 2013a).

Προκύπτουν 4 τάξεις με χωρική κατανομή που εικονίζεται στην Εικόνα 3.8.1.

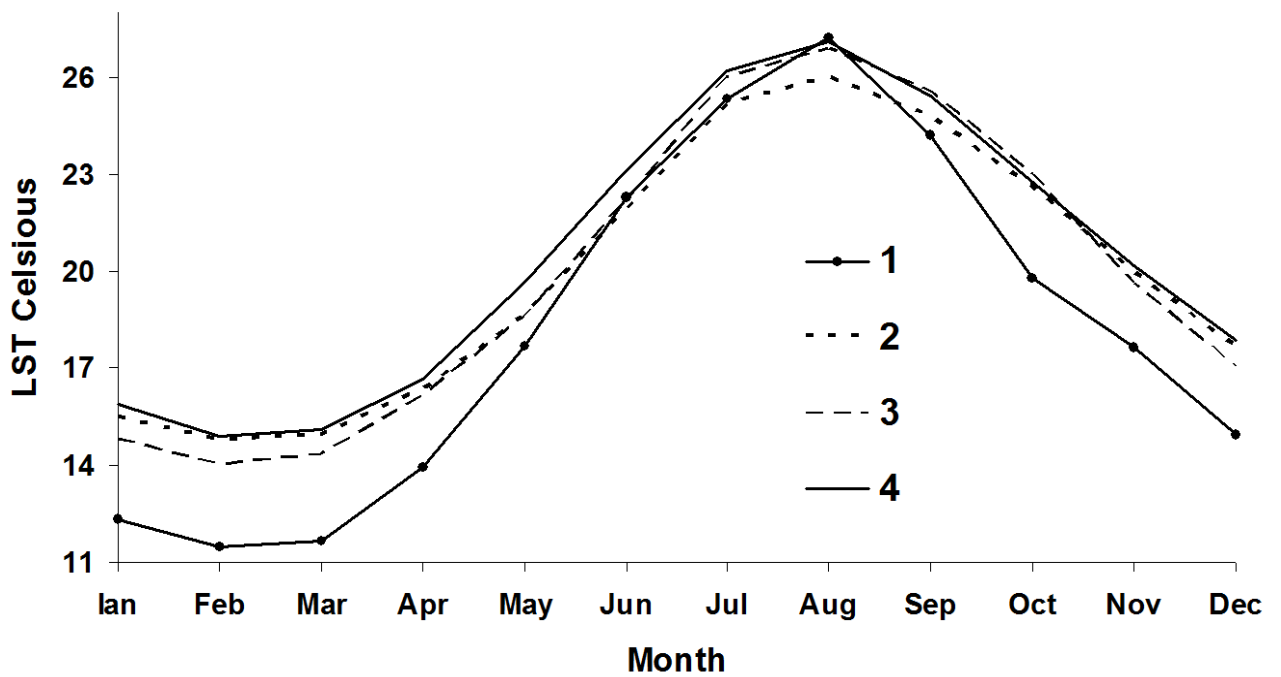


Εικόνα: 3.8.1. Η χωρική κατανομή των 4 τάξεων. Τα σύμβολα υποδηλώνουν (a) Στενό του Γιβραλτάρ (b) Κόλπος της Σύρτης (c) Η ακτογραμμή της Αιγύπτου, βόρεια της Αλεξάνδρειας και νότια της θαλάσσιας λεκάνης της Λεβαντίνης (d) Το Δέλτα του Νείλου και η διώρυγα του Σουέζ (δυτικά) (e) Τουρκία (f) Δυτική ακτή της Μαύρης Θάλασσας (g) Ιταλική Χερσόνησος.

Τα κέντρα βάρους προσδιορίζονται με βάση τις αποσυσχετισμένες εικόνες (Σχήμα 3.7.2, Πίνακας 3.7.1) αλλά και τις αρχικές εικόνες (Σχήμα 3.7.3, Πίνακας 3.7.2).



Σχήμα 3.8.1. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αποσυσχετισμένες εικόνες



Σχήμα 3.8.2. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αρχικές εικόνες.

Πίνακας 3.8.1. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αποσυσχετισμένες εικόνες.

Cluster	1	2	3	4
Ian	-0.74	0.97	0.35	2.62
Feb	2.56	4.36	3.58	5.80
Mar	2.76	4.55	3.92	6.01
Apr	5.38	6.70	6.55	7.98
May	0.36	0.86	1.08	2.28
Jun	3.10	2.90	3.54	4.00
Jul	10.63	10.61	11.73	11.54
Aug	0.78	-0.15	1.28	0.73
Sep	-0.91	-0.69	0.52	0.29
Oct	-3.98	-2.34	-1.72	-1.17
Nov	-8.49	-7.22	-7.24	-6.04
Dec	-8.32	-6.82	-7.18	-5.51

Πίνακας 3.8.2. Τα κέντρα βάρους με βάση τις αρχικές εικόνες.

Cluster	1	2	3	4
Ian	12.33	15.49	14.83	15.87
Feb	11.49	14.79	14.05	14.91
Mar	11.68	14.95	14.37	15.11
Apr	13.92	16.35	16.19	16.66
May	17.70	18.67	18.63	19.66
Jun	22.29	21.95	22.21	23.16
Jul	25.35	25.17	25.99	26.22
Aug	27.22	26.00	26.89	27.12
Sep	24.19	24.79	25.59	25.42
Oct	19.80	22.65	22.99	22.75
Nov	17.64	19.98	19.63	20.20
Dec	14.93	17.67	17.05	17.87

Κεφάλαιο Τέταρτο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Πρώτα θα εκτιμηθεί το μέγεθος της συσχέτισης που παρουσιάζουν οι θερμικές εικόνες, τόσο μεταξύ τους όσο και με το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Είναι σαφές ότι οι μήνες που είναι είτε διαδοχικοί χρονικά, είτε στην ίδια εποχή, παρουσιάζουν μεγαλύτερη συσχέτιση (Πίνακας 3.7.1). Επιπλέον, η συσχέτιση των θερμικών εικόνων με το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος συνεισφέρει σημαντικά στην συνολική διασπορά των δεδομένων όπως προκύπτει από τον πίνακα συσχέτισης (Πίνακας 3.7.1.).

Είναι σαφές ότι η συσχέτιση τόσο μεταξύ γεωγραφικού πλάτους και της θερμοκρασίας, όσο και του γεωγραφικού μήκους και της θερμοκρασίας είναι εποχικά μεταβαλλόμενη (Σχήμα 3.7.1). Δηλαδή για το γεωγραφικό πλάτος παρουσιάζει μέγιστο το φθινόπωρο, το χειμώνα και την άνοιξη, ενώ για το γεωγραφικό μήκος, παρουσιάζει μέγιστο την θερινή περίοδο (Πίνακας 3.7.1).

Είναι σαφές επίσης, ότι οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες (ιδιοδιάνυσμα 1 και ιδιοδιάνυσμα 2) συνεισφέρουν το 95% ($86.30+8.66$) της συνολικής διασποράς που υπάρχει στα δεδομένα. Το ερώτημα είναι αν μπορεί να εκτιμηθεί το ποσοστό της διασποράς που οφείλεται στο γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος και αν απαντήθηκε με την γραμμική παλινδρόμηση. Προκύπτει, ότι αν παραβλεφθούν οι 2 πρώτες κύριες συνιστώσες, τότε ένα πολύ σημαντικό ποσοστό της διασποράς ($11.995\% + 3.12\%$), που είναι ανεξάρτητη από το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος και που συμπεριλαμβάνεται στις υπολειπόμενες εικόνες, θα αφαιρεθεί. Αντίθετα αν στην ανασύσταση συμπεριληφθούν, οι 2 υπολειπόμενες εικόνες και οι κύριες συνιστώσες 3 έως και 12, τότε το ποσοστό της διασποράς που θα συμπεριλαμβάνεται στις ανασυσταθείσες εικόνες, θα είναι ίσο με το **20.1%** των αρχικών εικόνων και το ποσοστό αυτό θα είναι ανεξάρτητο, από γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

Θα πρέπει να τονισθεί, ότι οι μέσες μηνιαίες εκτιμήσεις, δίνουν μέσες τιμές που αφορούν την κατάσταση στην οποία ευρίσκεται η επιφάνεια της θάλασσας, τις ημέρες χωρίς νέφωση, όπως προσδιόρισαν οι Schneider et al. (2004). Αν συμπεριληφθούν με κάποιο τρόπο

και οι μέρες με νέφωση, τότε δυνητικά οι τιμές που θα προκύψουν, θα είναι λίγο αυξημένες. Επιπλέον, επειδή η χωρική ανάλυση είναι μέτρια, μονό μικρής και μέτριας κλίμακας, τα φυσικά φαινόμενα μπορούν να καταγραφούν τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο.

Θα μπορούσαμε να υποθέσουμε, ότι οι επιρροές της ωκεάνιας κυκλοφορίας του Ατλαντικού, επενεργούν στη Μεσόγειο Θάλασσα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μέσω των φυσικών διαδικασιών που επικρατούν (π.χ. η νεφοκάλυψη, η εμφάνιση καιρικών μετώπων, η ελαχιστοποίηση των ποτάμιων εκροών κ.α.), ως αποτέλεσμα εξάρτησης της θερμοκρασίας επιφάνειας της θάλασσας (SST) από το γεωγραφικό μήκος.

Το χρονικό μοτίβο των τιμών μας δείχνει ότι:

1. Τα κέντρα βάρους, με βάση τις αποσυσχετισμένες εικόνες, υποδεικνύουν θετικές ανωμαλίες (όπου η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από αυτή που προβλέπεται με βάση το γεωγραφικό πλάτος και μήκος) στο χρονικό διάστημα μεταξύ Ιανουαρίου και Ιουλίου περίπου και για τις τέσσερις τάξεις. Τον Ιούλιο και οι τέσσερις τάξεις παρουσιάζουν την μέγιστη θερμική ανωμαλία, δηλαδή η θερμοκρασία είναι πολύ μεγαλύτερη από όσο προβλέπεται για το σύνολο της Μεσογείου, ενώ η διαφοροποίηση μεταξύ των τάξεων (ως προς το μέγεθος της ανωμαλίας), ελαχιστοποιείται τον Ιούλιο.
2. Τα κέντρα βάρους, με βάση τις αρχικές εικόνες υποδηλώνουν ότι οι διαφοροποιήσεις των θερμοκρασιών μεταξύ των τάξεων, μεγιστοποιούνται τον χειμώνα και ελαχιστοποιούνται το καλοκαίρι, ενώ η τάξη 1, συμπεριλαμβάνει τις θερμότερες θαλάσσιες ζώνες, σε αντίθεση με την τάξη 4 που συμπεριλαμβάνει τις ψυχρότερες ζώνες.

Η χωρική κατανομή υποδηλώνει, ότι οι θερμότερες ζώνες κατανέμονται κατά μήκος της Βορειοανατολικής και Ανατολικής Μεσογείου (Κροατία, Αλβανία, Ελλάδα, Τουρκία, Συρία, Ισραήλ) και την δυτική ακτή της Ιταλίας.

Σε αντίθεση οι ψυχρότερες ζώνες παρατηρούνται :

- Στο Ανατολικό και Βόρειο τμήμα της Μαύρης Θάλασσας. Η ερμηνεία εδώ, πρέπει να έχει άμεση σχέση με τις εκροές ποτάμιων συστημάτων όπως ο Δούναβης, ο Δνείπερος κ.α. Επιπλέον η Μαύρη Θάλασσα, έχει θετικό πρόσημο στην εκροή νερού στην Μεσόγειο διαμέσου του Αιγαίου Πελάγους. Δηλαδή στην ανταλλαγή ποσοτήτων νερού, υπερισχύει η εισροή της Μαύρης Θάλασσας προς το Αιγαίο, η οποία είναι χαμηλότερης θερμοκρασίας και λιγότερο αλμυρή, από την θερμότερη και περισσότερο αλμυρή Μεσόγειο (Lionello et al. 2006).

- Ανατολικά του Γιβραλτάρ, το πρότυπο της χωρικής κατανομής των τάξεων, καταδεικνύει την εισροή ψυχρότερου νερού από τον Ατλαντικό και την εκροή πιο αλμυρού νερού από τη Μεσόγειο (Lionello et al. 2006).
- Κατά μήκος των παράκτιων ζωνών, το χωρικό πρότυπο των τάξεων αποκαλύπτει την επίδραση των εισροών ποτάμιων συστημάτων όπως ο Νείλος, υπόγειες εκροές στο κόλπο της Σύρτης, κ.α. αλλά και την επίδραση της Ερυθράς Θάλασσας διαμέσου του πορθμού του Σουέζ.

Κεφάλαιο Πέμπτο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Συμπεράσματα

Σε αυτή την ερευνητική προσπάθεια, χρησιμοποιούνται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ημέρας από το καταγραφικό σύστημα MODIS (Terra), με 4 χιλιόμετρα χωρική ανάλυση για το έτος 2010. Στόχοι είναι οι εξής:

- α) η ποσοτικοποίηση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, στην χωροχρονική κατανομή των θερμοκρασιών
- β) η εφαρμογή αποσυσχέτισης των θερμοκρασιών από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, δηλαδή μη γραμμική ενίσχυση προκειμένου να ενισχυθούν οι θερμικές ανωμαλίες.

Για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, εφαρμόστηκε η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA), που είναι μια γραμμική τεχνική μετασχηματισμού, η οποία παράγει ένα σύνολο εικόνων και είναι γνωστές ως κύριες συνιστώσες (PC), οι οποίες είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους και διατάσσονται σε σχέση με το ποσό της διακύμανσης που εξηγούν.

Οι πρώτες δυο συνιστώσες, αντιπροσωπεύουν το 94,96% της διακύμανσης. Η συμβολή των ανεξάρτητων μεταβλητών (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), σε κάθε κύρια συνιστώσα προκύπτει από την εφαρμογή του γραμμικού μοντέλου.

- Η PC1 που αντιπροσωπεύει το 86,3% της συνολικής διακύμανσης ενώ 86,1% της διακύμανσης, εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Έτσι, το 74,3% της συνολικής διακύμανσης, εμφανής στην πολυχρονική δέσμη στοιχείων, εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, ενώ το 11,99% της διακύμανσης είναι ανεξάρτητο από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος.
- Η PC2 αντιπροσωπεύει το 8,66% της συνολικής διακύμανσης, εμφανής στο πολυχρονικό σύνολο δεδομένων, ενώ 64,0% της διακύμανσης εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Έτσι, το 5,54% της συνολικής διακύμανσης εξηγείται από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, ενώ το 3,12% της διακύμανσης, ποσοτικοποιείται μέσω της υπολειμματικής εικόνας.

Στην συνέχεια γίνεται ανασύσταση των εικόνων, λαμβάνοντας υπόψη τις υπολειμματικές εικόνες PC1 και PC2. Οπότε προκύπτει μια χρονοσειρά, που είναι ανεξάρτητη από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, ενώ εξηγεί 20,1% της αρχικής διακύμανσης.

Στο τέλος, η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (αλγόριθμος των K-Κέντρων) προσδιορίζει 4 τάξεις με διαφορετική χωροχρονική κατανομή της θερμοκρασίας.

- Τα κέντρα βάρους, υποδηλώνουν αρνητικές ανωμαλίες που παρατηρούνται μεταξύ Σεπτεμβρίου – Δεκεμβρίου, ενώ η μεταβλητότητα στην θερμοκρασία, μεγιστοποιείται το καλοκαίρι και ελαχιστοποιείται χειμώνα.

Το χωρικό πρότυπο, υποδεικνύει ότι οι θερμότερες περιοχές, κατανέμονται κατά μήκος των παράκτιων περιοχών της Βορειοανατολικής και Ανατολικής Μεσογείου (Κροατία, Αλβανία, Ελλάδα, Τουρκία, Συρία, Ισραήλ) και τη δυτική ακτή της Ιταλίας.

Από την άλλη πλευρά, οι πιο κρύες περιοχές παρατηρήθηκαν σε:

- 1) Ανατολικά των Στενών του Γιβραλτάρ, όπου η εισροή του Ατλαντικού κρύου νερού στα επιφανειακά στρώματα, συνδέεται με την εκροή περισσότερων αλατούχου ενδιάμεσου στρώματος παρακάτω.
- 2) Κατά μήκος των παράκτιων περιοχών της ανατολικής Αιγύπτου, κάτι που πιθανώς σχετίζεται με εκροές του Νείλου και της Ερυθράς Θάλασσας, που επικοινωνεί μέσω της διάφυγας του Σουέζ με τη Μεσόγειο και
- 3) Ανατολικά και Βόρεια του Εύξεινου Πόντου, που σχετίζεται με τις εκροές των μεγάλων ποτάμιων συστημάτων στο βόρειο τμήμα της Μαύρης Θάλασσας, όπως ο Ντον, ο Δνείπερος και ο Δούναβης που είναι τα πιο σημαντικά.

Στην παραπάνω ερευνητική προσπάθεια με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ημέρας από το καταγραφικό σύστημα MODIS (Terra), με 4 χιλιόμετρα χωρική ανάλυση. Γίνεται προφανές πως η μεθοδολογία αυτή δύναται να χρησιμοποιηθεί με μικρότερης ακτίνας χωρική ανάλυση, ώστε να μπορούν να εντοπιστούν θαλάσσιες θερμικές ανωμαλίες τοπικού χαρακτήρα, οι οποίες πιθανώς να σχετίζονται με θαλάσσια ρύπανση από υγρά απόβλητα βιομηχανιών ή λοιπών άλλων πηγών ρύπανσης, κάτι που αποτελεί και πρόταση μιας επόμενης ερευνητικής εργασίας.

Βιβλιογραφία

Πηγές από το διαδίκτυο

1. AQUA. (2013). Aqua Project Science. National Aeronautics and Space Administration, NASA . <http://aqua.nasa.gov/about/instruments.php> (πρόσβαση 05/05/2015).
2. CIESEM, (2014). Morpho-Bathymetric map, The Mediterranean Sea Science Commission <http://www.ciesm.org/> (πρόσβαση 05/05/2015).
3. EDC, (2014). Land Processes DAAC στοU. S. Geological Survey EROS Data Center (EDC). <http://edcdaac.usgs.gov/dataproducts.asp>. Accessed April 2015.
4. GSFC, (2014). Goddard Space Flight Center, NASA <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> . Accessed April 2015.
5. ILWIS (2014). ILWIS Remote Sensing & GIS, 52° North blog, <http://52north.org/downloads/ilwis> Accessed April 2015.
6. IRI (2007), The International Research Institute for Climate and Society, <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/globalimpact/overview/overview.html>
7. LAADS, (2014). Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System, NASA <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>. Accessed April 2015.
8. MEDSEC, (2009). Environment and Security Issues in the Southern Mediterranean Region, GRID Arendal, UNEP, 2009 http://www.grida.no/files/publications/medsec_scr.pdf Accessed April 2015.
9. MOD28 (2013), SST Monthly (L3) MODIS (TERRA) 11 um (day) at 4 km, JPL, <http://opendap.jpl.nasa.gov/opendap/OceanTemperature/modis/L3/terra/11um/4km/monthly/2010/>, Accessed April 2015.

10. MODIS Web. (2013). National Aeronautics and Space Administration, NASA.
<http://modis.gsfc.nasa.gov> (πρόσβαση 14/04/2015).
11. NOAA (2014). Koppen Climatic zones, Science links.
<http://scijinks.jpl.nasa.gov/weather-v-climate/> (πρόσβαση 14/04/2015).
12. NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, El Nino Theme Page, TAO, http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/el_nino_story.html (πρόσβαση 22/02/2015)
13. NSIDC, (2014). National Snow and Ice Data Center. Boulder (Co)
<http://nsidc.org/daac/modis/index.html>. Accessed April 2015.
14. Oceanobs, (2014). Sea surface topography. <http://www.aviso.oceanobs.com/>
(πρόσβαση 14/04/2015).
15. ODYSSEA, (2014). Mediterranean Sea Surface Temperature Analysis, daily, 0.02° resolution. <http://cersat.ifremer.fr/data/tools-and-services/quicklooks/sea-surface-temperature/mediterranean-sea> (πρόσβαση 14/04/2015).
16. QGIS (2014). Quantum GIS, A Free and Open Source Geographic Information System.
<http://www.qgis.org/en/site/> Accessed April 2015.
17. Wan Z. (2007), MODIS LST products users' guide, collection-5. University of California,. <http://www.ices.ucsb.edu/modis/LstUsrGuide/usrguide.html>. Accessed April 2014.
18. University of Illinois, Atmospheric Consequences of El Nino,
http://ww2010.atmos.uiuc.edu/%28Gh%29/guides/mtr/el_n/atms.rxml

Ελληνική βιβλιογραφία

19. ΕΜΕΚΑ, (2011). Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Τράπεζα της Ελλάδος, Ιούνιος 2011, http://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7.pdf Accessed April 2015.
20. Μηλιαρέσης Γ. (2006). Ειδικές Εφαρμογές στο ArcGIS. Εκδόσεις ΙΩΝ, σελ.248.

Διεθνής βιβλιογραφία

21. Alexander M., Deser C. and Timlin M. (1999), The re-emergence of SST anomalies in the North Pacific Ocean, *Journal of Climate*, **12**, 2419–2433.
22. Bartholy, J., and Pongracz, R., (2006). Regional effects of ENSO in Central/Eastern Europe. *Advances in Geosciences*, 6, 133-137.
23. Bronnimann, S., (2007). Impact of El Niño – Southern Oscillation on European climate. *Rev. Geophys*, 45, RG3003, doi:10.1029/2006RG000199
24. Brown O., Minnett P. (1999), MODIS infrared sea surface temperature algorithm theoretical basis document Version 2.0, University of Miami, Florida, http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod25.pdf, Accessed April 2015.
25. Browning, K. A. Robert J. Gurney (1999). *Global energy and water cycles*. Cambridge University Press.
26. Brunel Sarah , Muriel Suffert, Françoise Petter, Richard Bake, (2013). Interface between pest risk science and policy: the EPPO perspective. *NeoBiota* 18: 9-23

27. Burroughs, W. (2007). *Climate change : a multidisciplinary approach*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
28. Calafat FM, Gomis D (2009). Reconstruction of Mediterranean Sea level fields for the period 1945-2000. *Glob plant change* 66:225-234,
29. Carillo A, Sannino G, Ruti PM, Calmanti S, Dell Aquila A (2012). Steric sea level rise over the Mediterranean Sea: Present climate and scenario simulations. *Climate Dynamics* Springer Verlag, DOI 10-1007/s00382-012-1369-1.
30. Clarke, A., J., (2008), *An Introduction to the Dynamics of El Nino and the Southern Oscillation*. Department of Oceanography Florida State University Tallahassee, FL, USA: Elsevier.
31. Diaz, J., Garcia-Herrera, R., Trigo, R. M., Linares, C., Valente, A., & Hernandez, E. (2004). The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it? *International Journal of Biometeorology*, doi: 10.1007/s00484-005-0005-8.
32. Duan, W., Xue, F., Mu, M. (2009). Investigating a nonlinear characteristic of El Nipo events by conditional nonlinear optimal perturbation. *Atmospheric Research*, 94, 10-18.
33. Dunkeloh, A., & Jacobeit, J. (2003). Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98. *Int. J. Climatol.*, 23, 1843–1866.
34. Eastman, J.R., & Fulk, M. (1993) Long sequence time series evaluation using standardized principal components. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 59, 1307-1312.
35. Fernandez, J., Saez, J., & Zorita, E. (2003). Analysis of wintertime atmospheric moisture transport and its variability over the Mediterranean basin in the NCEP-Reanalyses. *Clim. Res.*, 23, 195–215.

36. Fink, A. H., Brucher, T., Kruger, A., Leckebusch, G. C, Pinto, J. G., & Ulbrich, U. (2004). The 2003 European summer heatwaves and drought – synoptic diagnosis and impacts. *Weather*, 59, 209–216.
37. Founda, D. and Giannakopoulos, C., 2009. The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece – A typical summer in the future climate? *Glob.Planet.Chang.*,67, 227–236.
38. Frias, M. D., Fernandez, J., Saenz, J., & Rodriguez-Puebla, C. (2005). Operational predictability of monthly average maximum temperature over the Iberian Peninsula using DEMETER simulations and downscaling, *Tellus A*, 57A, 448–463
39. Gibelin, A. L., & Deque , M. (2003). Anthropogenic climate change over the Mediterranean region simulated by a global variable resolution model. *Clim. Dyn.*, 20, 327–339, doi: 10.1007/s00382-002–0277-1.
40. Giorgi, F., Bi, X., & Pal, J. (2004). Mean interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II climate change scenarios (2071–2100). *Climate Dynamics*, 23, 839–858.
41. Gomis D, Ruiz S, Sotillo MG, Alvavez-Fanjul E, Terradas J (2008). Low frequency sea level variability in the Mediterranean Sea: The contribution of atmospheric pressure and wind. *Glob planet change* 63(2-3):215-229.
42. Guiot, J., Nicault, A., Rathgeber, C., Edouard, J. L., Guibal, F., Pichard, G., & Till, C. (2005). The last millennium summer temperature variations in Western Europe as based on proxy data. *The Holocene*, 15, 489, doi: 10.1191/0959683605hl819rp.
43. Hanley, D., Bourassa, M.,A., O'Brien, J., J., Smith, S., R., and Spade, E., R., (2003). A Quantitative Evaluation of ENSO Indices. *Journal of Climate*, 16, 1248-1258.

44. Hasanean, H. M. (2004). Wintertime surface temperature in Egypt in relation to the associated atmospheric circulation. *Int. J. Climatol.*, 24, 985–999.
45. Heburnm G.W. (2013), The dynamics of the seasonal variability of the western Mediterranean circulation. IN: *Seasonal and interannual variability of the western Mediterranean Sea*, La Viollette PE (Editor), John Wiley and Sons, Chichester.
46. Hoerling, M. P., Hurrell, J. W., Xu, T., Bates, G. T., & Phillips, A. S. (2004). Twentieth century North Atlantic climate change. Part II: understanding the effect of Indian Ocean warming. *Clim. Dyn.*, 23, 391–405.
47. Hurrell, J. W., Hoerling, M. P., Phillips, A. S., & Xu, T. (2004). Twentieth century North Atlantic climate change. Part I: assessing determinism. *Clim. Dyn.*, 23, 371–389.
48. Josey, S. A. (2003). Changes in the heat and freshwater forcing of the Eastern Mediterranean and their influence on deep water formation. *J. Geophys. Res.*, 108, 3237, doi: 10.1029/2003JC001778.
49. Jung, T., Ferranti, L., & Tompkins, A. M. (2005). Response to the summer 2003 Mediterranean SST anomalies over Europe and Africa. *J. Climate*, 19:5439-5454.
50. Kabbara N., Yan X.H., Klemas V.V. and Pan J. (2002), Temporal and spatial variability of the surface temperature anomaly in the Levantine Basin of the Eastern Mediterranean, *International Journal of Remote Sensing*, 23, 3745-3761.
51. Karali, A., Hatzaki, M., Giannakopoulos, C., Roussos, A., Xanthopoulos, G., and Tenentes, V., 2013. Sensitivity and evaluation of current fire risk and future projections due to climate change: the case study of Greece. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.*, 1, 4777-4800.
52. Kostopoulou, E., & Jones, P. D. (2005). Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 89, 69–85.

53. Kousky, V., E., and Higgins, R., W., (2007). An Alert Classification System for Monitoring and Assessing the ENSO Cycle. *Weather and Forecasting*, 22(2), 353-371
54. Krichak, S. O. & Alpert, P. (2005b). Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region. *Theor. Appl. Climatol.*, 82, 27–39.
55. Krichak, S. O., & Alpert, P. (2005a). Decadal trends in the East Atlantic/West Russia pattern and the Mediterranean precipitation. *Int. J. Climatol.*, 25, 183–192.
56. Landam S. and Everitt B.S. (2004), *A Handbook for Statistical Analyses Using SPSS*, First Edition, Chapman & Hall/CRC Press, New York.
57. Leth, U., Locher, M., Popovits, C., (2003), El Nino: A phenomenon with global ecological effects, *Okologieseinar* ,WS 03 / 04, 224.323, Ecology.
58. Li, Z. X., (2005). Atmospheric GCM response to an idealized anomaly of the Mediterranean Sea surface temperature, *Clim. Dyn.* 40:3-4, 619-636
59. Lionello P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R., Alpert P., Artale V., Li L., Luterbacher J., May W., Trigo R., Tsimplis M., Ulbrich U. and Xoplaki E. (2006), The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues, *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 4, 22-148.
60. Lionello P., et al., (2006). .The Mediterranean Climate: An Overview of the Main Characteristics and Issues. *Developments in Earth & Environmental Sciences*, 4, 1-26.
61. Lionello, P. (2005). Extreme surges in the Gulf of Venice. present and future climate. In: C. Fletcher, and T. Spencer (Eds), *Venice and Its Lagoon, State of Knowledge*, (University Press, Cambridge, UK, pp. 59–65).

62. Lionello, P., Elvini, E., & Nizzero, A. (2003). Ocean waves and storm surges in the Adriatic Sea: intercomparison between the present and doubled CO₂ climate scenarios. *Clim. Research*, 23, 217–231.
63. Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., & Wanner, H. (2004). European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500. *Science*, 303, 1499–1503
64. Lyard, F., F. Lefèvre, T. Letellier and O. Francis (2006). Modelling the global ocean tides: a modern insight from FES2004, *Ocean Dynamics*, 56, 394-415.
65. Maaten, L., & Hinton, G. (2008). Visualizing High-Dimensional Data Using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, 9, 2579-2605.
66. Manca, B. B., Budillon, G., Scarazzato, P., & Ursella, L. (2003). Evolution of dynamics in the Eastern Mediterranean affecting water mass structures and properties in the Ionian and Adriatic Seas. *J. Geophys. Res.*, 108, 81029, doi:1029/2002JC001664
67. Mather, P.M. (2004) *Computer processing of remotely-sensed images (3rd edn)*. New York: John Wiley and Sons.
68. Miliareis G. (2007). “An upland object based modelling of the vertical accuracy of the SRTM□1 elevation dataset.” *Journal of Spatial Science*, 52 (1), 13-28.
69. Miliareis G., (2009a). The terrain signatures of administrative units: a tool for environmental assessment. *Environmental monitoring and assessment*, 150(1-4), 385-396.
70. Miliareis G., (2009b). Regional thermal and terrain modeling of the Afar Depression from multi-temporal night LST data. *International Journal of Remote Sensing*, 30(9):2429–2446.

71. Miliareisis G., (2013a). Thermal anomaly mapping from night MODIS imagery of USA, a tool for environmental assessment. *Environmental Monitoring & Assessment* 185(2):1601-1612.
72. Miliareisis G., (2013b). Terrain analysis for active tectonic zone characterization, a new application for MODIS night LST (MYD11C3) dataset. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(7):1417-1432.
73. Miliareisis G., (2014a). Spatiotemporal patterns of land surface temperature of Antarctica from MODIS Monthly LST data (MYD11C3). *Journal of Spatial Sciences*, 59(1) 157-166 : DOI: 10.1080/14498596.2013.857382.
74. Miliareisis G., (2014b). Daily Temperature Oscillation Enhancement of Multi-temporal LST Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 89.
75. Miliareisis GC & Paraschou CVE. (2005). "Vertical accuracy of the SRTM DTED level 1 of Crete." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(1),49-59.
76. Miliareisis G., Tsatsaris A. (2010). Thermal terrain modeling of spatial objects, a tool for environmental and climatic change assessment. *Environmental Monitoring & Assessment*, 164(1-4):561-572.
77. Miliareisis G., Tsatsaris A. (2011). Mapping the spatial and temporal pattern of day-night temperature difference in Greece from MODIS imagery. *GIScience & Remote Sensing*,48(2):210-224. doi: 10.2747/1548-1603.48.2.210.
78. Miliareisis, G. (2012a). Elevation, latitude/longitude decorrelation stretch of multi-temporal LST imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 87:151-160.

79. Miliareisis, G. (2012b). Elevation, latitude/longitude decorrelation stretch of multi-temporal near-diurnal LST imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 33(19): 6020-6034.
80. Miliareisis, G. (2012c). Selective variance reduction of multi-temporal LST imagery in the East Africa Rift System. *Earth Science Informatics* 5(1):1-12.
81. Miliareisis, George Ch. Karen St. Seymour (2011). Mapping the spatial & temporal SST variations in Red Sea, revealing a probable regional geothermal anomaly from Pathfinder V5 data. *International Journal of Remote Sensing* 01/2011; 32(7):1825 - 1842.
82. Munoz-Diaz, D., & Rodrigo, F. S. (2004). Impacts of the North Atlantic oscillation on the probability of dry and wet winters in Spain. *Climate Research*, 27, 33–43
83. Passaro M, Seitz F (2011). Steric sea level variations in the central-eastern Mediterranean Sea from Argo observations, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 52(1):131-147.
84. Pauling, A., Luterbacher, J., Casty, C., & Wannner, H. (2005). 500 years of gridded highresolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Clim. Dyn.*, 26, 387-405.
85. Pellegrini P.F., Bucci M., Tommasini M. and Innocenti M. (2006), Monthly averages of sea surface temperature, *International Journal of Remote Sensing*, 27,2519-2539.
86. Pinet. Paul R., (2012) *Invitation to Oceanography*. West Publishing Co., Saint Paul, MN.
87. Potter, R. A., & Lozier, M. S. (2004). On the warming and salinification of the Mediterranean outflow waters in the North Atlantic. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L01202, doi:10.1029/2003GL018161.

88. Quézel, P. & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris.
89. Raisanen, U., Hansson, J., Ullerstig, U., Doscher, A., Graham, R., Jones, L. P., Meier, C., Samuelsson, H. E. M., & Willen, P. (2004). European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Clim. Dyn.*, 22, 13–32.
90. Rio M.H., P.M. Poulain and *al.* (2007). "A Mean Dynamic Topography of the Mediterranean Sea computed from altimetric data, in-situ measurements and a general circulation model." *Journal of Marine Systems* 65: 484-508 .
91. Rio M.H., Poulain P-M, Pascal A., Mauri E., Larnicol G., Santoleri R., (2005) A mean dynamic topography of the Mediterranean Sea computed from altimeter data, in situ measurements and a general circulation model, *J. Mar. Sys.*, 2005.
92. Rio, M. H., S. Guinehut, and G. Larnicol (2011). New CNES-CLS09 global mean dynamic topography computed from the combination of GRACE data, altimetry, and in situ measurements, *J. Geophys. Res.*, 116, C07018, doi:10.1029/2010JC006505
93. Robinson A., Malanotte-Rizzoli P., Hecht A., Michelato A., Roether W., Theocharis A., Unluata U., Pinardi N. (2014) General Circulation of the Eastern Mediterranean. *Earth Sciences Reviews*, 45, 285-309.
94. Rodwell, M. J., & Hoskins, B. J. (1996). Monsoons and the dynamic of deserts. *Quar. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 122, 1385–1404.
95. Romanski J, Romanou A, Bauer M, Tselioudis G (2012). Atmospheric forcing of the Eastern Mediterranean Transient by midlatitude cyclones *Geophysical Research Letters*, P. 39, L03703, doi:10.1029/2011GL050298, 2012.

96. Rowell, D. P. (2003). The impact of Mediterranean SSTs on the Sahelian rainfall season
J. Climate, 16, 849–862
97. Sarachik, E., S., and Cane, M., A., (2010). The El Nino Southern Oscillation
Phenomenon. New York: United States of America by Cambridge University Press.
98. Schneider D.P., Steig E.J. and Comiso J.C. (2004), Recent climate variability in
Antarctica from satellite-derived temperature data, *Journal of Climate*, **17**, 1569–1583.
99. Siljestrom, P.A., Moreno, A., Vikgren, G., Caceres, L.M. (1997) The application of
selective principal components analysis to a Thematic Mapper image for the recognition
of geomorphologic features configuration. *International Journal of Remote Sensing*, 18,
3843-3852.
100. Skliris, N., & Lascaratos, A., (2004). Impacts of the Nile River damming on the
thermohaline circulation and water mass characteristics of the Mediterranean Sea. *J.*
Marine Systems, 26, 234-245
101. Smith, T.M., R.W. Reynolds, T.C. Peterson, and J. Lawrimore, (2008), Improvements
NOAAs Historical Merged Land–Ocean Temp Analysis (1880–2006). *Journal of*
Climate, 21, 2283–2296.
102. Somot, S. (2005). Mode'lisation climatique du bassin me'diterrane'en: variabilite' et
scenarios de changement climatique. PhD Thesis, Universite Paul Sabatier, Toulouse,
France.
103. Tarawneh, Q. & Kadioglu, M. (2003). An analysis of precipitation climatology in
Jordan. *Theor. Appl. Climatol.*, 74, 123–136.
104. Theocharis, A., Klein, B., Nittis, K., & Roether, W. (2002). Evolution and status of the
Eastern Mediterranean Transient (1997–1999). *J. Mar. Syst.*, 33–34, 91–116.

105. Tomažić I., Kuzmić M., Notarstefano G., Mauri E. and Poulain P.M., (2011) A comparative assessment of satellite-derived Adriatic Sea surface temperature, *International Journal of Remote Sensing*, **32**,4871-4892.
106. Touchan, R., Garfin, G. M., Meko, D. M., Funkhouser, G., Erkan, N., Hughes, M. K., & Wallin, B. S. (2003). Preliminary reconstructions of spring precipitation in southwestern Turkey from tree-ring width. *Int. J. Climatol.*, *23*, 157–171.
107. Touchan, R., Xoplaki, E., Funkhouser, G., Luterbacher, J., Hughes, M. K., Erkan, N., Akkemik, U. & Stephan, J. (2005). Reconstructions of spring/summer precipitation for the Eastern Mediterranean from tree-ring widths and its connection to large-scale atmospheric circulation, *Clim. Dyn.*, doi: 10.1007/s00382-005-0016-5
108. Trigo, R. M., Garcia-Herrera, R., Diaz, J., Trigo, I. F., & Valente, A. (2005). How exceptional was the early August 2003 heatwave in France. *Geophys. Res. Lett.*, *32*, L10701, doi:10.1029/2005GL022410.
109. Trigo, R. M., Pozo-Vazquez, D., Osborn, T. J, Castro-Diez, Y., Gamis-Fortis, S, & Esteban-Parra, M. J. (2004). North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.*, *24*, 925–944.
110. Troccoli, A. and K. Haines, (1999). Use of the Temperature-Salinity relation in data assimilation context, *J. Atmos. and Ocean. Tech.*, *16*, 2011-2025.
111. Tsimplis M, Marcos M, Somot S, Barnier B (2008). Sea level forcing in the Mediterranean Sea between 1960 and 2000. *Global Planet. Change* 63:325-332.
112. Tsimplis MN, Baker TF (2000). Sea level drop in the Mediterranean Sea: an indicator of deep water salinity and temperature changes. *Geophys. Res. Lett.* 27(12):1731-1734.
113. Tsimplis MN, Josey S (2001). Forcing the Mediterranean Sea by atmospheric oscillations over the North Atlantic. *Geophys. Res. Lett.* 28(5):803-806.

114. Tsimplis MN, Rixen M (2002). Sea level in the Mediterranean Sea: the contribution of temperature and salinity changes. *Geophys. Res. Lett.* 29:2123-2136.
115. Wan Z., Zhang Y., Zhang Q. and Li Z-L (2004), Quality assessment and validation of the MODIS land surface temperature, *International Journal of Remote Sensing*, 25, 261-274.
116. Wang, C., Fiedler, P., C., (2007). ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review, *Progress in Oceanography*, 69, 239-266.
117. Williams, G. N., Dogliotti A. I., Zaidman, P., Solis, M., Narvarte, M. A., González, R. C., Esteves, J. L., and Gagliardini, D. A. (2013). Assessment of remotely-sensed sea-surface temperature and chlorophyll-a concentration in San Matías Gulf (Patagonia, Argentina). *Continental Shelf Research*, 52, 159–171
118. Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, F. J., Luterbacher, J., & Wanner, H. (2003). Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs. *Clim. Dyn.*, 20, 723–739.
119. Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, F. J., Luterbacher, J., & Wanner, H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics. *Clim. Dyn.*, 23, 63–78.
120. Xoplaki, E., Luterbacher, J., Paeth, H., Dietrich, D., Steiner, N., Grosjean, M., & Wanner, H. (2005). European spring and autumn temperature variability and change of extremes over the last half millennium. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L15713, doi:10.1029/2005GL023424.
121. Zervakis, V., Georgopoulos, D., & Drakopoulos, P. G. (2000). The role of the north Aegean in triggering the recent Eastern Mediterranean climatic changes. *J. Geophys. Res.*, 105, 26103–26116.

122. Ziv, B., Saaroni, H., & Alpert, P. (2004). The factors governing the summer regime of the Eastern Mediterranean. *Int. J. Clim.*, 24, 1859–1871.
123. Zorita, E., von Storch, H., Gonzalez-Rouco, F. J., Cubasch, U., Luterbacher, J., Fischer-Bruns, I, Legutke, S., & Schlese, U. (2004). Climate evolution in the last five centuries simulated by an atmosphere-ocean model: global temperatures, the North Atlantic Oscillation and the Late Maunder Minimum. *Meteorol. Zeitschrift*, 13,271–289
124. Zouzias D., Miliaris G., Seymour K.ST. (2011). Probable regional geothermal field reconnaissance in the Aegean Region from modern multi-temporal night LST imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(4):717-723.