



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Γεωπληροφορική

Διπλωματική εργασία: Δημιουργία διαδικτυακής εφαρμογής για την παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχής μελέτης: Μεσόγειος θάλασσα



Εκπόνηση Εργασίας: Καραντζιά Μαριάνθη

Επιβλέπων καθηγητής: Δεληκαράογλου Δημήτριος

Αθήνα, Οκτώβριος 2020

Εικόνα εξωφύλλου: Η απεικόνιση της Μεσογείου θάλασσας από δορυφόρο (Google Earth, 2/2/2020)

Πνευματικά Δικαιώματα:

Copyright Καραντζιά Μαριάνθη, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση ότι αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό ή άλλο σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η αποκλειστική ευθύνη για την επεξεργασία, την ανάλυση και τα αποτελέσματα της εφαρμογής ανήκει στη συγγραφέα της μελέτης.

Η διπλωματική, υποβλήθηκε στο Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Μετσόβιου Πολυτεχνίου. Η τριμελής επιτροπή είναι οι εξής:

.....

Δεληκαράογλου

Δημήτριος

Καθηγητής

Εθνικού Μετσόβιου

Πολυτεχνείου

.....

Παρχαρίδης

Ισαάκ

Καθηγητής

Χαροκόπειου

Πανεπιστημίου

.....

Δουλάμης

Νικόλαος

Καθηγητής

Εθνικού Μετσόβιου

Πολυτεχνείου

Αφιερωμένη στην οικογένεια μου..

### Ευχαριστίες:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής μου. Πρώτον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δεληκαράογλου Δημήτριο για την στήριξή του, την καθοδήγησή του, τις παρατηρήσεις του και την συνεργασία κατά την πορεία της εκπόνησής της. Επίσης τον καθηγητή κ. Παρχαρίδη Ισαάκ που ήταν εκείνος που μου έδειξε το δρόμο της τηλεπισκόπησης και της αλτιμετρίας, έτσι ώστε να φέρω εις πέρας την διπλωματική μου. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κύριο Δουλάμη Νικόλαο και την διδάκτωρ Μαρία Κασελίμη, που με βοήθησαν να πραγματοποιήσω την ιδέα της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA: European Space Agency) και συγκεκριμένα τους κύριους Jerome Benveniste και Marco Restano, που βοήθησαν σε απορίες σχετικές με τα αλτιμετρικά δεδομένα, αλλά και μου έδωσαν την ευκαιρία να παραστώ στο θερινό σχολείο στην Ιταλία το 2018 με μεγάλο μέρος της θεματικής του, την Αλτιμετρία.

Τέλος, αλλά πολύ σημαντικοί ήταν οι άνθρωποι από το οικογενειακό και φιλικό περιβάλλον μου, που με στήριξαν στις προσπάθειες μου όλη την διάρκεια της σταδιοδρομίας μου. Θα ήθελα να αναφέρω τους γονείς μου Γιώργο και Μαρκέλλα, καθώς και τα αδέρφια μου Δημήτρη και Μιχάλη που τους ευχαριστώ θερμά.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Ακρωνύμια.....	σελ. 16
Περίληψη.....	σελ. 18
Abstract.....	σελ. 19
1 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Εισαγωγή.....	σελ. 20
1.1 Στόχος εργασίας.....	σελ. 24
1.2 Στρατηγική προσέγγιση εργασίας.....	σελ. 25
2 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Δορυφορική Αλτιμετρία.....	σελ. 26
2.1 Εισαγωγή.....	σελ. 26
2.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	σελ. 29
2.3 Αρχές Δορυφορικής Αλτιμετρίας.....	σελ. 31
2.4 Βασικές έννοιες για την Αλτιμετρία.....	σελ. 33
2.5 Παλμός, Κυματομορφή και Αποτύπωμα.....	σελ. 37
2.6 Τύποι Αλτιμετρίας.....	σελ. 41
2.7 Συχνότητες που χρησιμοποιούνται από τους Αλτιμετρικούς Δορυφόρους.....	σελ. 43
2.8 Τα σφάλματα των Αλτιμετρικών δεδομένων.....	σελ. 45
2.9 Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον των Αλτιμετρικών Αποστολών.....	σελ. 48
2.10 Τα χαρακτηριστικά του δορυφόρου Sentinel 3 και οι τεχνολογικές εξελίξεις.....	σελ. 60
3 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του Διαδικτυακού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (WebGis).....	σελ. 62
3.1 Εισαγωγή Διαδικτυακό Σύστημα Γεωγραφικών πληροφοριών (WebGis).....	σελ. 62
3.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	σελ. 63
3.3 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών.....	σελ. 67
3.4 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στο Διαδίκτυο (Web-GIS).....	σελ. 70
3.5 Τα βασικά Συστατικά Μέρη των ΣΓΠ στο Διαδίκτυο (Web-GIS).....	σελ. 73
3.6 Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ως διαδικτυακή υπηρεσία (Web GIS).....	σελ. 80
3.7 Το Μοντέλο των διαδικτυακών Υπηρεσιών.....	σελ. 83
3.8 Τα Πλεονεκτήματα των Διαδικτυακών Υπηρεσιών (Web Services).....	σελ. 84
3.9 Γεωχωρικές Υπηρεσίες Δικτύου (Geospatial Web Services).....	σελ. 85

3.10 Η σουίτα GeoServer.....σελ.	89
3.11 Η βιβλιοθήκη OpenLayers.....σελ.	89
4 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Η περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα.....σελ.	90
4.1 Καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης: Φυσικό Περιβάλλον.....σελ.	90
4.2 Καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης: Ανθρωπογενές Περιβάλλον.....σελ.	92
5 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Αποτελέσματα και η διαδικτυακή εφαρμογή.....σελ.	94
5.1 Δεδομένα.....σελ.	94
5.2 Αποτελέσματα.....σελ.	98
5.3 Σχεδιασμός και Υλοποίηση της εφαρμογής.....σελ.	189
5.4 Καθορισμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος.....σελ.	191
5.5 Σχετικά με την ροή εργασιών για την υλοποίηση της εφαρμογής.....σελ.	193
5.6 Περιγραφή των λειτουργιών-υπηρεσιών που πρόκειται να δημοσιευθούν.....σελ.	199
5.7 Παράδειγμα χρήσης της εφαρμογής/ Παρουσίαση εφαρμογής.....σελ.	201
6 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Συμπεράσματα.....σελ.	206
6.1 Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν.....σελ.	209
6.2 Μελλοντικές προκλήσεις.....σελ.	210
Παράρτημα.....σελ.	212
7.1 Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των δεδομένων του δορυφόρου Sentinel 3 της μορφής netcdf 4 σε csv.....σελ.	212
7.2 Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του QGIS2 web.....σελ.	214
7.3 Ένα παράδειγμα από τον κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των ιδιοτήτων των ψηφιδωτών επιπέδων σε SLD αρχεία.....σελ.	218
7.4 Ο κώδικας που προέκυψε από την δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής από τον Geoserver.....σελ.	220
Βιβλιογραφία.....σελ.	232
Ηλεκτρονικές πηγές.....σελ.	240

## Ευρετήριο εικόνων:

- 1.1: Χρονική σειρά θερμοκρασίας: Κορυφή: Χρονολογικές σειρές μηνιαίων μέσων (λεπτής γραμμής) και 12μηνιαίας φιλτραρισμένης (παχιάς γραμμής) θερμοκρασίας θαλάσσης σε σχέση με την περίοδο 1993-2014 στις ευρωπαϊκές θάλασσες. Η τάση της θερμοκρασίας της θάλασσας μαζί με το διάστημα εμπιστοσύνης 95% (° C / έτος). Κάτω: Τμήματα βάθους / χρόνου υποτροπικών ανωμαλιών θερμοκρασίας κατά μέσο όρο για τις ευρωπαϊκές θάλασσες κατά την περίοδο 1993-2016 και σε σχέση με την κλιματολογική περίοδο 1993-2014. Η τάση της θερμοκρασίας της θάλασσας εκτιμήθηκε εφαρμόζοντας την εποχική διαδικασία προσαρμογής X-11 (π.χ., Pezzulli κ.ά., 2005 και αναφορές σε αυτό) και τη μέθοδο Sen (Sen, 1968).....σελ. 22
- 2.1: Αρχή δορυφορικής αλτιμετρίας (πηγή: AVISO, πρόσβαση: 25/10/2018).....σελ. 32
- 2.2: Η τάση της μέσης στάθμης της θάλασσας από το 1992 έως το 2016 (Πηγή: [http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lssa/SeaLevelRise/LSA\\_SLR\\_timeseries.php](http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lssa/SeaLevelRise/LSA_SLR_timeseries.php), πρόσβαση: 26/10/2018).....σελ. 33
- 2.3: Βασικές έννοιες της Αλτιμετρίας (Πηγή: DUACS, 2018).....σελ. 35
- 2.4: Βασικές έννοιες της Αλτιμετρίας (Πηγή: DUACS, 2018).....σελ. 36
- 2.5: Η διάδοση των παλμικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, το αποτύπωμα τους (footprint) στη θαλάσσια επιφάνεια και η κυματομορφές (waveform) που προκύπτουν από την ανάκλαση του παλμού στην επιφάνεια των ωκεανών. (Πηγή: Coastalt, 2018).....σελ. 37
- 2.6: Καθώς ο χρόνος αυξάνεται, αυξάνεται και το μέγεθος του αποτυπώματος της μικροκυματικής ακτινοβολίας. (Πηγή: Δεληκαράογλου, 2012).....σελ. 38
- 2.7 : Πρόσπτωση παλμικού κύματος σε ταραχώδη θαλάσσια επιφάνεια. (Πηγή: ESA, 2014).....σελ. 39
- 2.8 : Απεικόνιση των παραμέτρων της κυματομορφής με βάση το μοντέλο Brown. (Πηγή: AVISO, 2018).....σελ. 40
- 2.9: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα των Αλτιμετρικών Δορυφόρων (Πηγή: AVISO, πρόσβαση 2/02/2019).....σελ. 43
- 2.10: Σύνολο των διορθώσεων που πρέπει να επιβληθούν στις αλτιμετρικές ψμετρήσεις (Πηγή: Δεληκαράογλου, 2005).....σελ. 45
- 2.11: Τα βασικά εργαλεία του Sentinel 3 (Πηγή: ESA, 2019).....σελ. 61



3.1: Κατηγορίες χαρτών που συναντούμε στο Internet (Πηγή: <a href="http://kartoweb.itc.nl/Webcartography/Webmaps/static/s-view.htm">http://kartoweb.itc.nl/Webcartography/Webmaps/static/s-view.htm</a> , Πρόσβαση: 20/01/2019).....	σελ. 69
3.2 : Αρχιτεκτονική ενός Server – side δικτυακού Γ.Σ.Π. (Πηγή: Alesheikh A.A. et al, 2002).....	σελ. 74
3.3: Αρχιτεκτονική ενός Client – side δικτυακού Γ.Σ.Π. (Πηγή: Alesheikh A.A. et al, 2002).....	σελ. 75
3.4: Web gis: Server and Client part (Πηγή: Department of Geography San Diego, 2018).....	σελ. 76
3.5: Το θεωρητικό μοντέλο που ακολουθούν τα Web Services (Πηγή: <a href="http://www.it.uom.gr/project/soap/Theory/architecture.html">http://www.it.uom.gr/project/soap/Theory/architecture.html</a> , Πρόσβαση:25/02/2020).....	σελ. 84
3.6: DSS-WebGIS “Waves Energy”: SDI αρχιτεκτονική (Πηγή: Geomatics to assess wave energy potential in the Medi-terranean Sea: design and development of DSS-WebGIS "Waves Energy", σελ. 8-9).....	σελ. 89
4.1: Συγκεντρωτική δορυφορική εικόνα από δεδομένα της NASA τον Απρίλιο του 2012 (Πηγή: NASA, 2012).....	σελ. 92
4.2: Η Βαθυμετρία της Μεσογείου Θάλασσας (Παπαζαχαρίου, 2013).....	σελ. 93
5.1: Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις και οι διορθώσεις παλιρροιών που πραγματοποιούνται στα δεδομένα X-track (AVISO, 2018).....	σελ. 95
5.2: MEDiterraneanSEA_polygon, X-track SLA (AVISO, 2019).....	σελ. 95
5.3: Οι τροχές του GFO στη Μεσόγειο θάλασσα (AVISO, 2019).....	σελ. 108
5.4: Η αρχιτεκτονική του Συστήματος (Βασισμένο στο: DSS-Web GIS “Waves Energy”: SDI αρχιτεκτονική).....	σελ. 192
5.5: Η δημιουργία Workspace στην σουίτα Geoserver.....	σελ. 195
5.6: Η δημιουργία των stores στον Geoserver.....	σελ. 195
5.7: Η διαμόρφωση των ιδιοτήτων των επιπέδων στον Geoserver.....	σελ. 196
5.8: Παράδειγμα της εφαρμογής: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα», με την οπτικοποίηση των διανυσματικών επιπέδων: χώρες και θάλασσες.....	σελ. 202

5.9: Παράδειγμα της εφαρμογής: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα», με την οπτικοποίηση του επιπέδου OSM από την βιβλιοθήκη Openlayers.....σελ. 203

5.10: Παράδειγμα της εφαρμογής: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα», με την οπτικοποίηση των διανυσματικών επιπέδων: χώρες και θάλασσες, καθώς και το επίπεδο της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2012.....σελ. 205

### **Ευρετήριο σχημάτων-διαγραμμάτων:**

Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1993.....σελ. 135
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1994.....σελ. 137
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1995.....σελ. 139
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1996.....σελ. 141
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1997.....σελ. 143
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1998.....σελ. 145
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 1999.....σελ. 147
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2000.....σελ. 149
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2001.....σελ. 151
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2002.....σελ. 153

Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2003.....σελ.	155
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2004.....σελ.	157
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2005.....σελ.	159
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2006.....σελ.	161
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2007.....σελ.	163
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2008.....σελ.	165
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2009.....σελ.	167
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2010.....σελ.	169
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2011.....σελ.	171
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2012.....σελ.	173
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2013.....σελ.	175
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2014.....σελ.	177
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2015.....σελ.	179
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2016.....σελ.	181
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2017.....σελ.	183
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2018.....σελ.	185
Σύγκριση του MSLA (1993-2017), με το SLA του έτους 2019.....σελ.	187

## Ευρετήριο χαρτών:

1: Το SLA για τον μήνα Μάρτιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission.....σελ. 99	σελ. 99
2: Το MSSH για τον μήνα Μάρτιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: X-track.....σελ. 100	σελ. 100
3: Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2016. Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission.....σελ. 101	σελ. 101
4: Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2016. Δεδομένα: Sentinel 3a.....σελ. 102	σελ. 102
5: Η σύγκριση του SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2016, μεταξύ των δεδομένων από SSALTO/DUACS και Sentinel-3a.....σελ. 104	σελ. 104
6: Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017. Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission.....σελ. 105	σελ. 105
7: Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017. Δεδομένα: Sentinel-3a.....σελ. 106	σελ. 106
8: Η σύγκριση του SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017, μεταξύ των δεδομένων από SSALTO/DUACS και Sentinel-3a.....σελ. 107	σελ. 107
9: Το SLA για την χρονική περίοδο 2000 έως 2008. Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission.....σελ. 109	σελ. 109
10: Το Sla για την χρονική περίοδο 2000 έως 2008. Δεδομένα: X-track.....σελ. 110	σελ. 110
11: Το MSLA του έτους 1993. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 112	σελ. 112
12: Το MSLA του έτους 1994. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 112	σελ. 112
13: Το MSLA του έτους 1995. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 112	σελ. 112
14: Το MSLA του έτους 1996. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 113	σελ. 113
15: Το MSLA του έτους 1997. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 113	σελ. 113
16: Το MSLA του έτους 1998. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 113	σελ. 113
17: Το MSLA του έτους 1999. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 114	σελ. 114
18: Το MSLA του έτους 2000. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 114	σελ. 114
19: Το MSLA του έτους 2001. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 114	σελ. 114
20: Το MSLA του έτους 2002. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 115	σελ. 115
21: Το MSLA του έτους 2003. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 115	σελ. 115
22: Το MSLA του έτους 2004. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 115	σελ. 115

23: Το MSLA του έτους 2005. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	116
24: Το MSLA του έτους 2006. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	116
25: Το MSLA του έτους 2007. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	116
26: Το MSLA του έτους 2008. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	117
27: Το MSLA του έτους 2009. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	117
28: Το MSLA του έτους 2010. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	117
29: Το MSLA του έτους 2011. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	118
30: Το MSLA του έτους 2012. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	118
31: Το MSLA του έτους 2013. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	118
32: Το MSLA του έτους 2014. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	119
33: Το MSLA του έτους 2015. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	119
34: Το MSLA του έτους 2016. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	119
35: Το MSLA του έτους 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	120
36: Το MSLA του έτους 2018. Δεδομένα: Sentinel 3a and b.....σελ.	120
37: Το MSLA του έτους 2019. Δεδομένα: Sentinel 3a and b.....σελ.	120
38 : Το SLA των μηνών Ιανουάριο έως Μάρτιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	128
39: Το SLA των μηνών Απρίλιο έως Ιούνιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	129
40: Το SLA των μηνών Ιούλιο έως Σεπτέμβριο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	130
41: Το SLA των μηνών Οκτώβρη έως Δεκέμβρη για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	131
42: Το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	133
43: Η τομή για την δημιουργία των προφίλ.....σελ.	134
44: Το SLA του 1993 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	135
45: Το SLA του 1994 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	137
46: Το SLA του 1995 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	139
47: Το SLA του 1996 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	141

48: Το SLA του 1997 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	143
49: Το SLA του 1998 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	145
50: Το SLA του 1999 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	147
51: Το SLA του 2000 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	149
52: Το SLA του 2001 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	151
53: Το SLA του 2002 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	153
54: Το SLA του 2003 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	155
55: Το SLA του 2004 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	157
56: Το SLA του 2005 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	159
57: Το SLA του 2006 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	161
58: Το SLA του 2007 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	163
59: Το SLA του 2008 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	165
60: Το SLA του 2009 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	167
61: Το SLA του 2010 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	169
62: Το SLA του 2011 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	171
63: Το SLA του 2012 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	173
64: Το SLA του 2013 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ.	175

65: Το SLA του 2014 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 177	σελ. 177
66: Το SLA του 2015 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 179	σελ. 179
67: Το SLA του 2016 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 181	σελ. 181
68: Το SLA του 2017 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS.....σελ. 183	σελ. 183
69: Το SLA του 2018 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: Sentinel 3 και SSALTO/DUACS.....σελ. 185	σελ. 185
70: Το SLA του 2019 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: Sentinel 3 και SSALTO/DUACS.....σελ. 187	σελ. 187
71: Sea surface wind wave significant height (19.09.2020). Δεδομένα: Copernicus Marine Service (Jason 3, Cryosat 2, Sentinel 3).....σελ. 211	σελ. 211

## ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ:

ADT= Absolute Dynamic Topography  
ALBICOCCA=ALtimeter-Based Investigations in COrsica, Capraia and Contiguous Areas  
AMIC= Atlantic Meridional Overturning Circulation  
ASCII= American Standard Code for Information Interchange  
ATSR= Along Track Scanning Radiometer  
Aviso+ = Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data  
CNES= Centre National d'Études Spatiales  
COASTALT= ESA Development of COASTal ALTimetry  
CTOH= Center for Topographic studies of the Ocean and Hydrosphere  
DORIS= Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite  
ENSO= El Nino (Νότια Ταλάντωση)  
ERM= Exact Repeat Orbit  
ERS= European Remote Sensing  
ESA= European Space Agency  
FOSS =Free and Open Source Software  
GCOS= Global Climate Observing System  
GEOS= Geodynamic Experimental Ocean Satellite  
GEOSAT= Geodetic Geophysical Satellite  
GIS = Geographic Information System  
GNSS= Global Navigation Satellite Systems  
GOCE= Gravity and Ocean Circulation Explorer (ESA)  
GOME= Global Experiment Monitorinh Ozone  
GOOS= The Global Ocean Observing System  
GPS= Global Positioning System  
GRACE= Gravity Recovery and Climate Experiment  
IPCC= Intergovernmental Panel on Climate Change  
ISI= Institute for Scientific Information  
MDT= Mean Dynamic Topography  
MSS= Mean Sea Surface  
NASA= National Aeronautics and Space Administration  
netCDF= network Common Data Form (<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>)



NOAA= National Oceanic and Atmospheric Administration  
NRT = Near Real Time  
OGC = Open Geospatial Consortium  
OSGEO= Open Source Geospatial Foundation  
OSTST= Ocean Surface Topography Science Team  
PISTACH= CNES Development of “Prototype Innovant de Système de Traitement pour les Applications Côtières et l’Hydrologie”  
RECOSETO= REgional COastal SEa level change and sea surface Topography from altimetry, Oceanography, and tide gauge stations in Europe  
SAMOSA= ESA development of SAR altimetry mode studies and applications over ocean, coastal zones and inland water  
SAR= Synthetic Aperture Radar  
SARAL= Satellite with ARgos and ALtika  
SIRAL= SAR/Interferometric Radar ALtimete  
SRAL= SAR Radar Altimeter  
SLA= Sea Level Anomaly  
SSA= Singular spectrum Analysis  
SSH= Sea Surface Height  
SWH= Significant Wave Height  
SWOT= Surface Water Ocean Topography mission  
TOPEX= Topography Experiment  
WCS = eXtensive Coverage Service (Υπηρεσία δικτύου coverage)  
WEB-GIS= Geographic Information System on Web  
WFS = Web Feature Service (Υπηρεσία δικτύου οντότητας)  
WGS84= World Geodetic System 1984  
WMS = Web Map Service (Υπηρεσία δικτύου Χάρτη)  
UNFCCC= United Nations Framework Convention on Climate Change  
ΣΓΠ = Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η διπλωματική παρουσιάζει ένα διαδικτυακό σύστημα Σ.Γ.Π. για την παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας και του κλίματος της περιοχής μελέτης, όπου είναι η Μεσόγειος Θάλασσα. Σκοπός είναι η υλοποίηση μιας εφαρμογής, με την οποία ο χρήστης θα είναι ικανός να συμβάλλει στη μελέτη της μακροπρόθεσμης μεταβλητότητας της θάλασσας, στις εποχιακές διακυμάνσεις της και στις μελέτες σχετικές με το κλίμα δίνοντας παράλληλα έμφαση στις παράκτιες περιοχές, συγκρίνοντας διαφορετικές αποστολές αλτιμετρικών δορυφόρων.

Η εφαρμογή στηρίζεται στην συλλογή δορυφορικών δεδομένων των εξής αλτιμετρικών αποστολών Topex, Jason-1, Jason-2, Jason-3, Saral/Altika, Envisat, Geosat Follow-on, Sentinel-3a, Sentinel-3b, αλλά και τους χάρτες του προγράμματος SSALTO/DUACS από το συνδυασμό αλτιμετρικών αποστολών, που μαζί αποτελούν την γεωγραφική Βάση Δεδομένων.

Το σύστημα αποτελεί μια απλή και σχετικά εύκολη στην χρήση εφαρμογή, όχι μόνο για τους εμπειρογνώμονες αλλά και για τους απλούς χρήστες. Η εφαρμογή είναι σχεδιασμένη ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις των χρηστών, το περιβάλλον και τη νομοθεσία. Ο συνδυασμός των τρεχόντων και ιστορικών δεδομένων δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να προβεί σε κάποια συμπεράσματα σχετικά με την αλληλεπίδραση της στάθμης της θάλασσας και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής κυρίως στις παράκτιες περιοχές της Μεσογείου. Η μελέτη της μέσης στάθμης της θάλασσας στον παράκτιο χώρο είναι βασικός δείκτης της κλιματικής μεταβλητότητας (IPCC, 2013).

Στο μέλλον θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή και για άλλες περιοχές μελέτης. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί ελεύθερο λογισμικό (λογισμικό ανοιχτού κώδικα). Περιβάλλον ανάπτυξης της εφαρμογής αποτέλεσε, το λογισμικό Geoserver. Επομένως, μελλοντική πρόκληση αποτελεί η βελτίωση της και η ενημέρωσή της, όχι μόνο όσο αφορά την περιοχή μελέτης, αλλά και το είδος των δεδομένων που συμπεριλαμβάνει.

*Λέξεις κλειδιά:* Διαδικτυακή εφαρμογή, Αλτιμετρικά δεδομένα, Ελεύθερο λογισμικό, Παράκτια Αλτιμετρία, Κλιματική αλλαγή

## **ABSTRACT:**

This study, presents an online GIS system to monitor the variability of sea level and climate of the study area, where the Mediterranean Sea is. The purpose is to implement an application that will enable the user to contribute to the study of long-term variability of the sea, its seasonal fluctuation and climate studies, while also emphasizing on coastal areas, by comparing different altimeter missions.

The application, is based on the satellite data collection of the following satellite missions: Topex, Jason-1, Jason-2, Jason-3, Saral / Altika, Envisat, Geosat Follow-on, Sentinel-3a, Sentinel-3b and satellite maps of SSALTO / DUACS program, which is the combination of altimeter missions, and finally, all together, they form the geographical database.

The system is a simple and relatively easy-to-use application, not only for experts but also for ordinary users. The application is designed to meet user requirements, environment and legislation. The combination of current and historical data enables the user to find conclusions about the interaction of sea level and the effects of climate change, mainly on the coastal areas of the Mediterranean. The study of mean sea level in coastal areas is a key indicator of climate variability (IPCC, 2013).

In the future the application could also be used for other study areas. The application uses free software (open source). The application development environment was software, Geoserver. So the future challenge is to improve and update it, not only by extending the study area, but also in the type of data it contains.

*Key words:* Web-GIS, altimetry data, Coastal zone altimetry

## 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Εισαγωγή

Το τελευταίο τέταρτο του αιώνα παρατηρείται ιδιαίτερη μεταβλητότητα στις μακροπρόθεσμες αλλαγές των ωκεάνιων συστημάτων. Οι ωκεανοί είναι ζωτικής σημασίας καθώς προσφέρουν τρόφιμα, ενέργεια και το ήμισυ του οξυγόνου στον πλανήτη. Είναι καίριας σημασίας για τον κύκλο του νερού, τη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα του κόσμου (Lenoir κ.ά., 2011). Καθώς και για πολλές δραστηριότητες του ανθρώπου όπως είναι οι μεταφορές, το εμπόριο και άλλες οικονομικές δραστηριότητες (OECD, 2016). Οι ωκεανοί μας, ωστόσο, βρίσκονται υπό απειλή λόγω της αλλαγής του κλίματος και της πίεσης των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, επομένως είναι σημαντικό να αναπτυχθεί μια προσέγγιση αειφόρου και επιστημονικής αναφοράς (UN, 2017). Απαιτείται καλύτερη διαχείριση των θαλασσών μας, που οδηγούν σε μακροπρόθεσμη, συνεχή και σταθερή παρακολούθηση από το φυσικό περιβάλλον στα οικοσυστήματα και από τη παγκόσμια κλίμακα σε τοπικές κλίμακες.

Το σύστημα ατμόσφαιρα και ωκεανός συμβάλλουν συνδυαστικά στην αλλαγή του κλίματος και στην πρόβλεψη του καιρού (von Schuckmann, κ.ά., 2016a). Η παρακολούθηση της ροής της θερμότητας από τους ωκεανούς στην ατμόσφαιρα και από την ατμόσφαιρα στους ωκεανούς είναι αναγκαία, για αυτό και ελέγχεται σε σημεία του ωκεανού γνωστά ως choke points. Οι αλλαγές στο πάνω στρώμα της θαλάσσης, οφείλονται στις μετακινήσεις θερμότητας. Όσο αφορά την βαθύτερη θερμοκρασία των ωκεανών, επηρεάζεται από το θερμοκλινές και από πολλών ειδών δυναμικούς μηχανισμούς που εξίσου επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή (παραδείγματα Forget και Wunsch, 2007; Roemmich, κ.ά., 2015; Riser, κ.ά., 2016). Άλλος ένα σημαντικός παράγοντας των επιδράσεων ωκεανού και ατμόσφαιρας είναι οι εξατμήσεις και οι καθιζήσεις. Γενικότερα η παρακολούθηση της παγκόσμιας και της ευρωπαϊκής αποθήκευσης θερμότητας σε ωκεανούς, είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς οι αλλαγές της επηρεάζουν επιπλέον τη διαστρωμάτωση, τα ωκεάνια ρεύματα, τη θερμική μνήμη (Hansen, κ.ά., 2011), το λιώσιμο των πάγων (Polyakov, κ.ά., 2017), τα κλιματικά χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης (Dieng, κ.ά., 2017), τις αλληλεπιδράσεις αέρα-θάλασσας καθώς και τα θαλάσσια οικοσυστήματα σε συνδυασμό με τα ανθρώπινα μέσα διαβίωσης (Doney, κ.ά., 2012).

Μερικά από τα πιο βασικά συμπεράσματα της αλληλεπίδρασης της κλιματικής αλλαγής και των ωκεανών από την Έκθεση για τον Κόσμο του Ωκεανού για το 2018, είναι τα εξής (Marine Service Ocean State Report, 2018):

-Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας αυξάνεται με ρυθμό 3 χιλιοστών ετησίως (Ablain et al., 2015). Μετά από μια ταχεία αύξηση το 2015, ο ρυθμός αύξησης παρουσίασε ελαφρά αποδυνάμωση το 2016 λόγω του φαινομένου El Niño. Στη διάρκεια του 2016, υπήρξαν παρατηρήσεις με θετικές και αρνητικές ανωμαλίες σε σχέση με την κλιματολογία στη Βαλτική Θάλασσα και τη Μεσόγειο (IPCC, 2013).

-Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας στις ευρωπαϊκές θάλασσες αυξάνεται σε ποσοστό 2,5 έως 4 χιλιοστών ετησίως.

-Κατά το τελευταίο τέταρτο του αιώνα, ο παγκόσμιος ωκεανός και οι ευρωπαϊκές θάλασσες θερμαίνονται, η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται και στην Ευρώπη σημειώθηκαν αρκετά ακραία γεγονότα.

-Περίπου το 30-40% αυτής της αύξησης της στάθμης της θάλασσας οφείλεται στην steric ανωμαλία (είναι η ανωμαλία ειδικού όγκου που θα υφίστατο το θαλασσινό νερό σε οποιοδήποτε σημείο, αν το θαλασσινό νερό ερχόταν ισοθεμικά σε πίεση μιας ατμόσφαιρας).

-Η παγκόσμια θερμική περιεκτικότητα στον ωκεανό (θερμότητα που απορροφάται από τον ωκεανό) αυξήθηκε σε ποσοστό 8 watts ανά τετραγωνικά μέτρα. Περίπου το 93% της πλεονάζουσας θερμότητας που δημιουργείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στη Γη απορροφάται από τον ωκεανό.

-Στην περιοχή της Αρκτικής, η έκταση του πάγου της θάλασσας μειώνεται σε ποσοστό 6,2% ανά δεκαετία, ενώ ο όγκος του πάγου στη θάλασσα έχει μειωθεί σε ποσοστό 15,4% ανά δεκαετία. Ακόμη παρατηρείται ότι ο παγκόσμιος πάγος της θάλασσας λιώνει με ρυθμό πολύ πιο γρήγορο από το ρυθμό που παρατηρήθηκε από τα πρώτα αρχεία που χρονολογούνται από τη δεκαετία του '80.

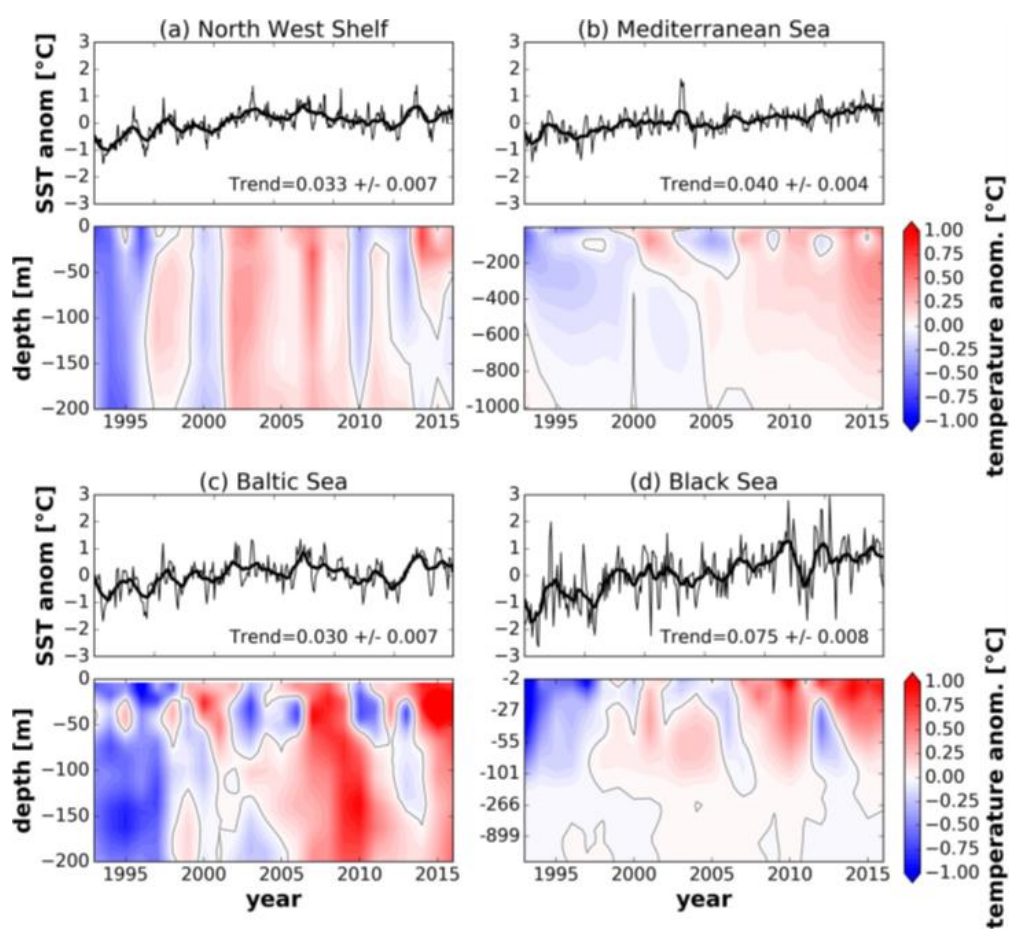
-Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 παρατηρήθηκε σχετικά σταθερή πρόσληψη άνθρακα στον παγκόσμιο ωκεανό και απότομη αύξηση της απορρόφησης άνθρακα από τον ωκεανό από τις αρχές της δεκαετίας του 2000.

-Λόγω της μακροπρόθεσμης μεταβλητότητας και όχι της συνεχιζόμενης τάσης, η ισχύς του AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation) έχει εξασθενήσει από το 2005 και η ροή του Κόλπου επιβραδύνθηκε τα τελευταία 25 χρόνια.

-Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η χλωροφύλλη των ωκεανών έχει αυξηθεί σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και στις ευρωπαϊκές θάλασσες (εκτός από τη Μαύρη Θάλασσα) και έχει μειωθεί στον τροπικό ωκεανό.

-Παρατηρείται αποξυγόνωση των ωκεανών, τα τελευταία 60 χρόνια.

-Η παγκόσμια θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας θερμάνθηκε τη περίοδο του 1993-2015 με ρυθμό  $0,016 \pm 0,002 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{έτος}$  (Roquet κ.ά., 2016).



Εικόνα 1.1: Χρονική σειρά θερμοκρασίας: Κορυφή: Χρονολογικές σειρές μηνιαίων μέσων (λεπτής γραμμής) και 12μηνια φιλτραρισμένης (παχιάς γραμμής) θερμοκρασίας θαλάσσης σε σχέση με την περίοδο 1993-2014 στις ευρωπαϊκές θάλασσες. Η τάση της θερμοκρασίας της θάλασσας μαζί με το διάστημα εμπιστοσύνης 95% ( $^\circ\text{C} / \text{έτος}$ ). Κάτω: Τμήματα βάθους / χρόνου υποτροπικών ανωμαλιών θερμοκρασίας κατά μέσο όρο για τις ευρωπαϊκές θάλασσες κατά την περίοδο 1993-2016 και σε σχέση με την κλιματολογική περίοδο 1993-2014. Η τάση της θερμοκρασίας της θάλασσας εκτιμήθηκε εφαρμόζοντας την εποχική διαδικασία προσαρμογής X-11 (π.χ., Pezzulli κ.ά., 2005 και αναφορές σε αυτό) και τη μέθοδο Sen (Sen, 1968).

Ακόμη μερικές μεταβλητές που είναι πολύ σημαντικές για την κατάσταση-υγεία και την κατανόηση των ωκεάνιων συνθηκών σε συνάρτηση με την κλιματική αλλαγή είναι η έκταση του πάγου της θαλάσσης, η αλατότητα (παραδείγματα Yu κ.ά 2017; Durack κ.ά., 2016)., τα θρεπτικά στοιχεία (π.χ. το φυτοπλακτόν), η ροή του διοξειδίου του άνθρακα, τα ωκεάνια ρεύματα, ο επιφανειακός άνεμος και γενικότερα τα ατμοσφαιρικά και δυναμικά φαινόμενα (π.χ. El Niño-Νότια ταλάντωση (ENSO)) . Στόχος του Διεθνούς Συστήματος Παρακολούθησης της Θάλασσας (GOOS) είναι η παρακολούθηση των βασικών μεταβλητών του κλίματος και των ωκεανών, όπου είναι απαραίτητες για την υποστήριξη της εργασίας της Σύμβασης Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Αλλαγή του Κλίματος και της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) και πολλών θαλάσσιων βιομηχανιών και υπηρεσιών.

Ωστόσο, η μεταβλητότητα του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας είναι μεγάλος συνεισφέρων στην αλλαγή του κλίματος, δεδομένου ότι αντικατοπτρίζει τόσο τη θέρμανση του ωκεανού, όσο και την επίδραση του λιώσιμου των πάγων (IPCC, 2013). Η περιφερειακή μεταβλητότητα της στάθμης της θάλασσας οφείλεται στην εσωτερική μεταβλητότητα του κλίματος και σε ανθρωπογενείς πιέσεις (Meysignac κ.ά., 2012). Στον ανοικτό ωκεανό, οι τάσεις του υψομέτρου της θαλάσσιας επιφάνειας είναι ουσιαστικά σχετικές με τις θερμο-στερικές επιδράσεις (Legeais κ.ά., 2016). Από την άλλη η τοπική μεταβλητότητα επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική πίεση, τα ρεύματα των ωκεανών και τις περιφερειακές αλλαγές των ανέμων. Ακόμη στις παράκτιες περιοχές, η οργάνωση και η εξάπλωση των κυμάτων συμβάλλουν επίσης στην τοπική μεταβλητότητα (Melet κ.ά., 2016). Αναγκαία είναι η παρακολούθηση των αλλαγών του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης, η οποία από το 1993 και έπειτα παρακολουθείτε με ακρίβεια και χωρική και χρονική βεβαιότητα από την δορυφορική αλτιμετρία (Legeais κ.ά., 2016; Ablain κ.ά., 2017). Παρόλα αυτά, η σαφή απάντηση των ωκεανών στην αλλαγή του κλίματος εξακολουθεί να είναι θέμα συζήτησης. Για αυτό παρατηρείται ολοένα και περισσότερη ενασχόληση με το συγκεκριμένο ζήτημα, αλλά και εμφανίζονται καινούριες αποστολές αλτιμετρικών δορυφόρων με διαφορετικές ιδιότητες.

## 1.1 Στόχος Εργασίας:

Βασικός στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής, είναι η αξιοποίηση αλτιμετρικών δεδομένων, διαφορετικών δορυφορικών αποστολών για την περιοχή της Μεσογείου θάλασσας. Στο πρώτο μέρος των υλοποιηθέντων θα πραγματοποιηθεί σύγκριση των αλτιμετρικών δεδομένων των διάφορων δορυφορικών αποστολών, για την ίδια χρονική περίοδο. Στο δεύτερο μέρος της εργασίας υλοποιείται διαχρονική παρακολούθηση των δεδομένων SLA (sea level anomalies) για την περίοδο 1993 έως 2019. Τελικό στάδιο είναι η δημιουργία μιας διαδικτυακής εφαρμογής, όπου ο χρήστης θα έχει την δυνατότητα να επιλέγει τα επίπεδα-layers από κάθε δορυφόρο της λίστας, που επιθυμεί και θα τα οπτικοποιεί σε χάρτη. Με την επιλογή των επιπέδων ο χρήστης έχει την ευκαιρία να συγκρίνει δεδομένα από διαφορετικούς δορυφόρους, μεταξύ του sentinel-3 και των δορυφόρων της κοινοπραξίας του x-track της Aviso (Jason-1, Topex/Poseidon κλπ.). Η ακόμη θα έχει την δυνατότητα να συγκρίνει τα δεδομένα του ίδιου δορυφόρου σε διαφορετική χρονική περίοδο. Η παρακολούθηση της περιοχής μελέτης και ιδίως η χρόνια παρακολούθηση, μπορεί να οδηγήσει σε συμπεράσματα για την κλιματική αλλαγή.

Ακόμη σκοπός είναι να γίνει μια αναφορά στους τύπους των νέων δεδομένων της δορυφορικής αλτιμετρίας και στους χάρτες που δημιουργούνται από τους αλτιμετρικούς δορυφόρους, όπως τον Sentinel-3 και παλαιότερους δορυφόρους όπως ο Jason-1, ο Topex Poseidon και πολλοί άλλοι.



## **1.2 Στρατηγική προσέγγιση εργασίας:**

Η στρατηγική προσέγγιση της εργασίας βασίζεται: στις θεμελιώδεις αρχές της αλτιμετρίας, για την κατανόηση των πρακτικών ζητημάτων και των τεχνικών που χρησιμοποιούνται, στην επιλογή των δεδομένων και στην επεξεργασία αυτών, και στην παρουσίαση της εφαρμογής.

Συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται το αντικείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας, ο στόχος και η εισαγωγή για την μερική κατανόηση του περιεχομένου της διατριβής.

Το δεύτερο κεφάλαιο, περιλαμβάνει το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο της δορυφορικής αλτιμετρίας. Αλλά και τα σφάλματα των αλτιμετρικών δεδομένων. Ακόμη παρουσιάζονται παλαιές, σύγχρονες αλλά και μελλοντικές δορυφορικές αποστολές. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην αλτιμετρική αποστολή του δορυφόρου Sentinel 3, λόγω των νέων χαρακτηριστικών, αλλά και των καινοτομιών του σε σχέση με τις παλαιότερες αλτιμετρικές αποστολές.

Στο κεφάλαιο τέσσερα παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης, όπου είναι η Μεσόγειος Θάλασσα, καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά της.

Τα κεφάλαια τρία και πέντε περιγράφουν τα διαδοχικά στάδια επιλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Καθώς και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν. Αλλά και τα διάφορα αποτελέσματα που υλοποιήθηκαν σε μορφή χαρτών και στατιστικών γραφημάτων.

Αποτέλεσμα της διαδικασίας που περιγράφηκε είναι η δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής που παρουσιάζεται στο πέμπτο κεφάλαιο της μελέτης.

Στο τελευταίο κεφάλαιο ακριβώς πριν από το παράρτημα, συνοψίζονται τα συμπεράσματα, η μελλοντική εξέλιξη της εφαρμογής καθώς και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν.

## **2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Δορυφορική Αλτιμετρία:**

### **2.1 Εισαγωγή:**

Στη Γη, οι διεργασίες που συνδέουν το νερό και την ενέργεια είναι θεμελιώδεις και αποτελούν προκλήσεις της επιστήμης του κλίματος σήμερα. Η παρακολούθηση της μεταβολής των υδάτινων πόρων και των επιφανειακών μαζών της Γης σε ολόκληρο τον πλανήτη, η παρακολούθηση των αλλαγών στα φύλλα πάγου και στους παγετώνες, η γνώση των υπόγειων υδάτων, η ποσότητα νερού σε μεγάλες λίμνες και ποτάμια, καθώς και οι αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας και τα ωκεάνια ρεύματα μας δείχνουν μια ολοκληρωμένη παγκόσμια άποψη για το πώς εξελίσσεται ο κύκλος του νερού και το ενεργειακό ισοζύγιο της Γης, με σημαντικές εφαρμογές για την καθημερινή ζωή. Καθοριστικό παράγοντα, με μεγάλο ποσοστό επιρροής για την μεταβολή του κλίματος αποτελούν οι σύντομες και βραχυπρόθεσμες αλλαγές της στάθμης των ωκεανών. Βασικό μέσο για την παρακολούθηση του ύψους της επιφάνειας της θάλασσας (SSH-sea surface height), σε παγκόσμια κλίμακα είναι η δορυφορική αλτιμετρία.

Η δορυφορική αλτιμετρία αποτελεί μια καθιερωμένη μέθοδο τα τελευταία 40 χρόνια και βοηθά στην παρατήρηση της δυναμικής των ωκεανών (για παράδειγμα μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από τους Fu και Chelton, 2001; Morrow και Le Traon, 2012), της κυκλοφορίας των ρευμάτων τους, αλλά και την βαρύτητα της Γης. Οι μελέτες επικεντρώνονται κυρίως στα πρότυπα των τάσεων και της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, που αρκετές φορές πραγματοποιούν μοντέλα πρόβλεψης και διαχείρισης του κλίματος. Η δορυφορική αλτιμετρία συναντά την πρακτική σε μελέτες που προσπαθούν να λύσουν ζητήματα όπως τα ακραία καιρικά φαινόμενα, τη ναυτιλία, τη διαχείριση των ρύπων, τη διάβρωση των ακτών, τη επικινδυνότητα στις πλημμύρες των παράκτιων περιοχών, τη πρόβλεψη κλιματικών φαινομένων όπως το El Nino και La Nina κλπ. (Harley κ.ά., 2006). Χάρη στην επαναληπτικότητα, την υψηλή ακρίβεια και την μακροπρόθεσμη διάρκεια των αλτιμετρικών δεδομένων, είναι δυνατή η αντιμετώπιση και πρόβλεψη αυτού του είδους προβλημάτων.

Οι αλλαγές στην κλιματική αλλαγή επηρεάζουν σήμερα περισσότερο από ποτέ ένα σημαντικό χώρο ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, που είναι οι παράκτιες περιοχές. Ο παράκτιος χώρος συγκεντρώνει ποικίλες κοινωνικές και οικονομικές ανθρώπινες

δραστηριότητες μεταξύ άλλων και τη βασική κατοικία (Dangendorf κ.ά., 2012). Επομένως η δορυφορική αλτιμετρία αποτελεί τεχνική που συνεισφέρει στην πρόγνωση, διαχείριση και αντιμετώπιση προβλημάτων στον παράκτιο χώρο και γενικότερα στον παγκόσμιο πληθυσμό και την οικονομία (Church και White, 2011).

Από τα μέσα του 1970 η παροχή των αλτιμετρικών δεδομένων είναι συνεχής, γεγονός που επιτρέπει την διαρκή παρακολούθηση των ωκεανών και την εκτενή έρευνα από την επιστημονική κοινότητα, ακόμη και σε πεδία εκτός των θαλασσών (σε λίμνες και ποτάμια). Επίσης η ανανέωση και ενημέρωση των τεχνολογιών που δομούν την αλτιμετρία, προσφέρει ολοένα και ακριβέστερα και σταθερά δεδομένα. Βασικός στόχος της αλτιμετρίας όπως αναφέρθηκε είναι η παρακολούθηση των ιδιοτήτων των θαλασσών, της υδρόσφαιρας και η μελέτη της βαρύτητας. Επομένως βρίσκει εφαρμογές σε επιστήμες όπως η χαρτογραφία, η μετεωρολογία, η γεωδαισία, οι επιστήμες περιβάλλοντος και καταστροφών (Rosmorduc κ.ά., 2011).

Οι αλτιμετρικοί δορυφόροι χρησιμοποιούν την τεχνική μέτρησης του υψομέτρου της στάθμης της θάλασσας. Όπου το όργανο του δορυφόρου καταγράφει τον αμφίδρομο χρόνο της απόστασης του ηλεκτρομαγνητικού σήματος από την κεραία εκπομπής ως την επιφάνεια της Γης. Το σχήμα του ανακλώμενου σήματος, που είναι γνωστό ως "κυματομορφή" αντιπροσωπεύει την εξέλιξη του χρόνου της ανακλώμενης ισχύος, καθώς ο παλμός του ραντάρ χτυπά την επιφάνεια της θάλασσας.

Εκτενέστερα το δορυφορικό αλτιμετρικό όργανο εκπέμπει ένα παλμό μικροκυματικής ακτινοβολίας (radar) αλλά βραχείας χρονικής διάρκειας προς το σημείο ναδίρ της θέσης του δορυφόρου (το σημείο που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον δορυφόρο). Ο ηλεκτρομαγνητικός αυτός παλμός αλληλεπιδρά με τη θαλάσσια επιφάνεια και μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας επιστρέφει στον δορυφόρο, καταγράφεται και αναλύεται. Κατά αυτόν τον τρόπο, προσδιορίζεται η απόσταση από τον δορυφόρο μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας. Επιπλέον, προσδιορίζονται η ταχύτητα του ανέμου κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, η κυκλοφορία των ρευμάτων, αλλά και το ύψος των κυμάτων της.

Στις παράκτιες ζώνες του ωκεανού, η επεξεργασία και η ερμηνεία δεδομένων μέσω δορυφορικής αλτιμετρίας προκαλούν ειδικές δυσκολίες, λόγω της αλληλεπίδρασης του

σήματος ραντάρ με την τοπογραφία της γης, τις ανακρίβειες σε ορισμένες από τις γεωφυσικές διορθώσεις (π.χ. υγρή τροπόσφαιρα, ιονόσφαιρα, θαλάσσια κατάσταση μεροληψία, αντίστροφο βαρόμετρο, φαινόμενο αιολικής ενέργειας υψηλής συχνότητας και παλίρροιες), και τις γρήγορες αλλαγές στο επίπεδο της θάλασσας (Deng et al., 2006) και στα ρηχά νερά (π.χ. Andersen and Scharroo, 2011). Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στα αλτιμετρικά εργαλεία, έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι επεξεργασίας και διορθώσεις (Vignudelli et al., 2011; Pascual et al., 2015). Για την βελτιστοποίηση της πληρότητας και της ακρίβειας των πληροφοριών για το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας που προέρχονται από τη δορυφορική αλτιμετρία στις παράκτιες θαλάσσιες περιοχές, χρησιμοποιούμε το ειδικό λογισμικό μετα-επεξεργασίας, το οποίο ονομάζεται X-TRACK, έχει αναπτυχθεί από το Κέντρο Τοπογραφίας του Ωκεανού και της Υδρόσφαιρας στην Τουλούζη (Center of Topography of the Ocean and Hydrosphere) και τα αλτιμετρικά δεδομένα των δορυφόρων Sentinel-3 A και B. Τα δεδομένα των εξής αποστολών, είναι προσαρμοσμένα για την επέκταση της χρήσης δεδομένων αλτιμετρίας στις εφαρμογές των παράκτιων ωκεανών και παρέχουν ελεύθερα διαθέσιμα κατά μήκος Επίπεδα θαλάσσιας ανωμαλίας (SLA) που καλύπτουν σήμερα όλους τους παράκτιους ωκεανούς. Με τη βελτίωση της ακρίβειας των αλτιμετρικών δεδομένων στις παράκτιες περιοχές, επεκτείνουμε ακόμη περισσότερο και το πεδίο των θαλάσσιων εφαρμογών.

Παρατηρώντας μερικά από τα στατιστικά στοιχεία επιρροής της αλτιμετρίας στην ωκεανογραφική κοινότητα, διαπιστώνουμε ότι αποτελεί ζήτημα πολλών ερευνών και αναφορών. Ένα παράδειγμα είναι οι εξαιρετικά λεπτομερείς αναφορές ερευνών στο βιβλίο των Fu και Cazenave *Satellite Altimetry and Earth Sciences* (2001). Πιο συγκεκριμένα αναζητώντας έγγραφα σχετικά με την αλτιμετρία στην ηλεκτρονική βιβλιοθήκη επιστημονικών περιοδικών ISI (Ινστιτούτο Επιστημονικών Πληροφοριών) ανακαλύπτουμε περισσότερα από 6.000 έγγραφα. Ακόμη μια απλή αναζήτηση για τον δορυφόρο "TOPEX" στο Google Scholar αντιστοιχεί σε τουλάχιστον 15.000 εγγραφές. Αποδεικνύεται η ολοένα και περισσότερη ενασχόληση της επιστημονικής κοινότητας με την αλτιμετρία, με περισσότερο σύνηθες την δημιουργία μοντέλων διαχείρισης της πρόβλεψης των ωκεανών.

## 2.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση:

Όπως προαναφέρθηκε η ωκεανογραφική κοινότητα έχει ασχοληθεί αρκετά με τα δεδομένα της δορυφορικής αλτιμετρίας και ιδιαίτερα με τα δεδομένα των παράκτιων περιοχών, όπου εκεί συγκεντρώνονται πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες. Παρακάτω θα αναφερθούμε, σε μερικά έργα-μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από μεμονωμένα άτομα και ομάδες, αλλά και έχουν χρηματοδοτηθεί από φορείς του διαστήματος, χρησιμοποιώντας δορυφορικά αλτιμετρικά δεδομένα.

Μια από τις γνωστές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με την μελέτη χρονοσειρών αλτιμετρικών δορυφορικών δεδομένων, είναι η μελέτη για την κυκλοφορία του νερού στη Μαύρη Θάλασσα από την ομάδα του Korotaev το 2001. Έπειτα η επιστημονική κοινότητα φαίνεται να εστιάζει στην μελέτη της Αλτιμετρίας στις παράκτιες περιοχές. Προβλήματα όμως συναντώνται με τα δορυφορικά δεδομένα κοντά στις ακτές. Μερικές πρώτες εργασίες που ασχολούνται με την παράκτια ζώνη είναι των Crout το 1997, της ομάδας του Anzenhofer το 1999 και της ομάδας του Vignudelli το 2000.

Πρόσφατες μελέτες σχετικές με την μελέτη της κλιματικής αλλαγής με την βοήθεια των δορυφορικών αλτιμετρικών δεδομένων είναι: των Iglesias, I., Lorenzo, M.N., Lázaro, C., Fernandes, M.J., Bastos, L., όπου στο σύγγραμμά τους εστιάζουν στη μακροπρόθεσμη μεταβλητότητα και ανταπόκριση στα πρότυπα τηλεπικοινωνιών του Βορειοατλαντικού Ατλαντικού, εξετάζοντας την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για την περίοδο 1993-2013. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης απέδειξαν μια ισχυρή σχέση μεταξύ των ατμοσφαιρικών προτύπων και του SLA, καθώς και τις έντονες διακυμάνσεις της μεταβλητής σε χωρικές και χρονικές κλίμακες. Επίσης οι ερευνητές Landerer, F.W. και Volkov, D.L. στο σύγγραμμά τους «Η ανατομία των πρόσφατων μεγάλων διακυμάνσεων της στάθμης της θάλασσας στη Μεσόγειο Θάλασσα» το 2013, αποδεικνύουν ότι η αλλαγή της στάθμης της θάλασσας αποτελεί βασικό δείκτη του κλίματος, χρησιμοποιώντας δορυφορικά αλτιμετρικά δεδομένα για την προσέγγιση της εποχικής προσαρμογής της Μεσογείου, με τη τεχνική αυτόματης εξαγωγής σήματος (SSA-Singular spectrum analysis).

Από την μεριά τους οι οργανισμοί του διαστήματος, φαίνεται να προσπαθούν και εκείνοι να λύσουν τα ζητήματα που έχουν να κάνουν με τα αλτιμετρικά δεδομένα στις παράκτιες ζώνες. Πρώτη φορά συζητείται η ανάγκη για αλτιμετρικά δεδομένα από δορυφόρο, στο συνέδριο του Williamstown το 1969. Για αυτό το 2001 ξεκινάει το πρόγραμμα για την παράκτια ζώνη ALBICOCCA, το οποίο αποτελεί πρόδρομο του ευρωπαϊκού έργου INTAS ALTICORE (2007-2008). Ακόμη δημιουργούνται δύο επιστημονικές ομάδες Η PISTACH και COASTALT. Το έργο PISTACH “Prototype Innovant de Système de Traitement pour les Applications Côtières et l’Hydrologie” ξεκίνησε το Νοέμβριο του 2007 και χρηματοδοτήθηκε από τη Γαλλική Διαστημική Υπηρεσία (CNES), με σκοπό τη βελτίωση των αλτιμετρικών δεδομένων ,για την παράκτια περιοχή, του δορυφόρου Jason-2 (Aviso, 2018). Παράλληλα ιδρύεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA) το έργο COASTALT "ESA development of COASTal ALTImetry", το οποίο εστιάζει στην δημιουργία αλτιμετρικών προϊόντων για τις παράκτιες περιοχές για το δορυφόρο Envisat (Cipollini, 2010). Οι προσπάθειες συνεχίζονται με χρηματοδοτούμενα έργα όπως το RECOSETO και μερικά έργα, όπως το OSTST (Vignudelli, 2011). Έπειτα δημιουργήθηκε το λογισμικό X-TRACK με τα περιφερειακά προϊόντα, από την γαλλικό κέντρο ερευνών CTOH, που βοηθά ένα μεγάλο όγκο εφαρμογών όπως την παράκτια κυκλοφορία των ωκεανών, τη δυναμική της μεσοκλίμακας, την επικύρωση του υδρολογικού και παλιρροιακού μοντέλου, τις παλίρροιες, την ανάπτυξη ή την επικύρωση των νέων επεξεργασιών του αλτιμέτρου. Τα προϊόντα X-TRACK διανέμονται ελεύθερα, παρέχοντας προϊόντα για παράκτιες και περιφερειακές εφαρμογές. Μερικές εργασίες που έχουν δημοσιευτεί χρησιμοποιώντας δεδομένα X-TRACK είναι από τους Durand κ.ά., 2009; Birol κ.ά., 2010; Cancet κ.ά., 2012; Passaro κ.ά., 2014.

Μεγάλη καινοτομία σήμερα για την Αλτιμετρία και την μελέτη των παράκτιων περιοχών, αποτελεί η δορυφορική αποστολή Sentinel-3. Όπου λόγω των χαρακτηριστικών της είναι πολλά υποσχόμενη.

### 2.3 Αρχές Δορυφορικής Αλτιμετρίας

Από το 1973 όπου τέθηκε σε τροχιά ο πρώτος αλτιμετρικός δορυφόρος Skylab μέχρι σήμερα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι μια συνεχόμενη προσπάθεια, όπου παρατηρούμε ολοένα και περισσότερες δυνατότητες από τις αλτιμετρικές αποστολές και εφαρμογές που καλύπτουν. «Πλέον προσδιορίζουμε το υψόμετρο της επιφάνειας της θάλασσας από δορυφόρους με ακρίβεια εκατοστού κάθε 1s (ή και με ρυθμούς 20-40 φορές σε 1s, με ταχύτητα δηλαδή δειγματοληψίας 20-40Hz) και από ύψος περίπου 800-1300 km πάνω από την επιφάνεια της Γης» (Μερτίκας, 2016). Παλιές δορυφορικές αποστολές είναι ο GEOSAT (1985), ο ERS-1 (1991), ο ERS-2 (1995), ο TOPEX/Poseidon (T/P, 1992), ο GFO (1998), ο Jason-1 (2001), ο ENVISAT (2002), ο Jason-2 (2008), ο HY-2 (2010), ο Cryosat-2 (2010), ο Saral (2013), ο Sentinel-3 (2016, 2018), και ο Jason-3 (2016). Μελλοντικές αποστολές είναι ο Jason-CS/ Sentinel-6 και ο Swot που υπολογίζονται ότι θα εκτοξευθούν το 2020.

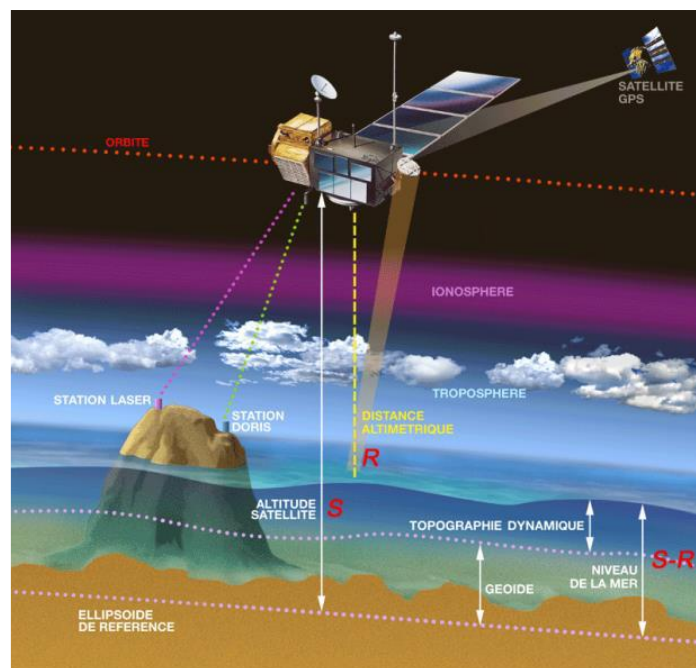
Η δορυφορική Αλτιμετρία είναι η τεχνική που μετρά την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του δορυφόρου και της ανώτερης επιφάνειας της Γης. Η διαδικασία αυτή ξεκινά, με τη μετάδοση παλμών ραντάρ (περισσότερους από 1700 παλμούς ανά δευτερόλεπτο) από τον δορυφόρο με κατακόρυφη διεύθυνση προς την επιφάνεια της Γης. Έπειτα το σήμα ανακλάται από επιφάνειες όπως οι ωκεανοί, οι λίμνες, τα ποτάμια και ο πάγος, με αποτέλεσμα να επιστρέφει στον δέκτη μικροκυμάτων του αλτιμέτρου, όπου και καταγράφεται ως «κυματομορφή». Η ανακλώμενη ακτινοβολία περιέχει πληροφορίες όπως το ύψος της στάθμης της θάλασσας, ο επιφανειακός άνεμος και τα ωκεάνια ρεύματα. Το εύρος-απόσταση υπολογίζεται αυτόματα στον δορυφόρο από έναν ιχνηλάτη επί του σκάφους (Chelton et al., 2001). Μετά από κατάλληλη επεξεργασία αφαίρεσης τυχών ατμοσφαιρικών και άλλου είδους σφαλμάτων, προσδιορίζεται η χρονική διαφορά μεταξύ της εκπομπής και καταγραφής του σήματος  $\Delta t$ . Η απόσταση του δορυφόρου από την επιφάνεια της θάλασσας, δηλαδή το εύρος  $h_{alt}$ , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$h_{alt} = \frac{1}{2} c \Delta t$$

όπου  $c$  είναι η ταχύτητα του φωτός.

Στην περίπτωση που το ύψος του δορυφόρου (H) σε σχέση με το εκάστοτε επίπεδο αναφοράς είναι γνωστό (όπου συνήθως είναι ένα ελλειψοειδές αναφοράς), τότε το ζητούμενο ύψος της θάλασσας (h) ισούται με :  $h=H-R$ . Όσο αφορά την επιφανειακή τοπογραφία (h), εκείνη επηρεάζεται από τον τόπο και το χρόνο. Φυσικοί φαίνεται να είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τους προηγούμενους όρους, ένας από αυτούς είναι και η κατανομή της βαρύτητας, όπου αντιπροσωπεύεται από ένα ένα μοντέλο γεωειδούς (ESA, 2018).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή τοπογραφία περιλαμβάνουν το στιγμιαίο παλιρροϊκό ύψος της θαλάσσιας επιφάνειας, την κίνηση της θάλασσας ή τη θαλάσσια δυναμική τοπογραφία και την τοπική ανταπόκριση του ωκεανού στην ατμοσφαιρική κατανομή πίεσης επάνω από τον ωκεανό (ESA, 2018).

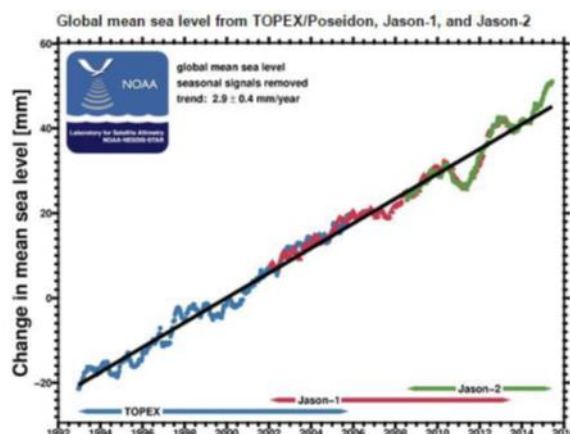


Εικόνα 2.1: Αρχή δορυφορικής αλτιμετρίας (πηγή: AVISO, πρόσβαση: 25/10/2018)

Η δορυφορική αλτιμετρία χρησιμοποιείται σε επιστήμες όπως η Ωκεανογραφία, η Γεωδαισία και η Μετεωρολογία, για να λύσει ζητήματα που έχουν να κάνουν με τον προσδιορισμό της μέσης θαλάσσιας επιφάνειας, του πεδίου της θαλάσσιας βαρύτητας (Chelton κ.ά., 2001), την τοπογραφία του θαλάσσιου πυθμένα (ESA, 2014), την κίνηση των τεκτονικών πλακών, την παρακολούθηση φαινομένων όπως το τσουνάμι ή το



δυναμικό φαινόμενο El Niño, ακόμη και την παρακολούθηση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, λόγω της κλιματικής μεταβλητότητας (IPCC, 2013).



Εικόνα2.2: Η τάση της μέσης στάθμης της θάλασσας από το 1992 έως το 2016 (Πηγή: [http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/LSA\\_SLR\\_timeseries.php](http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/LSA_SLR_timeseries.php), πρόσβαση: 26/10/2018)

Επιπλέον, οι ερευνητές που ασχολούνται με αλτιμετρικά δεδομένα μπορούν να εξετάσουν εποχιακά φαινόμενα όπως το El Niño και La Niña, τους μουσώνες, το πάχος των πάγων, τα γεωστροφικά ρεύματα, τη ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού (NAO), τις παλίρροιες ή τις δεκαετής διακυμάνσεις κ.ά. Βέβαια συμπεράσματα προκύπτουν και από τα ίδια τα μεταδεδομένα των αλτιμετρικών δορυφόρων, για παράδειγμα η θέση του αλτιμετρικού δορυφόρου προσδιορίζεται με βάση μια αυθαίρετη επιφάνεια το ελλειψοειδές (AVISO, 2018). Η συνεχόμενη τροχιά του δορυφόρου, μπορεί να μας οδηγήσει ακόμη και σε συμπεράσματα για το ελλειψοειδές ή το γεωειδές αντίστοιχα.

#### **2.4 Βασικές έννοιες για την Αλτιμετρία:**

-Η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Mean Sea Surface (MSS)):

Η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.) είναι μια επιφάνεια ιδεατή, που χαρακτηρίζεται και αλλάζει ανάλογα με τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, αφαιρώντας τις εποχικές και ψευδής διακυμάνσεις του ύψους της στάθμης της θάλασσας. Αναλυτικότερα είναι το άθροισμα του Γεωειδούς και της Μέσης Δυναμικής Τοπογραφίας της Επιφάνειας της Θάλασσας (Μερτίκας, 2016). Τα φαινόμενα που επηρεάζουν την Μ.Σ.Θ είναι το λιώσιμο των πάγων, άρα και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι παλίρροιες, οι πιέσεις λόγω των ανέμων και οι βαρομετρικές αλλαγές. Η ανάλυση των δεδομένων της Μ.Σ.Θ. μπορεί να βοηθήσει στον υπολογισμό μιας

γεωγραφικής διαδρομής, για τον υπολογισμό μιας επιφάνειας αναφοράς, για τον υπολογισμό των ανωμαλιών βαρύτητας και πολλά άλλα (ESA, 2018). Ιδιαίτερη προσοχή στο μέλλον, θα δοθεί στην ανανέωση των βαρυτικών μοντέλων, που δημιουργούνται από την μελέτη της συγκεκριμένης επιφάνειας. Σε αυτή την περίπτωση, απαραίτητη είναι η διατήρηση του σήματος υψηλής συχνότητας και η μείωση του θορύβου υψηλής συχνότητας (ESA, 2018).

#### -Η Μέση Δυναμική Τοπογραφία (Mean Dynamic Topography (MDT)):

Η Μέση Δυναμική Τοπογραφία (ΜΔΤ) είναι μια μόνιμα σταθερή επιφάνεια και ορίζει την δυναμική των ωκεανών. Συγκεκριμένα ορίζεται ως το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας πάνω από την κατάσταση ανάπαυσης (ESA, 2018). Ο προσδιορισμός της ΜΔΤ επιτρέπει την μελέτη της κυκλοφορίας του ωκεανού και προσδιορίζει τα συνδεδεμένα γεωστατικά ρεύματα επιφάνειας που συμβάλλουν στη ρύθμιση του κλίματος της Γης. Η μεταβλητότητα της κυκλοφορίας των ωκεανών είναι αρκετά σύνθετη και επηρεάζει διαφορετικά τις διάφορες περιοχές των θαλασσών. Παρατηρείται ότι οι δυτικές περιοχές των ωκεανών επηρεάζονται κυρίως από αυτού του είδους τις μεταβλητότητες. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα ωκεάνια ρεύματα του Κόλπου στον Βόρειο Ατλαντικό, το ρεύμα Malvinas στον Νότιο Ατλαντικό και το ρεύμα Kuroshio στην Ιαπωνία. Ακόμη συσχετίζεται με κάποια δυναμικά φαινόμενα όπως η θερμοκρασία των ωκεανών και η αλατότητα.

#### -Το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας (Sea Surface Height (SSH)):

Ως ύψος της επιφάνειας της θάλασσας (SSH), ορίζεται η απόσταση της επιφάνειας της θάλασσας από ένα ελλειψοειδές αναφοράς (για παράδειγμα GRS80, WGS84). Το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας ορίζεται από την απόσταση του δορυφόρου και την επιφάνεια μέτρησης (ανάκλασης της μικροκυματικής ακτινοβολίας). Επομένως για το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας, όπως βλέπουμε και στην εικόνα της σελίδας 22 προκύπτει η εξής σχέση (AVISO, 2018):

$$SSH = S - R$$

Το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας δεν είναι ομαλό. Υγρές κοιλάδες και λόφοι αποκλίνουν από την επιφάνεια αναφοράς (NOAA, 2019). Από τα SSH δεδομένα, προκύπτουν πληροφορίες σχετικές με τις παλίρροιες, τα βραχέα κύματα και την τοπική δυναμική τοπογραφία. Που μπορούν να βρουν πρακτικές στην γεωδαισία, την τοπική ναυτιλία, ακόμη και την βαθμονόμηση των αποστολών άλλων ραντάρ.

-Η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας (Sea Level Anomaly (SLA)):

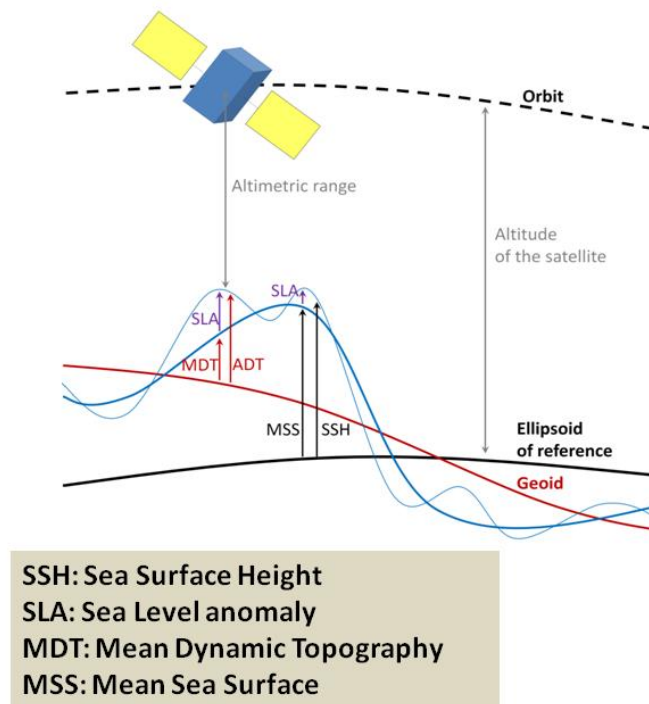
Η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας ορίζεται από την απόσταση του ύψους της επιφάνειας της θάλασσας (SSH) και της μακροπρόθεσμης Μέσης Στάθμης της θάλασσας (Μ.Σ.Θ.). Από την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας (SLA) προκύπτουν πληροφορίες σχετικές με την μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη μεταβλητότητα της ωκεάνιας συμπεριφοράς, αλλά και της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα βοηθά στην εκτίμηση της πίεσης της στάθμης της θάλασσας, της θερμοκρασίας της και της επίδραση των ανέμων. Επομένως το SLA, είναι ένας καλός δείκτης για τις μεταβολές που συμβαίνουν στις ιδιότητες του ύδατος των ωκεανών και στη κυκλοφορία των ωκεανών, καθώς επίσης είναι πολύ ευαίσθητος δείκτης της κλιματικής αλλαγής και της μεταβλητότητας (Ablain κ.ά., 2015). Η μεταβλητότητα της στάθμης της θάλασσας (η τυπική απόκλιση με την πάροδο του χρόνου) είναι κάπου μεταξύ 2-3 cm και 60 cm, ανάλογα με τα επίπεδα ενέργειας σε διάφορα μέρη του ωκεανού (ESA, 2018).

Πιο συγκεκριμένα το SLA ορίζεται από την σχέση:

Sea level anomaly (ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας) = orbital altitude (το ύψος της τροχιάς) – altimeter range (της απόστασης του αλτιμέτρου από τη στάθμη της θάλασσας) - dry tropospheric correction (διόρθωση της ξηρής τροπόσφαιρας) - wet tropospheric correction (διόρθωση της υγρής τροπόσφαιρας) - ionospheric correction (διόρθωση στην ιονόσφαιρα) - sea state bias (δυναμική κατάσταση της θάλασσας) – tides (παλίρροιες) - dynamic atmospheric correction (διόρθωση της δυναμικής ατμόσφαιρας) - mean sea surface height (μέσο ύψος στάθμης της θάλασσας)

$$h_{sla} = H - R_{obs} - \Delta h_{dry} - \Delta h_{wet} - \Delta h_{iono} - \Delta h_{ssb} - h_{tides} - h_{atm} - h_{MSS}$$

Εικόνα 2.3: Βασικές έννοιες της Αλτιμετρίας (Πηγή: DUACS, 2018)



Εικόνα 2.4: Βασικές έννοιες της Αλτιμετρίας (Πηγή: DUACS, 2018)

-Σχέσεις μεταξύ των Επιφανειών Αναφοράς:

Εδώ παρουσιάζονται μερικές από τις βασικές σχέσεις μεταξύ των επιφανειών αναφοράς που ορίστηκαν παραπάνω. Για λόγους εξοικείωσης χρησιμοποιούνται οι συντομογραφίες των επιφανειών (ESA, 2014):

$h = MSS + SLA + H$ , όπου:  $h$  το γεωμετρικό υψόμετρο και  $H$  το ορθομετρικό υψόμετρο

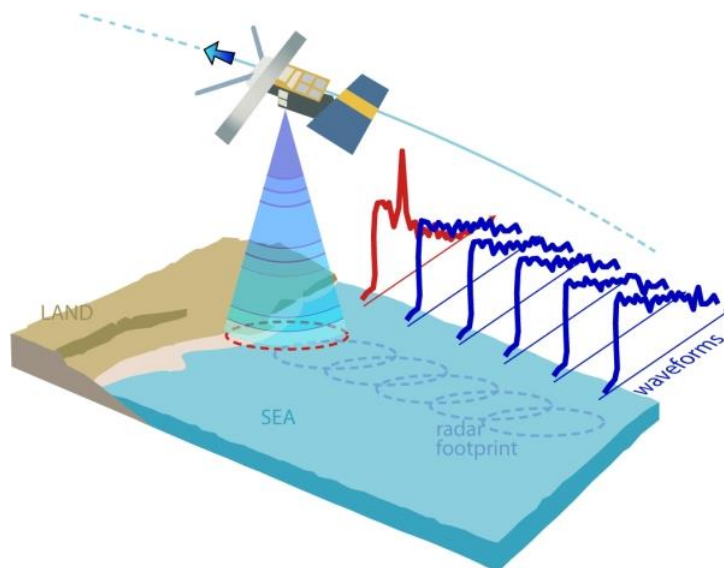
$$MSS = \text{Geoid} + \text{MDT}$$

$$\text{MDT} = \text{MSS} - \text{Geoid}$$

$$\text{ADT} = \text{MDT} + \text{SLA}$$

$$\text{SSH} = \text{MSS} + \text{SLA}/\text{SSHA} = \text{Geoid} + \text{MDT} + \text{SLA}/\text{SSHA}$$

## 2.5 Παλμός, Κυματομορφή και Αποτύπωμα:



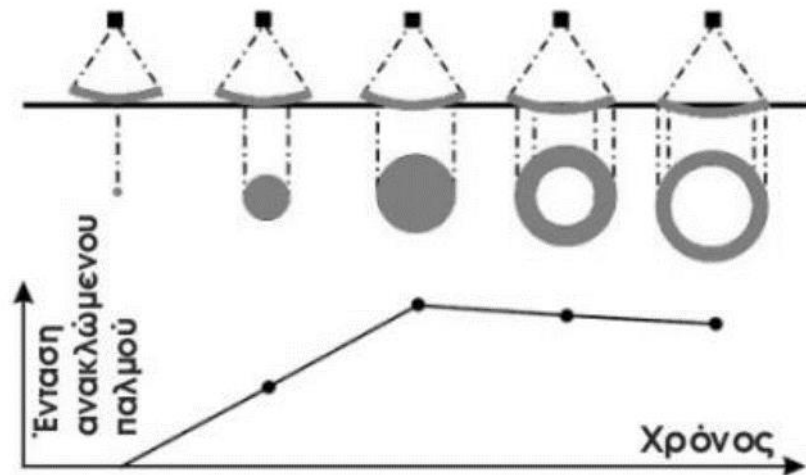
Εικόνα 2.5: Η διάδοση των παλμικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, το αποτύπωμα τους (footprint) στη θαλάσσια επιφάνεια και η κυματομορφές (waveform) που προκύπτουν από την ανάκλαση του παλμού στην επιφάνεια των ωκεανών.

(Πηγή: Coastalt, 2018)

Το αλτίμετρο ραντάρ εκπέμπει ένα σύντομο παλμό μικροκυμάτων προς την επιφάνεια της θάλασσας, έπειτα ο δέκτης της μικροκυματικής ακτινοβολίας του αλτιμέτρου δέχεται το πρώτο μέρος της ακτινοβολίας, το οποίο αποτελεί θόρυβο στην ανάλυση. Ο θόρυβος αυτός, οφείλεται στις ανακλάσεις λόγω της ιονόσφαιρας και γενικότερα της ατμόσφαιρας. Όταν η αιχμή του παλμού (pulse leading edge) φτάσει την ανακλώμενη επιφάνεια ξεκινά η πραγματική επιστροφή του σήματος στον δέκτη. Ο εκπεμπόμενος παλμός διευρύνεται γραμμικά διαμορφώνοντας έναν κυκλικό δίσκο με συνεχώς αυξανόμενη ακτίνα, έως το απώτατο άκρο (pulse trailing edge). Η κωνική αυτή δέσμη ονομάζεται αποτύπωμα. Το μέγεθος του αποτυπώματος του παλμικού κύματος πάνω στη θαλάσσια επιφάνεια δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από το ύψος της τροχιάς του δορυφόρου ( $R$ ), το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου παλμού ( $\lambda$ ) και τη διάμετρο της κεραίας ( $d$ ), σύμφωνα με τη σχέση (Lee Fueng Fu και Cazenave 2001):

$$\gamma = \kappa \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \frac{2r}{R} = \kappa \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow r = \frac{\kappa \lambda R}{2 d}$$

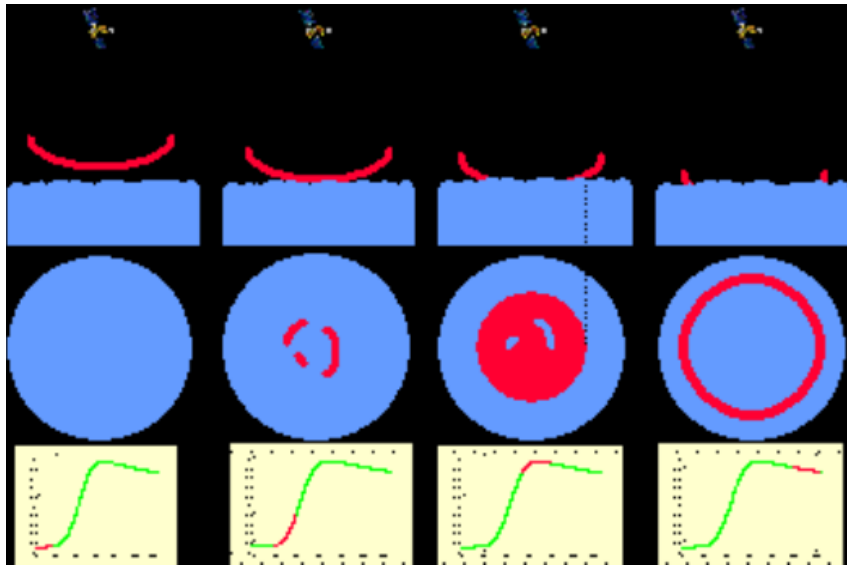
Όπου:  $r$  είναι η ακτίνα του αποτυπώματος,  $\kappa$  σταθερά και  $\gamma$  το πλάτος της δέσμης της κεραίας και είναι ίσο με  $2\text{tan}^{-1}(r/R)$  και για μια στενή δέσμη κεραίας ισούται με  $2r/R$ . Σε κάθε δορυφορική αποστολή οι τιμές  $R$ ,  $\lambda$ ,  $d$  είναι συγκεκριμένες, οπότε το μέγεθος του αποτυπώματος δεν μεταβάλλεται, η ακτίνα του παλμού όμως αυξάνεται ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου, από την στιγμή που η αιχμή του παλμού αγγίζει την επιφάνεια και έπειτα (Lee Fueng Fu and Cazenave 2001).



Εικόνα 2.6: Καθώς ο χρόνος αυξάνεται, αυξάνεται και το μέγεθος του αποτυπώματος της μικροκυματικής ακτινοβολίας. (Πηγή: Δεληκαράογλου, 2012)

Το σήμα που επιστρέφει τελικά στον δέκτη καταγράφει την χρονοσειρά διαφορετικών κυματομορφών, ανάλογα με την διάταξή τους στον χρόνο και τον χώρο. Ως κυματισμός ορίζεται κάθε περιοδική ή μη περιοδική διαταραχή της επιφάνειας της θάλασσας

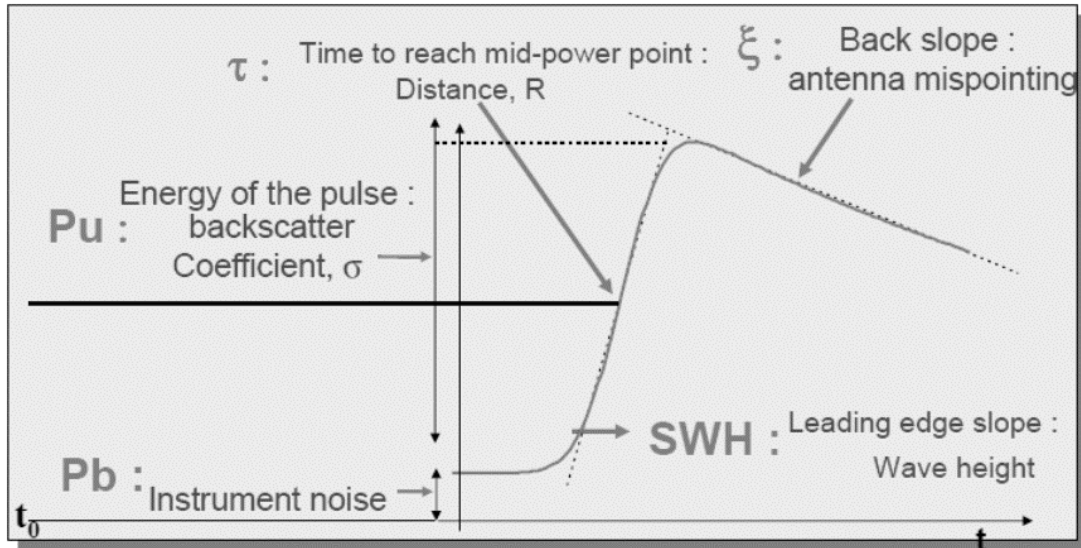
Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι σε μια ήρεμη θάλασσα το πλάτος του κύματος  $P_u$  αυξάνεται απότομα. Ενώ σε μια θάλασσα με ταραχή, ο παλμός αρχικά συναντά την κορυφή του πιο ψηλού κύματος και έπειτα τις κορυφές των άλλων κυμάτων, όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.7 : Πρόσπτωση παλμικού κύματος σε ταραχώδη θαλάσσια επιφάνεια.

(Πηγή: ESA, 2014)

Πάνω από μια ωκεάνια επιφάνεια, η ηχώ (echo) της κυματομορφής έχει ένα χαρακτηριστικό σχήμα, που μπορεί να περιγραφεί αναλυτικά από το μοντέλο Brown. Οι ανομοιογενείς επιφάνειες, οι οποίες περιέχουν ασυνέχειες ή σημαντικές κλίσεις, όπως μερικές επιφάνειες γης (π.χ. πάγοι), δυσχεραίνουν την ακριβή ερμηνεία, αλλά μπορούν να εξαχθούν από αυτές, άλλα ενδιαφέρον χαρακτηριστικά. Στις ετερογενείς περιοχές για να πραγματοποιηθεί αλτιμετρική ανάλυση, απαιτείται μια επιπλέον επεξεργασία που ονομάζεται «retracking» (AVISO, 2018).



Εικόνα 2.8 : Απεικόνιση των παραμέτρων της κυματομορφής με βάση το μοντέλο Brown. (Πηγή: AVISO, 2018)

Όπου:

SWH είναι το σημαντικό ύψος κύματος. Το ύψος κυμάτων αυξάνεται όσο η κλίση της καμπύλης που αναπαριστά το πλάτος του αξιοποιήσιμου σήματος  $P_u$  μειώνεται.

Ακόμη ως  $\sigma$ , χαρακτηρίζεται ο συντελεστής της οπισθοσκέδασης (backscatter coefficient) ή αλλιώς συντελεστής τραχύτητας, ο οποίος αλλάζει ανάλογα με την κατάσταση του νερού (π.χ. όταν είναι πάγος).



## 2.6 Τύποι Αλτιμετρίας:

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι Αλτιμετρίας που διαφέρουν στον τρόπο διάδοσης του παλμού, ο ένας ονομάζεται Συμβατική Αλτιμετρία (Conventional Altimetry) και ο άλλος Αλτιμετρία Καθυστέρησης Doppler Συνθετικού Ραντάρ (Delay Doppler Synthetic Aperture Radar (SAR) Altimetry) ή εν συντομία Delay-Doppler (SAR) Αλτιμετρία. Η τεχνολογία των δορυφόρων φαίνεται να χρησιμοποιεί πλέον περισσότερο τα ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (SAR), λόγω των πολυάριθμων πλεονεκτημάτων τους σε σχέση με την Συμβατική Αλτιμετρία.

### -Συμβατική Αλτιμετρία:

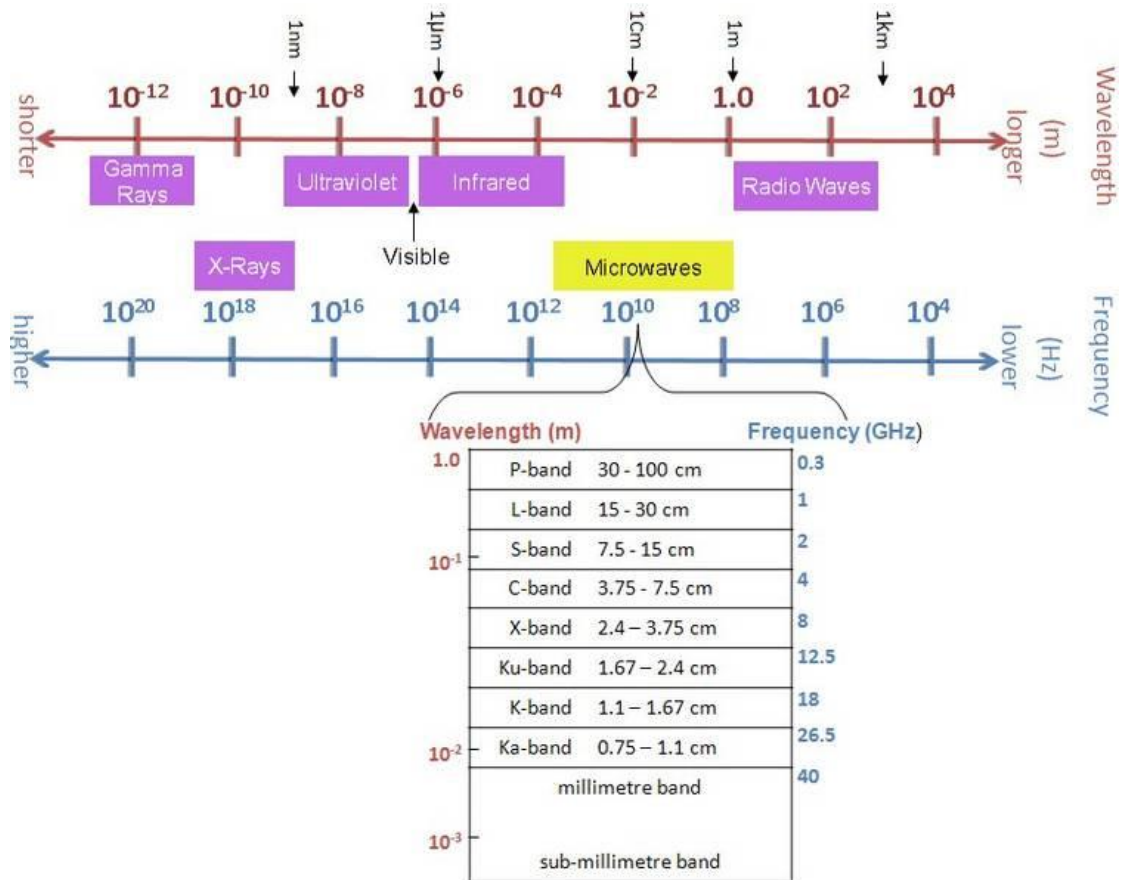
Η Συμβατική Αλτιμετρία χωρίζεται στην Δεσμικά Πεπερασμένη Αλτιμετρία (Beam-limited) και στην Παλμικά Πεπερασμένη Αλτιμετρία (Pulse-Limited). Η Παλμικά Πεπερασμένη Αλτιμετρία έχει μια ευρύ γωνιακή δέσμη, αλλά οι αλτιμετρικές μετρήσεις πραγματοποιούνται μόνον εντός του δορυφορικού παλμού. Ενώ στη Δεσμικά Πεπερασμένη Αλτιμετρία η διάδοση των παλμών γίνεται σε στενή δέσμη (Μερτίκας, 2016). Γενικότερα στη συμβατική δορυφορική αλτιμετρία, ο δορυφόρος χρησιμοποιώντας τον χρόνο καθυστέρησης των ανακλώμενων σημάτων της επιφανείας, για να υπολογίσει την απόσταση από τη στάθμη της θάλασσας (Μερτίκας, 2016). Καμία από τις δύο λογικές όμως δεν αποτρέπει τις παραμορφώσεις που προκαλούνται από τις ηπειρωτικές περιοχές. Άλλα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η 'υπερσπατάλη' ενέργειας κατά την εκπομπή του σήματος, τα σφάλματα που προκαλούνται λόγω της τραχύτητας της θαλάσσιας επιφάνειας στην περιοχή μελέτης, όπου παρατηρείται η καταγραφή μιας υπερυψωμένης περιοχής και έπειτα μιας άλλης σε τελείως διαφορετική θέση στόχο (διαστολή του επίγειου ίχνους) και τέλος η μη καταγραφή ενός σημείου, λόγω των παραμορφώσεων που προκαλούνται από την δέσμη του μεγάλου εύρους (Μερτίκας, 2016).

### - Αλτιμετρία SAR ή αλτιμετρία με μετρήσεις της καθυστέρησης Doppler:

«Η τεχνική αυτή βασίζεται στην παρακολούθηση όλου του ιστορικού των σημάτων επιστροφής, κατά μήκος της τροχιάς σε όλο το εύρος του οπτικού πεδίου της δέσμης ακτινοβολίας. Συνεισφέρει στον αντίστοιχο προσδιορισμό υψομέτρων σε διαφορετικές θέσεις εντός του οπτικού πεδίου της δέσμης και δεν περιορίζεται μόνο σε ένα υψόμετρο εντός του οπτικού πεδίου της δέσμης» (Μερτίκας, 2016). Ο τρόπος διάδοσης του παλμού, η ακριβή χρονομέτρηση, η συνοχή των σημάτων και η επεξεργασία των

σημάτων, σε αυτή την περίπτωση είναι διαφορετικά από ότι στην Συμβατική Αλτιμετρία. Εδώ, το προσπίπτον σήμα είναι πολλοί και γρήγοροι διαδοχικοί παλμοί, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η χωρική διακριτική ικανότητα, όπως και είναι πλέον σίγουρη η καταγραφή όλων των σημείων. Η ικανότητα αυτή οφείλεται στην λεπτομερή παρακολούθηση στις μεταβολές της συχνότητας Doppler για διάφορες θέσεις των σημείων-στόχων. Αυτό προϋποθέτει, την συνεχή και απόλυτα ρυθμισμένη συχνότητα των παλμών (συνοχή σήματος), που ελέγχονται από το ρολόι του δορυφόρου. Με αποτέλεσμα η σύγχρονη τεχνολογία μετρήσεων αλτιμετρικών δορυφορικών δεδομένων, να προσφέρει δεδομένα υψηλής χωρικής ανάλυσης και τη δυνατότητα λήψης αλτιμετρικών δεδομένων ακόμη και στην ηπειρωτική χώρα (σε λίμνες και ποτάμια), αλλά και στην παράκτια περιοχή, όπου μέχρι πρότινος ήταν αδύνατο.

## 2.7 Συχνότητες που χρησιμοποιούνται από τους Αλτιμετρικούς Δορυφόρους:



Εικόνα 2.9: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα των Αλτιμετρικών Δορυφόρων (Πηγή: AVISO, πρόσβαση 2/02/2019)

Για κάθε δορυφορική αποστολή επιλέγονται διαφορετικές συχνότητες που εξαρτώνται από τον στόχο της αποστολής και τις ιδιότητες της. Φυσικά η κάθε συχνότητα έχει προτερήματα και μειονεκτήματα που θα παρουσιαστούν εν συντομία παρακάτω (ESA, 2016):

### -Ku band (13.6 GHz)

Η Ku band είναι μία από τις συχνότερες συχνότητες που χρησιμοποιούνται στις αλτιμετρικές αποστολές. Μερικές από τις αποστολές που χρησιμοποιούν τη συχνότητα Ku band είναι οι εξής: Envisat, Topex / Poseidon και Jason-1. Η μπάντα Ku πλεονεκτεί σε σχέση με άλλες συχνότητες, σε ότι αφορά τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών διαταραχών και των διαταραχών της ιονόσφαιρας. Ένα μειονέκτημα της συχνότητας αυτής είναι ότι στα 10 GHz είναι η κορυφή απορρόφησης των υγρών μορίων του νερού, λόγω χαλάρωσης προσανατολισμού.

#### -C band (5.3 GHz)

Η C band αποτελεί βοηθητική συχνότητα της Ku και θα πρέπει να είναι μακριά της για να λειτουργήσει σωστά. Η συχνότητα C είναι λιγότερο ευαίσθητη στις επιδράσεις των ατμοσφαιρικών υδρατμών, από ότι η συχνότητα Ku και περισσότερο ευαίσθητη στην ιονοσφαιρική διαταραχή. Βασική της λειτουργία είναι η διόρθωση της καθυστέρησης στην ιονόσφαιρα. Για αυτό και συνήθως χρησιμοποιείται σε περιοχές με έντονη βροχή και άλλων έντονων καιρικών συνθηκών.

#### -S band (3.2 GHz)

Η S band ορίζεται σύμφωνα με τα πρότυπα του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers). Αποτελεί βοηθητική συχνότητα της Ku και λειτουργεί όπως η C band.

#### -Ka band (35 GHz)

Η Ka band έχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης στο φάσμα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, για αυτό και διαθέτει καλύτερη ανάλυση σε σχέση με άλλες συχνότητες, ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές και τους πάγους. Το προτέρημα αυτό, της δίνει την δυνατότητα για καλύτερη ανάλυση των κυμάτων, της βροχής, του πάγου αλλά και των διάφορων μαζών (π.χ. δάση). Ωστόσο παρατηρείται εξασθένηση της συχνότητας όταν οι υδρατμοί στην τροπόσφαιρα είναι υψηλοί και όταν η βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη από 1,5 mm / h.

#### -Αλτίμετρο διπλής συχνότητας

Το αλτίμετρο διπλής συχνότητας μεταξύ άλλων, μπορεί να προσφέρει καλύτερη εκτίμηση του ύψους βροχής και ιδιαίτερα, καλύτερη εκτίμηση της καθυστέρησης της απόστασης R, λόγω των ηλεκτρονίων στην Ιονόσφαιρα.

## 2.8 Τα σφάλματα των Αλτιμετρικών δεδομένων:

Μερικά από τα σφάλματα που επηρεάζουν τα αλτιμετρικά δορυφορικά όργανα, είναι οι γεωφυσικές επιδράσεις (όπως οι παλίρροιες, η βαρύτητα, η διακυμάνσεις λόγω των ατμοσφαιρικών πιέσεων), οι καθυστερήσεις λόγω της ιονόσφαιρας, σφάλματα του γεωειδούς και σφάλματα λόγω των εργαλείων του δορυφόρου. Θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τα είδη σφαλμάτων σε τέσσερις βασικές κατηγορίες.



Εικόνα 2.10: Σύνολο των διορθώσεων που πρέπει να επιβληθούν στις αλτιμετρικές μετρήσεις (Πηγή: Δεληκαράογλου, 2005)

### Ωκεάνιες επιδράσεις

Τα σφάλματα των ωκεάνιων επιδράσεων, οφείλονται κυρίως στις παραλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης, στην επίδραση των παλιρροιών και στην εσφαλμένη καταγραφή της θαλάσσιας κατάστασης (Sea state bias). Όσο αφορά τις παλίρροιες, εκείνες που επηρεάζουν τα αλτιμετρικά δεδομένα είναι: οι παλίρροιες του στερεού φλοιού της Γης, οι ωκεάνιες παλίρροιες, οι παλίρροιες λόγω της κίνησης των πόλων και οι παλίρροιες που φορτίζουν τον ωκεάνιο πυθμένα. Η επιρροή των παλιρροιών διορθώνεται με την χρήση παλιρροιακών μοντέλων (Cipollini, 2015).

Επίσης ένα άλλο σφάλμα που προκαλείται στην καταγραφή της θαλάσσιας κατάστασης, οφείλεται στην διαφορετική ανάκλαση του παλμού στις κοίλες και κυρτές επιφάνειες της. Τα κοίλα τμήματα των κυμάτων τείνουν να αντανακλούν τους αλτιμετρικούς παλμούς καλύτερα από τα κύρτα τμήματα και για το λόγο αυτό, το κεντρικό σημείο της μέσης ανακλώμενης επιφάνειας μετατοπίζεται προς τα κοίλα

τιμήματα των κυμάτων, με αποτέλεσμα τη λανθασμένη εκτίμηση του ύψους της στιγμιαίας στάθμης της θάλασσας. Το συγκεκριμένο σφάλμα διορθώνεται με την χρήση εμπειρικών εκτιμήσεων.

#### Επιδράσεις της ατμόσφαιρας

Το σήμα που εκπέμπεται από τον αλτιμετρικό δορυφόρο πρέπει να περάσει από την ατμόσφαιρα της Γης για να καταγραφεί η επιφάνεια της θάλασσας από τον δέκτη. Ο παλμός επηρεάζεται στην ιονόσφαιρα από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, που εξαρτάται από τη συχνότητα. Στην ξηρή τροπόσφαιρα από τα μόρια του οξυγόνου, και στην υγρή τροπόσφαιρα από τους υδρατμούς (δηλαδή τα σύννεφα και τη βροχή), με αποτέλεσμα σε κάθε περίπτωση το σήμα του αλτιμετρικού ραντάρ να επιβραδύνεται (Cirollini, 2015). Γενικότερα η επίδραση της ατμόσφαιρας επηρεάζει την εκτίμηση του εύρους με την ελάττωση της ταχύτητας του σήματος, που οφείλεται στην θερμοκρασία, την πίεση και την υγρασία. Η επίδραση της ατμόσφαιρας διορθώνεται με την χρήση ατμοσφαιρικών μοντέλων για την ιονόσφαιρα, την ξηρή τροπόσφαιρα και την υγρή τροπόσφαιρα.

#### Σφάλματα λόγω του αλτιμέτρου

Οφείλονται στην γεωμετρία των εργαλείων και σε άλλες επιπτώσεις. Μερικές από αυτές είναι τα συστηματικά σφάλματα του παλμού (Tracker Bias), το σφάλμα κατεύθυνσης του ραντάρ (Pointing Errors), το σφάλμα του σχήματος του ανακλώμενου παλμού (Waveform Sampler Gain Calibration Bias) και οι θόρυβοι από την ανάκλαση της μορφής του παλμού και χρονικές αβεβαιότητες (Average Pulse Shape Uncertainty and Time Tas Bias). Ακόμη μπορούν να δημιουργηθούν σφάλματα λόγω της τροχιάς των δορυφόρων (ύψους και γεωμετρίας τροχιάς), τα οποία ωφελούν την διατάραξη της ελλειπτικής τροχιάς των δορυφόρων που αναλύουν τα Κεπλέρια στοιχεία. Το τροχιακό σφάλμα, οφείλεται στην ατελή γνώση της βαρύτητας της Γης, στα σφάλματα των συντεταγμένων των επίγειων σταθμών παρακολούθησης των δορυφόρων και στις δυνάμεις έλξης και το αντίθετο, που προέρχονται από τη Γη (Αραμπέλος, 2007). Γενικά η συνολική επίδραση των σφαλμάτων του αλτιμέτρου μπορεί να λυθεί με βαθμονόμηση του αλτιμέτρου, με μετρήσεις σε περιοχές γνωστής δυναμικής θαλάσσιας τοπογραφίας και γενικότερα με την μελέτη των γεωφυσικών δεδομένων στις εγγραφές.

### Σφάλματα του γεωειδούς

Για την επίλυση ορισμένων προβλημάτων είναι απαραίτητη η γνώση της τοπογραφίας της περιοχής μελέτης, επομένως και του γεωειδούς. Καθώς για να υπολογίσουμε τη τοπογραφία της θαλάσσιας επιφάνειας απαραίτητη είναι η γνώση του γεωειδούς, το οποίο δεν έχει προσδιοριστεί πλήρως με ακρίβεια, για αυτό και αποτελεί λόγος δημιουργίας σφαλμάτων (Cirrollini, 2015). Λύση στα προβλήματα που οφείλονται στη μη ακριβή γνώση του γεωειδούς, είναι η χρήση αλτιμετρικών δορυφόρων επαναληπτικής τροχιάς και η χρήση της ανερχόμενης και της κατερχόμενης τροχιάς, διότι στην τομή των τροχιών των αλτιμετρικών δορυφόρων είναι δυνατή η παρατήρηση των χρονικών αλλαγών της τοπογραφίας της κατάστασης της θάλασσας.

Σε μια γενική εξίσωση ο υπολογισμός του ύψους της στάθμης της επιφάνειας υπολογίζοντας τα σφάλματα που αναφέρθηκαν συντάσσεται ως εξής:

$$\begin{aligned}h_{ssh} &= h_{orb} - h_{alt} \\ &= h_{ssh}^{obs} - h_{instr} - h_{ssb} - h_{iono} - h_{dry} - h_{wet} - h_{sol} - h_{oc} - h_{ot} - h_{pole} - h_{IB} - e \\ &= h_{ssh}^{corr} - (h_{oc} + h_{ot}) - e\end{aligned}$$

όπου:

- $h_{instr}$  η επίδραση των σφαλμάτων του αλτιμέτρου,
- $h_{ssb}$  η επίδραση της διαφοράς στάθμης της θαλάσσιας κατάστασης,
- $h_{iono}$  η ιονοσφαιρική επίδραση,
- $h_{dry}$  η επίδραση του ξηρού μέρους της τροπόσφαιρας,
- $h_{wet}$  η επίδραση του υγρού μέρους της τροπόσφαιρας,
- $h_{sol}$  η επίδραση των παλιρροιών του στερεού φλοιού της Γης,
- $h_{oc}$  η επίδραση των ωκεάνιων παλιρροιών,
- $h_{ot}$  η επίδραση της φόρτισης του πυθμένα των ωκεανών,
- $h_{pole}$  η επίδραση των παλιρροιών στη κίνηση του πόλου,
- $h_{IB}$  η επίδραση του αντίστροφου βαρομετρικού,
- $e$  ο θόρυβος των παρατηρήσεων.

## 2.9 Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον των Αλτιμετρικών Αποστολών:

Από την αρχή της λειτουργίας των αλτιμετρικών δορυφόρων ήταν εμφανή η ανάγκη χρήσης τους, για τη συνεχόμενη και επαναλαμβανόμενη παρακολούθηση της συμπεριφοράς των ωκεανών, αλλά και τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου στη Γη. Ακόμη μεγάλα προγράμματα όπως το WOCE, WCRP, Clivar και το Mercator που ασχολούνται με την πρόβλεψη των ωκεάνιων συστημάτων και της κλιματικής αλλαγής, απαιτούν την χρήση αλτιμετρικών δεδομένων υψηλής ποιότητας σε συνδυασμό με άλλου είδους δεδομένα (AVISO, 2018).

### Αποστολές του παρελθόντος

Η NASA ξεκινά το Μάιο του 1973, με την εκτόξευση του πρώτου αμερικάνικου πειραματικού διαστημικού εργαστηρίου, το SKYLAB, με στόχους την παρακολούθηση της Γης, της χέρσας και της θαλάσσιας επιφάνειας, αλλά και της ατμόσφαιρας. Πετούσε σε υψόμετρο 435 χλμ., με κλίση 50 μοιρών. Διέθετε ένα παθητικό μικροκυματικό αισθητήρα S193 παράλληλα με ένα ενεργητικό (RADSCAT), ραντάρ αλτίμετρο, το οποίο ήλεγχε κυρίως την οπισθοσκέδαση του ραντάρ, τη ραδιομετρική θερμοκρασία φωτεινότητας με έναν αριθμό τρόπων σάρωσης, πρωτίστως με σκοπό τη μελέτη των επιφανειακών ανέμων και των βροχοπτώσεων πάνω από τους ωκεανούς και την παροχή τεχνικών δεδομένων για την μετέπειτα χρήση και σχεδιασμό των αλτιμέτρων διαστημικού ραντάρ. Η χωρική ανάλυση που διέθετε το αλτίμετρο ήταν της τάξης των 16 χιλιομέτρα (κυκλικό αποτύπωμα στο nadir). Μηχανική σάρωση παραβολικής κεραίας (ανακλαστήρας διαμέτρου 1,15 μέτρα) με διπλή πόλωση και 2 ° FOV (εύρος πλάτους = 180 χιλιομέτρα). Η κεραία ήταν αναποδογυρισμένη, επιτρέποντας τη σάρωση κατά μήκος της διαδρομής (along-track) και κατά την διασταύρωση (cross-track). Χρησιμοποιώντας ένα παλμό πλάτους 0,1 μs αυτό το σύστημα ήταν σε θέση να καταγράφει με ανάλυση 15 μέτρων. Λειτουργούσε μόνο σε σύντομα τροχιακά τμήματα, αλλά ήταν σε θέση να αποδείξει τη μέτρηση των χονδροειδών χαρακτηριστικών του θαλάσσιου γεωειδούς όπως τις μεγάλες ωκεάνιες τάφρους (ESA, 2018).

Έπειτα ο δορυφόρος GEOS-3 (Geodynamic Experimental Ocean Satellite) όπου εκτοξεύθηκε στις 9 Απριλίου του 1975, αποτελεί την πρώτη εξειδικευμένη γεωδαιτική αποστολή της NASA, ως δορυφορικό αλτίμετρο. Όπου έκανε και την αρχή για προγράμματα όπως το Εθνικό Δορυφορικό Γεωδαιτικό Πρόγραμμα (NGSP) και το



Πρόγραμμα Εφαρμογής Φυσικής Γης και Ωκεανού. Λειτουργησε ως το 1978, σε τροχιά στα 840 χιλιόμετρα, με κλίση 115 μοίρες. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούσε ήταν C-band, Ku-band και S-band για διαφορετικούς σκοπούς. Βασική του λειτουργία ήταν ο προσδιορισμός ωκεανογραφικών και γεωφυσικών παραμέτρων, καθώς και η δορυφορική αλτιμετρία. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν εκτιμήσεις του σημαντικού ύψους κύματος, γεωμετρικές, βαρυμετρικές και άλλες γεωδαιτικές έρευνες. Ακόμη πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες εκτιμήσεις των επιφανειακών ανέμων με δεδομένα αλτιμέτρου (ESA, 2018). Όπως και η παροχή του πρώτου συνόλου αλτιμετρικών δεδομένων για ορισμένες περιοχές των ωκεανών του πλανήτη. Τα αλτιμετρικά δεδομένα του GEOS-3, χρησιμοποιήθηκαν αργότερα για την δημιουργία των βαρυτικών μοντέλων GEM-T3, JGM-1 και JGM-2.

Τον Αύγουστο του 1978 ακολούθησε η εκτόξευση του SEASAT από την NASA/JPL, του πρώτου ειδικά αφιερωμένου για ωκεανογραφικούς σκοπούς δορυφόρου, ο οποίος μετέφερε ένα αλτίμετρο ραντάρ με ακρίβεια της τάξης  $\pm 10\text{cm}$ , ανακλαστήρες λέιζερ για τον προσδιορισμό της τροχιάς του με ακρίβεια της τάξης  $\pm 50\text{cm}$ , ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (SAR), σκεδασίμετρο μικροκυμάτων και ραδιόμετρο (Δεληκαράογλου, 2005). Ήταν σε τροχιά ύψους 800 χιλιομέτρων με κλίση 108 μοίρες. Βασικός του σκοπός ήταν να δείξει τεχνικές για την παρακολούθηση των ωκεανογραφικών φαινομένων της Γης και των χαρακτηριστικών τους από το διάστημα σε παγκόσμια κλίμακα, να παρέχει έγκαιρα ωκεανογραφικά δεδομένα σε επιστήμονες που μελετούν θαλάσσια φαινόμενα και να προσδιορίζει τα βασικά χαρακτηριστικά ενός επιχειρησιακού συστήματος παρακολούθησης ωκεανών πλήρους παρακολούθησης (ESA, 2018). Στις 105 ημέρες της λειτουργίας του, συνέλεξε περισσότερες πληροφορίες για τους ωκεανούς από ότι είχαν αποκτηθεί τα προηγούμενα 100 χρόνια επίγειας έρευνας.

Άλλος ένας δορυφόρος που σύλλεξε αλτιμετρικά δεδομένα ήταν ο GEOSAT (Geodetic/Geophysical Satellite). Εκτοξεύθηκε στις 12 Μαρτίου του 1985 και λειτουργησε έως το 1990. Το ύψος της τροχιάς του ήταν στα 785 χιλιόμετρα, με τροχιακή κλίση 108 μοίρες. Ήταν δορυφόρος του ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και πραγματοποίησε δύο φάσεις μετρήσεων κατά τη λειτουργία του. Η πρώτη φάση διήρκεσε από το 1985 έως τις 30 Σεπτεμβρίου του 1986 και είχε ως σκοπό τον προσδιορισμό του θαλάσσιου γεωειδούς (Geodetic Mission) για το Πολεμικό

Ναυτικό των ΗΠΑ. Στη δεύτερη φάση αποστολής του, από τον Οκτώβριο 1986, ο GEOSAT τοποθετήθηκε σε μια αυστηρά επαναλαμβανόμενη τροχιά (Exact Repeat Orbit) διάρκειας 17 ημερών, όπου έμεινε μέχρι το τέλος της λειτουργίας του το 1990 (Δεληκαράογλου, 2005). Το ERM παρείχε περισσότερα από τρία χρόνια ακριβή αλτιμετρικά δεδομένα, τα οποία ήταν διαθέσιμα στην επιστημονική κοινότητα μέσω της Εθνικής Διοίκησης Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των Η.Π.Α. (National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA)). Ο GEOSAT ήταν η πρώτη πολυετής αποστολή υψηλής ακρίβειας, και οι μετρήσεις ύψους του έχουν συμβάλει σημαντικά στους τομείς της φυσικής ωκεανογραφίας, της γεωδαισίας, της γεωφυσικής και της επιστήμης των πάγων. Παραμένει μοναδική αποστολή, από την άποψη της πυκνής χωρικής δειγματοληψίας της Γεωδαιτικής Αποστολής, καθώς ήταν ο μοναδικός αλτιμετρικός δορυφόρος που λειτουργούσε τη δεκαετία του '80 και παρήγαγε δεδομένα για κάποια θαλάσσια φαινόμενα, όπως το El Nino του 1987 και απέδειξε τα οφέλη μιας μακράς σειράς δεδομένων που εστίαζαν σε μετρήσεις με ακρίβεια μεγαλύτερη από 5 cm (Sailor και LeSchack, 1987).

Από το 1985 έως το 1996 λειτούργησε μια σειρά δορυφορικών αποστολών ρωσικής προέλευσης μέρος του προγράμματος GEOIK, όπου διέθεταν αλτίμετρο. Τοποθετήθηκαν σε τροχιά στα 1.500 χλμ. με κλίση 74° ή 83°. Το αλτίμετρο τους λειτουργούσε στη συχνότητα 9,5 GHz και διέθετε διαστημικά γεωδαιτικά όργανα συμπεριλαμβανομένου του συστήματος Doppler και του συστήματος ραδιοεπικοινωνιών. Βασικός σκοπός του συγκεκριμένου προγράμματος, που ήταν μέρος του προγράμματος Kosmos ήταν η μελέτη της βαρύτητας της Γης. Χάρη στα αλτιμετρικά δεδομένα αυτών των δορυφορικών αποστολών δημιουργήθηκαν τα γεωμοντέλα EP-90 (μέχρι 36°) και EP-200 (μέχρι 200°) και ένα θαλάσσιο γεωειδές. Αρχικά τα αλτιμετρικά δεδομένων των αποστολών δεν ήταν διαθέσιμα στο ευρύ κοινό. Το 1992 σταμάτησαν να είναι απόρρητα και δόθηκαν στις οργανώσεις της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημών (Vingudelli κ.ά., 2011).

Ο δορυφόρος ERS-1 (European Remote-Sensing Satellite-1) αποτελεί τον πρώτο δορυφόρο της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος, για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, στο φάσμα των μικροκυμάτων. Συγκεκριμένα εκτοξεύθηκε τον Ιούλιο του 1991, με σκοπό την τακτική παρακολούθηση των διεργασιών επιφάνειας και των ωκεάνιων επιφανειών, για ανίχνευση αλλαγών. Συνδύαζε τη λειτουργία ενός ραντάρ

συνθετικού ανοίγματος (SAR) και ενός ραντάρ διασκορπισμού για τον υπολογισμό των ανέμων (Wind Scatterometer) και τον παθητικό ραδιομετρικό σαρωτή ATSR (Along Track Scanning Radiometer), για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της θάλασσας. Σκοπός του, ήταν η κάλυψη ενός μεγάλου εύρους κλάδων και θεμάτων, όπως η παρατήρηση των ωκεανών, ο πολικός πάγος, η οικολογία της γης, η γεωλογία, η δασοκομία, τα κύματα, η ατμοσφαιρική φυσική, και η μετεωρολογία. Το ύψος πτήσης του ήταν 785 χιλιόμετρα, η κλίση του  $98.52^\circ$  και η περίοδος τροχιάς του περίπου 100 λεπτά (ESA, 2018). Χάρη στον δορυφόρο ERS-1 πραγματοποιήθηκαν βασικές ανακαλύψεις για τους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα, παρατηρήθηκαν: τα παγκόσμια πεδία αιολικών και κυματικών διεργασιών σε υψηλή χωρική και χρονική ανάλυση, η παγκόσμια δυναμική των ωκεανών και οι κλιματικές αστάθειες, η αναγνώριση προηγούμενων αβέβαιων φυσικών χαρακτηριστικών του ωκεανού και οι επιφανειακές εκδηλώσεις ατμοσφαιρικών φαινομένων. Η αποστολή ERS-1 ολοκληρώθηκε στις 10 Μαρτίου 2000 από την αποτυχία του συστήματος ελέγχου θέσης επί του σκάφους.

Ο δορυφόρος ERS-2 (European Remote-Sensing Satellite-2) αποτελεί συνέχεια του ERS-1 και είχε τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά. Με πρόσθετο ένα νέο όργανο ωφέλιμου φορτίου για τη μέτρηση της χημικής σύνθεσης της ατμόσφαιρας, με το όνομα GOME (Global Experiment Monitoring Ozone) (ESA, 2018). Τέθηκε σε λειτουργία τον Απρίλιο του 1992 και έως τον Ιούνιο του 1996 είχε τοποθετηθεί σε 35ήμερη επαναλαμβανόμενη τροχιά, κινούμενος 20 λεπτά μπροστά από τον ERS-1, επιτρέποντας έτσι την αλληλοϋποστηριζόμενη χρήση των δύο δορυφόρων για την εκτέλεση μιας σειράς διεργασιών βαθμονόμησης και επαλήθευσης των μετρήσεων του αλτιμέτρου ERS-2 (Δεληκαράογλου, 2005). Στόχος του ήταν η παρακολούθηση της Γης, των ωκεανών και του αέρα. Το αλτίμετρο του δορυφόρου ERS-1 είχε ακρίβεια της τάξης των 5 cm, ενώ το αντίστοιχο του δορυφόρου ERS-2 της τάξης των 3 cm. Η αποστολή του ERS-2 λόγω μηχανικών βλαβών τερματίστηκε στις 6 Ιουλίου του 2011.

Ο επόμενος δορυφόρος που ήταν σχετικός με την αλτιμετρία, ήταν προϊόν συνεργασίας της NASA και της Γαλλικής Υπηρεσίας Διαστήματος (Centre National d'Etudes Spatiales-CNES), ονομάστηκε TOPEX/Poseidon από τα αντίστοιχα προγράμματα Topography Experiment και Poseidon. Σκοπός ήταν η δημιουργία ενός δορυφόρου με λειτουργία μεγάλης διάρκειας και μεγάλης ακρίβειας, όπου θα συλλέγει δεδομένα

σχετικά με τη βαρύτητα της Γης και την ωκεάνια συμπεριφορά. Συγκεκριμένα σύλλεξε αλτιμετρικά δεδομένα που αναφερόντουσαν στα ύψοι του γεωειδούς κατά μήκος των τροχιών, τα θαλάσσια ρεύματα (π.χ. Ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού), τα μεγάλης κλίμακας φαινόμενα των ωκεανών (π.χ. τα κύματα Rossby και Kelvin), τη δεκαετή ταλάντωση του Ειρηνικού (Pacific Decadal Oscillation – PDO) και μετεωρολογικά φαινόμενα (π.χ. το φαινόμενο El Niño και La Niña). Τοποθετήθηκε σε τροχιά τον Αύγουστο του 1992, σε ύψος 1335 χιλιόμετρα και τροχιακή κλίση περίπου 660 μοίρες, με 10ήμερη επαναληπτική τροχιά. Ο T/P έχει υψηλές ακρίβειες προσδιορισμού της τροχιάς λόγω των τριών συστημάτων για την παρακολούθηση του δορυφόρου: ανακλαστήρες για δορυφορικά τηλέμετρα SLR και τα συστήματα εντοπισμού DORIS και GPS (Δεληκαράογλου, 2005). Η δορυφορική απόστολή διέθετε δύο ραντάρ αλτίμετρα ένα που λειτουργούσε με Ku-band και ένα με C-band. Τα δύο αλτίμετρα χρησιμοποιούσαν την ίδια κεραία λήψης, επομένως δεν ήταν δυνατή η λειτουργία τους ταυτόχρονα. Στις 18 Ιανουαρίου 2006 τερμάτισε η λειτουργία του δορυφόρου. Όμως η συνεισφορά του δορυφόρου TOPEX/Poseidon ήταν πολύ μεγάλη, καθώς παρήχθησαν ακριβείς παγκόσμιοι χάρτες των παλιρροιών και έγινε πιο εύκολη η μελέτη της παγκόσμιας βαρύτητας. Ακόμη, ένας πλούτος επιστημονικής έρευνας δημοσιεύθηκε στο JGR Oceans 2 χρόνια μετά την αρχή της ειδικής έκδοσης του JGR για το TOPEX/Poseidon (Fu κ.ά., 1994).

Ο διάδοχος του GEOSAT εκτοξεύθηκε στις 10 Φεβρουαρίου του 1998. Ήταν δημιούργημα του Ναυτικού των Η.Π.Α., διοικούνταν από το Γραφείο Προγράμματος METOC (Μετεωρολογικός / Ωκεανογραφικός) του SPAWAR (Διοίκηση Συστημάτων Διαστημικού και Ναυτικού Πολέμου) στο Σαν Ντιέγκο και ονομάστηκε GFO (GEOSAT Follow-On Satellite). Πετούσε σε τροχιά στα 800 χιλιόμετρα με κλίση 108°. Η αποστολή GFO περιελάμβανε τη χρήση δεδομένων αλτιμετρίας για τον παραθαλάσσιο ωκεανογραφικό χώρο, τη χαρτογράφηση μέσης κλίμακας της θαλάσσιας συμπεριφοράς (π.χ. θαλάσσιων μετώπων) και τη χρήση δεδομένων παγκόσμιας κλίμακας για τη δημιουργία ωκεάνιων μοντέλων (ESA, 2018). Τα αλτιμετρικά δεδομένα της συγκεκριμένης αποστολής διατίθενται μέσω της NOAA. Η αποστολή του δορυφόρου GFO τερματίστηκε στις 26 Νοεμβρίου 2008.

Διάδοχος του TOPEX/Poseidon είναι η δορυφορική αποστολή Jason-1, όπου είναι δημιούργημα της συνεργασίας του CNES και της NASA. Σκοπός ήταν να ανακαλυφθεί

η σχέση μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας, να βελτιωθούν οι παγκόσμιες προβλέψεις για το κλίμα και να παρακολουθήσουν γεγονότα όπως οι συνθήκες του φαινομένου El Niño. Τοποθετήθηκε σε τροχιά σε ύψος 1300 χιλιόμετρα, με κλίση 66.04°. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι παρόμοια με του TOPEX/Poseidon, διέθετε πέντε βασικά όργανα: το ραντάρ αλτίμετρο, το ραδιόμετρο υδρατμών και τα συστήματα DORIS, GPS και SLR για την παρακολούθηση της τροχιάς του. Στις 3 Ιουλίου του 2013 χάνεται η επικοινωνία με τον δορυφορικό σκάφος και αναστέλλεται η λειτουργία του. Η δορυφορική αποστολή Jason-1 χάρισε αρκετά αλτιμετρικά δεδομένα τα οποία είναι διαθέσιμα της AVISO (Archivage, Validation et Interpretation des donnees des Satellites Oceanographiques), η οποία αναπτύχθηκε από το CNES και το PODAAC (Physical Oceanography Distributed Archive Center) που αναπτύχθηκε από τη NASA.

Έπειτα ως διάδοχος του ERS-1 και ERS-2, εκτοξεύθηκε από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (European Space Agency-ESA) η δορυφορική αποστολή Envisat (Environmental Satellite), όπου βασικός του σκοπός ήταν η παρατήρηση του περιβάλλοντος. Τέθηκε σε ηλιοσύγχρονη τροχιά στις 1<sup>η</sup> Μαρτίου του 2002 σε ύψος 800 χιλιόμετρα, με κλίση 98.55 μοιρών. Διέθετε δέκα όργανα εκ των οποίων ένα ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (ASAR), ένα αλτίμετρο ραντάρ ακρίβειας περίπου 2 cm και το σύστημα εντοπισμού της τροχιάς του δορυφόρου DORIS (Benveniste κ.ά., 2001). Στις 8 Απριλίου του 2012 χάνονται οι επαφές με τον δορυφόρο, λόγω άγνωστων αιτιών και τερματίζεται η λειτουργία του, παρά τις πολλές προσπάθειες της ερευνητικής ομάδας για αποκατάσταση του προβλήματος (ESA, 2018).

### Τρέχουσες αποστολές

Στα πλαίσια του προγράμματος OSTM (Ocean Surface Topography Mission), και ως διαδοχικός δορυφόρος του Jason-1 εκτοξεύθηκε στις 20 Ιουνίου του 2008, ο δορυφόρος Jason-2. Αποτελεί προϊόν συνεργασίας των NASA, CNES και NOAA. Βασικός στόχος της συγκεκριμένης δορυφορικής αποστολής, είναι να κατανοήσουμε καλύτερα τις δυνάμεις πίσω από τις παγκόσμιες αλλαγές του κλίματος και να προβλέψουμε εποχιακές ανωμαλίες στις καιρικές συνθήκες με βάση την συμπεριφορά των ωκεανών. Συγκεκριμένα σκοπός είναι να οι επιστήμονες να επεκτείνουν τη χρονοσειρά των μετρήσεων της επιφάνειας του ωκεανού στην επιφάνεια, να αποκτούν συνεχή καταγραφή παρατηρήσεων (σε συνδιασμό με τις προηγούμενες αποστολές), να προσδιορίζουν τη μεταβλητότητα της ωκεάνιας κυκλοφορίας σε δεκαδικές χρονικές κλίμακες από τη συνδυασμένη καταγραφή δεδομένων με τους T/P και Jason, τη βελτίωση του μέτρου της μέσης ωριαίας κυκλοφορίας των ωκεανών, τη βελτίωση της μέτρησης της παγκόσμιας μεταβολής της στάθμης της θάλασσας και τη βελτίωση των ανοιχτών μοντέλων παλίρροιας των ωκεανών (ESA, 2018). Τα χαρακτηριστικά της τροχιάς του ήταν ίδια με του Jason-1, δηλαδή βρισκόταν σε τροχιά στα 1336 χιλιόμετρα με κλίση 66.038 μοίρες. Διαθέτει το αλτίμετρο POSEIDON-3 και τα συστήματα DORIS και GPS Payload για τον έλεγχο της τροχιάς του. Το αλτίμετρο είναι ένα συμπαγές, χαμηλής ισχύος, χαμηλής μάζας όργανο που προσφέρει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Το Poseidon-3 είναι ένα αλτίμετρο ραντάρ που εκπέμπει παλμούς σε δύο συχνότητες (13,6 και 5,3 GHz, η δεύτερη συχνότητα χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των ηλεκτρονίων στην ατμόσφαιρα) και αναλύει το σήμα επιστροφής που ανακλάται από την επιφάνεια (AVISO, 2018). Τον Ιούλιο του 2017, ο Jason-2 ξεκίνησε μια νέα αποστολή επιστήμης όταν μετακινήθηκε σε μια ελαφρώς χαμηλότερη τροχιά. Σε αυτή τη νέα τροχιά, ο Jason-2 συγκεντρώνει δεδομένα για την μέση επιφάνεια της θάλασσας με πολύ ακρίβεια και υψηλή ανάλυση. Η έλξη της βαρύτητας από τα υποβρύχια βουνά και άλλα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου πυθμένα, βοηθά στη διαμόρφωση της μέσης επιφάνειας της θάλασσας. Αυτές οι νέες μετρήσεις της επιφάνειας της θάλασσας χρησιμοποιούνται ήδη από τους επιστήμονες για να βελτιώσουν τους χάρτες του σχήματος και του βάθους του θαλάσσιου δαπέδου. Οι νέοι χάρτες θα επιτρέψουν επίσης την πρόοδο στη μοντελοποίηση των ωκεανών, τη δυναμική της Γης και των ελέγχων των ναυτικών λειτουργιών. Ο συγκεκριμένος δορυφόρος όπως φαίνεται, έχει προσφέρει πολλά στην ήδη δεκαετή λειτουργία του και συνεχίζει.

Το πρόγραμμα Cryosat ιδρύθηκε από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία διαστήματος (European Space Agency-ESA) ως μέρος του προγράμματος Living Planet, με σκοπό τη μελέτη των πολικών περιοχών. Συγκεκριμένα ασχολείται με το πάχος του πάγου στις ημειρωτικές περιοχές, στη θάλασσα αλλά και την λέπτυνση των πάγων στους πόλους λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη (AVISO, 2018). Ο δορυφόρος CryoSat-2 αντικατέστησε τον CryoSat, ο οποίος κατασκευάστηκε το 1999 και έπειτα, αλλά χάθηκε ως αποτέλεσμα της αποτυχίας της εκτόξευσης του στις 8 Οκτωβρίου 2005. Πέντε χρόνια αργότερα στις 8 Απριλίου του 2010, εκτοξεύθηκε με επιτυχία ο CryoSat 2 σε τροχιά στα 717 χιλιόμετρα, με κλίση 88°. Ο δορυφόρος καλύπτει σχεδόν όλο το εύρος των πολικών περιοχών. Σκοπός του είναι να παρακολουθεί το πάχος του πάγου της γης και του πάγου της θάλασσας και να βοηθήσει να εξηγηθεί η σχέση μεταξύ της τήξης του πολικού πάγου και της αύξησης των επιπέδων της θάλασσας και πώς αυτό συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος. Διαθέτει παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά με τον CryoSat. Ο Cryosat-2 φέρει ένα αλτίμετρο ραντάρ/συμβολόμετρο τεχνολογίας Sival, το οποίο λειτουργεί στη Ku-band. Επίσης, διαθέτει σύστημα εντοπισμό DORIS, αλλά δε διαθέτει ραδιόμετρο (Rosmorduc κ.ά., 2011).

Άλλη μια σειρά δορυφόρων που ασχολείται με την παρακολούθηση των ωκεανών είναι οι Haiyang, οι οποίοι σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν από την Κινέζικη Ακαδημία της Διαστημικής Τεχνολογίας (CAST-Chinese Academy of Space Technology). Η σειρά αυτή διέθετε δύο δορυφόρους που λειτουργούσαν στο παρελθόν τους Haiyang 1A (HY-1A) και HY-1B, που εστίαζαν στην μέτρηση του χρώματος και της θερμοκρασίας του ωκεανού, χρησιμοποιώντας ορατό και υπέρυθρο αισθητήρα. Επίσης διαθέτουν τη σειρά HY-2 η οποία ασχολείται με το θαλάσσιο δυναμικό περιβάλλον, με αισθητήρες μικροκυμάτων για την ανίχνευση της επιφάνειας του ανέμου στη θάλασσα, του ύψους της επιφάνειας της θάλασσας και της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (Rosmorduc κ.ά., 2011). Ο δορυφόρος HY-2A εκτοξεύθηκε στις 15 Αυγούστου του 2011 σε τροχιά στα 971 km και κλίση 99.3°. Διαθέτει ένα αλτίμετρο με διπλή συχνότητα Ku και C band. Αντίστοιχα και ο δορυφόρος HY-2B που εκτοξεύθηκε 24 Οκτωβρίου του 2018, διαθέτει παρόμοια χαρακτηριστικά. Αναμένεται το 2019 και έπειτα να μουν σε τροχιά άλλοι δύο δορυφόροι αυτής της σειράς ο HY-2C και ο HY-2D.

Ο επόμενος αλτιμετρικός δορυφόρος που λειτουργεί έως σήμερα ονομάζεται SARAL από το Satellite with ARGos and AltiKa. Είναι προϊόν της συνεργασίας του Ινδικού Οργανισμού Διαστήματος Έρευνας (ISRO-Indian Space Research Organization) και της CNES. Τέθηκε σε τροχιά στις 25 Φεβρουαρίου 2013, σε υψόμετρο περίπου 800 χιλιομέτρων και κλίση 98.55 μοιρών (AVISO, 2018). Τοποθετήθηκε σε τροχιά αντίστοιχη του Envisat (Αλτιπαρμάκη, 2017). Διαθέτει ένα αλτίμετρο που λειτουργεί με Ka-band: 35 GHz, όπου βοηθά στην καταγραφή του πάγου, της βροχής, των παράκτιων ζωνών, των μαζών (δάση κ.λπ.) και των υψών των κυμάτων. Τον Φεβρουάριο του 2018, η αποστολή SARAL / AltiKa ολοκλήρωσε πέντε χρόνια σε τροχιά. Από τον Μάρτιο του 2015, τεχνικά ζητήματα αντιμετωπίστηκαν και αυτό οδήγησε στην απόφαση της χαλάρωσης της τροχιάς του. Στη συνέχεια, μετά τις 4 Ιουλίου 2016, η SARAL / AltiKa άφησε την επαναλαμβανόμενη τροχιά της, ξεκινώντας μια νέα φάση με την ονομασία "SARAL Drifting Phase" (SARAL-DP Phase). Η επεξεργασία δεδομένων καθώς και η λανθάνουσα κατάσταση των δεδομένων δεν έχουν αλλάξει. Από την ημερομηνία αυτή, ο δορυφόρος SARAL πετάει χωρίς ελιγμούς στο σταθμό, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει μετατόπιση μεταξύ διαδοχικών γειτονικών διαδρομών που δεν είναι πλέον επαναλαμβανόμενες.

Ο Jason-3 είναι διάδοχος του Jason-2, εκτοξεύθηκε στις 17 Ιανουαρίου του 2016 και αποτελεί αποστολή συνεργασίας των CNES, NASA, Eumetsat (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) και NOAA. Βασικός του σκοπός είναι η παρακολούθηση του κλίματος, της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας και των εποχιακών προβλέψεων. Τέθηκε σε τροχιά στα 1336 km με κλίση 66°. Διαθέτει το αλτίμετρο Poseidon-3B και η τροχιά του ελέγχεται από τα συστήματα GPS RECEIVER (GPSP), DORIS (DOPPLER LOCATION) και LRA (LASER TRACKING). Το αλτίμετρο Poseidon-3B, που παρέχεται από την CNES, είναι το κύριο όργανο της αποστολής, που προέρχεται από τα αλτίμετρα Jason-1 και στη συνέχεια Jason-2. Επιτρέπει τη μέτρηση του εύρους (της απόστασης από το δορυφόρο έως την επιφάνεια της Γης), του ύψους των κυμάτων και της ταχύτητας του ανέμου (ESA, 2018).

Ο επόμενος δορυφόρος ανήκει στο πρόγραμμα GMES (Global Monitoring for Environment and Security) της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος, το οποίο ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για την παρακολούθηση της επιφάνειας των ωκεανών, της γης και των πάγων σε πραγματικό χρόνο σε διάστημα περίπου 20 ετών. Η



δορυφορική αυτή αποστολή είναι η Copernicus Sentinel-3 και αποτελείται από δύο ταυτόσημους δορυφόρους στην ίδια τροχιά που απέχουν μεταξύ τους κατά περίπου 180 μίρες. Σκοπός είναι η παροχή μακροπρόθεσμων επιχειρησιακών υπηρεσιών θαλάσσιας και χερσαίας παρακολούθησης (ESA, 2018). Ο πρώτος δορυφόρος τέθηκε σε τροχιά τον Φεβρουάριο του 2016 και ο δεύτερος τον Απρίλιο του 2018. Τέθηκαν σε πολική τροχιά στα 815 χιλιόμετρα με κλίση 98.645589 μοίρες. Διαθέτουν ένα αλτίμετρο Synthetic Aperture Radar Altimeter (SRAL) που λειτουργεί σε συχνότητα Ku-band και C-band. Λειτουργούν σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (μέρα ή νύχτα) και σε οποιαδήποτε καιρική συνθήκη. Συγκεκριμένα το αντικείμενο της αποστολής Sentinel-3 συνοψίζεται στα εξής: Παρακολούθηση του ωκεάνιου και ηπειρωτικού χρώματος, παρακολούθηση της ωκεάνιας και χέρσας θερμοκρασίας και καταγραφή της παγκόσμιας τοπογραφίας. Γενικότερα ο Sentinel-3 έχει απασχολήσει πολύ την ωκεανογραφική κοινότητα καθώς χάρη σε αυτόν έχουν λυθεί τα προβλήματα που παραδοσιακά παρουσιάζονται στην ανάλυση των παράκτιων αλτιμετρικών δεδομένων.

Ο CFOSAT είναι μια κοινή αποστολή των κινεζικών (CNSA) και των γαλλικών (CNES) διαστημικών οργανισμών με στόχο την παρακολούθηση των θαλάσσιων επιφανειακών ανέμων και των κυμάτων και την παροχή πληροφοριών σχετικά με τις σχετικές ωκεάνιες και ατμοσφαιρικές επιστήμες και εφαρμογές. Ο πρωταρχικός στόχος του CFOSAT είναι να παρακολουθεί σε παγκόσμια κλίμακα τον άνεμο και τα κύματα στην επιφάνεια του ωκεανού προκειμένου να βελτιώσει τις προβλέψεις ανέμου και κύματος για τη θαλάσσια μετεωρολογία (συμπεριλαμβανομένων σοβαρών συμβάντων), τη μοντελοποίηση και πρόβλεψη της δυναμικής των ωκεανών, τις γνώσεις μας για τη μεταβλητότητα του κλίματος και τις θεμελιώδεις γνώσεις σχετικά με τις επιφανειακές διεργασίες που συνδέονται με τον άνεμο και τα κύματα. Εκτοξεύθηκε στις 29 Οκτωβρίου του 2018 σε τροχιά περίπου 500 χιλιομέτρων με κλίση 90 μοιρών. Διαθέτει scatterometer, SWIM (Surface Waves Investigation and Monitoring instrument), δηλαδή ένα αλτίμετρο ραντάρ συχνότητας Ku-band (AVISO, 2018).

### Μελλοντικές αποστολές:

Στα μελλοντικά σχέδια των αλιμετρικών δορυφορικών αποστολών παρουσιάζονται δύο αποστολές: η SWOT (SWOT-Surface Water and Ocean Topography) και η Jason-CS/SENTINEL-6. Η Jason-CS/SENTINEL-6 δορυφορική αποστολή θα είναι ακόλουθη της δορυφορικής αποστολής Jason-3. Η Jason-CS/SENTINEL-6 αποστολή είναι μέρος του προγράμματος Copernicus και είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ των Esa, Eumetsat, European Union, Noaa, Cnes και Nasa/JPL. Ο πρώτος δορυφόρος υπολογίζεται να εκτοξευθεί το 2020, ενώ ο δεύτερος το 2025. Η τροχιά του υπολογίζεται να είναι στα 1336 χιλιόμετρα με κλίση 66 μοίρες, ακολουθώντας τις άλλες αποστολές που ασχολούνται με την τοπογραφία (AVISO, S018). Από την άλλη, στόχος της αποστολή SWOT είναι να αποτελέσει την πρώτη παγκόσμια ερευνητική προσπάθεια μελέτης των επιφανειακών υδάτων όπως των ωκεανών, των λιμνών, των ποταμών και ιδιαίτερα τη μελέτη των πλημμυρών. Μελετώντας τη τοπογραφία της θαλάσσιας επιφάνειας των ωκεανών (για παράδειγμα στη μεσοκλίμακα και τη κυκλοφορία του ωκεανού κάτω από τη μεσοκλίμακα) και τη παρακολούθηση των χερσαίων υδάτων με την πάροδο του χρόνου (Morrow κ.ά. 2012). Η προσπάθεια της αποστολής SWOT υπολογίζεται να υλοποιηθεί από ένα δορυφόρο που θα είναι εξοπλισμένος με ένα SIRAL αισθητήρα Ku συχνότητας μεγάλου εύρους, με πολλαπλά όργανα, με SAR και InSAR τεχνολογίες, ικανό για ναδία παρακολούθηση της γης, που του επιτρέπουν την καλύτερη απόκτηση δεδομένων ακόμη και κοντά στις ακτές.

Όσο αφορά τη δορυφορική αποστολή SWOT υπολογίζεται να υλοποιηθεί το 2021 ως πρόγραμμα συνεργασία των NASA, CNES, Canadian Space Agency και UK Space Agency. Σκοπός του θα είναι να καλύψει τις ανάγκες της Υδρολογικής και Ωκεανογραφικής κοινότητας. Θα είναι σε τροχιά στα 890 km με κλίση 77.6° (AVISO, S018).

### Πολλαπλή χρήση δορυφορικών αποστολών:

Επειδή μια δορυφορική αποστολή ακολουθεί ορισμένες επαναλαμβανόμενες τροχιές, καλύπτει μερικά σημεία μιας περιοχής. Για να μελετηθεί μία περιοχή επομένως χρειάζεται η χρήση αρκετών δορυφόρων.

Ένα παράδειγμα δορυφόρων που λειτουργούν συμπληρωματικά ο ένας με τον άλλο, είναι το σύστημα multission Duacs που λειτουργεί από τον Φεβρουάριο του 2012

και συμπεριλαμβάνει τους δορυφόρους Jason-1, Envisat, Jason-2 και Cryosat-2. Αποτελέσματα της συνεργασίας αυτής είναι η συλλογή περισσότερων δεδομένων κατά μήκος της γραμμής, υψηλότερη ανάλυση χαρτών μεσαίας κλίμακας πολλαπλών αποστολών και καλύτερη ανθεκτικότητα του συστήματος παρατήρησης πολλαπλών αποστολών εάν δεν είναι διαθέσιμος ένας παλιός αλτιμετρικός σταθμός (AVISO, 2018).

Τουλάχιστον δύο δορυφόροι αλτιμετρίας απαιτούνται για τη χαρτογράφηση του ωκεανού και την παρακολούθηση των κινήσεών του, ιδιαίτερα σε κλίμακες των 100 έως 300 χιλιομέτρων (μεσαία κλίμακα). Με τέσσερις διαθέσιμους αλτιμετρικούς δορυφόρους (Jason-1 + Jason-2 + Envisat + Cryosat-2 από το 2012, ή Jason-1, Envisat ή ERS-2, Topex / Poseidon και GFO μεταξύ 2002-2005), οι μετρήσεις βελτιώνονται σημαντικά. Απαιτούνται τουλάχιστον τρεις δορυφόροι για να παρατηρηθούν φαινόμενα στροβιλισμού και μεσοκλίμακας.

#### Βελτιώσεις στην τεχνολογία των Αλτιμετρικών δορυφορικών αποστολών

Παρατηρείται η ολοένα και περισσότερη ανάγκη χρήσης αλτιμετρικών δορυφορικών δεδομένων για την υλοποίηση διαφόρων εφαρμογών, επιχειρησιακών και μη. Επομένως καθίσταται αναγκαία η βελτίωση της χωρικής και χρονικής κάλυψης των δεδομένων αυτών. Μερικές από τις καινοτομίες που συζητούνται όσο αφορά την τεχνολογία των αλτιμετρικών δορυφόρων είναι ότι ένας αλτιμετρικός δορυφόρος θα έχει πολλά αλτίμετρα, που θα μπορούν να παρέχουν ταυτόχρονα μετρήσεις για μεγαλύτερη κάλυψη της περιοχής. Επίσης συζητιέται η λήψη ανακλώμενων σημάτων που μεταδίδονται από δορυφόρους στο Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GNSS), και συγκεκριμένα από το GPS (Global Positioning System) και το ευρωπαϊκό ομόλογό του Galileo. Με την ανάλυση των επιστρεφόμενων σημάτων θα υπολογίζεται το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας (AVISO, 2018).

## **2.10 Τα χαρακτηριστικά του δορυφόρου Sentinel 3 και οι τεχνολογικές εξελίξεις**

Η δορυφορική αποστολή Sentinel-3 ανήκει στο πρόγραμμα της Παγκόσμιας Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος και της Ασφάλειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (GMES-Global Monitoring for Environment and Security) και έχει σκοπό τη παροχή διαφόρων υπηρεσιών παρακολουθώντας τη Γη, όπου μέσα σε αυτές είναι και οι ωκεανογραφικές υπηρεσίες.

Ο δορυφόρος Sentinel-3 διαθέτει αλτιμετρικά όργανα C και Ku συχνότητας, για την κάλυψη αναγκών όπως την παρακολούθηση των ωκεανών, αλλά και την νέα ανάγκη της παρακολούθησης των εσωτερικών και των παράκτιων υδάτων. Χρησιμοποιεί τελευταίας τεχνολογίας πολλαπλά όργανα ανίχνευσης, όπως των Ραδιομετρητή μικροκυμάτων (MWR- Micro-Wave Radiometer), τον θερμοκρασιακό Ραδιομετρητή θαλάσσης και ξηράς (SLSTR-Sea and Land Surface Temperature Radiometer), το όργανο έγχρωμου φωτισμού για ξηρά και θάλασσα (OLCI-Ocean and Land Colour Instrument) και φυσικά το αλτίμετρο SRAL.

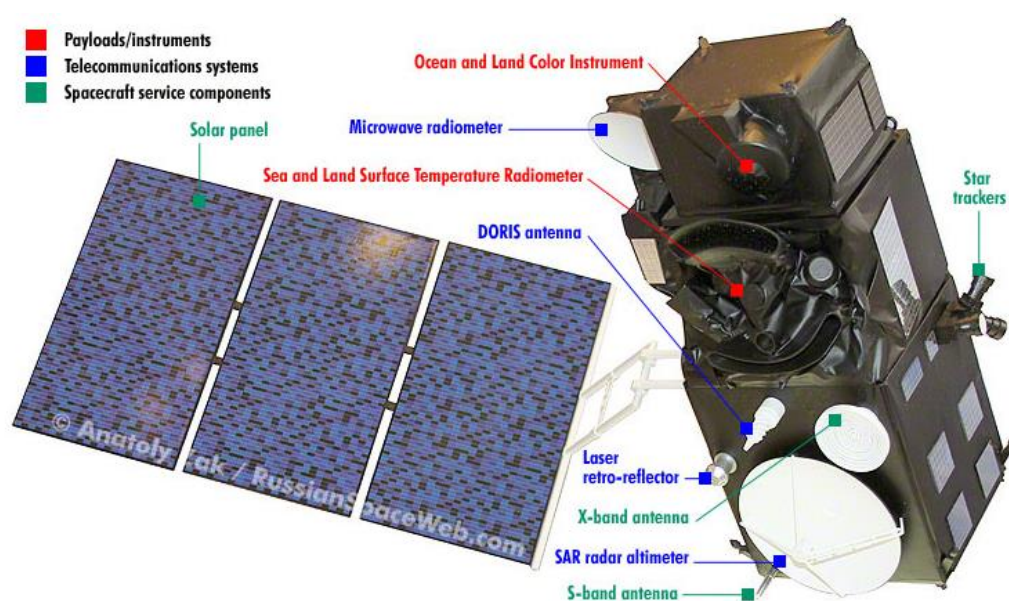
Οι δορυφορικές αποστολές Sentinel-3 ξεκίνησαν το 2016, με την εκτόξευση του δορυφόρου Sentinel-3 A και συνέχισαν με την εκτόξευση του δεύτερου δορυφόρου, τον Απρίλιο του 2018. Αναμένεται να εκτοξευθούν και άλλοι δορυφόροι της σειράς Sentinel-3 το 2021.

Οι δορυφόροι Sentinel-3 διαθέτουν ανιχνευτικά όργανα πυκνής και παγκόσμιας κάλυψης, τελευταίας τεχνολογίας. Οι αισθητήρες τους συλλέγουν στοιχεία για τις παραμέτρους του χρώματος της επιφάνειας της θάλασσας, για την καταγραφή της θαλάσσιας τοπογραφίας της επιφάνειας, το προσδιορισμό της θαλάσσιας θερμοκρασίας και το σημαντικό ύψος κύματος (SWH).

Οι δορυφόροι για αυτούς τους σκοπούς, χρησιμοποιούν πολλαπλά όργανα ανίχνευσης. Συγκεκριμένα για τον υπολογισμό της τοπογραφίας της θάλασσας χρησιμοποιείται το όργανο-αλτίμετρο SAL Altimeter / SRAL. Το αλτίμετρο SRAL είναι ένα ναδίρ ραντάρ, που διαθέτει συμβατικό ραντάρ ρυθμού χαμηλής ανάλυσης (LRM), που καταγράφει δεδομένα ανά 7 χιλιόμετρα και ραντάρ SAR κατάστασης, για along-track μετρήσεις. Διαθέτουν ακόμη, σήματα διπλής συχνότητας στο εύρος ζώνης Ku (13.575 GHz, εύρους = 350 MHz) και C-band (5.41 GHz, εύρους = 320 MHz), για τη μέτρηση των

θαλάσσιων επιφανειών. Ο συνδυασμός των δύο ζωνών, Ku και C μάλιστα προσφέρουν στους δορυφόρους υψηλή χωρική ανάλυση της τάξης των 300 μέτρων.

Η επιστημονική κοινότητα παρακολουθεί στενά τις τεχνολογικές εξελίξεις που προσέφεραν οι δορυφόροι Sentinel-3 και προετοιμάζονται για μελλοντικές δορυφορικές αποστολές όπως η Swot.



Εικόνα 2.11: Τα βασικά εργαλεία του Sentinel 3

(Πηγή: ESA, 2019)

### **3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του Διαδικτυακού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (WebGis)**

#### **3.1 Εισαγωγή: Διαδικτυακό Σύστημα Γεωγραφικών πληροφοριών (WebGis)**

Το Διαδικτυακό σύστημα πληροφοριών (WebGis) έχει μετατραπεί σε ένα φθινό και ταυτόχρονα αποτελεσματικό τρόπο διάδοσης γεωγραφικών δεδομένων αλλά και εργαλείων προς επεξεργασία αυτών (Alesheikh κ.ά., 2002). Η διαδικτυακή χαρτογράφηση είναι κάτι περισσότερο από μία απλή χαρτογράφηση στο διαδίκτυο, είναι μια υπηρεσία με την οποία οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τι θα δείξει ο χάρτης και άρα τι θα τους προσφέρει με την βοήθεια ενός διαδραστικού χάρτη (Newman, 2007). Το διαδικτυακό ΣΓΠ είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically referenced) πληροφορίες από υπάρχουσες βάσεις δεδομένων (Lee κ.ά., 2008).

Ο συνδυασμός του διαδικτύου και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών ξεκίνησε μια σειρά προτερημάτων μεταξύ αυτών, μετέβαλλε τον τρόπο που ο χρήστης έχει πρόσβαση, μοιράζεται και διαχειρίζεται τα χωρικά δεδομένα (spatial data), παρέχοντας νέες δυνατότητες και δημιουργώντας συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία (Alesheikh κ.ά., 2002). Η χρήση των ΣΓΠ ικανοποιεί τις ανάγκες και τις απαιτήσεις ενός ευρύ κοινού, όπως παραγωγούς και χρήστες χωρικών δεδομένων μέχρι ιδιωτικούς και δημόσιους φορείς.

Επιπλέον η αύξηση της ζήτησης και της χρήσης της γεωγραφικής πληροφορίας οδήγησε στην απλούστευση των συστημάτων αυτών ώστε να είναι εύχρηστα, μέσω ενός φυλλομετρητή, ακόμα και στον απλό χρήστη του διαδικτύου.

Τα συστήματα αυτού του τύπου, παρέχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης δεδομένων σε διαφορετικούς μορφότευπους από τις διαφορετικές αλτιμετρικές αποστολές. Και επιτρέπουν την επεξεργασία και στατιστική ανάλυση, καθώς και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων τους. Αποτελούν, δηλαδή, ένα πλήρες πακέτο για τη μελέτη αλτιμετρικών ζητημάτων που έχουν να λύσουν θαλάσσια φαινόμενα.

### 3.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση:

Την τελευταία δεκαετία έχει παρατηρηθεί μεγάλη αύξηση στη χρήση των Web GIS σε τομείς όπως η εκπαίδευση, οι μεταφορές, η εγκληματολογία, η δασοπροστασία, το εμπόριο, η κοινωνιολογία, οι επιχειρήσεις και η αποκατάσταση καταστροφών (Khan και Adnan, 2010). Η συνεχή ανάπτυξη του διαδικτύου και η ανάγκη των ανθρώπων για διευκόλυνση σε κάθε τομέα, έχει οδηγήσει στη δημιουργία πολλών εφαρμογών. Τα WebGIS είναι η διαδικτυακή εφαρμογή που συνδυάζει τον χώρο με τα γεωχωρικά δεδομένα και δίνει την ευκαιρία σε έναν απλό χρήστη του διαδικτύου, να αλληλεπιδράσει με αυτά. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε μερικές δημοφιλείς διαδικτυακές εφαρμογές χαρτών, καθώς και σε μερικές εφαρμογές WebGIS του παρελθόντος.

Μια από τις πρώτες εφαρμογές WebGIS που θα το χαρακτηρίζαμε και ως συμμετοχικό πρόγραμμα, είναι η OpenStreetMap. «Το OpenStreetMap αποτελεί έναν δωρεάν, επεξεργάσιμο παγκόσμιο χάρτη. Έχει φτιαχτεί από ανθρώπους σαν κι εσένα» (OSM, 2009). Σκοπός της εφαρμογής αυτής είναι η συμμετοχή οποιουδήποτε χρήστη για τη δημιουργία ενός ελεύθερου χαρτογραφικού υποβάθρου που θα καλύπτει όλη την επιφάνεια της Γης. Το OpenStreetMap εμφανίστηκε πρώτη φορά το 2003. Τα δεδομένα παράγονται από τους χρήστες οι οποίοι τα συλλέγουν, τα επεξεργάζονται και τα δημοσιοποιούν, χρησιμοποιώντας αεροφωτογραφίες, φορητούς δέκτες GPS και κάθε μορφή ελεύθερης πηγής πληροφορία λόγω εντοπιότητας. Το υλικό του OpenStreetMap διατίθεται με την άδεια της Creative Commons και είναι διαθέσιμο από τους εξυπηρετητές του OpenStreetMaps, σε μορφότυπο OSM XML. Πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης εφαρμογής, είναι το χαμηλό κόστος (καθώς η συμμετοχή είναι εθελοντική) και η ταχύτητα της συλλογής των δεδομένων. Ως μειονέκτημα είναι ότι οι πληροφορίες δεν δημοσιεύονται από ειδικούς στη συλλογή και επεξεργασία των γεωχωρικών δεδομένων, έτσι μπορούν να έχουν διάφορες ανακρίβειες.

Ένα παράδειγμα άλλης διαδικτυακής εφαρμογής GIS είναι η εφαρμογή Miyun. Σκοπός της είναι η μοντελοποίηση, παρακολούθηση και διαχείριση των πληροφοριών διάβρωσης κοντά στο Πεκίνο με ερμηνεία εικόνων Landsat TM (Huang κ.ά., 2004).

Έπειτα, γεωπεριβαλλοντικά δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με τους υδροτόπους της Φλόριντα μπορούν να βρεθούν στο GIS του Πανεπιστημίου της Φλόριντα.

Συμπεριλαμβάνει δεδομένα όπως τα φυσικά, χημικά και βιολογικά εδάφη, τα χαρακτηριστικά και τα δεδομένα χρήσης γης (Mathiyalagan κ.ά., 2005).

Το Φεβρουάριο του 2005 δημιουργείται η σε όλους μας, γνωστή εφαρμογή Google maps. Η οποία παρουσιάζει τη δυσδιάστατη απεικόνιση του χώρου. Αποτελεί ένα ΣΓΠ που παρέχει δυνατότητες απεικόνισης δορυφορικών εικόνων ικανής ευκρίνειας, αεροφωτογραφίες, χάρτες δρόμων, πανοραμική θέαση σε δρόμους 360 ° (Street View), συνθήκες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο (Google Traffic) και σχεδιασμό διαδρομών για ποδήλατα, αυτοκίνητα και τα πόδια ή τα μέσα μαζικής μεταφοράς, ακόμη εμφανίζει και τον εντοπισμό επιχειρήσεων, οργανισμών κ.α.. Ο χρήστης της εφαρμογής έχει ελεύθερη πρόσβαση στη πληροφορία μέσω φυλλομετρητή, σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα (π.χ. mobile). Εκτός από τα σημεία ενδιαφέροντος που αναφέρθηκαν παραπάνω η εφαρμογή διαθέτει και διαφορετικά χαρτογραφικά υπόβαθρα, όπως το satellite (δορυφόρος) από τον συνδυασμό δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών, το Terrain (Εδαφος) που απεικονίζει και αναπαριστά το ανάγλυφο και το Hybrid (Υβρίδιο), όπου γίνεται επίθεση χαρτογραφικής πληροφορίας (π.χ. ονόματα οδών) σε δορυφορικό υπόβαθρο. Η επιτυχία της συγκεκριμένης εφαρμογής οφείλεται στη ταχεία και αποτελεσματική απόδοση των απεικονίσεων των απαντήσεων των ερωτημάτων του χρήστη.

Το 2005 δημοσιοποιείται στο κοινό μια εφαρμογή που ονομαζόταν Windows Live Local (με πλατφόρμα τη Virtual Earth). Αποτελούσε την αρχική εκδοχή της εφαρμογής Microsoft Bing Maps και βασιζόταν στις τεχνολογίες της Microsoft, όπως η MapPoint και η TerraServer. Αργότερα η εφαρμογή, ονομάστηκε Live Search Maps και ήταν μέρος του πακέτου υπηρεσιών της μηχανικής αναζήτησης Live Search. Τον Ιούνιο του 2009 η εφαρμογή μετονομάζεται σε Bing Maps και η πλατφόρμα σε Bing Maps for Enterprise. Η εφαρμογή τότε αρχίζει και μοιάζει στην γνωστή εφαρμογή Google Earth. Όσπου τον Αύγουστο του 2010 η εφαρμογή, παίρνει τη γνωστή της μορφή, που είναι αποτέλεσμα της αναβάθμισης που πραγματοποιήθηκε εκείνη την περίοδο. Η έβδομη εκδοχή της εφαρμογής πραγματοποιείται τον Δεκέμβριο του 2010, έχει τη μορφή που εμφανίζεται σήμερα σε κάθε φυλλομετρητή (browser) και καλύπτει αρκετές ανάγκες των χρηστών. Μερικά από τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής είναι τα εξής:

-Η δυσδιάστατη, τρισδιάστατη θέαση και η απεικόνιση υπό γωνία (bird's view).



-Η αποθήκευση σημείων ενδιαφέροντος, η καταγραφή πληροφοριών σχετικών με αυτά και η καταχώρηση συνδέσμου URL και εικόνας.

-Η δυνατότητα πανοραμικής (360ο) θέασης περιοχών από το επίπεδο του δρόμου (StreetSide view), σε επιλεγμένες περιοχές.

-Η επιλογή του κατάλληλου χαρτογραφικού υποβάθρου γίνεται αυτόματα ανάλογα την κλίμακα που επιλέγεται από τον χρήστη.

-Η δυνατότητα πλοήγησης σύμφωνα με την βέλτιστη διαδρομή, που ορίζεται σύμφωνα με τα σημεία έναρξης και προορισμού της διαδρομής και λαμβάνει υπόψιν τη χιλιομετρική και χρονική απόσταση αλλά και τη κυκλοφοριακή συμφόρηση.

-Δυνατότητα διαλειτουργικότητας μεταξύ και άλλων εφαρμογών.

-Τέλος υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού σημείων ενδιαφέροντος με την αναζήτηση του ακριβούς ονόματός τους. Σε μερικές εγγραφές υπάρχει και η αντίστοιχη περιγραφή από την εγκυκλοπαίδεια Wikipedia.

Μια ακόμη βάση δεδομένων και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον WebGIS υπάρχει για την Ελβετία που επιτρέπει την ανάκτηση, ανάλυση και οπτικοποίηση των σχετικών δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως τα πολύγωνα βιοτόπων, παρατηρήσεις στην πανίδα, στους μύκητες, στα βρύα και στις λειχήνες (Frehner και Brandli 2006).

Άλλο ένα σύστημα WebGIS, το οποίο βασίζεται στη συλλογή δεδομένων, στη δημιουργία μια ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων και στην εύκολη δημοσιοποίησή τους μέσω του διαδικτύου είναι το WebGIS που έχει δημιουργηθεί για τη περιοχή Tidal Creek της Ανατολικής Ακτής των Η.Π.Α. (White κ.ά., 2009).

Ένας τομέας που χρησιμοποιούνται κατά κόρον τα διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, είναι φυσικά και ο τομέας διαχείρισης φυσικών καταστροφών (Mansourian κ.ά., 2006). Παράδειγμα αποτελεί το σύστημα από το USGS (United States Geological Survey), που περιέχει δυναμικούς και ολοένα και πιο ενημερωμένους χάρτες σχετικά με φυσικές καταστροφές όπως οι σεισμοί, οι δασικές πυρκαγιές, οι τυφώνες και οι πλημμύρες. Σκοπός της εφαρμογής είναι η έγκαιρη και γρήγορη ενημέρωση των πολιτών ώστε να τους προειδοποιήσει για αυτού του είδους τα γεγονότα (Fu και Sun, 2010).

Συνδιασμός του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών και Web παρατηρείται και στην εφαρμογή WaldIS. Είναι μια εφαρμογή ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων, την απεικόνιση της χωρικής και στατιστικής πληροφορίας δασικών δεδομένων στη Γερμανία. Χάρη στη συγκεκριμένη εφαρμογή μπορούν να προβούν συμπεράσματα για παράδειγμα για την αξιολόγηση της κατάστασης των δασών, για την έρευνα των παραμέτρων των φυλλωμάτων και την αξιολόγηση της κατάστασης του εδάφους (Aden κ.ά., 2010).

Ένα άλλο παράδειγμα GIS που βασίζεται στο Διαδίκτυο, είναι το WebGIS που μελετά τους τους κινδύνους κατολίσθησης στις περιοχές που έχουν πληγεί από τυφώνες, χρησιμοποιώντας προγνωστικά μοντέλα της έντασης βροχόπτωσης, ελέγχοντας τη γεωμορφολογία, τη γεωλογία, τη βλάστηση και την ιστορία των κατολισθήσεων στην Κίνα (Zhang κ.ά.. 2011).

Όσο αφορά την Ελλάδα παρατηρείται ότι οι Δήμοι προσπαθούν να οργανώσουν τη χωρική περιγραφική πληροφορία -που σχετίζεται με τους Δήμους- σε συστήματα WebGIS, ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση των πολιτών σε αυτή, αλλά και να μπορούν να συμβάλλουν στην ενημέρωση της. Αυτό επιτυγχάνεται, όπως αναφέρουν ο Χιώτης κ.α. (2010), αναπτύσσοντας “Web GIS εφαρμογή η οποία δίνει σε πραγματικό χρόνο τη δυνατότητα ανάκτησης, προβολής, επεξεργασίας, ανάλυσης και εκτύπωσης του συνόλου της χωρικής και περιγραφικής πολεοδομικής πληροφορίας του δήμου, μέσω ενός λειτουργικού, εύχρηστου και φιλικού προς το χρήστη περιβάλλοντος εργασίας”. Για παράδειγμα στον Δήμο του Χαϊδαρίου, οι πολίτες μπορούν μέσω του Web GIS του Δήμου, να αναφέρουν τα σημεία που υπάρχουν προβλήματα όπως φωτιές, απορρίματα και χαλασμένοι δρόμοι.

Τέλος βρίσκεται υπό ανάπτυξη η WebGIS εφαρμογή “Εθνικό Παρατηρητήριο Δασών (ΕΠαΔ)” που σκοπεύει στη καταγραφή των διαθέσιμων διαχειριστικών μελετών σχετικών με τα γεωγραφικά δεδομένα των δασών, καθώς και στη συγκέντρωση και διαδικτυακή διάθεσή τους προς κάθε ενδιαφερόμενο φορέα.

### 3.3 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Πριν προχωρήσουμε στην επεξήγηση του διαδικτυακού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών, θα πρέπει να αναφερθούμε σε δύο από τους ορισμούς του απλού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Σύμφωνα με τον ορισμό του Goodchild το 1985, «Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης πληροφοριών σχετικών με ζητήματα γεωγραφικής φύσης». Άλλος ένας ορισμός που δόθηκε από τον Carter το 1989, είναι ότι ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι «όλα εκείνα τα πληροφοριακά συστήματα τα οποία εστιάζουν σε χωρικά ενδιαφέροντα και φαινόμενα σε κλίμακες από όλη τη Γη μέχρι τη μοναδιαία ιδιοκτησία (land parcel). Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά της ύπαρξης της χωρικής διάστασης. Ακόμη υπάρχει μεγάλος αριθμός Σ.Γ.Π., πολλά από τα οποία είναι γνωστά με άλλα ονόματα».

#### Διαδικτυακή χαρτογραφία

Ως διαδικτυακή χαρτογραφία ορίζονται τα στάδια του σχεδιασμού και της υλοποίησης των χαρτογραφικών δεδομένων που χρειάζονται ώστε να είναι διαθέσιμα στον Παγκόσμιο Ιστό. Παρόλο που η διαδικτυακή χαρτογραφία ασχολείται με την θεωρία της χαρτογραφίας όπως και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, δεν αποτελεί ταυτόσημο του όρου των διαδικτυακών Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (Web GIS). Η ομοιότητα των δύο προηγούμενων όρων οφείλεται κυριώς στην δυνατότητα του χρήστη να επεξεργάζεται και να αναλύει γεωχωρικά δεδομένα. Η διαδικτυακή χαρτογράφηση είναι κάτι περισσότερο από μία απλή χαρτογράφηση στο διαδίκτυο, είναι μια υπηρεσία με την οποία οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τι θα δείξει ο χάρτης και άρα τι θα τους προσφέρει (Newman, 2007).

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας και η ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών επηρέασε, όπως είναι φυσικό, και τον τομέα της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας. Δημιουργήθηκε η ανάγκη για ανάπτυξη χαρτών με μεγάλο εύρος αποτυπωμένων δεδομένων, που μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τη δημιουργία χαρτών στο διαδίκτυο και τη δυνατότητα του χρήστη να εμφανίζει κάθε φορά τα δεδομένα που επιθυμεί. Σε πρώτο στάδιο η Διαδικτυακή Χαρτογραφία αποτελούσε μια απλή παρουσίαση χαρτών στο διαδίκτυο που είχαν δημιουργηθεί από ένα λογισμικό ΣΓΠ. Ο χρήστης είχε μόνο τη δυνατότητα να αποθηκεύσει την συγκεκριμένη παρουσίαση σε ψηφιακή μορφή και

να την εκτυπώσει. Κάπως έτσι άρχισε να αναπτύσσεται η Διαδικτυακή Χαρτογραφία (Web Mapping) (Newman, 2007).

Στο σχήμα που παρουσιάζεται παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες χαρτών που συναντάμε στο Διαδίκτυο (Kraak MJ. and Brown A., 2001):

-Στατικοί Χάρτες (Static Maps) κατ' αντιστοιχία με τις στατικές ιστοσελίδες, δημιουργούνται εφ' άπαξ και σπανίως τυγχάνουν ενημέρωσης.

-Δυναμικοί Χάρτες (Dynamic maps) δημιουργούνται δυναμικά, μέσω δυναμικών πηγών δεδομένων (π.χ. ΒΔ), σε κάθε επαναφόρτωση της ιστοσελίδας.

-Αναλυτικοί (analytic web maps): είναι αποτέλεσμα ανάλυσης εργαλείων ΣΓΠ.

-Κινούμενοι (animated web maps): προσφέρονται για την απεικόνιση γραφικών ή χρονικών μεταβολών.

-Συνεργατικοί (collaborative web maps): είναι αποτέλεσμα συνεργασίας κοινότητας χρηστών

-Προσαρμόσιμοι (customizable web maps): προσφέρεται η δυνατότητα μεταφόρτωσης τους σε άλλα περιβάλλοντα (συνήθως μέσω API's).

-Κατανεμημένοι (distributed web maps): είναι αποτέλεσμα κλήσεων σε κατανεμημένες πηγές δεδομένων.

-Διαδραστικοί (interactive web maps): προσφέρονται δυνατότητες αλληλεπίδρασης του χρήστη με το περιεχόμενο.

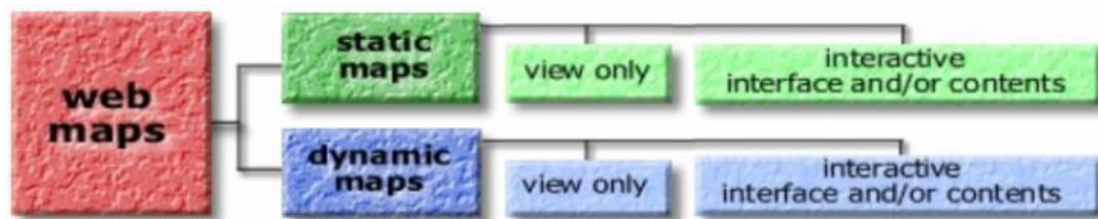
-Εξατομικευμένοι (personalized web maps): ο χρήστης επιλέγει συμβολισμούς, μορφοποιήσεις επί του χάρτη ανάλογα με τις προσωπικές του προτιμήσεις.

-Πραγματικού χρόνου (real time web maps): προσφέρονται για συλλογή δεδομένων από αισθητήρες και άμεση απεικόνιση αυτόματα, είτε κατόπιν αιτήσεως.

Κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες υποδιαιρείται σε:

-View Only maps

-Interactive maps



Εικόνα 3.1: Κατηγορίες χαρτών που συναντούμε στο Internet (Πηγή: <http://kartoweb.itc.nl/Webcartography/Webmaps/static/s-view.htm>, Πρόσβαση: 20/01/2019)

Το κοινότερο είδος χάρτη που συναντάμε στο Internet είναι ο στατικός (static) και ο view only χάρτης. Οι συγκεκριμένοι χάρτες είναι σκαναρισμένοι χάρτες που έχουν δημοσιοποιηθεί στο ίντερνετ και είναι συνήθως της μορφής .jpg ή .bmp. Λόγω του ότι οι χάρτες αυτού του είδους είναι απλοί, συνήθως σκαναρισμένοι και δεν περιέχουν σημαντική πληροφορία. Εν γένη, δεν αποτελούν χάρτες που έχουν σχεδιαστεί για το Ίντερνετ.

Οι χάρτες που είναι στατικοί μπορούν να γίνουν και πιο διαδραστικοί (interactive). Για παράδειγμα υπάρχουν οι χάρτες που με ένα κλικ, ο χρήστης μπορεί να μεταβεί σε άλλες πληροφορίες, που συμπεριλαμβάνονται στο διαδίκτυο. Πληροφορίες όπως εικόνες, ιστοσελίδες ή και άλλοι χάρτες. Οι χάρτες του είδους αυτού, χαρακτηρίζονται ως “clickable”. Σε έναν διαδραστικό χάρτη, συνήθως ο χρήστης έχει τη δυνατότητα μετακίνησης ή και εστίασης. Ακόμη μπορεί να έχει τη δυνατότητα απενεργοποίησης και ενεργοποίησης των επιπέδων πληροφορίας, που διαθέτει ο χάρτης ή και πιθανά να έχουν την ευχέρεια να αλλάζουν τους συμβολισμούς και τα χρώματα.

Ένας τρόπος αναπαράστασης αυτού του είδους χαρτών είναι μέσω animation. Όπως για παράδειγμα, γίνεται η απεικόνιση της πρόγνωσης του καιρού καθημερινά. Για να αναπαρασταθούν πιο διαδραστικοί χάρτες, όπως στην περίπτωση της απόδοσης του ημερήσιου καιρού, χρησιμοποιούνται media players, όπως για παράδειγμα MPEG, QuickTime format και AVI. Μπορούν να προστεθούν και διάφορα plug ins, τα οποία προσφέρουν στο διαδραστικό χάρτη backward και forward, ή και ένα απλό pause. Για να δημιουργηθούν οι δυναμικοί χάρτες χρησιμοποιείται συνήθως JavaScript, Java ή και εικονικό περιβάλλον, όπως Virtual Reality Modeling Language (VRML), ή QuickTime

VR. Μέσω VRML, υπάρχει ακόμη και η δυνατότητα απεικόνισης στους διαδραστικούς χάρτες 3D δεδομένων.

Γενικότερα το Διαδίκτυο και η ολοένα και περισσότερη χρήση του για τη δημοσιοποίηση χαρτών, αποτελεί την εξέλιξη της Χαρτογραφίας. Καθώς χάρη στο Web, δημοσιοποιούνται χάρτες οικονομικά, με ευελιξία στις απαιτήσεις του κάθε χρήστη, καθώς και είναι εύκολη η ενημέρωση των χαρτών και των λογισμικών που χρησιμοποιούνται. Όμως μαζί με την εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας γεννιούνται και ορισμένα προβλήματα, όπως το ζήτημα της πνευματικής ιδιοκτησίας και ασφάλειας, αλλά και η απαίτηση συγκεκριμένης τεχνικής υποστήριξης όπως οθόνες με υψηλή ανάλυση. Πλέον, η Διαδικτυακή Χαρτογραφία προσπαθεί να λύσει ζητήματα που αναφέρονται στη διαδραστικότητα, στη χρηστικότητα, στα πολυμέσα και στη δημιουργία εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο.

### **3.4 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στο Διαδίκτυο (Web-GIS)**

Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών στο Διαδίκτυο (Web-GIS), αποτελεί ένα οικονομικό και ταυτόχρονα αποτελεσματικό τρόπο διάχυσης των γεωγραφικών δεδομένων, αλλά και των εργαλείων προς επεξεργασία αυτών (Alesheikh, Helali and Behroz, 2002).

Τα διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών χρησιμοποιούνται από τους χρήστες ως ειδικά εργαλεία, για να δημιουργήσουν παρουσιάσεις των πολυμέσων των GIS, να δημοσιεύσουν και να αναζητήσουν χωρικά δεδομένα, ακόμη και να διεξάγουν χωρική ανάλυση. Οι χρήστες χρησιμοποιώντας έναν Web browser, μπορούν να συντάξουν χωρικά ερωτήματα και να εκτελέσουν χωρική ανάλυση. Επομένως, με τον όρο Web-GIS, αναφερόμαστε στην πρόσβαση των υπηρεσιών ενός Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας, χρησιμοποιώντας έναν διαδικτυακό φυλλομετρητή. Οι χρήστες των Web-GIS μπορούν να έχουν πρόσβαση και να επεξεργάζονται τους διαδικτυακούς χάρτες είτε ενσύρματα, είτε ασύρματα μέσω διαδικτύου. Η εξέλιξη της τεχνολογίας των διαδικτυακών ΣΓΠ, επιτρέπει τη ταυτόχρονη πρόσβαση διαφόρων συσκευών, τη ταυτόχρονη χρησιμοποίηση από διαφορετικούς χρήστες κοινών γεωχωρικών δεδομένων και εργαλείων, αλλά και τη πρόσβαση σε εξυπηρετητές που βρίσκονται οπουδήποτε ανά πάσα χρονική στιγμή.

Με την πάροδο του χρόνου παρακολουθήσαμε τους στατικούς χάρτες να εξελίσσονται σε δυναμικούς, με την προσθήκη νέων και διαδραστικών εργαλείων. Τα βασικά πρωτόκολλα παραγωγής ιστοσελίδων, όπως HTML, XML κλπ, δεν επιτρέπουν την δημιουργία σελίδων στο διαδίκτυο, με τα χαρακτηριστικά των κλασσικών Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Alesheik, Helali, Behroz, 2002). Με αποτέλεσμα, τα web GIS να είναι το μοναδικό λογισμικό, που επιτρέπει την κάλυψη της συγκεκριμένης ανάγκης.

Η αυξημένη ανάγκη για χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στον παγκόσμιο ιστό, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, οφείλεται στην τάση των χρηστών για ολοένα και περισσότερη χρήση εύκολων και γρήγορων λογισμικών. Αλλά και στην ευκολότερη δημοσίευση γεωχωρικών δεδομένων, από πλευράς των προγραμματιστών (Adnan, Singleton and Longley, 2010).

Τα Συστήματα Γεωγραφικών πληροφοριών στο διαδίκτυο, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις πηγές δεδομένων. Τα χωρικά δεδομένα μπορούν να βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία στο διαδίκτυο. Αλλά, δεν είναι και απαραίτητο. Μπορούν να βρίσκονται και σε διαφορετικές περιοχές. Ακόμη, μπορούν τα γεωχωρικά δεδομένα να παρέχονται στους χρήστες από ιδιωτικές και δημόσιες εταιρείες παροχής χωρικών δεδομένων. Σε αυτή τη περίπτωση, μπορεί να μην χρειάζεται το κατέβασμα των δεδομένων τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη, αλλά να γίνεται ακόμη και η επεξεργασία διαδικτυακά, και ο χρήστης να έρχεται μόνο σε επαφή με το τελικό αποτέλεσμα. Μέχρι και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη χωρική ανάλυση, μπορούν να είναι κατανεμημένα στο παγκόσμιο ιστό. Γενικότερα η δυναμική και η ευελιξία που χαρακτηρίζει τα Web-GIS, επιτρέπει τη χρήση γεωχωρικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως για παράδειγμα η χρήση δορυφορικών εικόνων real-time.

Πρότυπο για την παροχή υπηρεσιών διαδικτυακών ΣΓΠ, αποτελεί η XML, καθώς είναι ιδανική για τη διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε ετερογενή συστήματα, είναι εύκολα αναγνώσιμη από τους χρήστες, είναι εν δυνάμει επεκτάσιμη και αναπτυσσόμενη και επιπλέον διατίθεται δωρεάν.

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαδικτυακών Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών:

Τα Web GIS είναι κατανεμημένα και διαλειτουργικά συστήματα, καθώς ακολουθούν αντικειμενοστραφή προγραμματισμό.

Τα διαδικτυακά ΣΓΠ έχουν τα πλεονεκτήματα και τις δυνατότητες των κλασικών Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, με επιπρόσθετο την αρχιτεκτονική εξυπηρετητή-πελάτη. Μερικά από τα πλεονεκτήματα των WebGIS είναι ότι είναι αρκετή μια σύνδεση στον παγκόσμιο ιστό, ενώ δεν είναι απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού, και λογισμικού. Που συνεπάγεται ότι δεν χρειάζονται κόστη συντήρησης, λειτουργίας και αναβάθμισης. Ακόμη, οι χρήστες είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουν απομακρυσμένα εργαλεία, λειτουργικά συστήματα και δεδομένα σαν να βρίσκονταν σε τοπικό επίπεδο. Τα Web Gis, πλέον καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες του απλού χρήστη, οι οποίες συνήθως περιορίζονται στη κάλυψη σκοπών εκπαιδευτικών και απλών υπηρεσιών. Αλλά και στην κάλυψη αναγκών πιο έμπειρων χρηστών, που μπορούν να εκμεταλλευτούν την ευχέρεια των διαδικτυακών ΣΓΠ για διαχείριση μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου, τον εύκολο σχεδιασμό και ανάλυση του χώρου, αλλά και τη χρήση πολλών φυσικών πόρων. Όπως και τη χρήση σχεσιακών Συστημάτων Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων για πιο εκλεπτισμένους χρήστες.

Μια ακόμη δυνατότητα των διαδικτυακών Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, είναι η δυναμική ανανέωση των χωρικών δεδομένων για το σύνολο των χρηστών. Με την ανανέωση των δεδομένων στον Server, αυτόματα όλοι οι χρήστες αποκτούν πρόσβαση στα νέα δεδομένα. Παράδειγμα της χρήσης του συγκεκριμένου πλοεονεκτήματος είναι η πρόσβαση σε real-time εφαρμογές, όπου οι χρήστες έχουν την δυνατότητα για χρήση χωρικών δεδομένων που ανακτώνται σε πραγματικό χρόνο.

Αντιθέτως, μειονεκτήματα παρουσιάζονται στα διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, όσο αφορά την εξειδίκευση συγκεκριμένων υλοποιήσεων, αλλά και την κάλυψη των απαιτήσεων των χρηστών από τη σκοπιά της ταχύτητας.

Βέβαια τα συτήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών συνεχίζουν και εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς, οι οποίοι πρόκειται να εξαλείψουν στο μέλλον τις περιορισμένες



δυνατότητες των Web Gis, αλλά και να βρεθούν λύσεις από πλευράς ταχύτητας. Παρόλο που ο όγκος των γεωγραφικών δεδομένων ολοένα και αυξάνεται και οι απαιτήσεις για δημιουργία ΣΓΠ στον παγκόσμιο ιστό με χρήση Big Data καθίσταται απαραίτητη.

### **3.5 Τα βασικά Συστατικά Μέρη των ΣΓΠ στο Διαδίκτυο (Web-GIS)**

Τα διαδικτυακά Συστήματα των Γεωγραφικών Πληροφοριών, έχουν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός κλασσικού συστήματος client/Server. Δηλαδή, ο client στέλνει τα αιτήματα του, τα οποία μπορούν να αναφέρονται στην αναζήτηση χωρικών δεδομένων ή εργαλείων ή άλλων απαιτήσεων, στον αντίστοιχο Server. Έπειτα ο Server θα απαντήσει στα αιτήματα του client, με τη μορφή δεδομένων και εν συνεχεία ο client θα τα παρουσιάσει στον χρήστη όπως είναι ή θα υποστούν μια κάποια επεξεργασία (Alesheik, Helali, Behoz, 2002).

Υπάρχουν δύο είδη υλοποίησης των Web-GIS. Τα διαδικτυακά ΣΓΠ διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες υλοποίησης:

- Σε εκείνα που έχουν βάση τον Server (Server-side) και
- σε αυτά που έχουν βάση τον client (client-side).

Εν ολίγης, στα Web-GIS που βασίζονται στον Server, ο χρήστης αρχικά ζητάει με την μορφή αίτησης τα δεδομένα και ότι άλλο χρειάζεται. Η αίτηση του, μεταβαίνει στον Server, ο οποίος με τη σειρά του πραγματοποιεί όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για την λύση του αιτήματος. Επομένως όλες οι εργασίες εκτελούνται από τον Server.

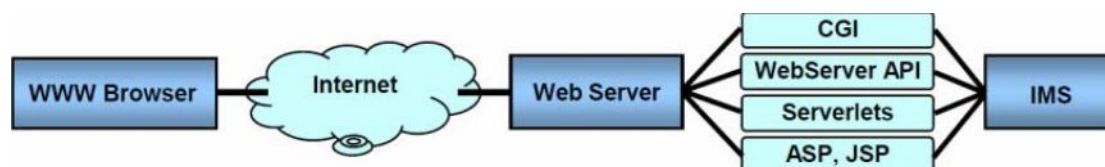
Αντιθέτως, Τα client-side web-gis εκμεταλλεύονται την υπολογιστική ισχύει του client. Οι διεργασίες που απαιτούνται για την λύση του αιτήματος, εκτελούνται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στον client. Και ελάχιστες διεργασίες εκτελούνται από πλευράς του Server, όπως η ανάκτηση καινούργιων γεωγραφικών δεδομένων ή η αναζήτηση σε μια βάση δεδομένων.

#### Server – side διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Στα Server–side Συστήματα διαδικτυακών Γεωγραφικών Πληροφοριών, η υλοποίηση τους, πραγματοποιείται με τη χρήση του Common Gateway Interface (CGI). Για user interface, χρησιμοποιείται ένας Web browser. Το οποίο αποτελεί πλεονέκτημα, καθώς

οι χρήστες είναι εξοικειωμένοι με την χρήση ενός απλού διαδικτυακού φυλλομετρητή. Οι λειτουργίες όλες, στα CGI διαδικτυακά ΣΓΠ εκτελούνται στον Server. Επίσης πλεονέκτημα αποτελεί η δυνατότητα χρήσης υπαρχόντων πακέτων, σε συνδυασμός με ένα CGI script. Σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να γίνει χρήση των υπαρχόντων δεδομένων, χωρίς να χρειάζονται αλλαγές. Ακόμη, μια CGI scripting και HTML, υποστηρίζεται από όλους τους Web browsers, κάνοντας τα προσπελάσιμα από όλους τους χρήστες.

Από την άλλη, αναγνωρίζεται ότι είναι βαθιά η εξάρτηση των δυνατοτήτων του Server-side Web-GIS από την HTML. Καθώς οι χάρτες, πολλές φορές παρουσιάζονται με τη μορφή απλής εικόνας, επομένως έχουν περιορισμένη αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Ένα άλλο μειονέκτημα των συγκεκριμένων συστημάτων, είναι πως για την υλοποίηση μιας απαίτησης ενός χρήστη, προκαλείται ιδιαίτερα μεγάλη κίνηση στο δίκτυο, καθώς για κάθε αίτημα θα πρέπει να ενεργοποιηθεί ο Server. Ο μεγάλος φόρτος στο web, προκαλείται επειδή το πρωτόκολλο του web (HTTP) και το CGI, δεν κρατούν στην μνήμη τους τις διαδικασίες, και οποιαδήποτε διεργασία θα πρέπει να ξεκινάει από την αρχή. Ένα ακόμη πρόβλημα είναι πως αν έχουμε ένα site με πολύ κίνηση ο Server θα φορτωθεί πολύ γρήγορα μια και θα έχει να ικανοποιήσει συνεχώς πολλές απαιτήσεις ταυτόχρονα (Alesheikh A.A. et al, 2002).

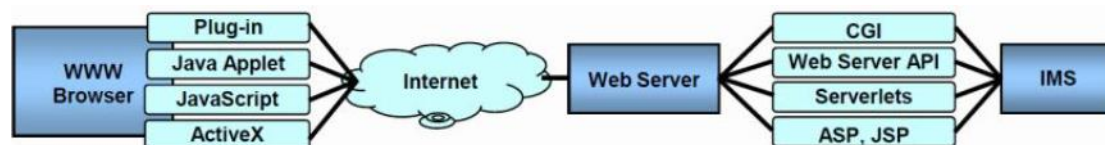


Εικόνα 3.2 : Αρχιτεκτονική ενός Server – side δικτυακού Γ.Σ.Π. (Πηγή: Alesheikh A.A. et al, 2002)

### Client – side διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα των Server-side διαδικτυακών ΣΓΠ, δημιουργήθηκαν διαδικτυακά ΣΓΠ με άλλη αρχιτεκτονική, τα client -side διαδικτυακά ΣΓΠ. Στα οποία οι περισσότερες διεργασίες εκτελούνται στον Web browser του υπολογιστή του χρήστη. Σε αυτή τη περίπτωση, από τον Server ζητούνται μόνο κάποια κομμάτια (modules) του client προγράμματος και νέα γεωχωρικά δεδομένα. Τα client προγράμματα αναγνωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σε εκείνα που όλες οι

εργασίες εκτελούνται σε ένα πρόγραμμα, που είναι γραμμένο συνήθως σε java και εγκαθίσταται στον υπολογιστή του καθενός μέσω μιας HTML σελίδας και εκείνα που απαιτείται η εγκατάστασή τους. Το πρόγραμμα της μιας κατηγορίας των client-side διαδικτυακών ΣΓΠ, λέγεται applet και χάνεται όταν ο χρήστης αλλάζει site ή κλείνει τον Web browser του (Newman, 2007).



Εικόνα 3.3: Αρχιτεκτονική ενός Client – side δικτυακού Γ.Σ.Π. (Πηγή: Alesheikh A.A. et al, 2002)

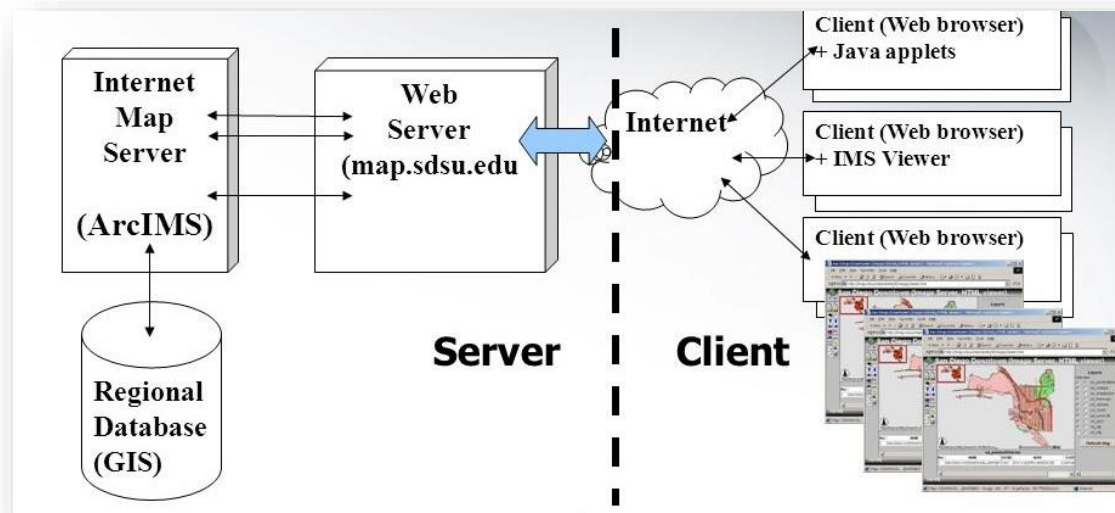
#### Αρχιτεκτονική εφαρμογών Web GIS:

Γενικότερα στην αρχιτεκτονική των διαδικτυακών Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών η όλη επεξεργασία χωρίζεται σε διαδικασίες που εκτελούνται στην πλευρά του client (client-side) και στην πλευρά του server (server-side). Όπως αναφέρθηκε και στη προηγούμενη ενότητα, ο πελάτης είναι ένας web browser, ενώ η πλευρά του server αποτελείται από έναν web server, έναν map server, από το Web GIS λογισμικό καθώς και από τη βάση δεδομένων (Alesheikh, Helali and Behroz, 2002).

Ένα σύστημα WebGIS απαρτίζεται από τρία βασικά μέρη το δίκτυο (Network), τους εξυπηρετητές (servers) και τους πελάτες (clients). Στη λειτουργία διαδικτυακών ΣΓΠ καθοριστικό ρόλο έχουν τα είδη του δικτύου, το οποίο μπορεί να είναι κινητό (mobile), τοπικό (Local Area Network – LAN) ή παγκόσμιο (World Wide Web).

Τα δικτυακά Σ.Γ.Π. αποτελούνται από 4 βασικά συστατικά (Penq Z.R. and Tsou M.H. (2003):

- Τον χρήστη (Client)
- Τον εξυπηρετητή διαδικτύου (Web Server) με τον εξυπηρετητή εφαρμογής (application Server)
- Τον εξυπηρετητή χαρτών (Map Server)
- Τον εξυπηρετητή της βάσης δεδομένων (Data Server)



Εικόνα 3.4: Web gis: Server and Client part (Πηγή: Department of Geography San Diego, 2018)

#### Client-πελάτης

Ο πελάτης αποτελεί κέντρο αλληλεπίδρασης μεταξύ των λειτουργιών ενός διαδικτυακού ΣΓΠ, των δεδομένων και του χρήστη που τα αναζητεί. Η αλληλεπίδραση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός Web Browser από τα διάφορα μέσα που ο χρήστης χρησιμοποιεί (όπως κινητό, tablet ή desktop PC). Ο χρήστης επικοινωνώντας με τα γεωχωρικά δεδομένα και τις διεργασίες ανάλυσης, του λογισμικού, αποτελεί τον τελικό αποδέκτη μιας Web εφαρμογής. Εν αντιθέσει με τις κλασικές εφαρμογές GIS γραφείου, όπου οι λειτουργίες του λογισμικού στηρίζονται σε κάποιο συγκεκριμένο λογισμικό πακέτο, το Web-GIS βασίζεται σε επιπρόσθετα προϊόντα (add - on) και στις λειτουργίες του διαδικτύου.

Ο αριθμός των λειτουργιών που εκτελούνται μεταξύ εξυπηρετητή και πελάτη ορίζει και το είδος της αρχιτεκτονικής του Web GIS. Συνεπώς διακρίνονται οι αρχιτεκτονικές πελάτη-εξυπηρετητή:

- Του Ισχυρού πελάτη (Thick Client Architecture)
- Του Αδύναμου πελάτη (Thin Client Architecture)
- και του Ενδιάμεσου πελάτη (Medium Client Architecture)

Κάθε μια από τις παραπάνω προσεγγίσεις παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Εν ολίγης, μερικά από τα βασικά πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα σε κάθε αρχιτεκτονική, είναι ότι στην πρώτη προσέγγιση επεκτείνεται η λειτουργικότητα του browser με τα διάφορα plugins, στη δεύτερη παρατηρείται επιβάρυνση του εξυπηρετητή λόγω του συνόλου των αποτελεσμάτων, που προκαλεί δυσχέρεια στην ικανότητα του χρήστη να στέλνει αιτήματα αλλά και να τα απεικονίζει. Στην Τρίτη προσέγγιση όμως, παρατηρείται άμβλυση των αντιθέσεων των δύο άλλων προσεγγίσεων, καθώς αποτελεί μια ενδιάμεση λύση.

Οι εξυπηρετητές (Servers) διακρίνονται στους εξής:

- Στον εξυπηρετητή Ιστού (Web Servers) για την επικοινωνία εξυπηρετητή-πελάτη.
- στον εξυπηρετητή δεδομένων (data servers) για την αποθήκευση και την διαχείριση των δεδομένων του Συστήματος Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων του ΣΓΠ.
- στον εξυπηρετητή χαρτών (Map Servers) που βοηθά στην επεξεργασία των αιτήσεων και στην αποστολή των αποτελεσμάτων στους πελάτες
- στον εξυπηρετητή εφαρμογών (Application Servers) για τη μεταβίβαση αιτήσεων από τους διαδικτυακούς εξυπηρετητές στους εξυπηρετητές χαρτών και αντίστροφα.

#### Εξυπηρετητής διαδικτύου (Web Server) και εξυπηρετητής εφαρμογής (Application Server)

Σαν δεύτερο συστατικό στα διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Δεδομένων, συναντάμε τον εξυπηρετητή εφαρμογής (Application Server) και τον εξυπηρετητή διαδικτύου (Web Server). Βασική λειτουργία του εξυπηρετητή διαδικτύου είναι η ανταπόκριση στις αιτήσεις από τους πελάτες, μέσω του πρωτοκόλλου HTTP.

Για την απάντηση των ερωτημάτων των χρηστών υπάρχουν ποικίλοι τρόποι. Μερικοί από αυτούς είναι οι εξής:

- Απατώντας με υπάρχοντα αρχεία HTML ή έτοιμους χάρτες στο χρήστη.
- Απατώντας με ή ActiveX Controls ή Java applets στο χρήστη και
- Μεταβιβάζοντας τις αιτήσεις των χρηστών σε άλλα προγράμματα και ενεργοποιώντας αυτά σε λειτουργία, ώστε να επεξεργαστούν το ερώτημα, όπως ένα Common Gateway Interface (CGI).

Για να πραγματοποιηθεί μεταφορά των ερωτημάτων των χρηστών, ο Web Server θέτει σε λειτουργία τις υπηρεσίες που είναι απαραίτητες από τους εξυπηρετητές εφαρμογής (Application Servers). Ο Application Server αποτελεί κόμβο ή μεταφραστή μεταξύ του Map Server και του Web Server. Κύριες αρμοδιότητες του Application Server είναι οι εξής:

- η έναρξη, η διατήρηση και ο τερματισμός της σύνδεσης μεταξύ του Map Server και του Web Server
- η διανομή των αιτήσεων των χρηστών στον Map Server αλλά και η ερμηνεία τους
- η διαχείριση τυχών παράλληλων αιτήσεων και η οργάνωση των αρχείων που φορτώνονται μεταξύ του Map Server και του Data Server.

Για να υλοποιηθούν αυτά τα σχήματα πρέπει να περάσουν από το Common Gateway Interface (CGI). Όταν πρωτοξεκίνησε η λειτουργία του internet, το CGI αποτελούσε τον μοναδικό τρόπο για να παρουσιάζεται το web, με πιο δυναμική φύση. Το CGI αποτελείται από ορισμένα προγράμματα που χρησιμοποιούν τον Server, ώστε να λειτουργήσουν. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται στα CGI, ορίζονται από τον χρήστη, μέσω κάποιου web browser. Τα προγράμματα CGI, μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα, είτε να λειτουργούν σε συνδυασμό με κάποιο από τα γνωστά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως το MapInfo, το ArcInfo ή το Intergraph. Σε δεύτερη φάση, λειτουργία του CGI είναι η μεταβίβαση των παραμέτρων του χρήστη, σε ένα πακέτο ΣΓΠ και έπειτα η μετατροπή του αποτελέσματος, σε μια μορφή που να μπορεί να παρουσιασθεί μέσω ενός web browser.

#### Εξυπηρετητές χαρτών (Map Server):

Ο εξυπηρετητής χαρτών Map Server, είναι το κύριο συστατικό των WebGIS εφαρμογών, καθώς εκεί δίνονται τα χωρικά προβλήματα, πραγματοποιείται η επεξεργασία και η ανάλυση, αλλά και τελικά δημιουργείται η απάντηση για το αίτημα του χρήστη. Από τον Map Server εξαρτώνται: τα εργαλεία ανάλυσης, η οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων, ο χρόνος απόκρισης του συστήματος, αλλά και οι διαθέσιμες λειτουργίες. Εν ολίγης ο Map Server είναι ένα σημαντικό εργαλείο που απαντά στα χωρικά ερωτήματα, πραγματοποιεί χωρική ανάλυση και δημιουργεί τους χάρτες σύμφωνα με τα αιτήματα που έχουν τεθεί από τους χρήστες.

Τα προϊόντα που εξέρχονται από έναν Map Server μπορούν να είναι των παρακάτω μορφών:

-Δεδομένα τα οποία έχουν υποστεί κάποιο φίλτρο και στέλνονται στο πρόγραμμα για περαιτέρω επεξεργασία από τον χρήστη

-Ή μια εικόνα σε μια απλή γραφική μορφή, όπως η μορφή Joint Photographic Experts Group – JPEG ή η μορφή Graphics Interchange Format – GIF. Ή με τη μορφή ενός γραφικού χάρτη που αποτελείται από τα γνωστά στοιχεία ενός χάρτη, με χρώμα, στυλ και υπόμνημα

Η λειτουργία των Map Servers, στηρίζεται στην ύπαρξη του μηχανισμού επεξεργασίας των γεωχωρικών δεδομένων (spatial engine), ο οποίος επεξεργάζεται το αίτημα του χρήστη και στέλνει την απάντηση με διανυσματική ή ψηφιδωτή μορφή στον φυλλομετρητή. Στους Map Servers, εκτός από τις βασικές λειτουργίες zoom in/out και pan, υπάρχει και η δυνατότητα απάντησης πιο σύνθετων ζητημάτων, με την προσθήκη (plug in) στον browser, για την επεξεργασία σύνθετων ροών δεδομένων.

Μερικοί από τους πιο δημοφιλείς εξυπηρετητές χαρτών είναι ο Arc Internet Map Server (IMS), ο Autodesk MapGuide και ο Oracle Map Viewer. Κοινό στοιχείο όλων αυτών είναι ότι εκμεταλλεύονται την XML. Στα πλαίσια της εργασίας χρησιμοποιήθηκε ο GeoServer.

#### Διακομιστής βάσης δεδομένων (Data Server)

Στον εξυπηρετητή δεδομένων (Data Server), πραγματοποιείται η αποθήκευση των χωρικών και των χωρικών δεδομένων σε μια μη σχεσιακή ή σχεσιακή βάση δεδομένων. Μερικές από τις βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε αυτή την περίπτωση είναι η PostGIS, η Oracle, η MySQL, η Microsoft Access και ο SQL Server. Ο χρήστης της web εφαρμογής ή του Map Server για να αποκτήσει πρόσβαση στη βάση δεδομένων, συντάσσει ερωτήματα SQL. Επίσης μερικές φορές το υλικό του υπολογιστή, όπου εκτελείται η βάση δεδομένων, αναφέρεται επίσης ως διακομιστής βάσης δεδομένων. Ως εκ τούτου, ο Data Server μπορεί να θεωρηθεί ως ο συνδυασμός πλατφόρμας λογισμικού και υλικού, που εκτελεί την εγκατεστημένη βάση δεδομένων και παρέχει σχετικές υπηρεσίες.

### **3.6 Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ως διαδικτυακή υπηρεσία (Web GIS)**

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε στα Web Services στα ΣΓΠ και στους ορισμούς που έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς. Ένας από τους ορισμούς που αποδίδεται από το W3C (World Wide Web Consortium), είναι ότι οι διαδικτυακές υπηρεσίες ορίζονται ως λογισμικά σχεδιασμένα να υποστηρίζουν την διαλειτουργική επικοινωνία μεταξύ μηχανών σε ένα δίκτυο. Με παρόμοιο πνεύμα, η IBM ορίζει τις διαδικτυακές υπηρεσίες ως μια τεχνολογία που επιτρέπει στις εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξαρτήτως πλατφόρμας και γλώσσας προγραμματισμού. Εν γένει, θεωρούνται εφαρμογές που στηρίζονται στον παγκόσμιο ιστό, για την πραγματοποίηση συγκεκριμένων διεργασιών με συγκεκριμένα πρότυπα. Οι υπηρεσίες αυτές είναι μια συλλογή διεργασιών, που μπορούν να είναι προσβάσιμες μέσω API (Application Programming Interface) από τους χρήστες. Ακόμη, βασίζονται σε ένα εύρος προτύπων της XML (eXtensive Markup Language), όπως τα SOAP (Simple Object Access Protocol, UDDI (Universal Description Discovery and Integration) και WSDL (Web Services Description Language). Το World Wide Web Consortium, κατά καιρούς εισάγει νέα πρότυπα και νέες γλώσσες για την διαχείριση των διαδικτυακών υπηρεσιών.

Ένας γνωστός ορισμός είναι και εκείνος της IBM, όπου αναφέρει:

Ένας πολύ καλός ορισμός έρχεται από την IBM: «Τα web services είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στις εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξαρτήτως πλατφόρμας και γλώσσας προγραμματισμού. Ένα web service είναι μια διεπαφή λογισμικού (software interface) που περιγράφει μια συλλογή από λειτουργίες οι οποίες μπορούν να προσεγγιστούν από το δίκτυο μέσω πρότυπων μηνυμάτων XML. Χρησιμοποιεί πρότυπα βασισμένα στη γλώσσα XML για να περιγράψει μία λειτουργία (operation) προς εκτέλεση και τα δεδομένα προς ανταλλαγή με κάποια άλλη εφαρμογή. Μια ομάδα από web services οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθορίζει μια εφαρμογή web service.»



Η Microsoft έχει προβεί στο συμπέρασμα ότι όλες οι διαδικτυακές υπηρεσίες έχουν τρία κοινά χαρακτηριστικά:

Πρώτον οι web services, είναι χρήσιμες λόγω της λειτουργικότητας που προσφέρουν στους χρήστες του παγκόσμιου ιστού, μέσω ενός πρότυπου διαδικτυακού πρωτοκόλου. Σύνηθες είναι να χρησιμοποιείται το πρωτόκολο SOAP (Simple Object Access Protocol).

Δεύτερον στις διαδικτυακές υπηρεσίες οι διεπαφές μπορούν να περιγραφθούν με αρκετή λεπτομέρεια, το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει μια εφαρμογή που να μπορεί να επικοινωνεί με αυτές. Συνήθως η περιγραφή βρίσκεται σε ένα έγγραφο XML, που ονομάζεται WSDL (Web Services Description Language).

Τρίτον οι διαδικτυακές υπηρεσίες καταχωρούνται, έτσι ώστε οι επόμενοι εν δυνάμει χρήστες να μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν και να τις βρουν ευκολότερα. Η δυνατότητα αυτή, πραγματοποιείται με το UDDI (Universal Discovery Description and Integration).

Βασικό συστατικό για τις διαδικτυακές υπηρεσίες αποτελεί η XML, γλώσσα προγραμματισμού. Η XML (Η Extended Markup Language) αποτελεί ένα μηχανισμό ομοιόμορφο για την περιγραφή και την ανταλλαγή των δεδομένων. Είναι μια περιγραφική γλώσσα (μετά-γλώσσα), που έχει καλή σημασιολογία και καθορισμένη σύνταξη. Σημαντικό είναι ότι, λόγω των χαρακτηριστικών της η XML είναι ένας δυνατός μηχανισμός για την ανταλλαγή και συλλογή στοιχείων, μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών.

Εν συντομία:

Το UDDI (Universal Description Discovery and Integration) για τους clients αποτελεί ένα μητρώο ώστε να γίνεται αντιλυπτό σε αυτούς, ποιες διαδικτυακές υπηρεσίες είναι διαθέσιμες. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ο «χρυσός οδηγός» των Web Services. Αποτελεί τον μηχανισμό καταχώρησης και εντοπισμού των εφαρμογών που στηρίζονται στα Web services. Επομένως, οι εφαρμογές που βασίζονται στα Web Services, καταχωρούνται και αντίστοιχα τις αναζητούμε μέσω UDDI. Το UDDI στηρίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού XML.

Η WSDL (Web Services Description Language) αναλύει τον τρόπο που μπορεί ο χρήστης να αποκτήσει πρόσβαση σε μια υπηρεσία. Αποτελεί μια μετά-γλώσσα (περιγραφική γλώσσα) που αναφέρει και περιγράφει τις υπηρεσίες που προσφέρονται. Και σε αυτή την περίπτωση η WSDL στηρίζεται στην XML γλώσσα προγραμματισμού και χάρη σε αυτή με ειδικές ετικέτες (tags) καταχωρούνται, περιγράφονται οι υπηρεσίες, αλλά και πραγματοποιείται η αναζήτησή τους.

Το SOAP (Simple Object Access Protocol), αποτελεί την τυποποίηση των μηνυμάτων που συντάσσονται κατά τη διάρκεια ενεργοποίησης της υπηρεσίας. Χαρακτηρίζεται ως πρότυπος τρόπος για επικοινωνία. Είναι η γέφυρα που χρησιμοποιείται για να επικοινωνήσει μια διαδικτυακή εφαρμογή-πελάτη με μια εφαρμογή-προμηθευτή. Το SOAP θεωρείται απλό, λόγω του ότι δεν ορίζει νέο πρωτόκολλο μεταφοράς. Αντιθέτως, επαναχρησιμοποιεί ορισμένα όπως το Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) και το Hyper Text Transfer Protocol (HTTP), για την μεταφορά δεδομένων ως μηνύματα. Η χρήση των SMTP ή HTTP εξασφαλίζει την εύκολη επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών – πελατών και των εφαρμογών – προμηθευτών. Συγκεκριμένα, η χρήση του SOAP μπορεί να πολλαπλασιάσει τις δυνατότητες των διαδικτυακών υπηρεσιών.

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τέσσερα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις διαδικτυακές υπηρεσίες. Αρχικά υπάρχουν πληροφορίες, που περιγράφουν όλες τις διαθέσιμες λειτουργίες των διαδικτυακών υπηρεσιών. Δεύτερον παρέχονται πληροφορίες για τον τύπο των δεδομένων των παραπάνω λειτουργιών, που είναι είτε εισόδου, είτε εξόδου. Και τρίτον, περιέχονται πληροφορίες, για τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης υπηρεσίας. Τέλος, παρέχονται πληροφορίες για την καταγραφή της υπηρεσίας σε ευρητήριο αλλά και για τον εύκολο εντοπισμό της στο διαδίκτυο.

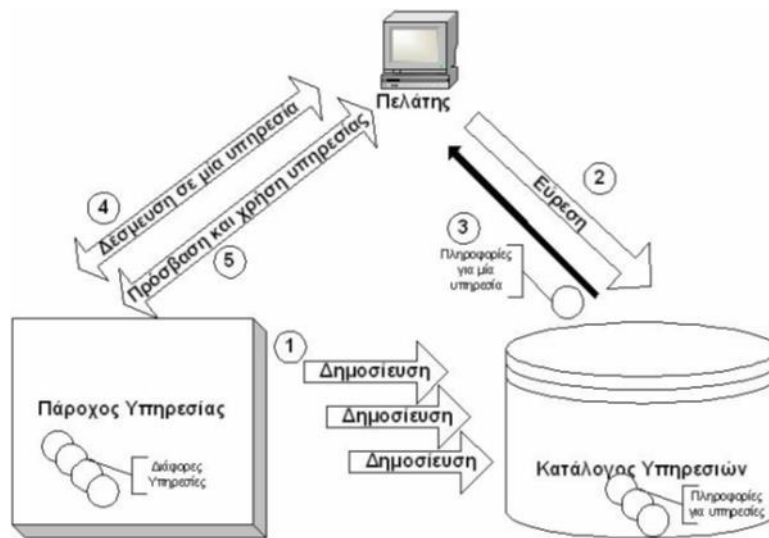
### 3.7 Το Μοντέλο των διαδικτυακών Υπηρεσιών

Το μοντέλο των διαδικτυακών Υπηρεσιών, ακολουθεί την εξής σειρά: Δημοσίευση (publish), Σύνδεση (bind) και Εύρεση (find). Σε πρώτο στάδιο, ο προμηθευτής δημοσιεύει την υπηρεσία, σε έναν κατάλογο. Σε δεύτερο στάδιο ο πελάτης αναζητεί την υπηρεσία που να καλύπτει τις ανάγκες του και την αναζητήσει στον κατάλογο υπηρεσιών. Έπειτα ο πελάτης επιλέγει, ανάμεσα στις άλλες, εκείνη την υπηρεσία που είναι πιο κοντά στις προτιμήσεις του. Τέλος ο χρήστης συνδέεται, δεσμεύεται κατά κάποιο τρόπο με την υπηρεσία, ώστε να μπορεί να την εκτελέσει.

Η αρχιτεκτονική σε αυτή τη περίπτωση είναι στραμμένη στις υπηρεσίες και λόγω αυτού προκύπτουν ορισμένα προβλήματα. Η εφαρμογή-πελάτη και η εφαρμογή της υπηρεσίας μιλάνε μια κοινή γλώσσα μεταξύ τους. Προηγουμένως όμως, θα πρέπει οι εφαρμογές να εντοπίσουν η μια την άλλη. Σημαντικό είναι ιδιαίτερα όταν οι εφαρμογές βρίσκονται κατανεμημένες στο δίκτυο, σε αυτή την περίπτωση η μια δεν έχει γνώση τον εντοπισμό της άλλης.

Εν ολίγη, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι η βασική αρχιτεκτονική για τις διαδικτυακές υπηρεσίες, θα πρέπει να περιέχει τα εξής:

- Έναν ομοιόμορφο μηχανισμό για ανταλλαγή και περιγραφή των δεδομένων,
- έναν πρότυπο τρόπο επικοινωνίας,
- μια πρότυπη μετα-γλώσσα (περιγραφική γλώσσα) που θα περιγράφει τις υπηρεσίες που παρέχονται
- και τέλος ένα μηχανισμό, όπου θα εντοπίζονται και θα καταχωρούνται οι εφαρμογές που βασίζονται σε διαδικτυακές υπηρεσίες



Εικόνα 3.5: Το θεωρητικό μοντέλο που ακολουθούν τα Web Services (Πηγή: <http://www.it.uom.gr/project/soap/Theory/architecture.html>, Πρόσβαση: 25/02/2020)

### 3.8 Τα Πλεονεκτήματα των Διαδικτυακών Υπηρεσιών (Web Services)

Η αρχιτεκτονική των διαδικτυακών υπηρεσιών αποδίδει πολλά πλεονεκτήματα, μερικά από αυτά είναι (Fremantle P. et al, 2002):

- Η διαλειτουργικότητα, όπου προσδίδει στις Web services ανεξαρτησία όσο αφορά το hardware, αλλά και το λειτουργικό τους σύστημα. Όποιο πρόγραμμα έχει αυτή την ιδιότητα, μπορεί να προσπελάσει εύκολα μια διαδικτυακή υπηρεσία.
- Η επέκταση. Όπου κάθε Web service, έχει τη δυνατότητα να ανανεώνεται εύκολα, ώστε να παρέχει στους χρήστες επιπρόσθετες υπηρεσίες.
- Η ενσωμάτωση. Στην περίπτωση που το λογισμικό υπάρχει ήδη στο διαδίκτυο, η δημιουργία διαδικτυακής εφαρμογής δεν προϋποθέτει αλλαγές στον μηχανισμό του συστήματος.
- Η χρήση λογισμικών συστημάτων. Τα συστήματα όπως τα Websites, όπου στην χρήση τους υπάρχουν έτοιμες υπηρεσίες είναι πιο φιλικά, πιο λειτουργικά και παρέχουν στους χρήστες περισσότερες υπηρεσίες.
- Τέλος μικρό κόστος χρήσης και δημιουργίας. Εφόσον υπάρχει ήδη ένα λογισμικό σύστημα και χρειάζεται να επεκταθεί σε διαδικτυακή υπηρεσία, η δημιουργία του Web τμήματος κοστίζει ελάχιστα. Ακόμη, σε μια διαδικτυακή εφαρμογή ή σε ένα Website το κόστος ενσωμάτωσης μιας Web service είναι πολύ μικρό. Μέχρι και στην περίπτωση, όπου η χρήση της διαδικτυακής υπηρεσίας γίνεται με ενοικίαση, το κόστος

χρήσης είναι πολύ πιο μικρό από το κόστος δημιουργίας της υπηρεσίας εξ ολοκλήρου από την αρχή.

### **3.9 Γεωχωρικές Υπηρεσίες Δικτύου (Geospatial Web Services)**

Οι διαδικτυακές υπηρεσίες υλοποιούν την σύνδεση με τα Συστήματα των Γεωγραφικών Πληροφοριών μέσω των προτύπων και των πρωτοκόλλων που έχουν δημιουργηθεί από την Ανοιχτή Γεωχωρική Κοινοπραξία (Open Geospatial Consortium – OGC). Μια διεθνής μη κερδοσκοπική κοινοπραξία, που ασχολείται με την δημιουργία προτύπων για γεωχωρικά ζητήματα και υπηρεσίες, είναι η OGC. Η OGC απασχολεί περισσότερους από 525 κυβερνητικούς, εμπορικούς, ερευνητικούς και μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς. Αρμοδιότητά της είναι η καθιέρωση ποιοτικών ανοικτών προτύπων για την παγκόσμια γεωπολιτική κοινότητα. Αυτά τα πρότυπα γίνονται μέσω μιας διαδικασίας συναίνεσης και είναι ελεύθερα διαθέσιμα για οποιονδήποτε επιθυμεί να τα χρησιμοποιήσει, με απώτερο σκοπό να βελτιωθεί η κοινή χρήση των γεωγραφικών δεδομένων του κόσμου (Open Geospatial Consortium, 2018)

Οι Γεωχωρικές Υπηρεσίες Δικτύου (Geospatial Web Services) είναι διαδικτυακές υπηρεσίες που συνδέονται με γεωγραφικές πληροφορίες και μπορούν να διεξάγουν εργασίες όπως οι εξής:

- Πραγματοποιούν γεωγραφικούς υπολογισμούς, όπως να υπολογίζουν εμβαδά γεωγραφικών πολυγώνων ή τις αποστάσεις μεταξύ σημείων.
- Επιστρέφουν μηνύματα, που προκύπτουν από την λύση γεωγραφικών ζητημάτων, της μορφής αριθμητικών δεδομένων, κειμένου ή γεωγραφικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.
- Παρέχουν πρόσβαση σε γεωγραφικές πληροφορίες, που εντοπίζονται σε απομακρυσμένες πηγές δεδομένων, όπως σε απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων.
- Απαντούν τα ερωτήματα που θέτει ο πελάτης, στα ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα και επιστρέφουν αποτελέσματα σε μορφή κειμένου ή χάρτη.
- Επιστρέφουν ψηφιακές χαρτογραφικές αναπαραστάσεις είτε για πρόσθετη επεξεργασία από άλλη διαδικτυακή Γεωχωρική Υπηρεσία, είτε για απλή παρουσίαση.
- Εκτελούν πιο σύνθετους υπολογισμούς σύμφωνα με την κατανομή των γεωγραφικών αντικειμένων, το σύνολό τους, αλλά και την τοποθέτησή τους στον χώρο και τον χρόνο.

### Τύποι Γεωχωρικών Υπηρεσιών Διαδικτύου

Η ανοικτή κοινοπραξία OGC έχει αναπτύξει ένα σύνολο τυποποιημένων Geospatial Web Services, που συμπεριλαμβάνουν τα εξής:

Η υπηρεσία WMS (Web Map Service), που ασχολείται με την κωδικοποίηση των χαρτών ως εικόνες, η υπηρεσία WCS (Web Coverage Service), που παρέχει το πλέγμα όπως τα ψηφιδωτά (raster) δεδομένα και η υπηρεσία WFS (Web Feature Service), που διαχειρίζεται τα χωρικά δεδομένα.

Ο πελάτης, χρησιμοποιώντας τις συγκεκριμένες υπηρεσίες, επί το πλείστον λαμβάνει πρωτογενή δεδομένα. Χάρη στην GML (Geographic Markup Language) πραγματοποιείται μεταφορά και αποθήκευση των γεωγραφικών αντικειμένων. Η GML είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης, που βασίζεται XML σχήμα (schema).

### Εξυπηρετητής Διαδικτυακού Χάρτη (Web Map Service (WMS))

Η Web Map Service (WMS), αποτελεί μια υπηρεσία, που δημιουργεί χάρτες από γεωχωρικά δεδομένα με ένα δυναμικό τρόπο. Θα μπορούσε να χαρακτηρίζει το διεθνή πρότυπο για την εκμετάλλευση και τη διάθεση δυναμικών χαρτών στον παγκόσμιο ιστό.

Θα πρέπει να αναφερθεί, ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση, ως χάρτης ορίζεται η παρουσίαση των γεωγραφικών πληροφοριών στη μορφή μιας ψηφιακής εικόνας, κατάλληλη για απόδοση στις οθόνες υπολογιστών, κινητών και ταμπλετών αντίστοιχα. Ακόμη σε αυτή τη περίπτωση, ο χάρτης δεν είναι τα γεωχωρικά δεδομένα αυτά καθαυτά, αλλά αποτελεί την απεικόνισή τους. Επομένως οι παραγόμενοι χάρτες από την WMS θα είναι της μορφής raster εικόνα, με τα εξής πρότυπα: GIF (Graphics Interchange Format), JPEG (Joint Photographic Expert Group), PNG (Portable Network Graphics) ή προϊόν διανυσματικής μορφής, όπως Web Computer Graphics Metafile (WebCGM) και Scalable Vector Graphics (SVG).

Η ενεργοποίηση της υπηρεσίας WMS, πραγματοποιείται με την απάντηση αιτημάτων συγκεκριμένης δομής από τους πελάτες. Συνεπώς για να ονομαστεί μια υπηρεσία ως βασική υπηρεσία Εξυπηρετητή Διαδικτυακού Χάρτη WMS (Basic WMS), θα πρέπει

να υποστηρίζει αιτήματα με τη μορφή GetCapabilities και GetMap και προαιρετικά με τη μορφή GetFeatureInfo, για να χαρακτηριστεί Queryable WMS.

Οι διαφορετικοί τύποι οπτικοποίησης κάθε επιπέδου (layer) της υπηρεσίας WMS, ορίζονται χρησιμοποιώντας SLD (Styled Layer Description). Όσο αφορά τα χωρικά δεδομένα KML (Keyhole Markup Language), οπτικοποιούνται, ανταλλάσσονται και ερμηνεύονται χρησιμοποιώντας το λογισμικό Google Earth.

### Web Feature Service (WFS)

Εν αντιθέσει με την WMS που αποδίδει μια εικόνα, η υπηρεσία Web Feature Service (WFS) υποστηρίζει την πρόσβαση και άμεση εκμετάλλευση των χωρικών αντικειμένων και των ιδιοτήτων τους στο διαδίκτυο. Η WFS πραγματοποιεί μετάδοση των χωρικών χαρακτηριστικών (features) ανάμεσα σε μη ομοιογενής πλατφόρμες με τη βοήθεια της GML (Geography Markup Language) γλώσσας, που βασίζεται στην XML (eXtensible Markup Language). Συνεπώς η WFS αποτελεί τη διεπαφή των υπηρεσιών που χειρίζονται γεωχωρικά δεδομένα. Ο χειρισμός των γεωχωρικών δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα να διαγραφούν, να εισαχθούν, να ανακτηθούν, να ενημερωθούν και να ερωτηθούν αντικείμενα με μη-χωρικές και χωρικές παραμέτρους.

### Web Coverage Service (WCS)

Η υπηρεσία Web Coverage Service (WCS), είναι υπεύθυνη για τη ηλεκτρονική ανταλλαγή γεωχωρικών δεδομένων της μορφής coverage –όπου δεν πρέπει να το συγχέουμε με το coverage format του ArcInfo- που είναι ψηφιδωτής μορφής και σε αυτά, απεικονίζονται μεταβαλλόμενα χωρικά φαινόμενα.

Με μια υπηρεσία WCS, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε πλούσια και λεπτομερή σύνολα γεωχωρικών δεδομένων. Οι μορφές τους είναι χρήσιμες για τα εξής:

- τη παραγωγή coverages, πολλών παραμέτρων,
- την οπτικοποίηση τους, από τους πελάτες,
- την εισαγωγή τους σε άλλους clients και σε επιστημονικά μοντέλα

Μια σύγκριση της υπηρεσίας WCS με τις υπηρεσίες WFS και WMS, είναι πως όπως και οι υπόλοιπες δίνει την δυνατότητα στους clients, να επιλέγουν τα υποσύνολα των χωρικών δεδομένων σε έναν Server, ενώ βασίζονται σε χωρικούς περιορισμούς και σε άλλα κριτήρια. Εν αντιθέσει με την WMS, που προσφέρει την εικόνα των δεδομένων, η υπηρεσία WCS προσφέρει τα χωρικά δεδομένα με μια ικανοποιητική μορφή, με ιδιότητες και τιμές στις γεωγραφικές θέσεις που εντοπίζονται και με γεωαναφορά. Η συγκεκριμένη δομή, επιτρέπει σε άλλους χρήστες να οπτικοποιήσουν, να αναλύσουν και να εισάγουν σε επιστημονικά μοντέλα τα χωρικά δεδομένα.

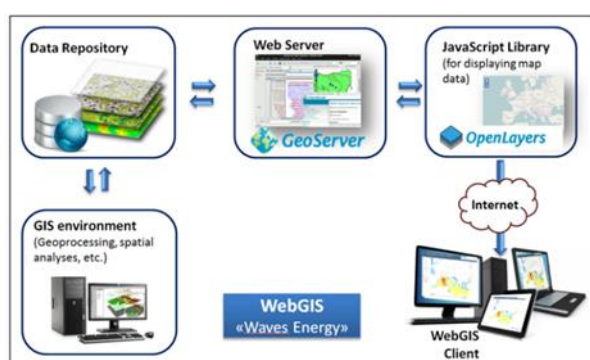


### 3.10 Η σουίτα GeoServer:

Η σουίτα GeoServer επιτρέπει τη διαχείριση και τη διανομή διάφορων επιπέδων πληροφοριών που είναι αποθηκευμένα στο ευρετήριο της. Είναι γραμμένη στην γλώσσα προγραμματισμού Java, και διατίθενται δωρεάν από το 2001, μέσω της άδειας GNU General Public License (Βραδής, 2020). Είναι μια σουίτα, που στηρίζει τη διαλειτουργικότητα, επί παραδείγματι με την ιδιότητα της να διαχειρίζεται και να διαβάζει διαφορετικές δομές δεδομένων όπως vector και raster. Όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί εργαλείο για την σωστή διαχείριση των διάφορων επιπέδων, για παράδειγμα τις βασικές πληροφορίες, τους θεματικούς χάρτες και τα δεδομένα, που εντοπίζονται στη βάση δεδομένων, ώστε να δημοσιευθούν στον παγκόσμιο ιστό, μέσω του front-end του WebGIS. Η δημοσίευση τους, πραγματοποιείται πάντα με βάση τα πρότυπα που έχουν καθοριστεί από το Open Geospatial Consortium (OGC), και χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες, όπως η Web Map Service (WMS).

### 3.11 Η βιβλιοθήκη OpenLayers

Η βιβλιοθήκη OpenLayers είναι μια ανοιχτού κώδικα βιβλιοθήκη JavaScript, όπου γίνεται χρήση της για να απεικονίζονται διαδραστικοί χάρτες σε προγράμματα περιήγησης στο διαδίκτυο. Η OpenLayers επιτρέπει την διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (API), που συνεπάγεται ότι υπάρχει πρόσβαση σε διαφορετικές πηγές πληροφοριών στο διαδίκτυο, όπως τα πρωτόκολλα WFS (Web Feature Service) και WMS (Web Map Service), τους εμπορικούς χάρτες (π.χ. από την Google, την Bing), διάφορες μορφές GIS και χάρτες όπως από την προσπάθεια OpenStreetMap.



Εικόνα 3.6: DSS-WebGIS “Waves Energy”: SDI αρχιτεκτονική (Πηγή: Geomatics to assess wave energy potential in the Medi-terranean Sea: design and development of DSS-WebGIS "Waves Energy", σελ. 8-9)

## 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Η περιοχή μελέτης: Η Μεσόγειος Θάλασσα

### 4.1 Καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης: Φυσικό Περιβάλλον

Περιοχή μελέτης της εργασίας αποτελεί η λεγόμενη ημίκλειστη θάλασσα, η Μεσόγειος θάλασσα που περικλείεται από τις ακτές της Ευρώπης, της Αφρικής και της Ασίας. Κατά προσέγγιση περιλαμβάνει την περιοχή μεταξύ των γεωγραφικών μηκών 28-48 N και γεωγραφικών πλατών 10 W-39 E (Giorgi, 2006). Υπολογίζεται ότι έχει έκταση  $2.9 \times 10^6 \text{ km}^2$  και όγκο  $4.2 \times 10^6 \text{ km}^3$  (Σακελαρίου, 2007). Στα νοτιοανατολικά η Μεσόγειος συνδέεται με την Ερυθρά Θάλασσα, με το κανάλι του Σουέζ, στα βορειοανατολικά, η Μεσόγειος συνδέεται με τη Μαύρη Θάλασσα, μέσω των Δαρδανελίων, τη Θάλασσα του Μαρμαρά και το στενό του Βοσπόρου και στα δυτικά συνδέεται με τον Ατλαντικό Ωκεανό από το στενό του Γιβραλτάρ.

Η Μεσόγειος φημίζεται για το πλούσιο γεωφυσικό περιβάλλον που διαθέτει. Καθώς έχει ιδιαίτερη μορφολογία του πυθμένα, λόγω της κίνησης των τεκτονικών πλακών, των υποθαλάσσιων φαραγγιών και άλλων γεωλογικών σχηματισμών. Παρατηρείται ιδιαίτερη δραστηριότητα, μεταξύ των ηπειρωτικών πλακών της Ευρασία και της Αφρικής. Επίσης χωρίζεται σε υπολεκάνες, οι οποίες διαχωρίζονται ανατολικά και δυτικά από την υποθαλάσσια κορυφογραμμή της Σικελίας. Στην Ανατολική Μεσόγειο ανήκουν το Ιόνιο και Αιγαίο Πέλαγος, η Θάλασσα της Λεβαντίνης και η Ανδριατική Θάλασσα. Στην Δυτική Μεσόγειο ανήκουν, η Θάλασσα των Βαlearίδων και η Τυρρηνική Θάλασσα.

Όσο αφορά το βάθος της Μεσογείου Θάλασσας, σύμφωνα με το μοντέλο βαθυμετρίας topo\_13.1, η Μεσόγειος Θάλασσα έχει μέσο βάθος 1485.596 μέτρα, μέγιστο βάθος 5118 μέτρα, ενώ το ελάχιστο βάθος της θεωρείται τα 2 μέτρα. Ποσοστό μεγαλύτερο του 20% αντιστοιχεί σε ρηχές περιοχές με βάθος μικρότερο των 200 μέτρων. Η υφαλοκρηπίδα και το υφαλοπρανές αποτελούν το 58% και το ηπειρωτικό ανύψωμα το υπόλοιπο 42% της συνολικής επιφάνειας της Μεσογείου (Τζιαβός, 1994).

Αξιοσημείωτη είναι και η θαλάσσια κυκλοφορία που παρατηρείται στη Μεσόγειο Θάλασσα. Όπου χαρακτηρίζεται από τρία βασικά στρώματα, το επιφανειακό, το ενδιάμεσο και το βαθύ. Το επιφανειακό στρώμα είναι εκείνο που ωφελεί την θαλάσσια

κυκλοφορία από τον Ατλαντικό Ωκεανό στην Μεσόγειο μέσω του στενού του Γιβραλτάρ και κινείται από δυτικά προς ανατολικά κατά μήκος της βόρειας Αφρικής. Ακόμη, παρατηρείται επιφανειακή θαλάσσια κυκλοφορία από την Μαύρη Θάλασσα προς την Μεσόγειο, μέσω της θάλασσας των Δαρδανελίων και του Μαρμαρά. Επίσης λόγω των πολυάριθμων νησιών, αλλά και της πολυπλοκότητας των ακτών παρατηρούνται και τοπικά ρεύματα-δίνες. Εισροή ροών στη Μεσόγειο, πραγματοποιείται και από τα πολυάριθμα ποτάμια που εκβάλουν σε αυτή, επηρεάζοντας την αλατότητα και τη θερμοκρασία της περιοχής. Εκτός από την επιφανειακή κυκλοφορία των υδάτων, παρατηρείται και κυκλοφορία των βαθέων υδάτων της Μεσογείου θάλασσας προς τον Ατλαντικό. Η μεταφορά αυτή οφείλεται στην εξάτμιση του νερού της Μεσογείου, ιδίως το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα την αλλαγή της πυκνότητας τους, τη βύθιση τους και την έξοδό τους στον Ατλαντικό Ωκεανό. Γενικότερα η ανταλλαγή θερμότητας και νερού από και προς την Μεσόγειο Θάλασσα επηρεάζει το κλίμα, επομένως συμβάλλει και στην κλιματική αλλαγή.

Γενικότερα η Μεσόγειος Θάλασσα χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους και βροχερούς χειμώνες. Η περιοχή της Μεσογείου βρίσκεται σε μια μεταβατική ζώνη μεταξύ του ξηρού κλίματος της Βόρειας Αφρικής και του εύκρατου και βροχερού κλίματος της Κεντρικής Ευρώπης και επηρεάζεται από αλληλεπιδράσεις μεταξύ του γεωγραφικού πλάτους και των τροπικών διεργασιών. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών, ακόμη και σχετικά μικρές τροποποιήσεις της γενικής κυκλοφορίας, π.χ. αλλαγές στη θέση των καταιγίδων μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στο μεσογειακό κλίμα. Αυτό κάνει τη Μεσόγειο μια δυνητικά ευάλωτη περιοχή στις κλιματικές αλλαγές όπως προκαλούνται, για παράδειγμα, με την αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου (για παράδειγμα Lionello κ.ά., 2006a). Πράγματι, η περιοχή της Μεσογείου έχει δείξει μεγάλη αλλαγή στο κλίμα (Luterbacher κ.ά., 2006) και έχει χαρακτηριστεί ως ένα από τα πιο σημαντικά "Hot-Spots" στις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές και προγνώσεις (Giorgi, 2006). Το χειμώνα το μεσογειακό κλίμα, και κυρίως η βροχόπτωση, επηρεάζεται από τη βορειοατλαντική ταλάντωση (North Atlantic Oscillation-NAO) στις δυτικές περιοχές της (π.χ. Hurrell, 1995), τον Ανατολικό Ατλαντικό και άλλα φαινόμενα πάνω από τις βόρειες και ανατολικές περιοχές (Trigo κ.ά., 2006). Το καλοκαίρι κυριαρχούν υψηλές πιέσεις και φθίνουσες κατεύθυνσης στην περιοχή, οδηγώντας σε ξηρές συνθήκες, ιδίως στην νότια Μεσόγειο. Η καλοκαιρινή

μεταβλητότητα της Μεσογείου έχει βρεθεί ότι συνδέεται τόσο με τους Ασιατικούς όσο και με τους Αφρικανικούς μουσώνες (Alpert κ.ά., 2006). Η ποσότητα και η κατανομή των βροχοπτώσεων στις μεσογειακές περιοχές είναι μεταβλητή και απρόβλεπτη. Κατά μήκος της βορειοαφρικανικής ακτής στην Τυνησία προς την Αίγυπτο, παρουσιάζονται οι σπανιότερες βροχοπτώσεις, ενώ στις ακτές της Κροατίας και γενικότερα στις παράκτιες ορεινές περιοχές παρουσιάζονται οι μέγιστες βροχοπτώσεις.

#### **4.2 Καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης: Ανθρωπογενές Περιβάλλον**

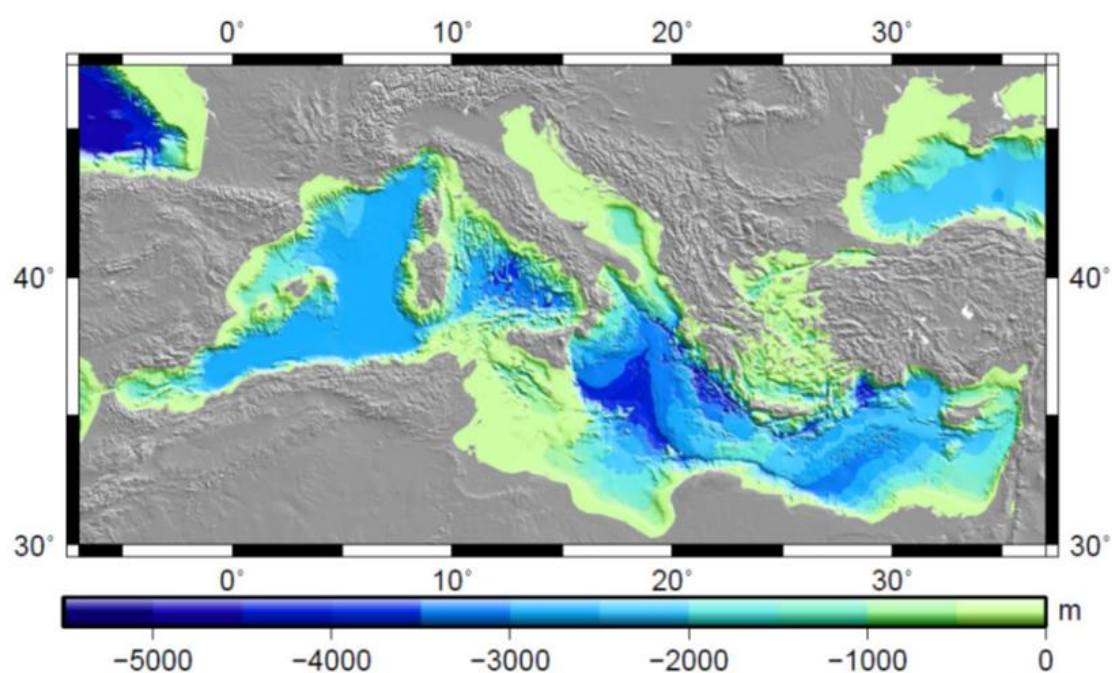
Η Μεσόγειος Θάλασσα περιλαμβάνει, πλήρως ή εν μέρει, περισσότερες από 20 χώρες. Μερικές από αυτές είναι η Ισπανία, η Ιταλία, η Ελλάδα, η Τουρκία, η Μάλτα, η Κύπρος η Αίγυπτος, η Τυνησία και το Μαρόκο. Παρακάτω παρουσιάζεται μια νυχτερινή δορυφορική εικόνα της Μεσογείου θάλασσας, της Ευρώπης καθώς και μέρος της Αφρικής και της Ασίας, όπου αναδεικνύονται τα φώτα των πόλεων. Παρατηρούμε ότι σύμφωνα με τα φώτα των πόλεων, αρκετές πόλεις συγκεντρώνονται στα παράλια των χωρών και βρέχονται από την Μεσόγειο Θάλασσα.



Εικόνα 4.1: Συγκεντρωτική δορυφορική εικόνα από δεδομένα της NASA τον Απρίλιο του 2012 (NASA, 2012)

Η Μεσόγειος από αρχαιοτάτων χρόνων αποτελούσε διάυλο οικονομικής και εμπορικής ανάπτυξης. Η Μεσόγειος συνεισφέρει στην μεταφορά ανθρώπων και εμπορευμάτων όπως και στο παρελθόν, έχοντας καθοριστικό ρόλο για την εξέλιξη της ιστορίας. Σήμερα μερικά από τα σημαντικότερα λιμάνια είναι η Μασσαλία, οι Κάννες, η Γάζα, η Βαλένθια, η Βαρκελώνη, ο Πειραιάς, η Σμύρνη, η Γένοβα και η Λάρνακα. Λόγω του ήπιου και ζεστού κλίματος της περιοχής αποτελεί και τουριστικό προορισμό, όπου συνδυάζει διαφορετικού είδους παραθερισμό αλλά και διαφορετικές κουλτούρες.

Εκτός από τις παραθαλάσσιες πόλεις και λιμάνια η Μεσόγειος Θάλασσα διαθέτει πολυάριθμα μεγάλα και μικρά νησιά, που υπολογίζονται περίπου στα 190. Μερικά από τα πιο μεγάλα σε έκταση είναι η Σικελία, Η Σαρδηνία, η Κύπρος και η Κορσική.



Εικόνα 4.2: Η Βαθυμετρία της Μεσογείου Θάλασσας (Παπαζαχαρίου, 2013)

## 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Αποτελέσματα και η διαδικτυακή εφαρμογή

Με γνώμονα του χρόνου και την ορθή σχεδίαση, πραγματοποιήθηκαν οι εξής φάσεις σχεδίασης:

- Η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού,
- ο καθορισμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος ,
- η επεξεργασία των δεδομένων,
- η κατασκευή και η περιγραφή των υπηρεσιών της εφαρμογής, που θα δημοσιευθούν.

### 5.1 Δεδομένα:

#### X-track (AVISO):

Τα προϊόντα δημιουργήθηκαν κυρίως για παράκτιες εφαρμογές. Είναι διαθέσιμα στην διαδικτυακή πύλη της AVISO. Διατίθενται για διάφορες υποπεριοχές του πλανήτη. Είναι της μορφής SLA 1-Hz κατά μήκος της διαδρομής και έχουν υποστεί επεξεργασία από το software της AVISO. Και δίνονται στην μορφή netCDF (Aviso, 2018).

Περιλαμβάνουν:

- Δύο ειδών προϊόντα sla. Το αρχικό SLA και το χωρικά φιλτραρισμένο SLA (SLA filtered).
- Along-track προφίλ MSSH που είναι την ίδια περίοδο με τα SLA
- Τις γεωφυσικές διορθώσεις (οι παλιρροιακές και οι διορθώσεις της DAC εφαρμόζονται ήδη στο SLA, αλλά παρέχονται σε ξεχωριστά πεδία πληροφοριών),
- Την απόσταση από την πλησιέστερη ακτή από την GSHHS (Wessel et al., 1996),
- Και τη μέση δυναμική τοπογραφία CNES\_CLS\_09 (Rio et al., 2011)

Οι δορυφορικές αποστολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι με τις κόκκινες ενδείξεις:

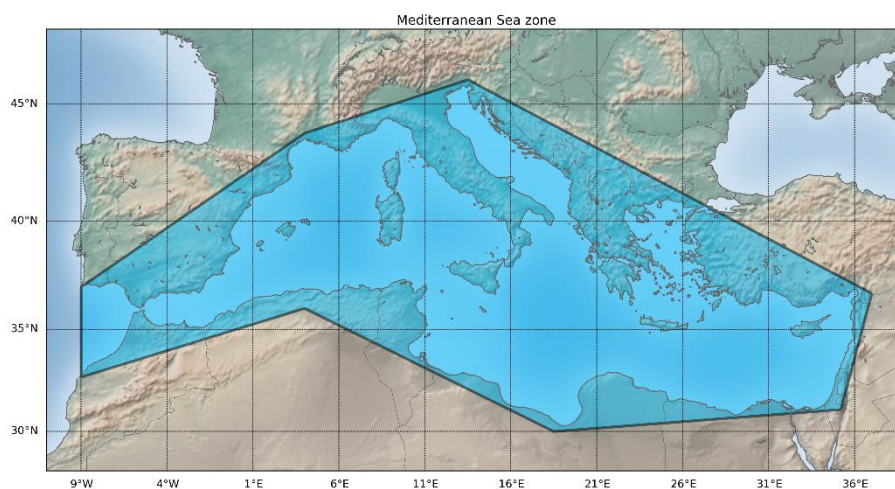
Mission	Start	End
T/P+Jason-1+Jason-2+Jason-3	1993/02/28 (cycle 17 of T/P)	2017/07/26 (cycle 53 of Jason-3)
Envisat-v2.1	2002/10/01 (cycle 10)	2010/09/14 (cycle 92)
GFO	2000/01/08 (cycle 37)	2008/09/08 (cycle 222)
T/P interleaved+Jason-1 interleaved	2002/09/21 (cycle 369 of T/P)	2012/02/02 (cycle 372 of Jason-1)
SARAL/Altika	2013/03/04 (cycle 1)	2016/04/07 (cycle 32)

Οι διορθώσεις που πραγματοποιούνται σε κάθε περίπτωση είναι οι εξής:

Corrections	T/P	Jason-1	Jason-2	Jason-3	Envisat	GFO	Saral/Altika
Ionosphere	From dual frequency altimeter range measurements + GCP (GDR Correction)	From dual-frequency altimeter range measurements			From the GIM model ( <i>Ijima et al., 1999</i> )		
Dry troposphere	From ECMWF model				From NCEP	From ECMWF	
Wet troposphere	From radiometer + GCP correction of Radiometer drift effects + GCP correction of yaw effects	From radiometer correction			From model	From radiometer	
Sea state bias	From non parametric empirical model ( <i>Gaspar et al., 1994</i> )	From non parametric empirical model ( <i>Tran et al., 2011</i> )	From non parametric empirical model ( <i>Labroue et al., 2004</i> )		Calculated as 4.5% of the Significant Wave Height	From non parametric empirical model ( <i>Gaspar et al., 1994</i> )	From non parametric empirical model ( <i>Labroue et al., 2004</i> )
Solid tides	From tide potential model ( <i>Schureman 1958</i> )						
Pole tides	From Wahr, 1985						
Loading effect	From FES1999 ( <i>Lefèvre et al., 2002</i> )						
Atmospheric correction (DAC)	From TUGOm 2D global models for periods smaller than 20 days ( <i>Carrere and Lyard 2003</i> ) + Inverted barometer for periods greater than 20 days, derived from ECMWF pressure.						
Ocean tide	From FES 2012 ( <i>Carrere et al., 2012</i> )						

Εικόνα 5.1: Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις και οι διορθώσεις παλιρροιών που πραγματοποιούνται στα δεδομένα X-track (AVISO, 2018)

Και η γεωγραφική περιοχή που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:



Εικόνα 5.2: MEDiterraneanSEA\_polygon, X-track SLA (AVISO, 2019)

Τα δεδομένα της αλτιμετρίας σε αυτή την περίπτωση αναπτύχθηκαν, επικυρώθηκαν και διανεμήθηκαν από την CTOH/LEGOS. Με χωρικό διάστημα περίπου 6-7 χλμ. μεταξύ σημείων (1 δευτερόλεπτο). Η ειδική επεξεργασία (που αναπτύχθηκε στο LEGOS) έγινε με τις τελευταίες διαθέσιμες διορθώσεις (AVISO, 2019).

#### Mediterranean Sea – Seasonal mean Sea Level Anomalies (AVISO):

Τα αλτιμετρικά προϊόντα είναι αποτέλεσμα των multimission δεδομένων Ssalto/Duacs. Από τον Ιανουάριο του 1993, το μακροχρόνιο σύνολο δεδομένων delayed-time επιτρέπει τον υπολογισμό των στατιστικών μέσων του MSLA σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η τιμή των MSLA για κάθε μήνα, υπολογίστηκαν από τη μέση τιμή ημερήσιων και έπειτα εβδομαδιαίων μετρήσεων, με βάση την καλύτερη δειγματοληψία που είναι διαθέσιμη στον χρόνο.

Τα είδη των μετρήσεων που διατίθενται είναι:

- Ο μηνιαίος μέσος όρος MSLA, που υπολογίστηκε από τους εβδομαδιαίους χάρτες delayed ανωμαλιών της στάθμης της θάλασσας, από τον Ιανουάριο του 1993 έως το 2017. Δεδομένα για κάθε μήνα του έτους.
- Ο εποχικός μέσος όρος του MSLA που αντιστοιχεί στους εβδομαδιαίους χάρτες των ανωμαλιών της στάθμης της θάλασσας με καθυστέρηση χρόνου, κατά μέσο όρο κάθε εποχή. Οι εποχές χωρίζονται από τον Ιανουάριο έως τον Μάρτιο, τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο, από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και από τον Οκτώβριο έως τον Δεκέμβριο.
- Τέλος τα μηνιαία κλιματολογικά δεδομένα MSLA, που υπολογίζονται με βάση τον μέσο όρο των εβδομαδιαίων χαρτών καθυστερημένων ανωμαλιών της στάθμης της θάλασσας, για κάθε μήνα για τα έτη από το 1993 έως το 2017.

Περιεχόμενα: Multimission gridded επιφανειακά ύψη, σε σχέση με το εικοσατετραετές μέσο προφίλ (από το 1993 έως το 2017), συμπεριλαμβανομένης της εποχικής μεταβλητότητας.

Χρήση: μακροπρόθεσμη μεταβλητότητα, εποχιακές μελέτες και μελέτες σχετικά με το κλίμα.

Μορφή: NetCDF



Γεωγραφική περιοχή: Μεσόγειος Θάλασσα

Το τμήμα εδάφους πολλαπλών αποστολών SSALTO (χωροταξική ζώνη πολλαπλών αποστολών dALTimetrie, d'orbitographie et de localization précise) περιλαμβάνει εγκαταστάσεις υποστήριξης εδάφους για τον έλεγχο των οργάνων DORIS και POSEIDON, για τους αλτιμετρικούς δορυφόρους TOPEX/Poseidon, Jason-1, Envisat, GFO, ERS-1 & 2 και Geosat, καθώς και για την παροχή υπηρεσιών των χρηστών που ασχολούνται γενικότερα με την Αλτιμετρία. Εξυπηρετεί σε σχεδόν πραγματικό χρόνο τα κύρια κέντρα επιχειρησιακής ωκεανογραφίας και κλιματολογικών προβλέψεων στην Ευρώπη και παγκοσμίως.

#### Sentinel-3 (AVISO):

Ο δορυφόρος Sentinel-3 εντάσσεται στο πρόγραμμα Copernicus, ένα κοινό σχέδιο μεταξύ της Esa και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αφιερωμένο στην παρακολούθηση της Γης και στην επιχειρησιακή ωκεανογραφία.

Μεταβλητή: SLA

Μορφή: NetCDF 4

Timeless: “Non Time Critical”

Instrument: SRAL (SAR altimeter)

Product Level: “L2”

Γεωγραφική περιοχή: Global

Για να οπτικοποιηθούν τα δεδομένα, χρειάστηκε να μετατραπούν από μορφής netcdf 4 σε netcdf 3. Και περαιτέρω σε μορφή csv. Ο κώδικας που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στο παράρτημα της εργασίας.

Ακόμη χρειάστηκε τα δεδομένα από παγκόσμιας κάλυψης να αποκοπούν και να μετατραπούν σε τοπικά (Μεσόγειος Θάλασσα).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι από τον μήνα Ιουλίου κάθε έτους, για τα έτη 2016 έως 2019. Οι χρονικές περίοδοι επιλέχθηκαν ώστε να γίνουν συγκρίσεις με τα δεδομένα από SSalto/Duacs, της ίδιας περιόδου.

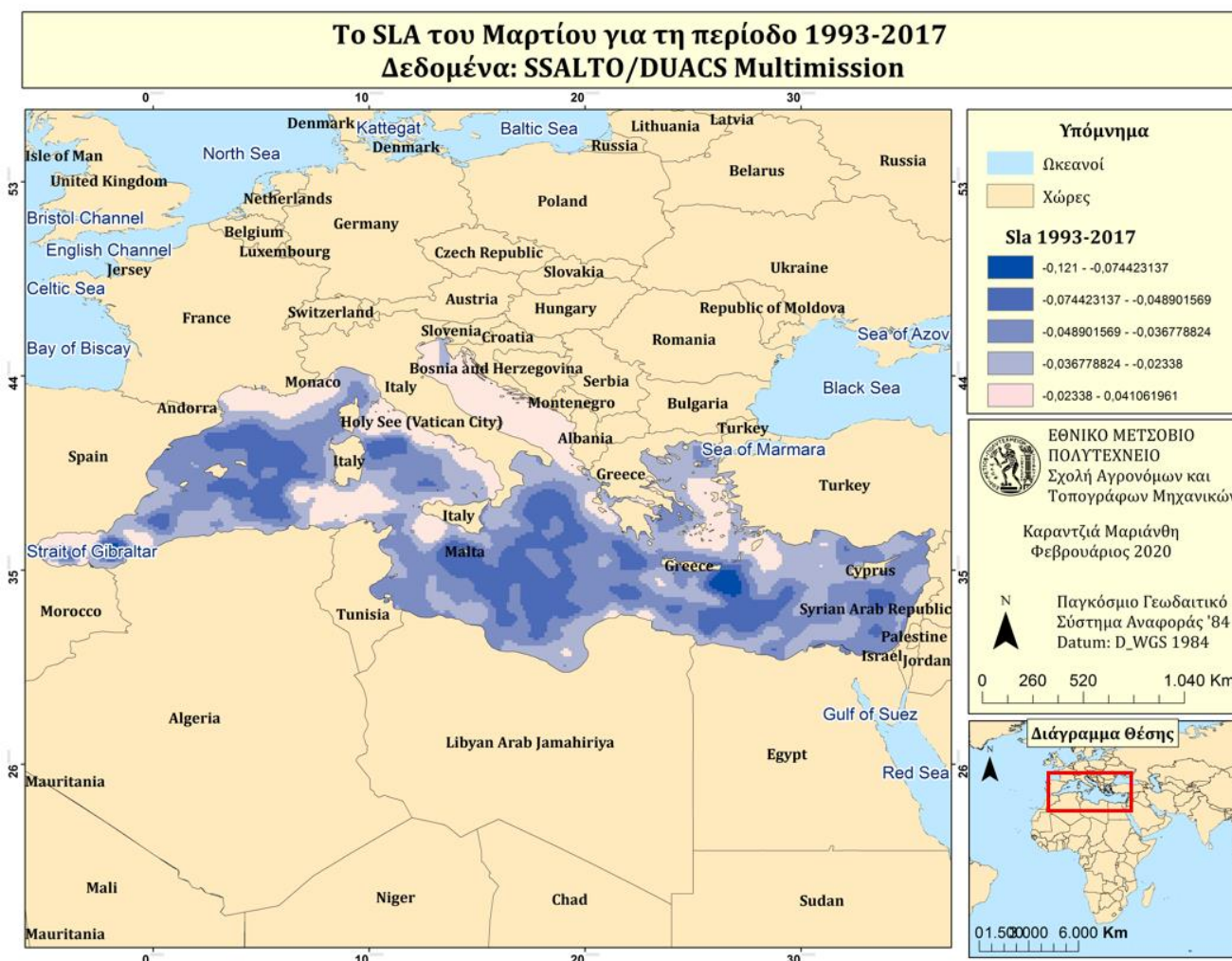
## 5.2 Αποτελέσματα:

Στο πρώτο στάδιο της εργασίας σκοπός είναι να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις των δεδομένων μεταξύ διαφορετικών δορυφόρων, για την ίδια χρονική περίοδο και προφανώς για την ίδια χωρική περιοχή, όπου στην περίπτωση μας είναι η Μεσόγειος Θάλασσα.

Στην πρώτη περίπτωση, εξετάζονται τα δεδομένα της χρονικής περιόδου για τον μήνα Μάρτιο, για τα έτη 1993 έως 2017. Συγκρίνονται τα αλτιμετρικά προϊόντα από τα multimission Ssalto/duacs, με τα προϊόντα από X-track. Οι δορυφόροι που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση αναφέρθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

Για την κατασκευή του χάρτη από Ssalto/Duacs, χρειάστηκε να μετατραπούν τα δεδομένα από netcdf, σε raster (ψηφιδωτό) τύπο δεδομένων. Ακόμη χρειάστηκε να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα μας σε πέντε υποκλάσεις ώστε να μπορεί να γίνει εύκολα η σύγκριση μεταξύ των αλτιμετρικών δεδομένων. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα μας σε πέντε κλάσεις, ονομάζεται Jenks natural breaks. Είναι μια μέθοδος συγκέντρωσης δεδομένων που έχει σχεδιαστεί για να καθορίζει την καλύτερη διάταξη τιμών σε διαφορετικές κατηγορίες. Αυτό γίνεται με την προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η μέση απόκλιση κάθε κατηγορίας από τον μέσο όρο της κατηγορίας, ενώ ταυτόχρονα να μεγιστοποιείται η απόκλιση κάθε κατηγορίας από τα μέσα των άλλων ομάδων. Με άλλα λόγια, η μέθοδος επιδιώκει να μειώσει τη διακύμανση εντός των τάξεων και να μεγιστοποιήσει τη διακύμανση μεταξύ των τάξεων (Jenks, George F. 1967).

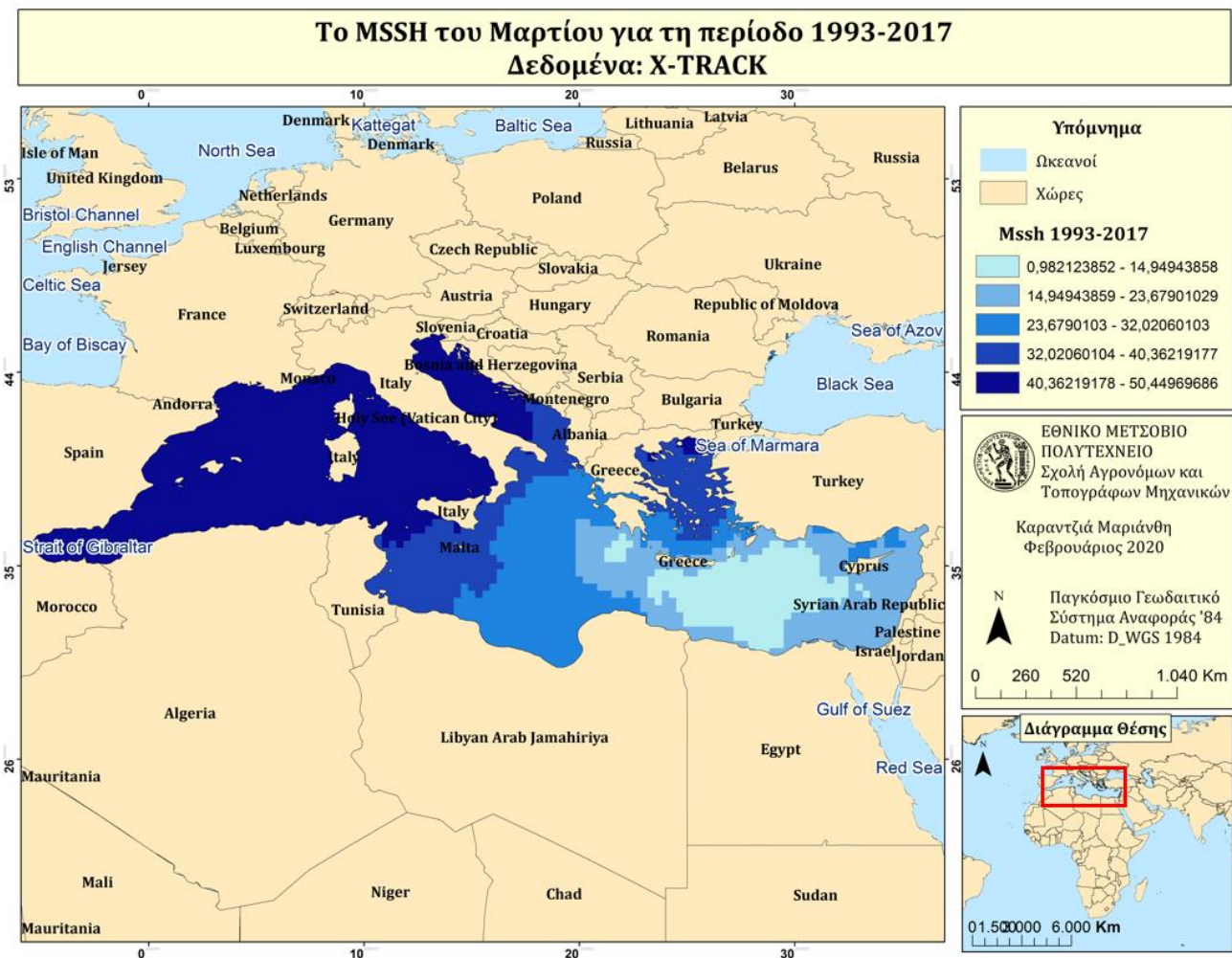
Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η παραπάνω μεθοδολογία ομαδοποίησης των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε για όλους τους χάρτες που οπτικοποιήθηκαν και για λόγους συντομίας στους επόμενους χάρτες θα αναφέρεται ονομαστικά, ότι χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη μεθοδολογία και δεν θα εξηγείται η ερμηνεία του.



Χάρτης 1: Το SLA για τον μήνα Μάρτιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017.

Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission

Οι κυανές αποχρώσεις στον χάρτη, αναδεικνύουν τις περιοχές όπου οι τιμές του SLA είναι κάτω από το μηδέν, ενώ η ροζ απόχρωση αναδεικνύει τις περιοχές που είναι άνω του μηδενός. Επομένως οι περιοχές όπου η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας παρατηρείται να είναι πιο έντονα κάτω του μηδενός εντοπίζονται στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος κάτω από την Κρήτη, όπως και στο νότιο μέρος της Τυρρηνικής Θάλασσας, αλλά και περίξ των Βαλεαρίδων νήσων. Όσο αφορά τις υψηλότερες τιμές οι περιοχές που εντοπίζονται είναι κυρίως στην Ανδριατική θάλασσα, νότια της Μάλτας και ένα μεγάλο μέρος του Αιγαίου Πελάγους.



Χάρτης 2: Το MSSH για τον μήνα Μάρτιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017.  
Δεδομένα: X-track

Στη συγκεκριμένη περίπτωση οπτικοποιήθηκε η μεταβλητή mssh, διότι η μεταβλητή sla δεν αναφερόταν σε γεωγραφικό μήκος και πλάτος, αλλά σε nbpoints και nbcycles, επομένως ήταν αδύνατο να οπτικοποιηθεί στον χώρο. Παρόλα αυτά μπορούμε να δούμε σε ποιες περιοχές της Μεσογείου Θάλασσας το μέσο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας είναι ψηλότερο και σε ποιες χαμηλότερο. Σύμφωνα με τον χάρτη παρατηρείται ότι οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται στο δυτικό κομμάτι της Μεσογείου Θάλασσας, ενώ οι χαμηλότερες εντοπίζονται στο νότιο τμήμα του Αιγαίου Πελάγους.

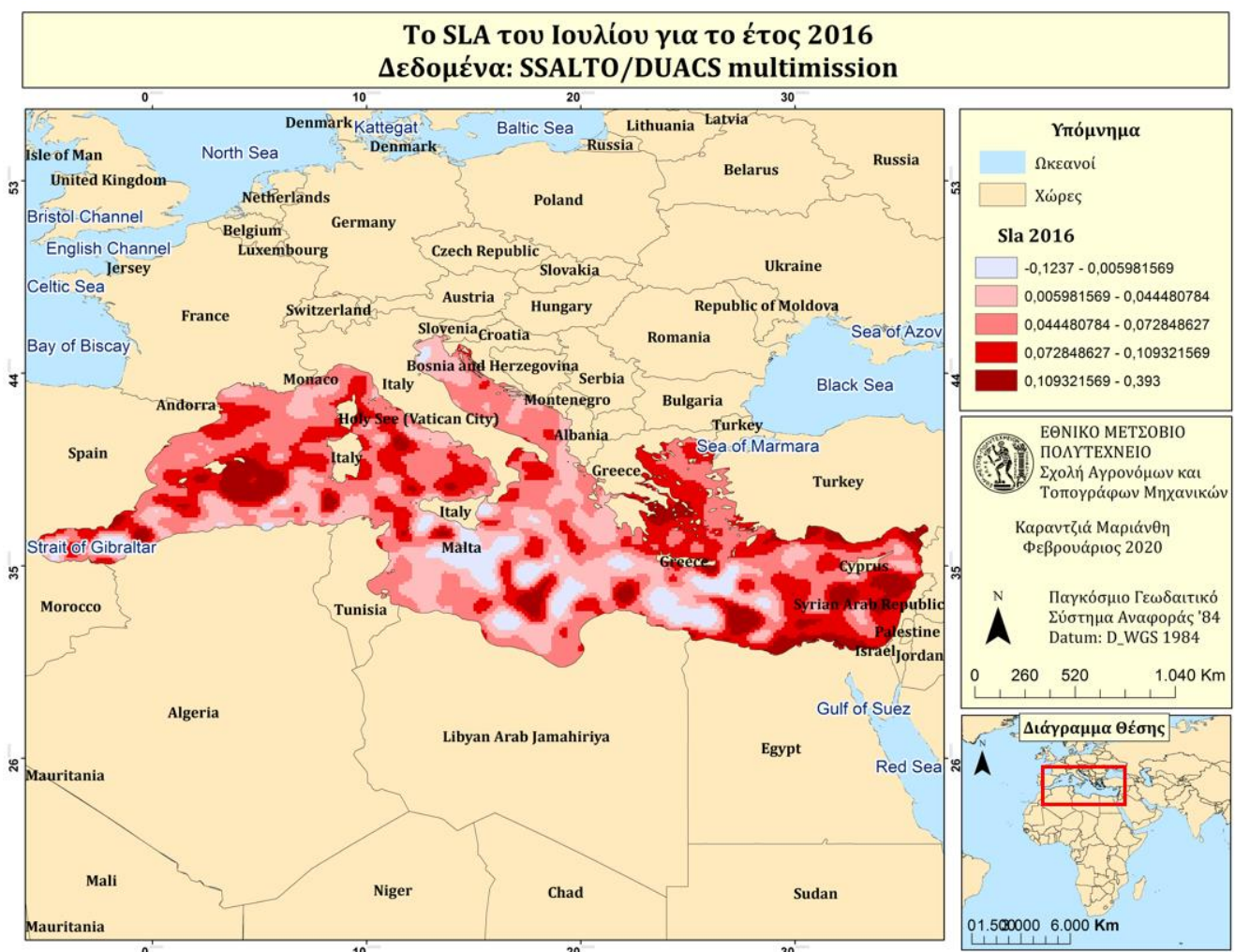
Η σύνδεση μεταξύ του sla και του mssh δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$SLA = SSH - MSSH$$

Όπου, το Sla δημιουργείται από την διαφορά της καταγεγραμμένης από δορυφόρο στάθμης της θαλασσάς και της μέσης τιμής της στάθμης της θάλασσας.

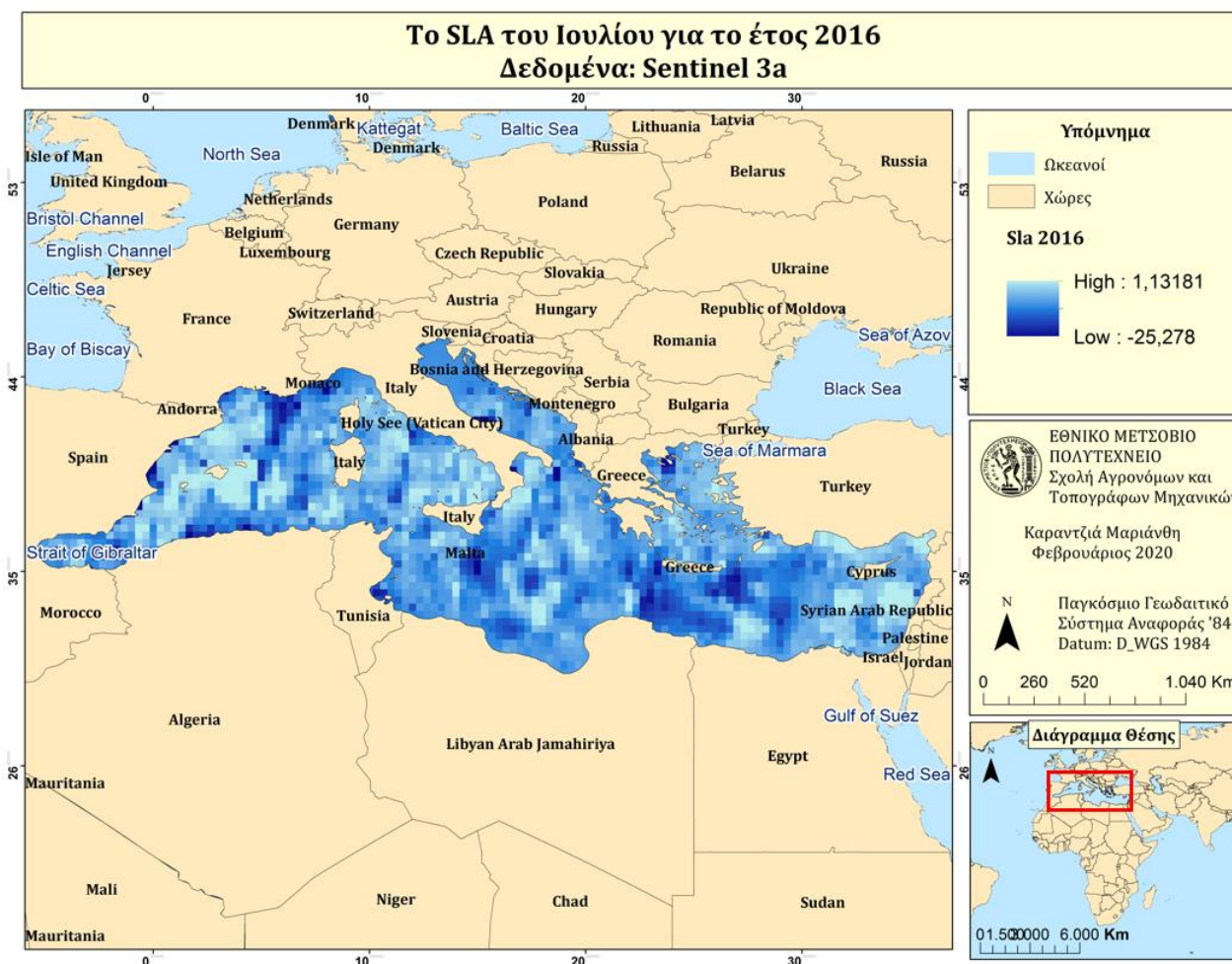
Επομένως παρατηρούμε ότι η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας δεν εξαρτάται από τις υψηλές ή χαμηλές τιμές της μέσης τιμής της στάθμης της θάλασσας.

Μια δεύτερη σύγκριση πραγματοποιήθηκε για τα δεδομένα από Ssalto/Duacs και Sentinel 3a για τον Ιούλιο του 2016 και τον Ιούλιο του 2017 αντίστοιχα. Τα αλτιμετρικά δεδομένα από μορφής netcdf 3 και 4 αντίστοιχα μετατράπηκαν σε ψηφιδωτής μορφής και ομαδοποιήθηκαν σε πέντε κλάσεις, με βάση τη μέθοδο ομαδοποίησης natural breaks.



Χάρτης 3: Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2016. Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission

Με κόκκινες αποχρώσεις αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το SLA είναι μεγαλύτερο του μηδενός, ενώ με κυανές αναδεικνύονται εκείνες οι περιοχές που έχουν χαμηλότερες από το μηδέν τιμές SLA. Γενικότερα, στην περιοχή της Μεσογείου για τον μήνα Ιούλιο του 2016, από τις καταγραφές των δορυφόρων Ssalto/Duacs παρατηρούνται θετικές τιμές του SLA για το μεγαλύτερο εύρος της λεκάνης, εκτός από κάποιες περιοχές του νότιου τμήμα της.



Χάρτης 4 : Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2016. Δεδομένα: Sentinel 3a

Τα δεδομένα του Sentinel-3a ήταν along-track και παγκόσμιας κάλυψης. Επομένως χρειάστηκε να τα αποκόψουμε στα πλαίσια της τοπικής κλίμακας της Μεσογείου, αλλά και να πραγματοποιήσουμε χωρική παρεμβολή, ώστε να καλυφθούν οι ψηφίδες όπου δεν είχαν τιμές για το SLA. Που βασίστηκε στην μεθοδολογία της χωρικής παρεμβολής IDW (Inverse Distance Weighted).

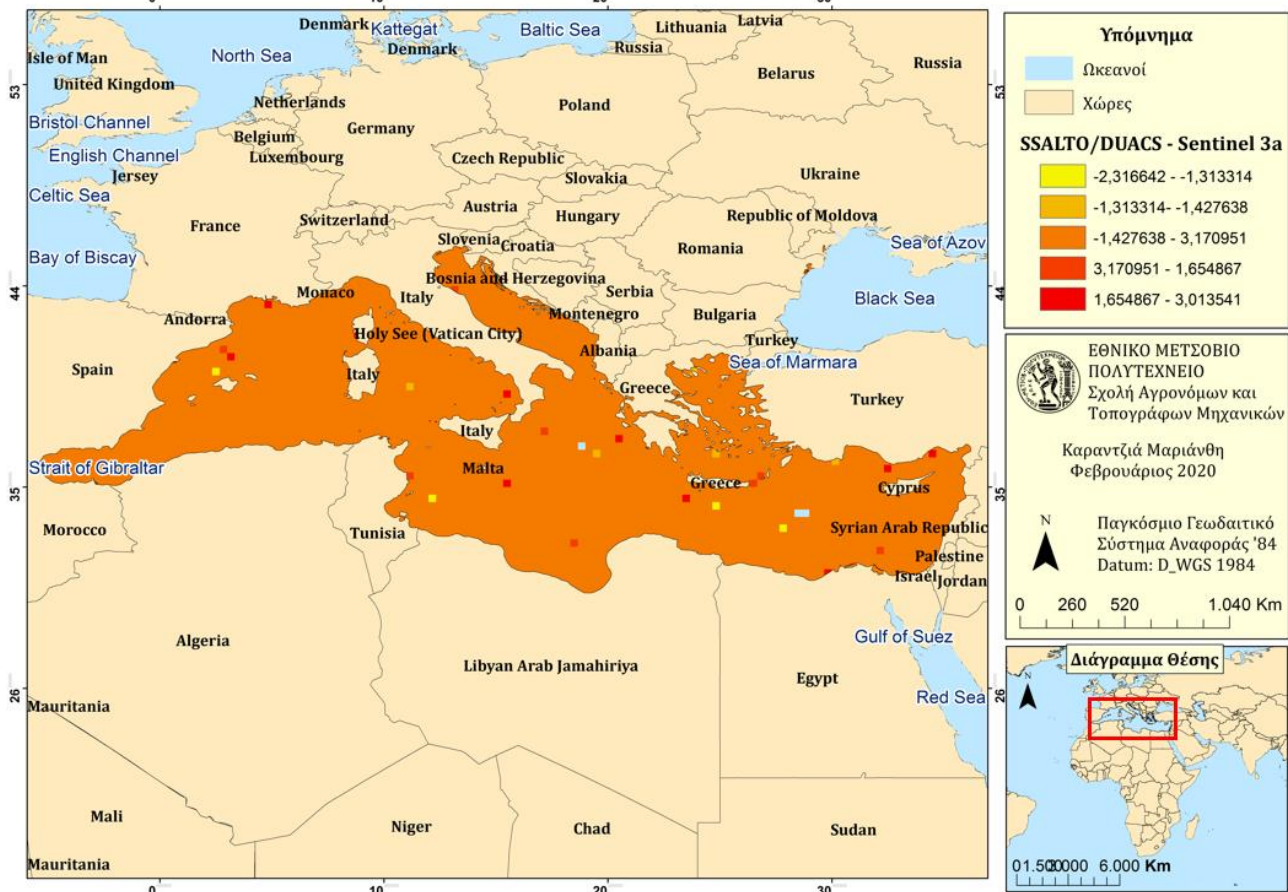
Η παρεμβολή inverse distance weighted (IDW), εφαρμόζει την παραδοχή ότι τα στοιχεία που είναι κοντά το ένα στο άλλο, είναι περισσότερο όμοια από εκείνα που έχουν μεγαλύτερη απόσταση. Για την πρόβλεψη μιας τιμής, η IDW χρησιμοποιεί τις μετρούμενες τιμές που περιβάλλουν τη θέση πρόβλεψης. Οι μετρούμενες τιμές πλησιέστερα στη θέση πρόβλεψης, έχουν μεγαλύτερη επιρροή επί της προβλεπόμενης τιμής από εκείνες που είναι πιο μακριά.

Οι τιμές του SLA παρουσιάζουν σφάλμα ως προς τα άκρα τους καθώς, μετατρέποντας τα παγκόσμια δεδομένα σε τοπικά εμπεριέχονται και ψηφίδες στα σημεία που επηρεάζουν το SLA, τα οποία είναι ενδεχομένως σημεία της ηπειρωτικής χώρας. Αυτό οφείλεται στο ότι τα δεδομένα μας είναι πλέον raster μορφής, ενώ το πολύγωνο που χρησιμοποιήθηκε για την αποκοπή, είναι διανυσματικής μορφής. Παρόλα αυτά, μπορούμε να προβούμε σε συμπεράσματα σχετικά με τις περιοχές όπου παρουσιάζεται συγκέντρωση των χαμηλών τιμών του SLA και των υψηλών αντίστοιχα.

Στο χάρτη με ανοιχτό κυανό παρουσιάζονται οι περιοχές με υψηλές τιμές του SLA, ενώ με σκούρο κυανό εντοπίζονται οι περιοχές με χαμηλές τιμές για το SLA του Ιουλίου το έτος 2016. Γενικότερα, στην περιοχή της Μεσογείου για τον μήνα Ιούλιο του 2016, από τις καταγραφές του δορυφόρου Sentinel 3a, παρατηρούνται θετικές τιμές του SLA για το μεγαλύτερο εύρος της λεκάνης, εκτός από κάποιες περιοχές του νότιου τμήμα της και κοντά στο Μονακό.

Εν συνεχεία, δημιουργήθηκε χάρτης ο οποίος μας δείχνει χωρικά την διαφορά του SLA για τον Ιούλιο του 2016 μεταξύ των δεδομένων από SSALTO/DUACS και Sentinel 3a.

## Σύγκριση δεδομένων από SSALTO/DUACS με Sentinel 3a Ιούλιος 2016



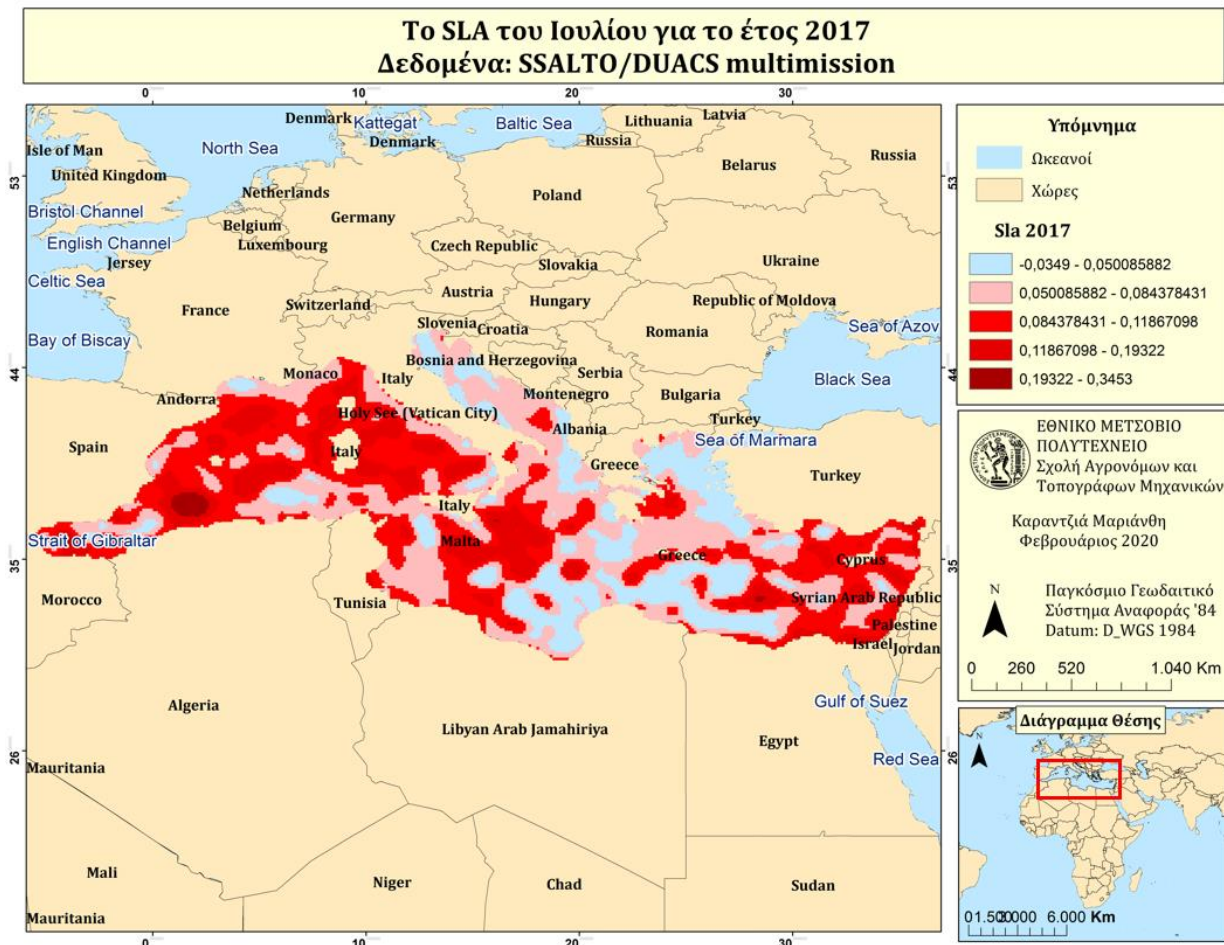
Χάρτης 5 : Η σύγκριση του SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2016, μεταξύ των δεδομένων από SSALTO/DUACS και Sentinel-3a

Για την κατασκευή του συγκεκριμένου χάρτη πραγματοποιήθηκε αφαίρεση των επιπέδων SLA από SSALTO/DUACS και SLA από Sentinel-3a για τον Ιούλιο του 2016. Ο χάρτης μας δείχνει με τιμές κάτω του μηδενός τις ψηφίδες εκείνες όπου το επίπεδο SLA από Sentinel-3a έχει υψηλότερες τιμές από το επίπεδο SLA από SSALTO/DUACS, αλλά και πόση διαφορά έχουν. Αντίστοιχα οι τιμές άνω του μηδενός μας δείχνουν τις ψηφίδες όπου το επίπεδο SLA από SSALTO/DUACS έχει υψηλότερες τιμές από το επίπεδο Sentinel-3a. Γενικότερα παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των δύο επιπέδων, καθώς η διαφορά τους κυμαίνεται από -2 έως 3. Και στην πλειοψηφία τους κυμαίνονται σε τιμές της τάξεως -1,42 έως 1,65.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι οι τιμές που επηρέαζαν ως σφάλμα τις τιμές του SLA από Sentinel-3a για τον Ιούλιο του 2016, αφαιρέθηκαν από την διαδικασία.

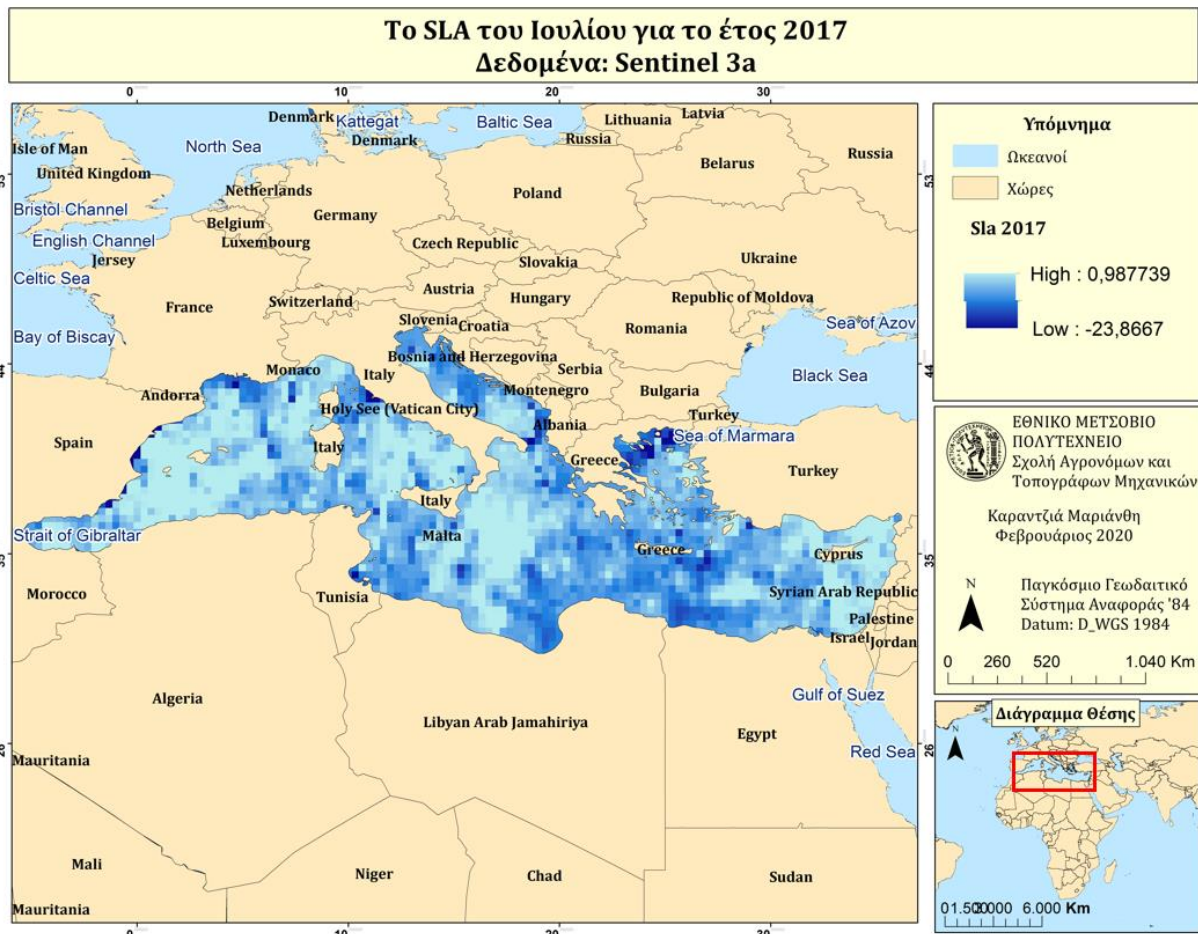


Έπειτα πραγματοποιήσαμε την ίδια διαδικασία για το έτος 2017.



Χάρτης 6: Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017. Δεδομένα: Ssalto/Duacs Multimission

Με κόκκινες αποχρώσεις αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το SLA είναι μεγαλύτερο του μηδενός, ενώ με κυανές αναδεικνύονται εκείνες οι περιοχές που έχουν χαμηλότερες από το μηδέν τιμές SLA. Για το έτος 2017 οι περιοχές όπου η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας φαίνεται να είναι χαμηλότερη του μηδενός είναι οι περιοχές του Ιονίου Πελάγους, αλλά και του βόρειου και νότιου Αιγαίου Πελάγους. Γενικότερα όμως παρατηρούνται τιμές άνω του μηδενός για την περίοδο του Ιουλίου το 2017, με βάση τα δεδομένα Ssalto/Duacs.



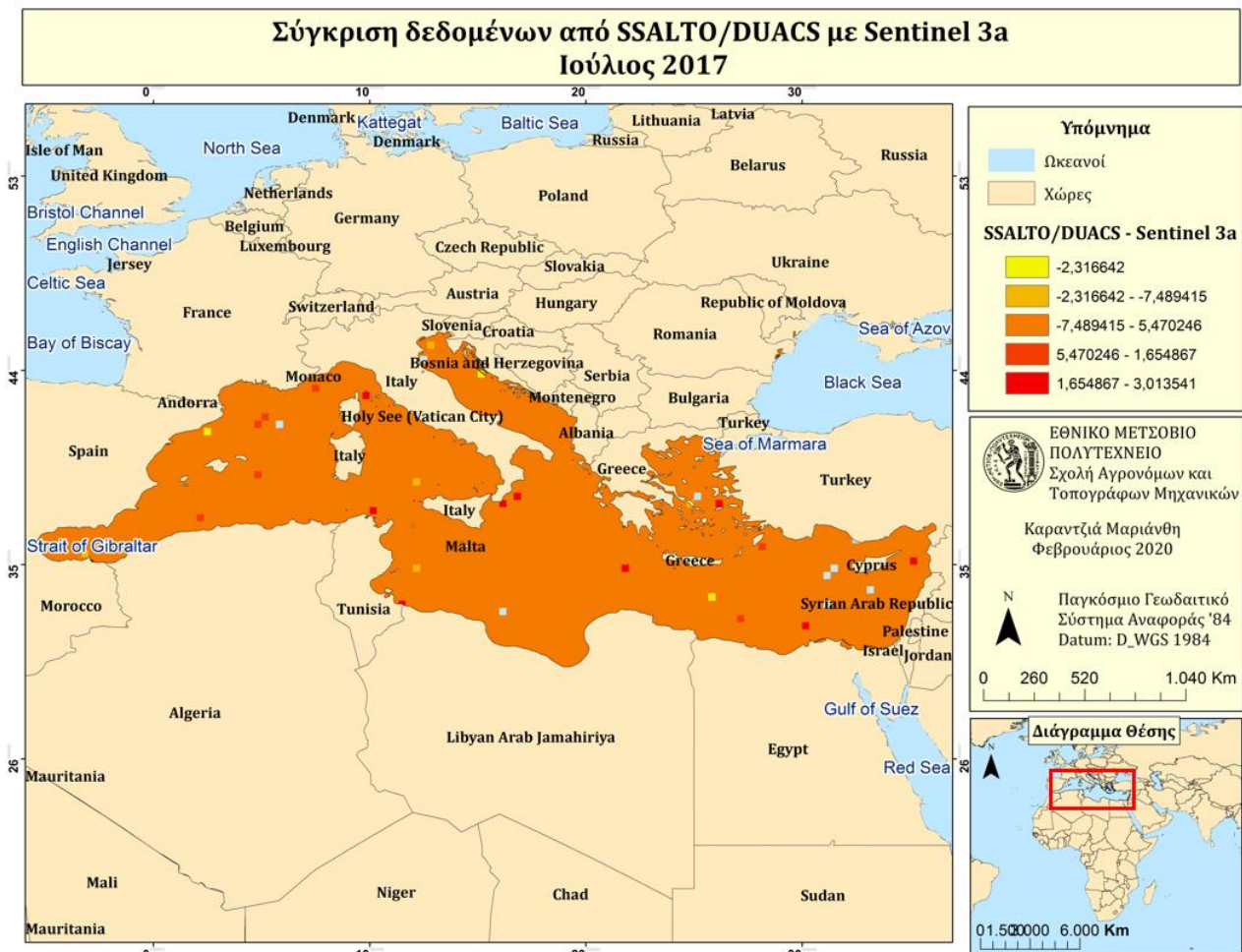
Χάρτης 7 : Το SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017. Δεδομένα: Sentinel-3a

Τα δεδομένα του Sentinel-3a, όπως προαναφέρθηκε, ήταν along-track και παγκόσμιας κάλυψης. Επομένως χρειάστηκε να τα αποκόψουμε στα πλαίσια της τοπικής κλίμακας της Μεσογείου, αλλά και να πραγματοποιήσουμε χωρική παρεμβολή, ώστε να καλυφθούν οι ψηφίδες όπου δεν είχαν τιμές για το SLA. Που βασίστηκε στην μεθοδολογία της χωρικής παρεμβολής IDW.

Οι τιμές του SLA παρουσιάζουν σφάλμα ως προς τα άκρα τους καθώς, μετατρέποντας τα παγκόσμια δεδομένα σε τοπικά εμπεριέχονται και ψηφίδες στα σημεία που επηρεάζουν το SLA, τα οποία είναι ενδεχομένως σημεία της ηπειρωτικής χώρας. Αυτό οφείλεται στο ότι τα δεδομένα μας είναι πλέον raster μορφής, ενώ το πολύγωνο που χρησιμοποιήθηκε για την αποκοπή, είναι διανυσματικής μορφής. Παρόλα αυτά, μπορούμε να προβούμε σε συμπεράσματα σχετικά με τις περιοχές όπου παρουσιάζεται συγκέντρωση των χαμηλών τιμών του SLA και των υψηλών αντίστοιχα.

Στο χάρτη με ανοιχτό κυανό παρουσιάζονται οι περιοχές με υψηλές τιμές του SLA, ενώ με σκούρο κυανό εντοπίζονται οι περιοχές με χαμηλές τιμές για το SLA του Ιουλίου το έτος 2017. Παρατηρούμε ότι χαμηλές τιμές της ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας εντοπίζονται στο Ιόνιο και στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος, ενώ στην πλειοψηφία η περιοχή της Μεσογείου φαίνεται να έχει υψηλές τιμές για την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας.

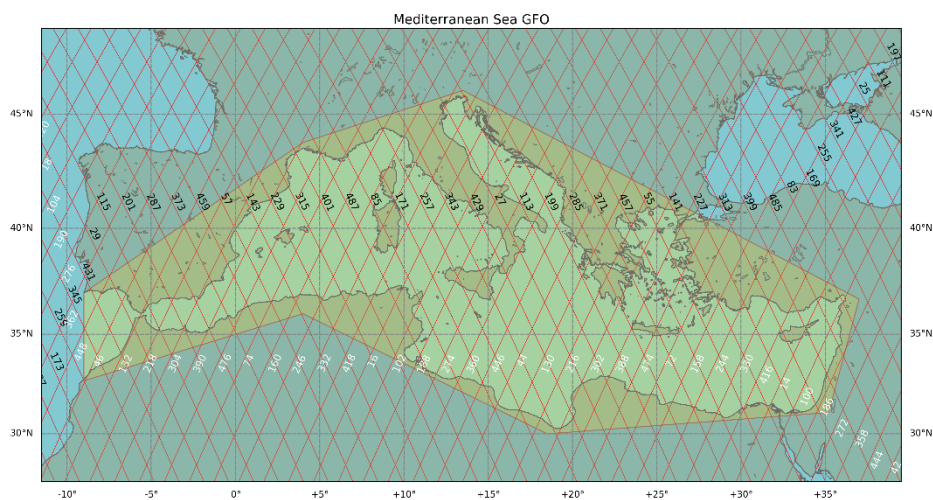
Επειτα, δημιουργήθηκε χάρτης ο οποίος μας δείχνει χωρικά την διαφορά του SLA για τον Ιούλιο του 2017 μεταξύ των αλτιμετρικών δεδομένων από SSALTO/DUACS και Sentinel-3a.



Χάρτης 8 : Η σύγκριση του SLA για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2017, μεταξύ των δεδομένων από SSALTO/DUACS και Sentinel-3a

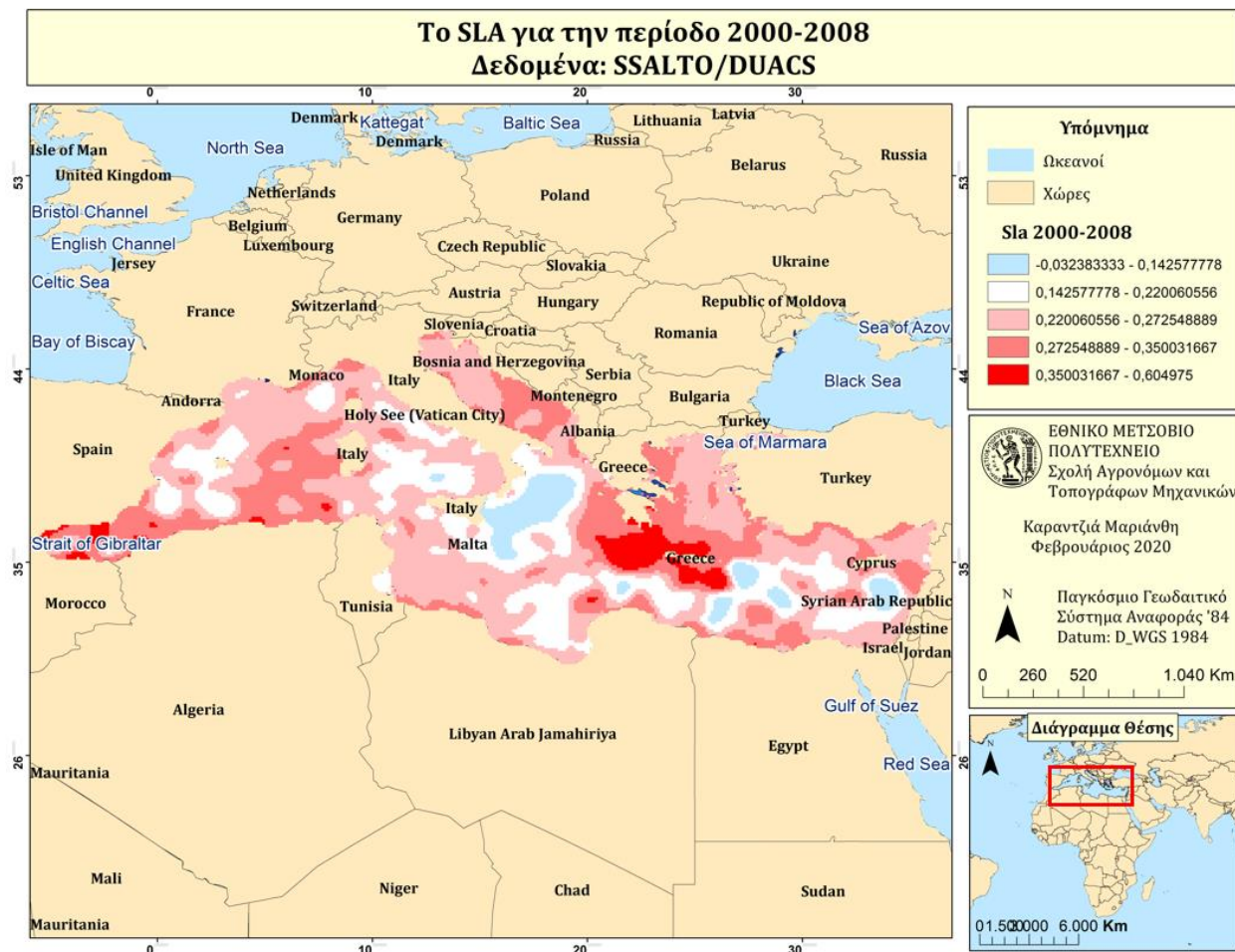
Για την κατασκευή του συγκεκριμένου χάρτη πραγματοποιήθηκε αφαίρεση των επιπέδων sla από SSALTO/DUACS και sla από Sentinel-3a για τον Ιούλιο του 2017. Ο χάρτης μας δείχνει με τιμές κάτω του μηδενός τις ψηφίδες εκείνες όπου το επίπεδο sla από Sentinel-3a έχει υψηλότερες τιμές από το επίπεδο sla από SSALTO/DUACS, αλλά και πόση διαφορά έχουν. Αντίστοιχα οι τιμές άνω του μηδενός μας δείχνουν τις ψηφίδες όπου το επίπεδο sla από SSALTO/DUACS έχει υψηλότερες τιμές από το επίπεδο Sentinel-3a. Γενικότερα παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των δύο αποστολών, και ότι η απόκλισή τους είναι της τάξεως από -2 έως 3. Για να μην επηρεαστεί τόσο το αποτέλεσμα της διαφοράς μεταξύ των επιπέδων, προηγουμένως πραγματοποιήθηκε αφαίρεση των εσφαλμένων ακραίων τιμών του Sentinel-3a.

Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκε σύγκριση για την χρονική περίοδο από το 2000 έως το 2008 μεταξύ των αλτιμετρικών δεδομένων από SSALTO/DUACS και X-track. Στην περίπτωση των X-track δεδομένων η δορυφορική αποστολή που χρησιμοποιήθηκε είναι ο GFO (Geosat Follow-On).



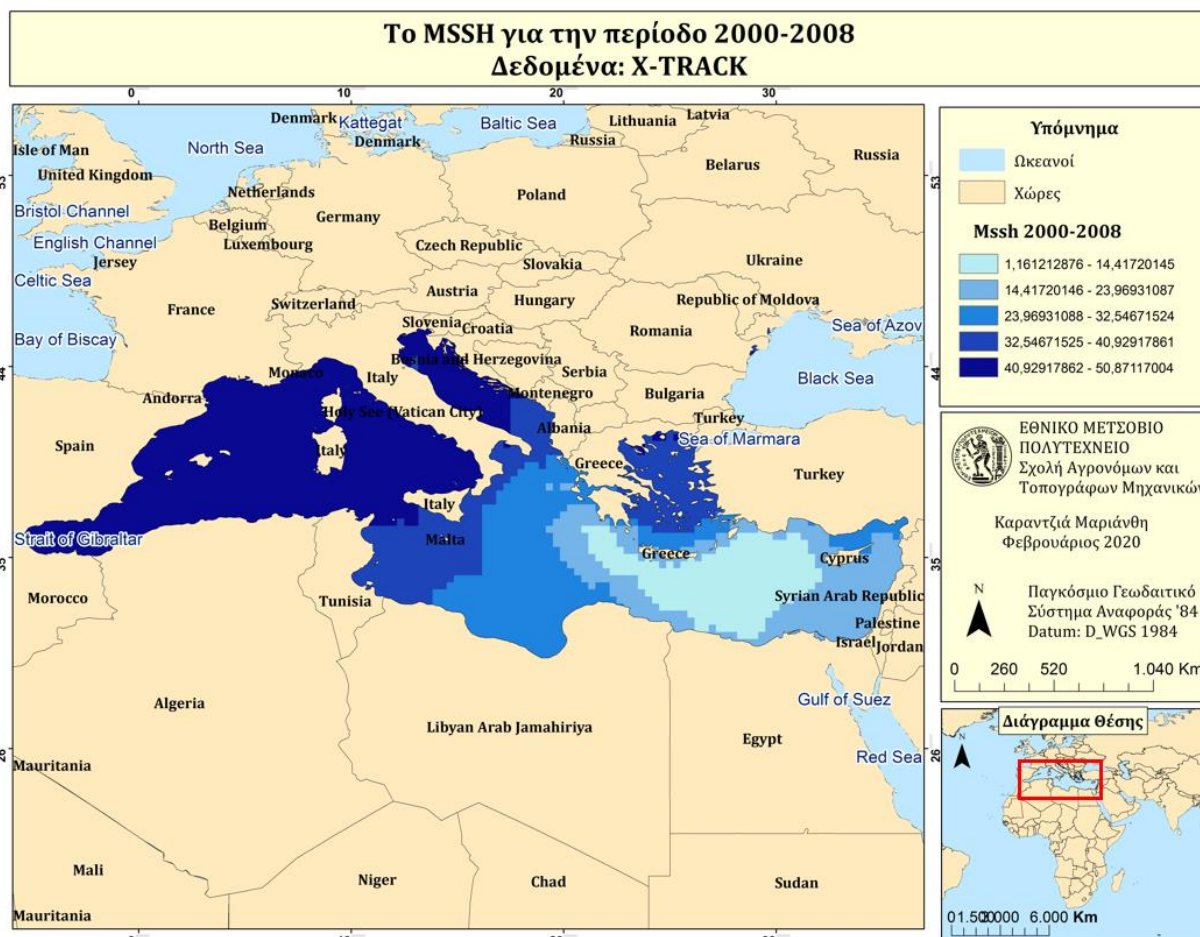
Εικόνα 5.3: Οι τροχές του GFO στη Μεσόγειο θάλασσα (AVISO, 2019)

Για την κατασκευή του χάρτη από Ssalto/Duacs, χρειάστηκε να μετατραπούν τα δεδομένα από netcdf, σε raster (ψηφιδωτό) τύπο δεδομένων. Ακόμη χρειάστηκε να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα μας σε πέντε υποκλάσεις ώστε να μπορεί να γίνει εύκολα η σύγκριση μεταξύ των αλτιμετρικών δεδομένων. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα μας σε πέντε κλάσεις ονομάζεται Jenks natural breaks.



Χάρτης 9: Το SLA για την χρονική περίοδο 2000 έως 2008. Δεδομένα: Ssalto/Duacs  
Multimission

Οι κυανές αποχρώσεις στον χάρτη, αναδεικνύουν τις περιοχές όπου οι τιμές του SLA είναι κάτω από το μηδέν, ενώ οι κόκκινες αποχρώσεις αναδεικνύουν τις περιοχές που είναι άνω του μηδενός. Χαμηλότερες τιμές παρατηρούμε νότια της Ιταλίας, αλλά και στην ανατολική Μεσόγειο. Υψηλές τιμές στην ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας παρατηρούμε στις περιοχές του νότιου Αιγαίου, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούμε κυρίως νότια της Ιταλίας. Γενικότερα όμως η περιοχή της Μεσογείου για την περίοδο 2000 έως 2008 χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές στην ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας σύμφωνα με τα αλιμετρικά δεδομένα από Ssalto/Duacs.



Χάρτης 10: Το Sla για την χρονική περίοδο 2000 έως 2008. Δεδομένα: X-track

Για την ίδια χρονική περίοδο, οπτικοποιήθηκαν τα δεδομένα X-track της AVISO της δορυφορικής αποστολής GFO. Οπτικοποιήθηκε η μεταβλητή mssh, διότι η μεταβλητή sla δεν αναφερόταν σε γεωγραφικό μήκος και πλάτος, αλλά σε nbpoints και nbcycles, επομένως ήταν αδύνατο να οπτικοποιηθεί στον χώρο. Παρόλα αυτά μπορούμε να δούμε σε ποιες περιοχές της Μεσογείου Θάλασσας το μέσο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας είναι ψηλότερο και σε ποιες χαμηλότερο. Σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη οι χαμηλότερες τιμές του μέσου ύψους της στάθμης της θάλασσας, για την χρονική περίοδο 2000 έως 2008, σύμφωνα με τα δεδομένα από τον δορυφόρο GFO, συγκεντρώνονται στην ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα. Ενώ οι υψηλότερες τιμές συγκεντρώνονται στο δυτικό κομμάτι της Μεσόγειο Θάλασσας. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι η κύρια τροφοδότηση της Μεσογείου Θάλασσας με νερό, γίνεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό απο το στενό του Γιβραλτάρ.

Η σύνδεση μεταξύ του sla και του mssh δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Sla = Ssh - Mssh$$

Όπου, το SLA δημιουργείται από την διαφορά της καταγεγραμμένης από δορυφόρο στάθμης της θάλασσας και της μέση τιμή της στάθμης της θάλασσας.

Επομένως παρατηρούμε ότι η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας δεν εξαρτάται από τις υψηλές ή χαμηλές τιμές της μέσης τιμής της στάθμης της θάλασσας.

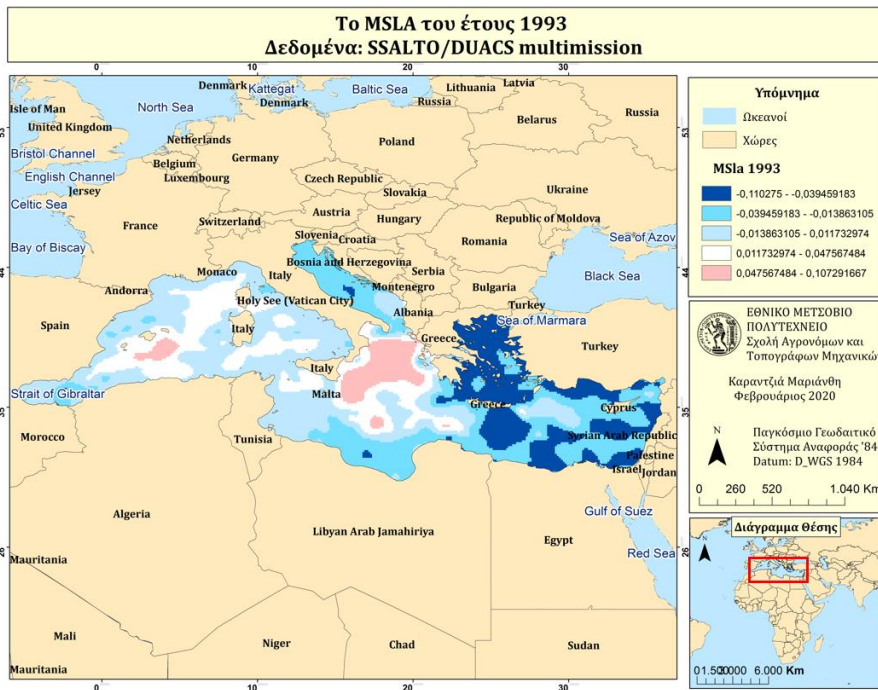
Στο δεύτερο μέρος των αποτελεσμάτων που δημιουργήθηκαν από τα Αλτιμετρικά δεδομένα, εξετάζεται η χρονική μεταβλητότητα του SLA για μια περίοδο από το 1993 έως το 2019. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι από τα multimission SSALTO/DUACS, καθώς και από την δορυφορική αποστολή Sentinel-3a και 3b. Για τα έτη από το 1993 έως το 2017 χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την αποστολή SSALTO/DUACS. Ενώ από το 2018 έως το 2019 από τους δορυφόρους Sentinel-3a και 3b.

Για τα δεδομένα από SSALTO/DUACS διαθέτουμε τα SLA για κάθε μήνα του κάθε έτους. Επομένως υπολογίστηκε το MSLA για κάθε έτος ξεχωριστά, αλλά υπολογίστηκε και το MSLA για κάθε εποχή ως προς το σύνολο των ετών 1993 έως 2017. Οι εποχές είναι χωρισμένες ως εξής: Ιανουάριος έως Μάρτιος, Απρίλιος έως Ιούνιος, Ιούλιος έως Σεπτέμβριος και Οκτώβριος έως Δεκέμβριος.

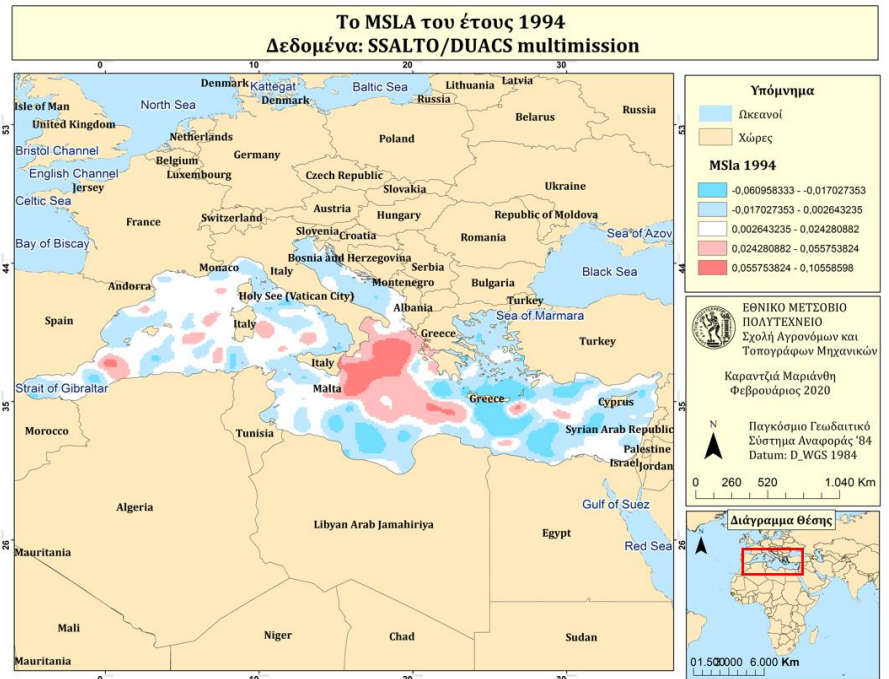
Να σημειωθεί ότι όλα τα δεδομένα μας μετατράπηκαν από μορφής netcdf 3 και 4 σε raster τύπου γεωχωρικά δεδομένα. Ακόμη έγινε μετατροπή του προβολικού συστήματος τους στο κοινό Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς, το WGS'84.

Αρχικά θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν με την κατασκευή χαρτών της ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για κάθε έτος.

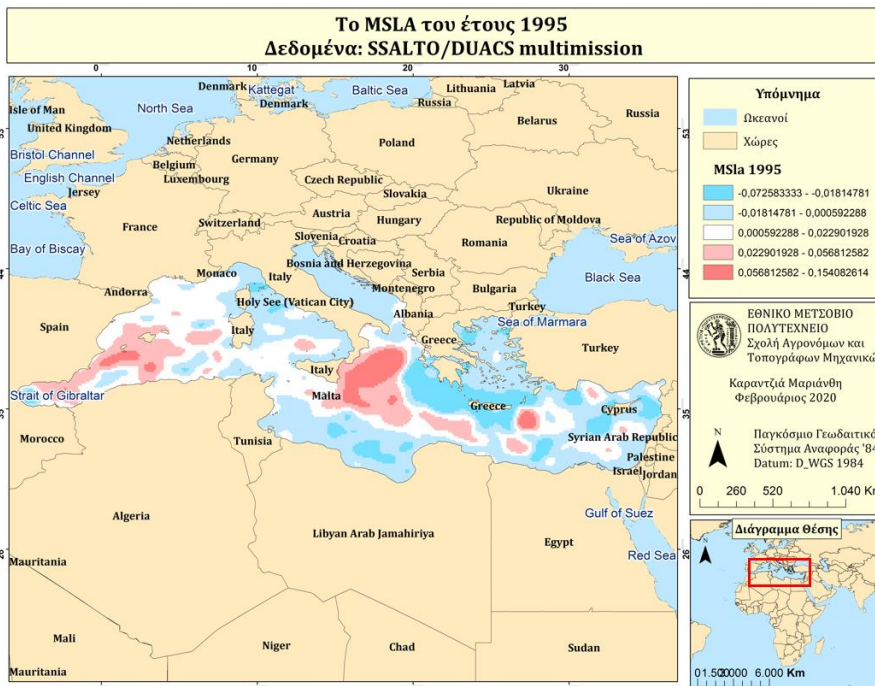
Σε όλους τους χάρτες χρησιμοποιήθηκε ομαδοποίηση των δεδομένων, σε πέντε κλάσεις με την βοήθεια της μεθοδολογίας Jenks natural breaks. Επίσης οι κυανές αποχρώσεις στους χάρτες, αναδεικνύουν τις περιοχές όπου οι τιμές του SLA είναι κάτω από το μηδέν, ενώ οι κόκκινες αποχρώσεις αναδεικνύουν τις περιοχές όπου το SLA είναι άνω του μηδενός.



**Χάρτης 11:**  
Το MSLA του έτους 1993  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

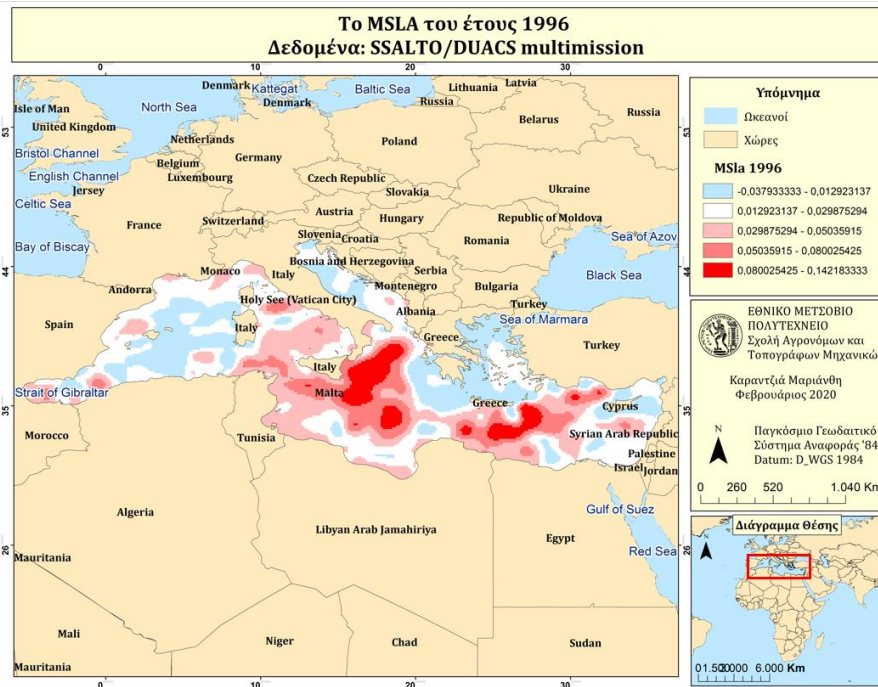


**Χάρτης 12:**  
Το MSLA του έτους 1994  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

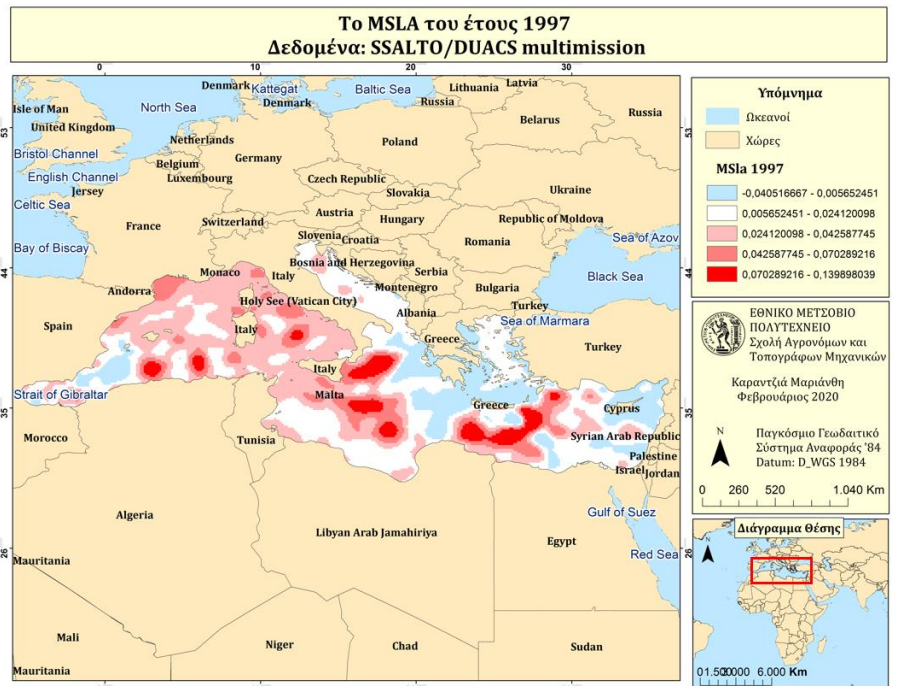


**Χάρτης 13:**  
Το MSLA του έτους 1995  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

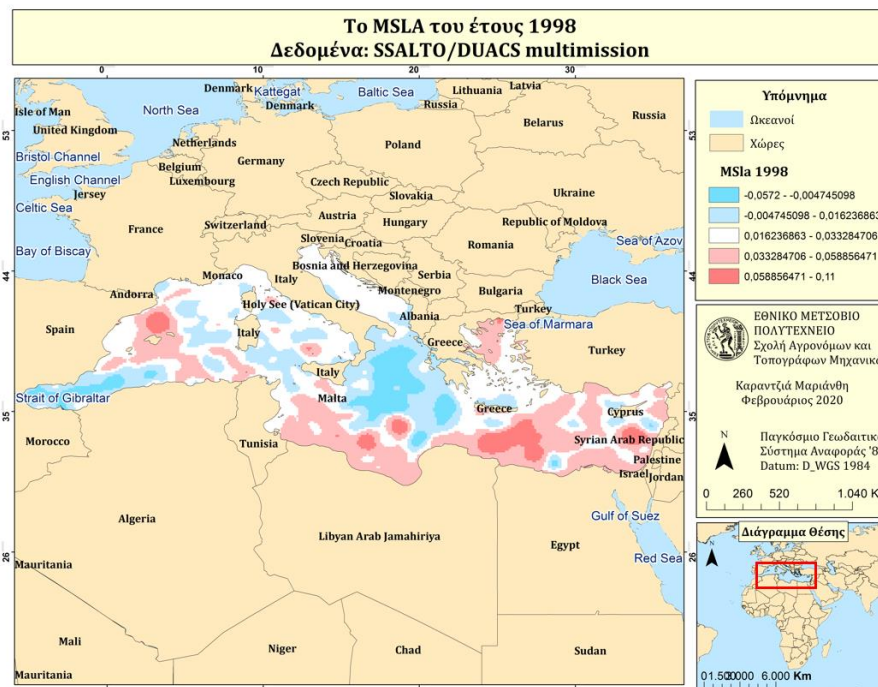




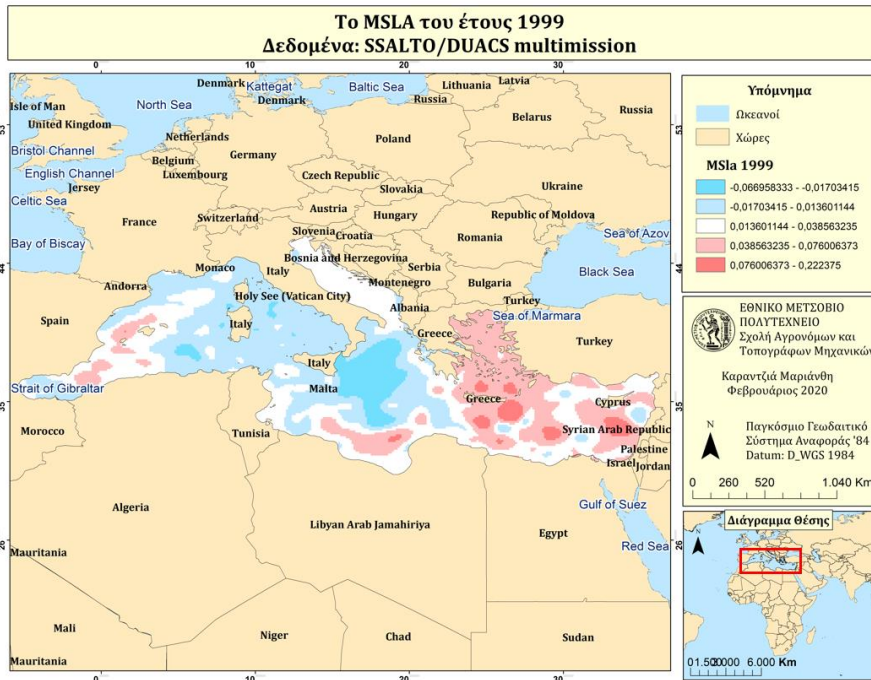
Χάρτης 14:  
 Το MSLA του έτους 1996  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



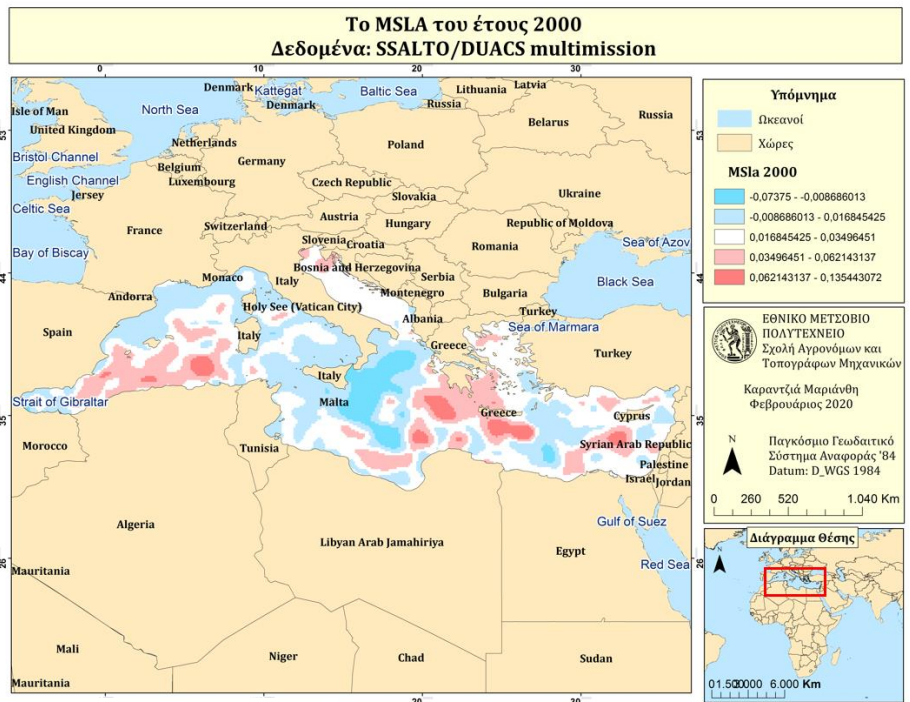
Χάρτης 15:  
 Το MSLA του έτους 1997  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



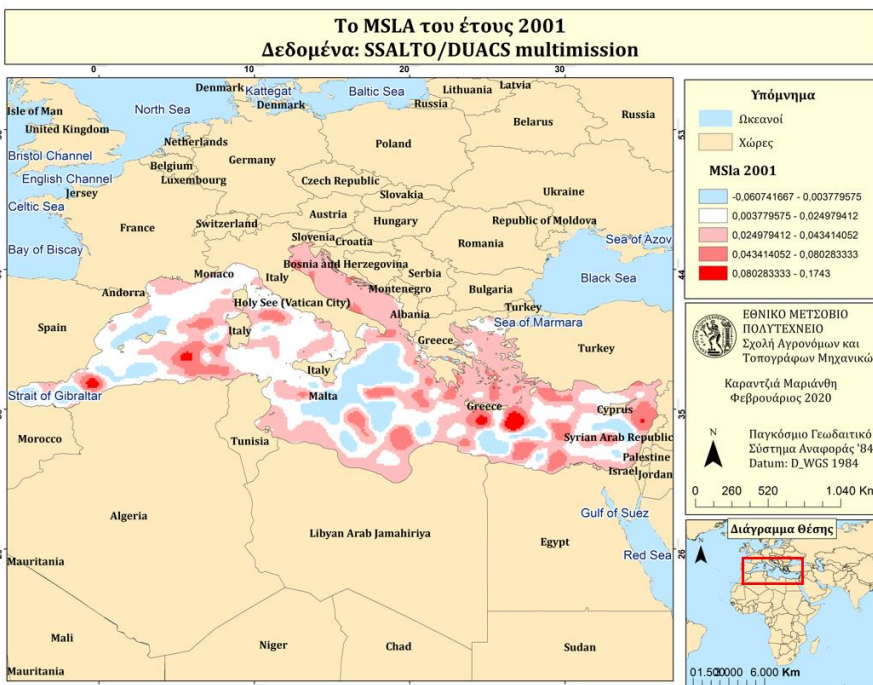
Χάρτης 16:  
 Το MSLA του έτους 1998  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



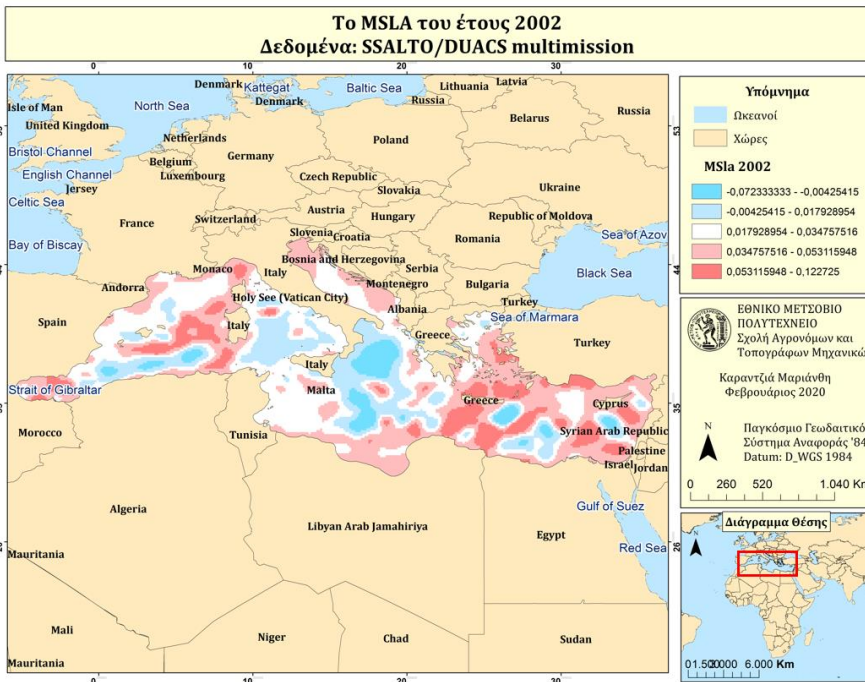
**Χάρτης 17:**  
 Το MSLA του έτους 1999  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



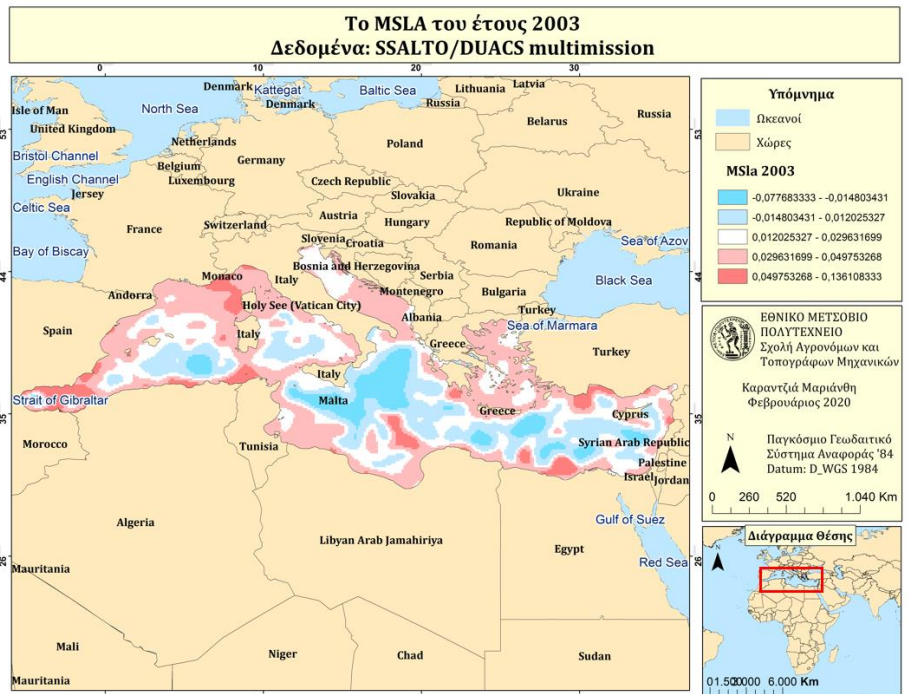
**Χάρτης 18:**  
 Το MSLA του έτους 2000  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



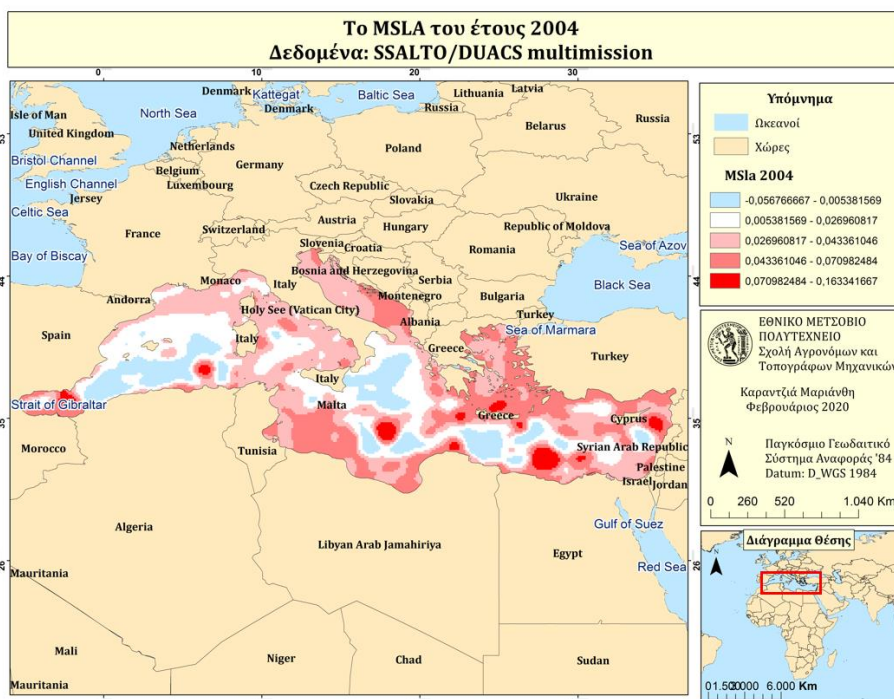
**Χάρτης 19:**  
 Το MSLA του έτους 2001  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



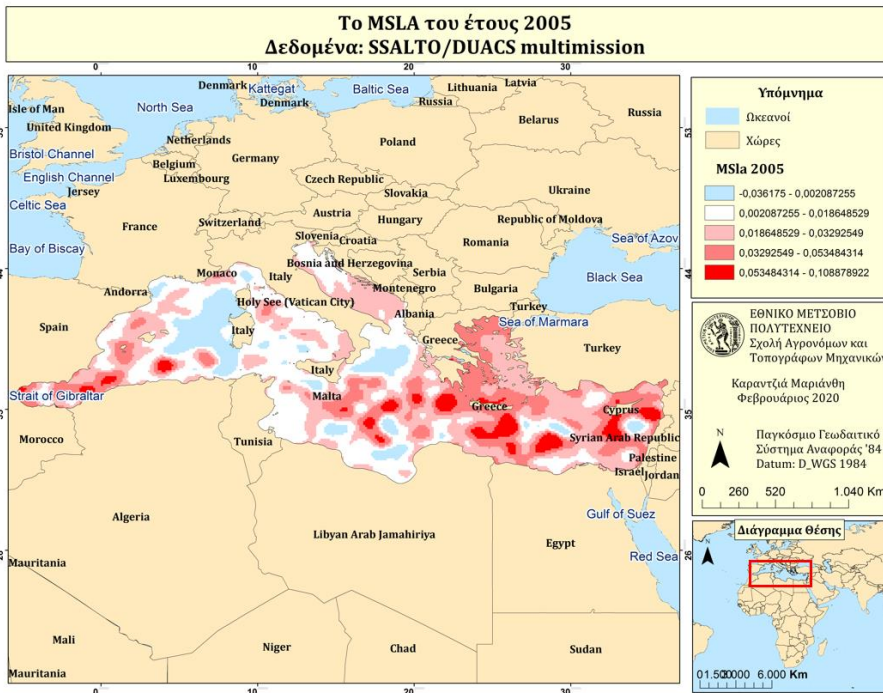
Χάρτης 20:  
Το MSLA του έτους 2002  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



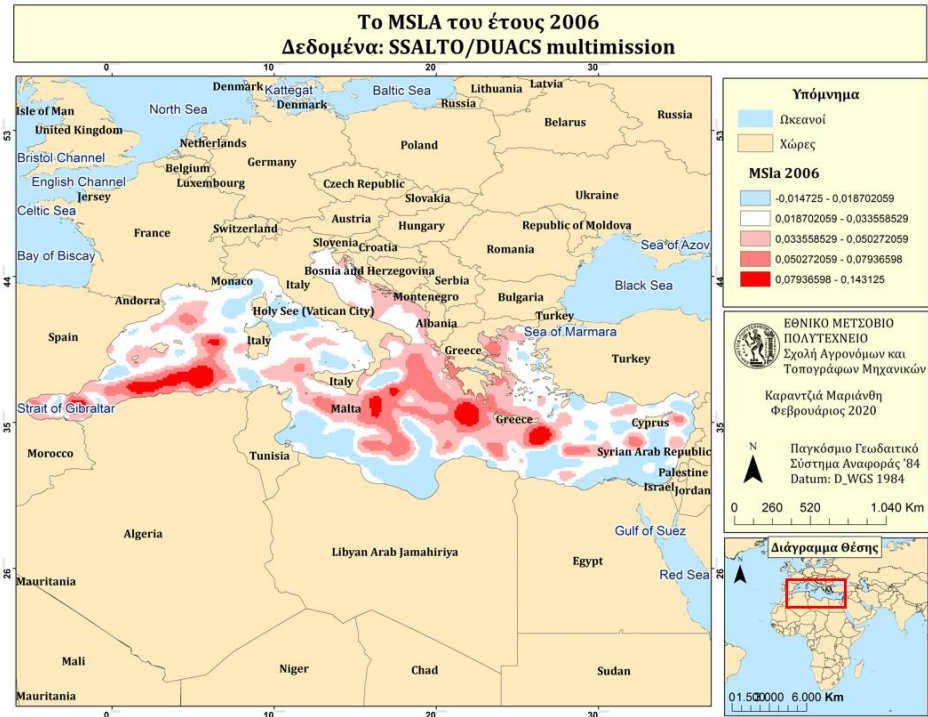
Χάρτης 21:  
Το MSLA του έτους 2003  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



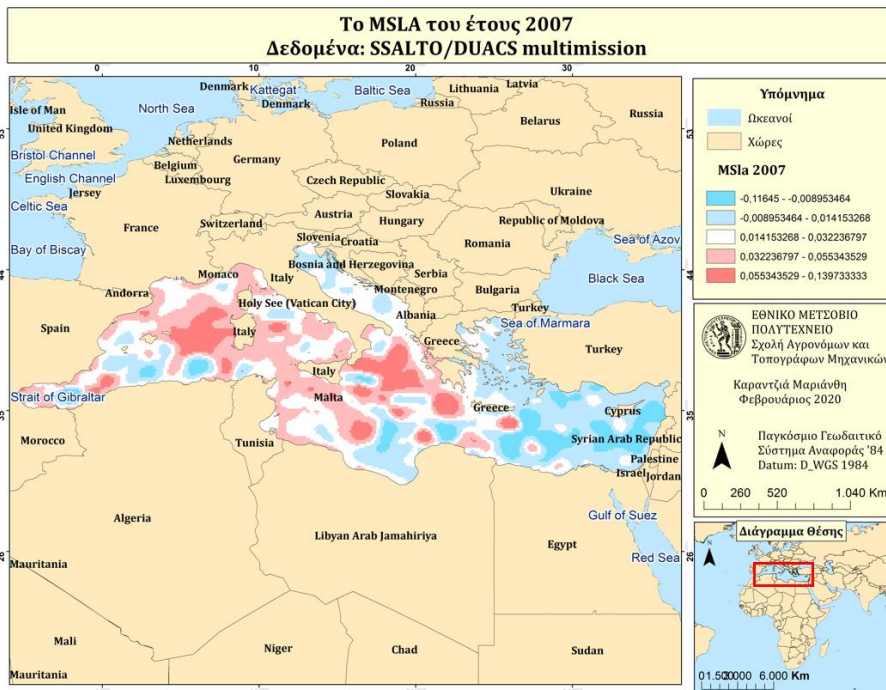
Χάρτης 22:  
Το MSLA του έτους 2004  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



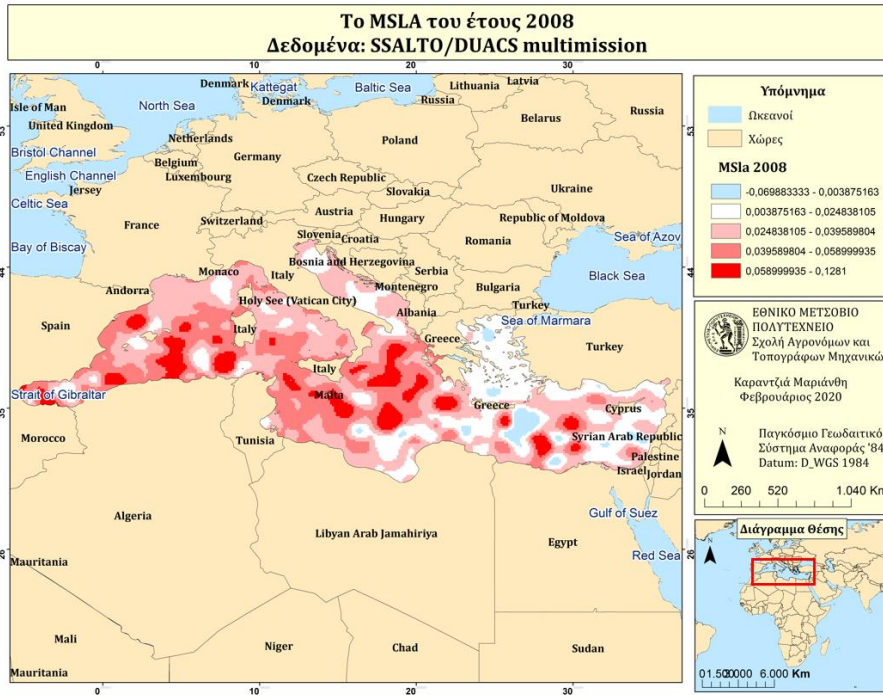
Χάρτης 23:  
Το MSLA του έτους 2005  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



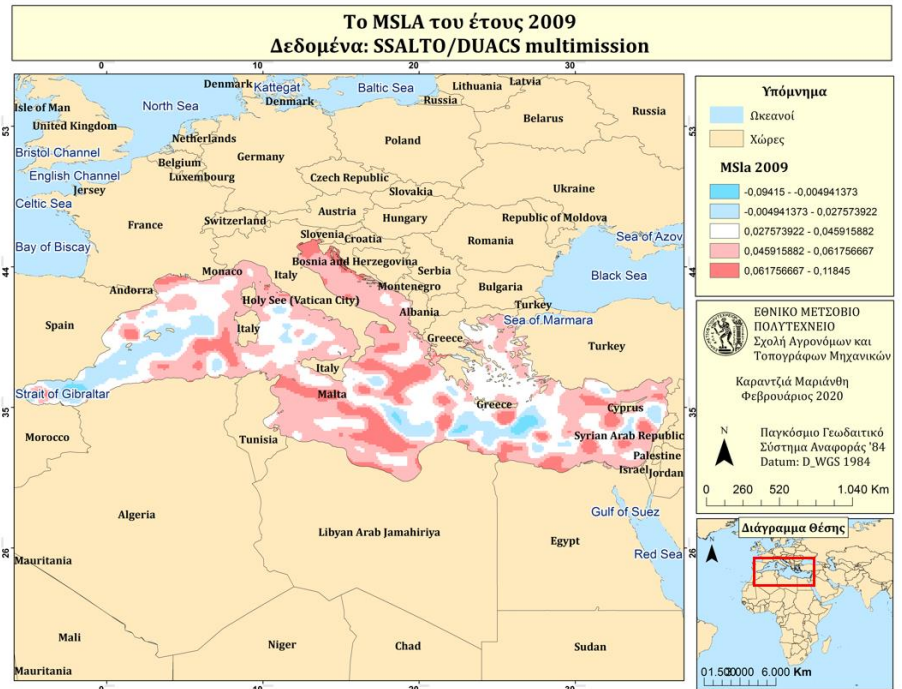
Χάρτης 24:  
Το MSLA του έτους 2006  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



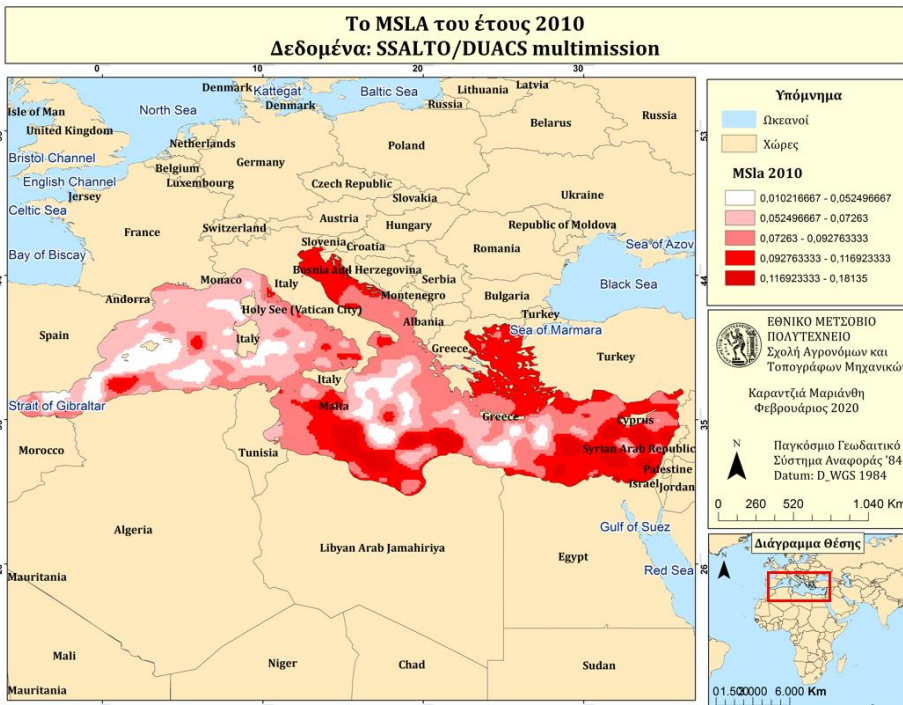
Χάρτης 25:  
Το MSLA του έτους 2007  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



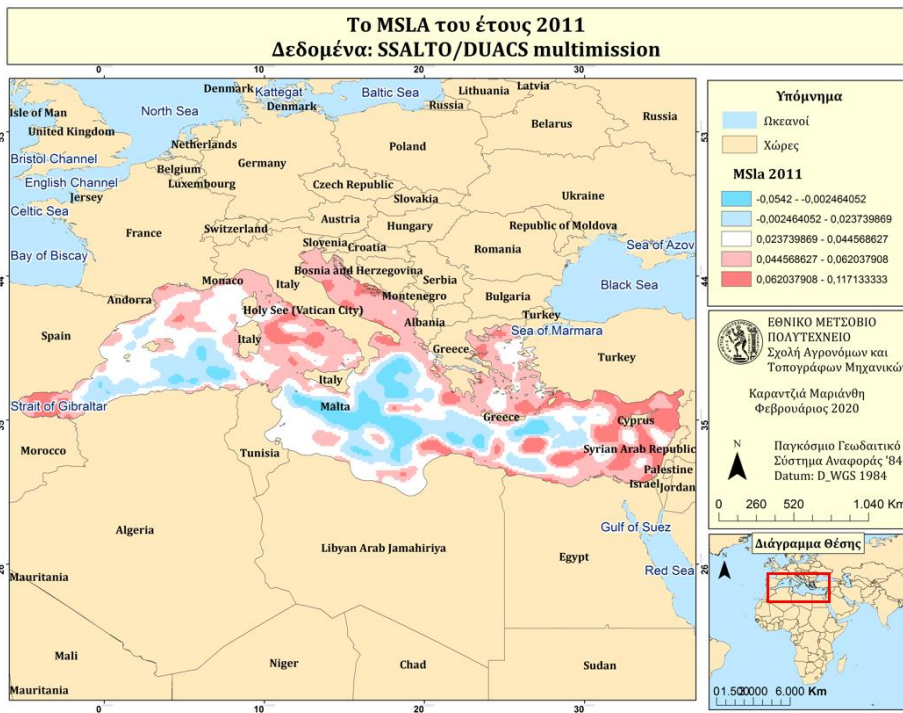
Χάρτης 26:  
 Το MSLA του έτους 2008  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



Χάρτης 27:  
 Το MSLA του έτους 2009  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS

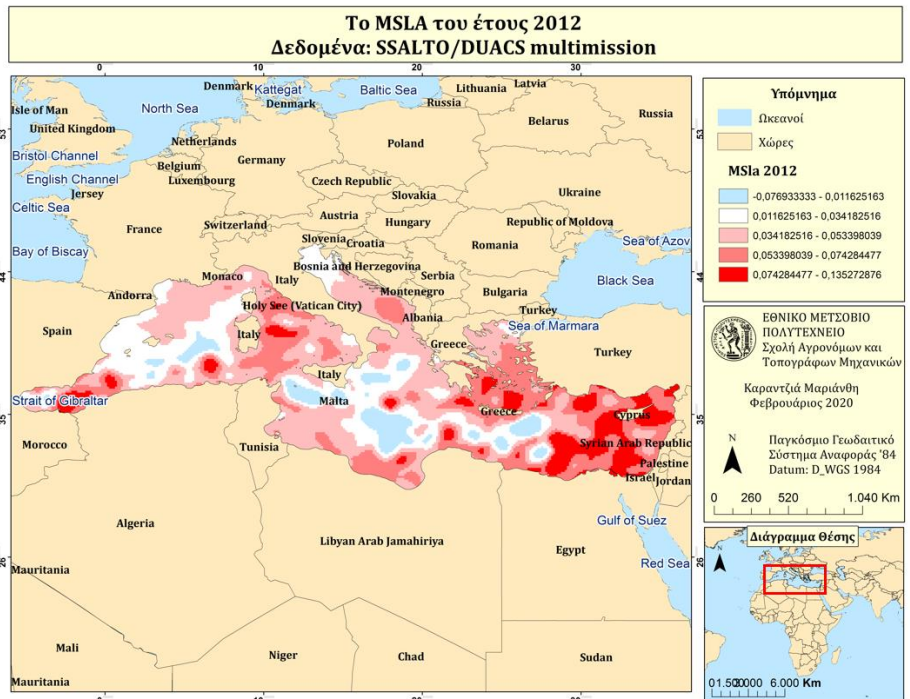


Χάρτης 28:  
 Το MSLA του έτους 2010  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



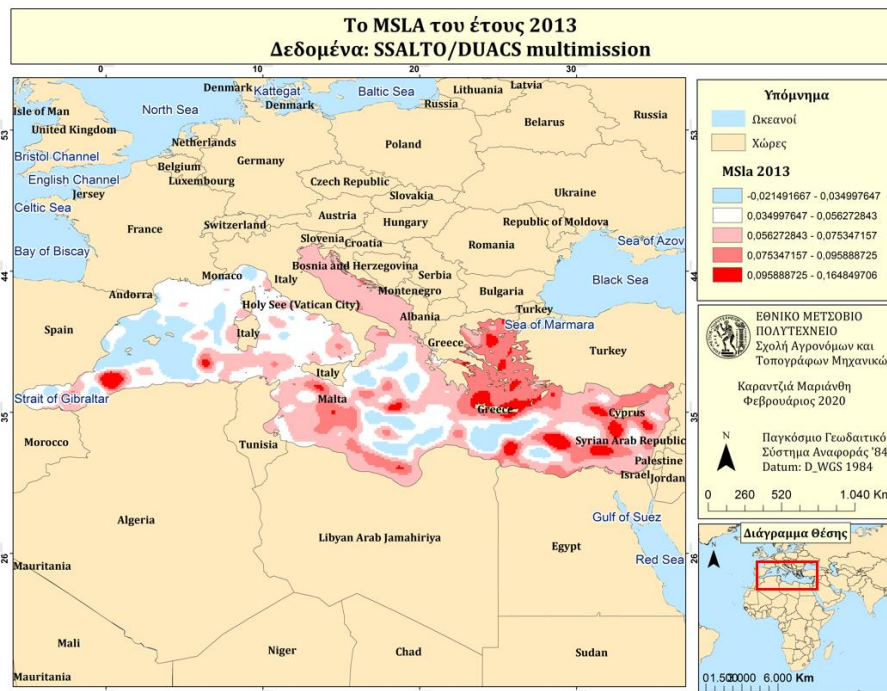
**Χάρτης 29:**

Το MSLA του έτους 2011  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



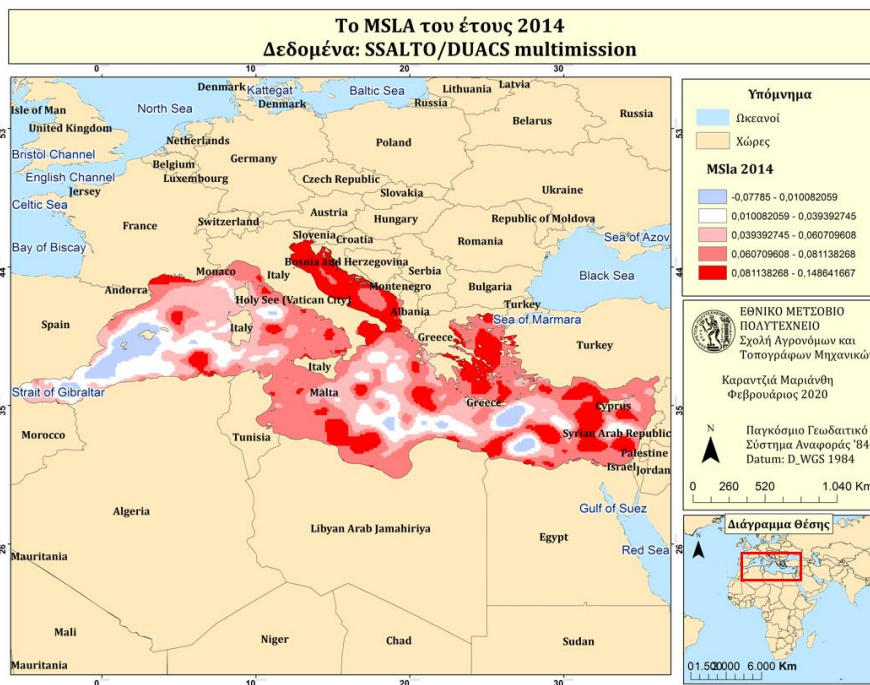
**Χάρτης 30:**

Το MSLA του έτους 2012  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS



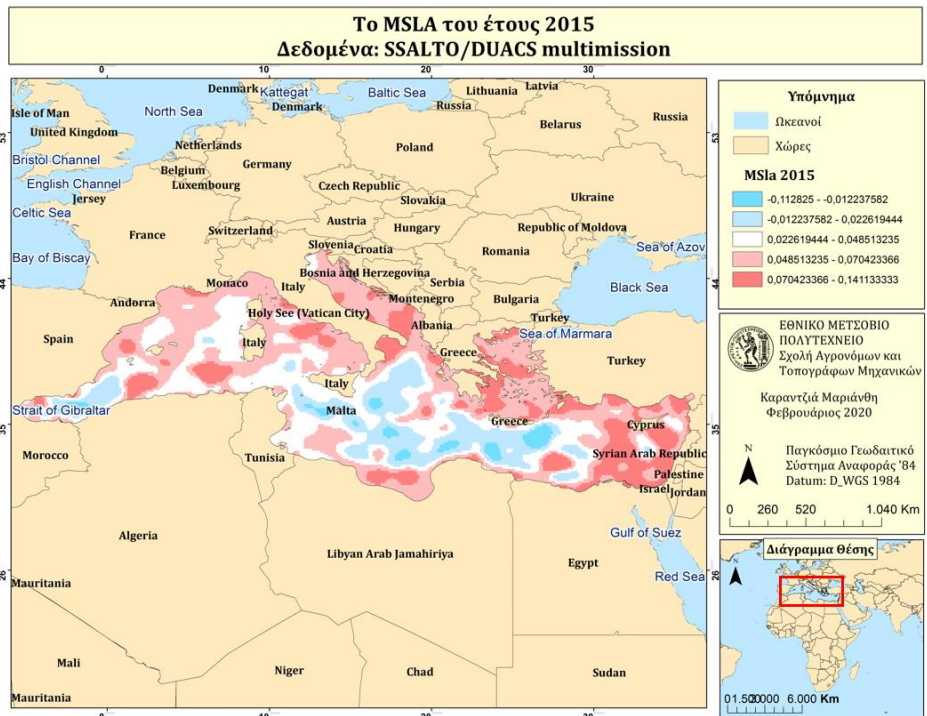
**Χάρτης 31:**

Το MSLA του έτους 2013  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

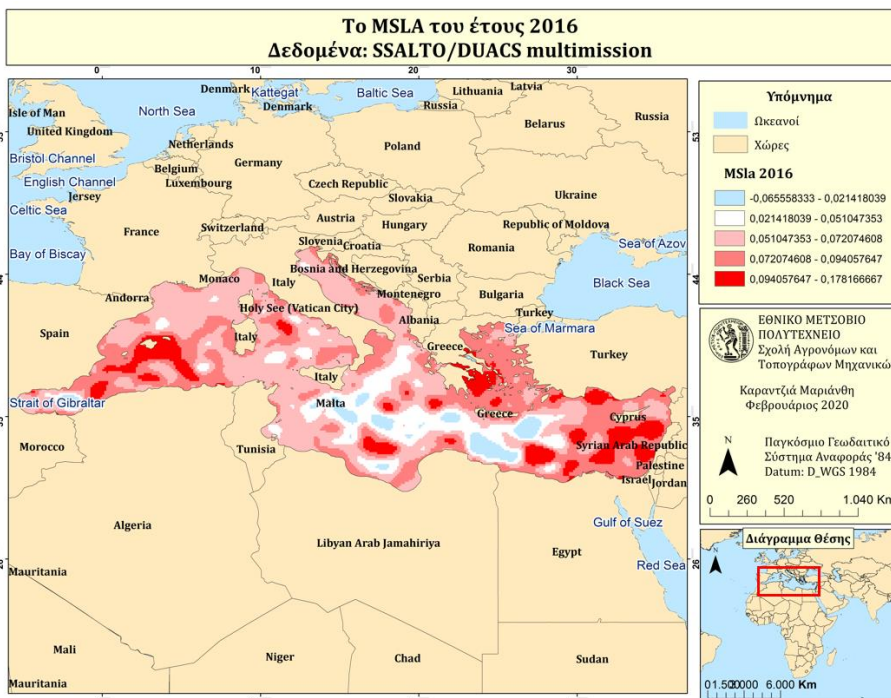


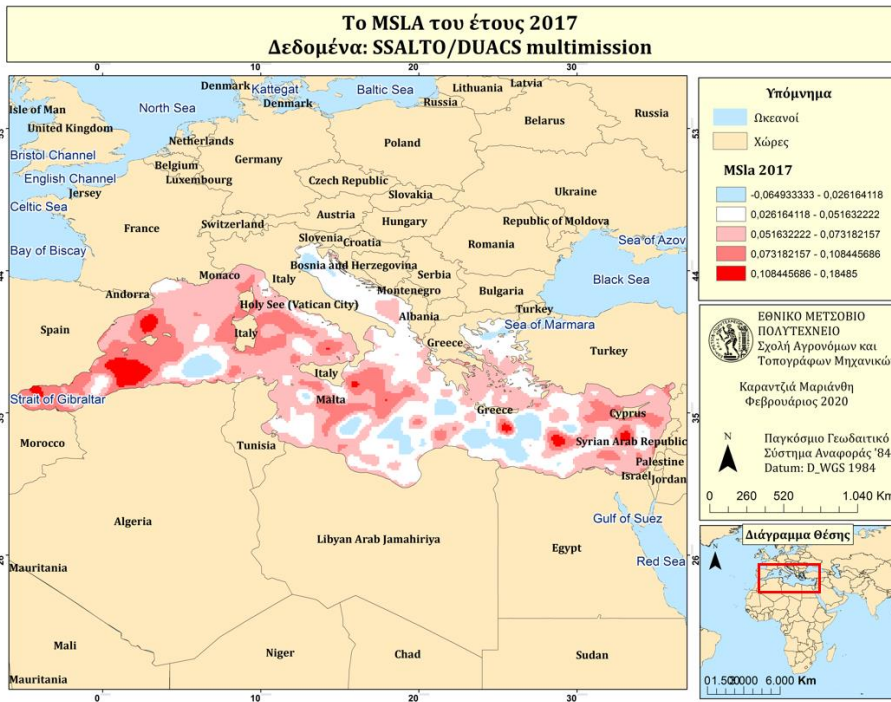
**Χάρτης 32:**  
Το MSLA του έτους 2014  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

**Χάρτης 33:**  
Το MSLA του έτους 2015  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

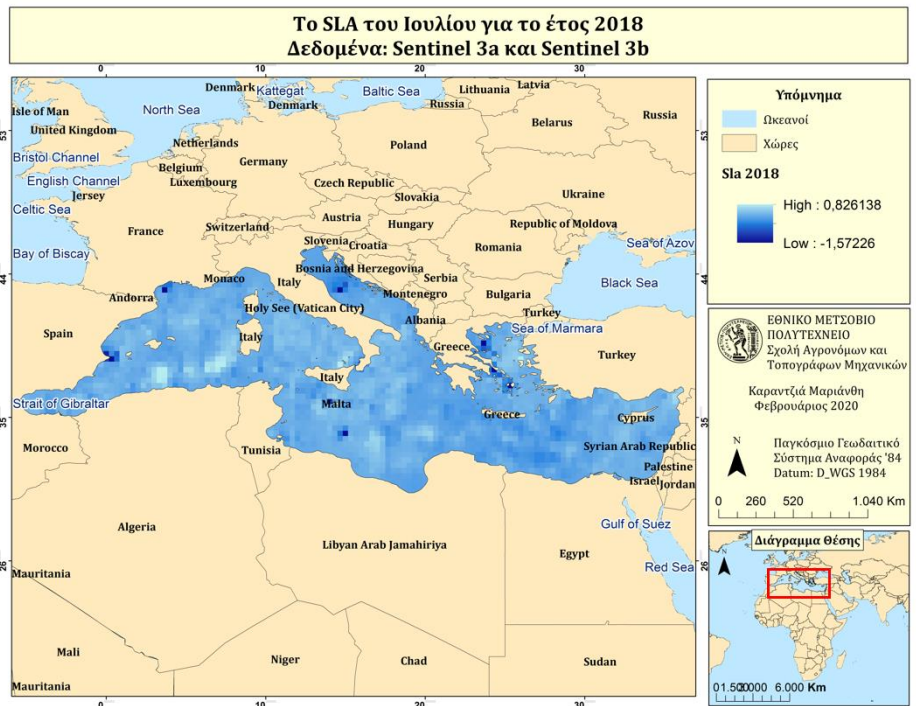


**Χάρτης 34:**  
Το MSLA του έτους 2016  
Δεδομένα: SSALTO/DUACS

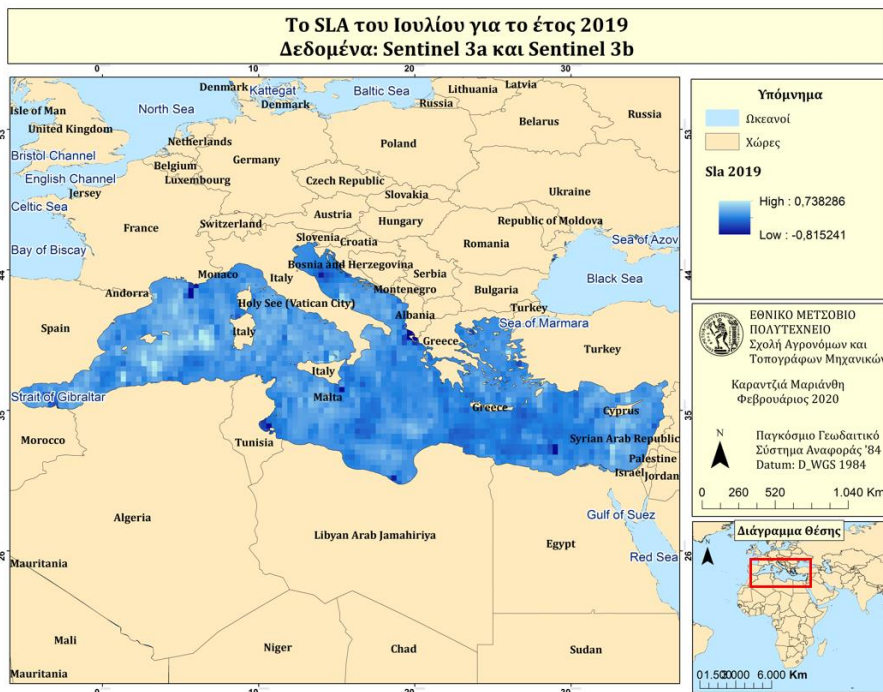




**Χάρτης 35:**  
 Το MSLA του έτους 2017  
 Δεδομένα: SSALTO/DUACS



**Χάρτης 36:**  
 Το MSLA του έτους 2018  
 Δεδομένα: Sentinel 3a and b



**Χάρτης 37:**  
 Το MSLA του έτους 2019  
 Δεδομένα: Sentinel 3a and b



Για την κατασκευή των χαρτών από τους δορυφόρους Sentinel 3a και 3b, χρειάστηκε να μετατραπούν τα δεδομένα από μορφής netcdf 4 σε netcdf 3 και έπειτα σε csv, ώστε να οπτικοποιηθούν. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή, βρίσκεται στο παράρτημα της εργασίας. Ακόμη, χρειάστηκε από παγκόσμιας κάλυψης, να τα μετατρέψουμε στην τοπική κλίμακα που επιθυμούσαμε, όπου είναι η Μεσόγειος Θάλασσα.

Τα αποτελέσματα των χαρτών για τα έτη 1993 έως 2019, που προέκυψαν από την μελέτη κάθε μηνός, αναδεικνύουν τις περιοχές όπου παρουσιάζεται αύξηση ή μείωση αντίστοιχα της μέσης ανωμαλίας της θάλασσας, για την περιοχή της Μεσογείου θάλασσας. Κάθε έτος εξαρτώμενο από τους δορυφόρους, από όπου αντλεί τα δεδομένα του, έχει διαφορετικές διακυμάνσεις στο ύψος της στάθμης της θάλασσας, αλλά παρουσιάζει και διαφορετικές περιοχές όπου επηρεάστηκε περισσότερο η μέση ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας. Για την καλύτερη ανάδειξη των αλλαγών που παρατηρήθηκαν σε κάθε έτος έχει δημιουργηθεί ένα βίντεο-animation, όπου παρουσιάζει ένα-ένα τα έτη, ώστε να είναι πιο εύκολα ορατή η διαφοροποίηση των ετών. Ακόμη έχουν κατασκευαστεί χάρτες και διαγράμματα για κάθε έτος σε σύγκριση με την συνολική μέση ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993-2017, όπου θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα.

Για την περαιτέρω ερμηνεία του κάθε έτους, αναδύονται οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν τα άκρα της διακύμανσης της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για κάθε έτος. Αλλά και ποιες περιοχές της Μεσόγειου θάλασσας ήταν εκείνες που επηρεάστηκαν περισσότερο σε κάθε έτος, είτε θετικά είτε αρνητικά.

Αναλυτικότερα, οι τιμές για το έτος 1993 (σελ. 112) κυμαίνονται, από -0,11 έως 0,10 μέτρα και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,27), ο Μάρτιος (-0,21) και ο Απρίλιος (-0,22). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,25), ο Οκτώβριος (0,29) και ο Νοέμβριος (0,21). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως στην κεντρική Μεσόγειο.

Αντίστοιχα οι τιμές για το έτος 1994 (σελ.112) κυμαίνονται, από -0,06 έως 0,10 m και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,19), ο Μάρτιος (-0,25) και ο Απρίλιος (-0,20). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,38), ο Οκτώβριος (0,41) και ο Νοέμβριος (0,37). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η Νότια και Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως στην κεντρική Μεσόγειο.

Για το έτος 1995 (σελ. 112) οι τιμές υπολογίζονται από -0,07 έως 0,15 μέτρα. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,27) και ο Απρίλιος (-0,20). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Αύγουστος (0,34), ο Σεπτέμβριος (0,47), ο Οκτώβριος (0,38) και ο Νοέμβριος (0,38). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η Ανατολική Μεσόγειος, ενώ υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην κεντρική και Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα.

Οι τιμές για το έτος 1996 (σελ. 113) κυμαίνονται, από -0,03 έως 0,14 m και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,17) και ο Μάρτιος (-0,19). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Νοέμβριος (0,35) και ο Δεκέμβριος (0,31). Οι περιοχές με χαμηλότερες τιμές αναδεικνύονται κυρίως στη Βόρεια Μεσόγειο Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως στην Νότια Μεσόγειο.

Για το έτος 1997 (σελ. 113) οι τιμές υπολογίζονται από -0,04 έως 0,13 μέτρα. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,23) και ο Απρίλιος (-0,21). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,34), ο Οκτώβριος (0,33) και ο Νοέμβριος (0,36). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές η Ανατολική Μεσόγειος, ενώ υψηλότερες τιμές απεικονίζονται στην κεντρική και Δυτική Μεσόγειο.

Οι τιμές για το έτος 1998 (σελ. 113) κυμαίνονται, από -0,05 έως 0,11 και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,22), ο Μάρτιος (-0,20) και ο Απρίλιος (-0,21). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Οκτώβριος (0,33), ο Νοέμβριος (0,34) και ο Δεκέμβριος (0,30). Οι περιοχές που

φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως στην Νότια Μεσόγειο.

Για το έτος 1999 (σελ.114) οι τιμές υπολογίζονται από -0,06 έως 0,22 μ. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Ιανουάριος (-0,15), ο Φεβρουάριος (-0,15) και ο Απρίλιος (-0,14). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Αύγουστος (0,42), ο Σεπτέμβριος (0,44) και ο Οκτώβριος (0,45). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η Ανατολική Μεσόγειος, ενώ υψηλότερες τιμές αναδεικνύονται στη κεντρική και Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα.

Οι τιμές για το έτος 2000 (σελ. 114) κυμαίνονται, από -0,07 έως 0,13 μέτρα και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,14) και ο Μάρτιος (-0,16). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Νοέμβριος (0,31) και ο Δεκέμβριος (0,29). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως στην Ανατολική και Δυτική Μεσόγειο.

Οι τιμές για το έτος 2001 (σελ. 114) κυμαίνονται, από -0,06 έως 0,17 μ. και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Απρίλιος (-0,25) και ο Μάιος (-0,18). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,42), ο Οκτώβριος (0,49) και ο Νοέμβριος (0,42). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η κεντρική και ένα μέρος της δυτικής Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ επί το πλείστον παρουσιάζονται υψηλές τιμές στο εύρος της Μεσογείου.

Για το έτος 2002 (σελ. 115) οι τιμές υπολογίζονται από -0,07 έως 0,12 μέτρα. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Ιανουάριος (-0,17), ο Φεβρουάριος (-0,15) και ο Μάιος (-0,15). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Νοέμβριος (0,26) και ο Δεκέμβριος (0,25). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η κεντρική και ένα μέρος της δυτικής Μεσογείου Θάλασσας, ενώ υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην κεντρική-δυτική και Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα.

Το έτος 2003 (σελ. 115) το εύρος των τιμών της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα υπολογίστηκε από -0,07 έως 0,13 μέτρα. Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,19), ο Μάρτιος (-0,23) και ο Απρίλιος (-0,19). Από την άλλη οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις υψηλές τιμές, είναι ο Οκτώβριος (0,28) και ο Νοέμβριος (0,29). Οι περιοχές που συναντώνται χαμηλές τιμές στον δείκτη μας, είναι η κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου Θάλασσας.

Οι τιμές για το έτος 2004 (σελ. 115) κυμαίνονται, από -0,05 έως 0,16 μ. και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Ιανουάριος (-0,19), ο Μάρτιος (-0,19) και ο Δεκέμβριος (-0,16). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,39), ο Οκτώβριος (0,40) και ο Νοέμβριος (0,38). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η κεντρική και ένα μέρος της δυτικής Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ επί το πλείστον παρουσιάζονται υψηλές τιμές στο εύρος της Μεσογείου.

Το 2005 (σελ. 116) οι μετρήσεις που αναδुकνύουν την ανωμαλία του ύψους της στάθμης της θάλασσας στην Μεσόγειο, έχουν τιμές από -0,03 έως 0,10 μέτρα. Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Ιανουάριος (-0,17) και ο Φεβρουάριος (-0,17). Από την άλλη οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις υψηλές τιμές, είναι ο Αύγουστος (0,30) και ο Σεπτέμβριος (0,33). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η κεντρική-δυτική Μεσόγειος Θάλασσα, ενώ υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και στο στενό του Γιβραλτάρ.

Για το έτος 2006 (σελ. 116) οι τιμές υπολογίζονται από -0,01 έως 0,14 μ. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Δεκέμβριος (-0,14), ο Φεβρουάριος (-0,13) και ο Μάρτιος (-0,12). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,41), ο Οκτώβριος (0,44) και ο Νοέμβριος (0,41). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η Νότια Μεσόγειος Θάλασσα, ενώ υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην κεντρική και Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα.

Το έτος 2007 (σελ. 116) το εύρος των τιμών της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα υπολογίστηκε από -0,11 έως 0,13 μ. Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Απρίλιος (-0,19), ο Μάιος (-0,14) και ο Ιούνιος

(-0,16). Από την άλλη οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις υψηλές τιμές, είναι ο Ιανουάριος (0,24), ο Ιούνιος (0,25) και ο Οκτώβριος (0,26). Οι περιοχές που συναντώνται χαμηλές τιμές στον δείκτη μας, είναι η κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου Θάλασσας.

Οι τιμές για το έτος 2008 (σελ. 117) κυμαίνονται, από -0,06 έως 0,12 μ. και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,23) και ο Μάρτιος (-0,18). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,28), ο Οκτώβριος (0,26) και ο Νοέμβριος (0,27). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα και κυρίως το Αιγαίο Πέλαγος. Ενώ, επί το πλείστον παρουσιάζονται υψηλές τιμές σε όλο το εύρος της Μεσογείου.

Το έτος 2009 (σελ. 117) το εύρος των τιμών της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα υπολογίστηκε από -0,09 έως 0,11 m. Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,20), ο Απρίλιος (-0,21) και ο Μάιος (-0,20). Από την άλλη, οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις υψηλές τιμές, είναι ο Οκτώβριος (0,33), ο Νοέμβριος (0,34) και ο Δεκέμβριος (0,37). Οι περιοχές που συναντώνται χαμηλές τιμές στον δείκτη μας, είναι η κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ, υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου Θάλασσας.

Για το έτος 2010 (σελ. 117) η μέση ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας, σύμφωνα με τις μετρήσεις της Αλτιμετρίας από τους διαθέσιμους δορυφόρους, υπολογίστηκαν από 0,01 έως 0,18 m. Οι μήνες που είχαν τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,13), ο Απρίλιος (-0,20) και ο Μάιος (-0,13). Οι μήνες με τις υψηλότερες τιμές, είναι ο Οκτώβριος (0,4), ο Νοέμβριος (0,38) και ο Δεκέμβριος (0,37). Όμως το συγκεκριμένο έτος η μεγαλύτερη συγκέντρωση των τιμών είναι άνω του μηδενός. Όπως αναδεικνύεται και στον χάρτη υψηλές τιμές παρουσιάζονται σε όλη την έκταση της Μεσογείου Θάλασσας. Με υψηλότερες στην Ανατολική Μεσόγειο καθώς και στην κεντρική Μεσόγειο, κοντά στις ακτές.

Για το έτος 2011 (σελ. 118) οι τιμές υπολογίζονται από -0,05 έως 0,11 μέτρα. Οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,16), ο Απρίλιος (-

0,19 και ο Μάιος (-0,15). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,31) και ο Οκτώβριος (0,30). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα, ενώ υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην Ανατολική και Βόρεια Μεσόγειο Θάλασσα.

Το έτος 2012 (σελ. 118) το εύρος των τιμών της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα υπολογίστηκε από -0,07 έως 0,13 . Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,22) και ο Μάρτιος (-0,23). Από την άλλη, οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις υψηλές τιμές, είναι ο Σεπτέμβριος (0,31) και ο Οκτώβριος (0,33). Οι περιοχές όπου συναντώνται χαμηλές τιμές στον δείκτη μας, είναι η κεντρική και ένα μέρος της δυτικής Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου Θάλασσας.

Για το έτος 2013 (σελ. 118) οι τιμές υπολογίζονται από -0,02 έως 0,16 μ. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Απρίλιος (-0,18) και ο Οκτώβριος (-0,15). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Νοέμβριος (0,62) και ο Δεκέμβριος (0,62). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η Δυτική Μεσόγειος Θάλασσα, ενώ ψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα.

Το έτος 2014 (σελ. 119) το εύρος των τιμών της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα υπολογίστηκε από -0,07 έως 0,14 μέτρα. Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,19), ο Απρίλιος (-0,17) και ο Μάιος (-0,18). Από την άλλη, οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις ψηλές τιμές, είναι ο Σεπτέμβριος (0,33) και ο Οκτώβριος (0,30). Οι περιοχές που συναντώνται χαμηλές τιμές στον δείκτη μας, είναι η Δυτική Μεσόγειος Θάλασσα. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου Θάλασσας.

Οι τιμές για το έτος 2015 (σελ. 119) κυμαίνονται, από -0,11 έως 0,14 μ. και οι μήνες οι οποίοι επηρέασαν περισσότερο τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,25) και ο Απρίλιος (-0,24). Οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Σεπτέμβριος (0,36), ο Οκτώβριος (0,39) και ο Δεκέμβριος (0,37). Οι περιοχές που φαίνονται στον χάρτη να παρουσιάζουν χαμηλές τιμές είναι η κεντρική και ένα μέρος της Δυτικής

Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ παρουσιάζονται υψηλές τιμές κατά το μήκος των ακτών της.

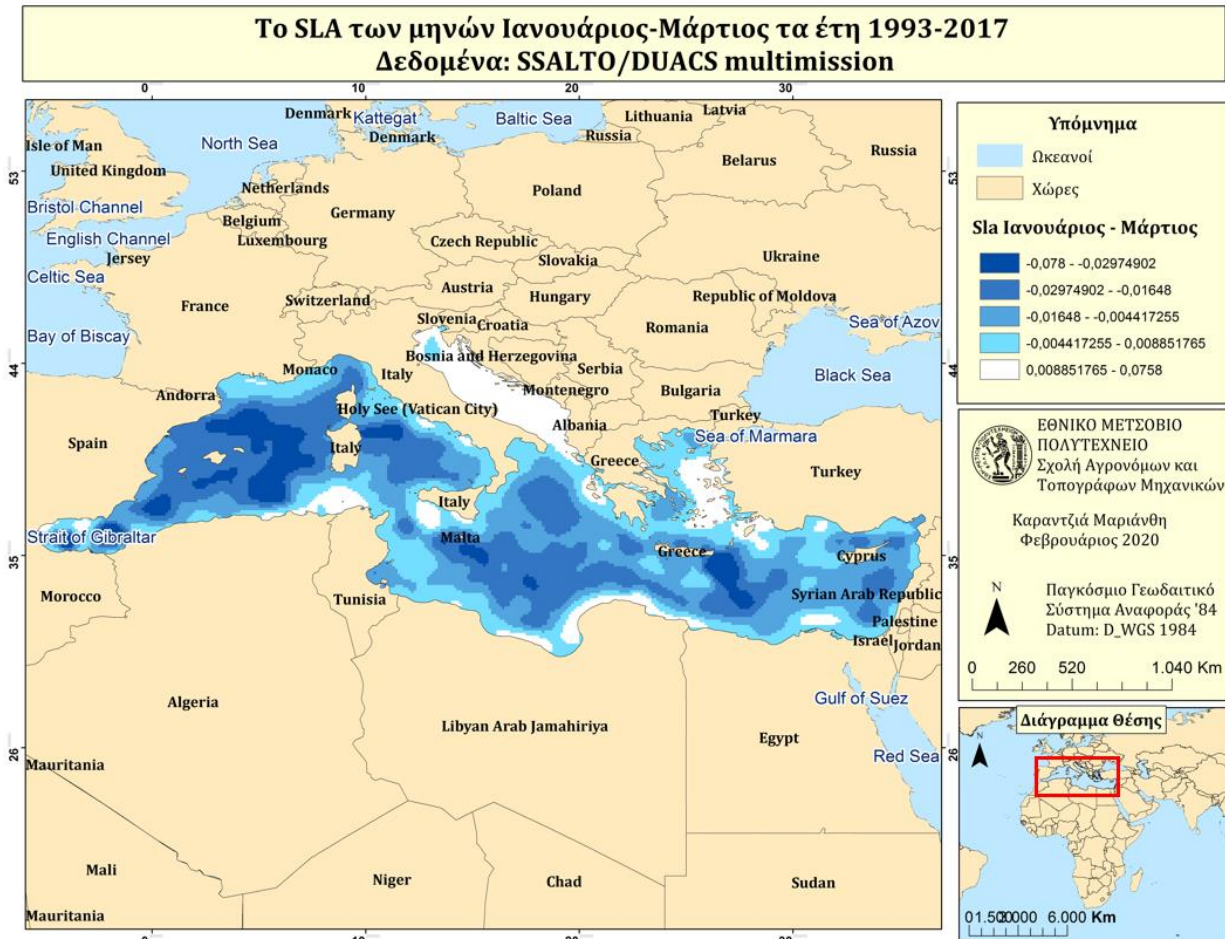
Για το έτος 2016 (σελ. 119) οι τιμές υπολογίζονται από -0,06 έως 0,7 m. Οι μήνες που επηρεάζουν κυρίως τις χαμηλότερες τιμές είναι ο Φεβρουάριος (-0,15), ο Μάρτιος (-0,14) και ο Μάιος (-0,14). Ενώ οι μήνες που επηρέασαν τις υψηλότερες τιμές είναι ο Ιούλιος (0,39), ο Αύγουστος (0,39) και ο Νοέμβριος (0,36). Οι περιοχές που παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές είναι η κεντρική Μεσόγειος, ενώ υψηλότερες τιμές αναδεικνύονται στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου Θάλασσας.

Το έτος 2017 (σελ. 120) το εύρος των τιμών της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα υπολογίστηκε από -0,06 έως 0,18 μ. Οι μήνες που επηρέασαν τις χαμηλές τιμές είναι ο Μάρτιος (-0,16), ο Απρίλιος (-0,17) και ο Φεβρουάριος (-0,15). Από την άλλη, οι μήνες που επηρέασαν κυρίως τις υψηλές τιμές, είναι ο Νοέμβριος (0,38) και ο Δεκέμβριος (0,37). Οι περιοχές που συναντώνται χαμηλές τιμές στον δείκτη μας, είναι η κεντρική και ένα μέρος της Δυτικής Μεσόγειου Θάλασσας. Ενώ υψηλές τιμές παρουσιάζονται κυρίως στην Δυτική και Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα.

Ακόμη δημιουργήθηκαν επίπεδα χαρτών με ανάδειξη της ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας (SLA) για κάθε χρονική εποχή των ετών 1993-2017. Οι χρονικές εποχές χωρίζονται ανά τρεις μήνες. Σκοπός είναι να συγκρίνουμε την εποχικότητα της ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας (SLA) για την διάρκεια των παραπάνω ετών. Επομένως, η πρώτη εποχή έχει τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο. Η δεύτερη εποχή έχει τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο. Η τρίτη εποχή έχει τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Τέλος η τέταρτη εποχή έχει τους μήνες Οκτώβρη, Νοέμβρη και Δεκέμβρη.

Για να δημιουργηθούν εποχική χάρτες συγκεντρώσαμε για κάθε μήνα τα δεδομένα των ετών από το 1993 έως το 2017 και έπειτα προσθέσαμε και τα δεδομένα των υπόλοιπων μηνών, ώστε να δημιουργηθούν οι τέσσερις εποχές.

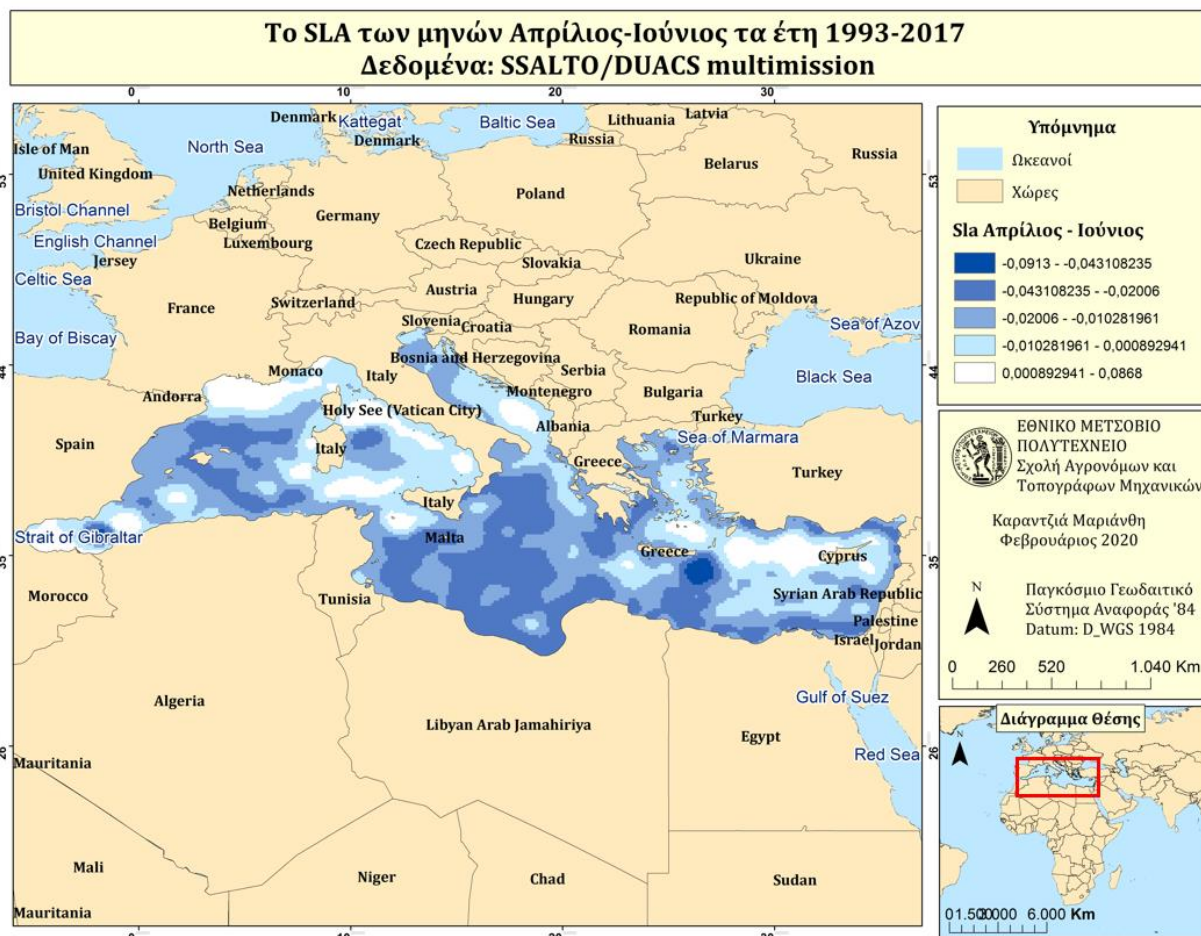
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε είναι Grided, επιλέξαμε να μην χρησιμοποιήσουμε στην μελέτη των εποχών τα δεδομένα από τους δορυφόρους Sentinel-3, καθώς είναι along-track μορφής.



Χάρτης 38 : Το SLA των μηνών Ιανουάριο έως Μάρτιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

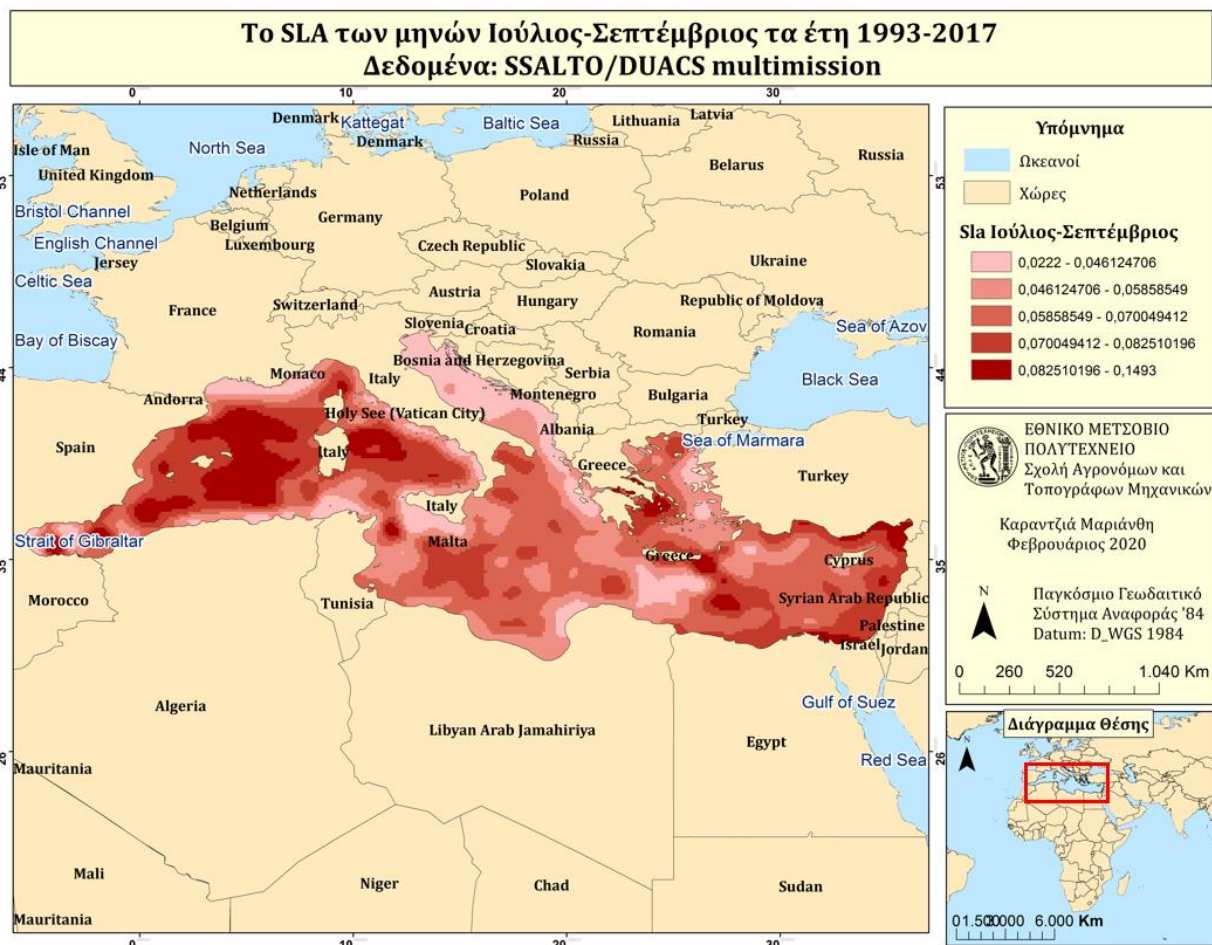
Στον παραπάνω χάρτη απεικονίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη της πρώτης εποχής. Όπως παρατηρείται για τα έτη 1993 έως 2017 και για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο ως επί το πλείστον η περιοχή της Μεσογείου, χαρακτηρίζεται από την μείωση της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας. Οι περιοχές που παρουσιάζουν την περισσότερη μείωση της στάθμης της ανωμαλίας της θάλασσας είναι στο δυτικό και στο νοτιο-ανατολικό τμήμα της Μεσογείου θάλασσας.





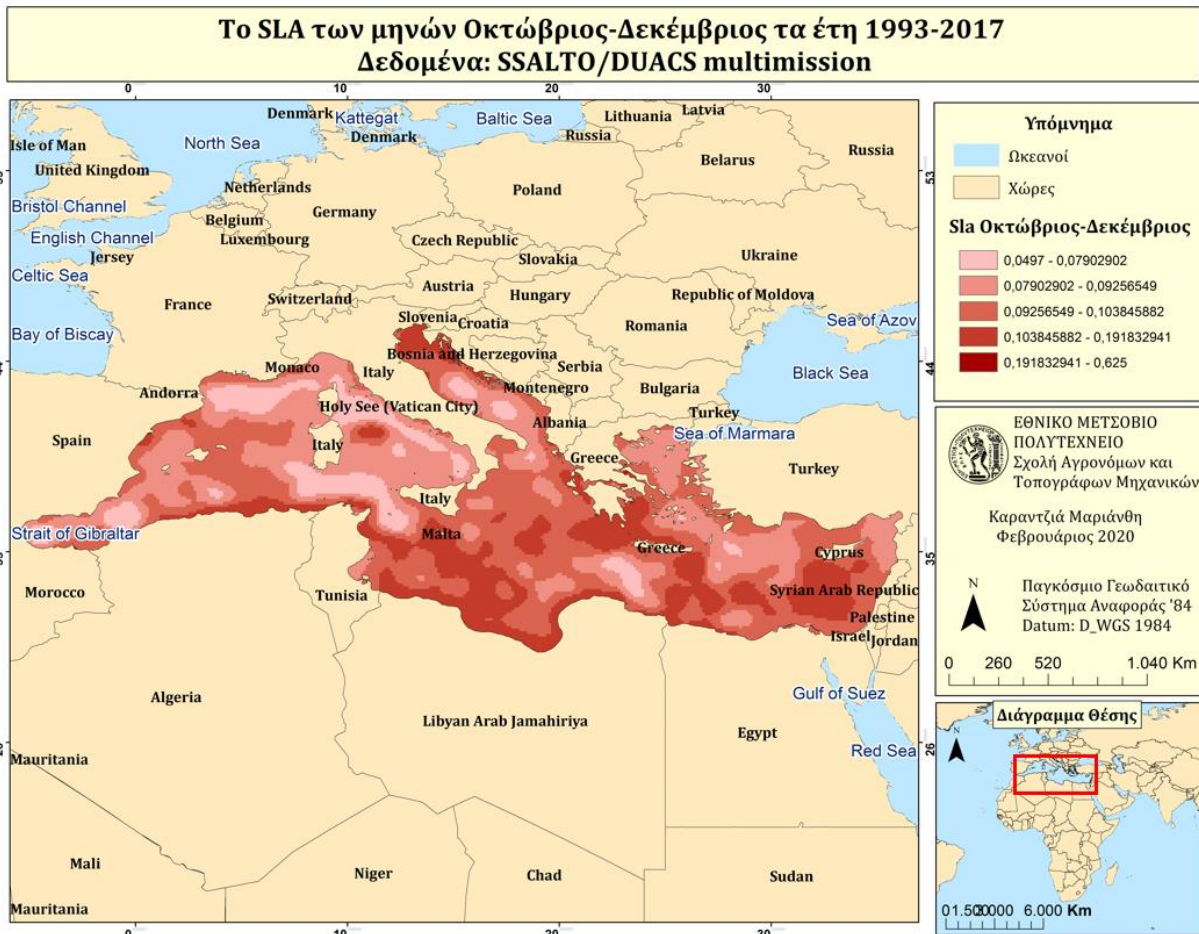
Χάρτης 39: Το SLA των μηνών Απρίλιο έως Ιούνιο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

Στον παραπάνω χάρτη αναδεικνύεται η δεύτερη εποχή που μελετήθηκε, για την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας από το 1993 έως το 2017, με δεδομένα της αποστολής SSALTO/DUACS. Παρατηρούμε ότι και σε αυτή την χρονική εποχή η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας, παρουσιάζει μείωση. Οι περιοχές που επηρεάζονται περισσότερο, είναι το νότιο Αιγαίο Πέλαγος και γενικότερα το νότιο τμήμα της Μεσογείου θάλασσας. Ενώ οι περιοχές που δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη διαφοροποίηση, είναι τα παράλια της Αλβανίας, το κεντρικό Αιγαίο, τα παράλια ανατολικά του Μονακό και της Ανδόρρας, δυτικά της Ιταλίας, αλλά και μια μεγάλη περιοχή δυτικά της Κύπρου.



Χάρτης 40 : Το SLA των μηνών Ιούλιο έως Σεπτέμβριο για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες εποχές, η εποχή από τον Ιούλιο έως το Σεπτέμβριο χαρακτηρίζεται από την αύξηση της Ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας. Με τιμές από 0,02 έως 0,14 μέτρα. Οι περιοχές που παρουσιάζουν περισσότερη αύξηση, εντοπίζονται στην δυτική Μεσόγειο θάλασσα και στο νότιο Αιγαίο. Ενώ οι περιοχές που παρουσιάζουν σχεδόν μηδενική αλλαγή στην Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο και τα έτη 1993 έως 2017 είναι κυρίως Ανατολικά της Ιταλίας, στο Ανατολικό Αιγαίο και στο Ιόνιο Πέλαγος.



Χάρτης 41 : Το SLA των μηνών Οκτώβρη έως Δεκέμβρη για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

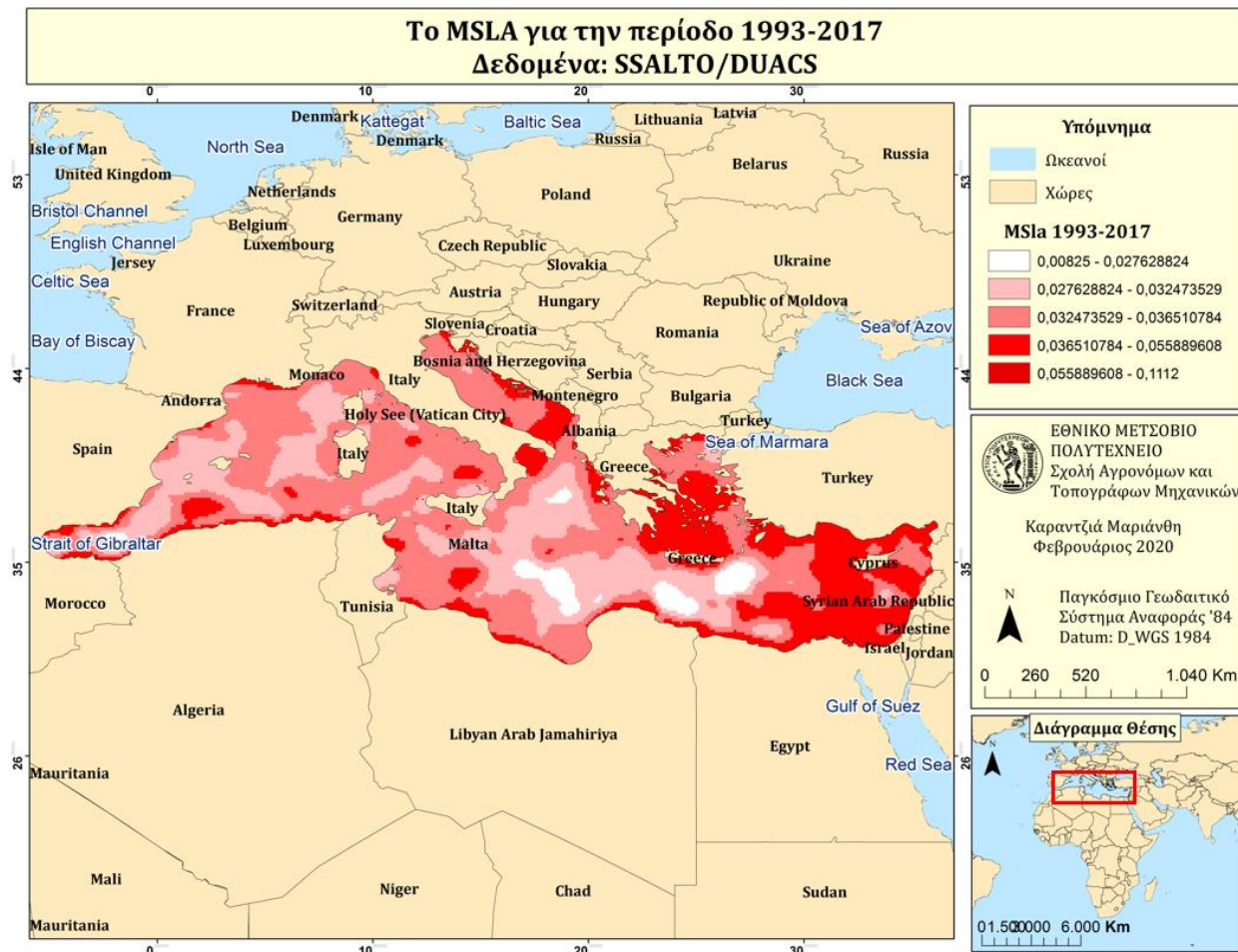
Στον παραπάνω χάρτη απεικονίζονται τα αποτελέσματα της τέταρτης εποχής που προέκυψαν από την συγκέντωση των δεδομένων της Ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας για τους μήνες Οκτώβρη έως Δεκέμβρη και τα έτη 1993 έως 2017. Όπως αναδεικνύεται στον χάρτη, η περιοχή της Μεσογείου ως επί το πλείστον παρουσιάζει θετικές τιμές για την Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας. Οι περιοχές που παρουσιάζουν περισσότερη αύξηση του φαινομένου φαίνονται να συγκεντρώνονται στο νότιο κομμάτι της Μεσογείου θάλασσας. Ενώ οι περιοχές που παρουσιάζουν λιγότερη αύξηση συγκεντρώνονται κυρίως στο Βόρειο μέρος της Μεσογείου.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για κάθε έτος από το 1993 έως το 2019, αλλά και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την μελέτη των δεδομένων για το SLA κάθε εποχής από το 1993 έως το 2017, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας παρουσιάζει εποχικότητα σε αυτά τα έτη. Καθώς παρουσιάζεται κυρίως μείωση του SLA κατά τους μήνες Ιανουάριο έως Ιούνιο, ενώ παρουσιάζεται κυρίως αύξηση τους μήνες Ιούλιο έως Δεκέμβριο.

Όμως, όσο αφορά την μελέτη κάθε έτους ξεχωριστά δεν παρατηρήσαμε κάποια περιοδικότητα ή κάποια συνέχεια στην Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2019. Μερικά από τα έτη που φαίνεται να ξεχωρίζουν ανάμεσα σε εκείνα που μελετήθηκαν για την μεγαλύτερη μείωση της Ανωμαλίας της στάθμης της θάλασσας είναι: το έτος 1993 (-0,11), 2007 (-0,11), 2009 (-0,09) και 2015 (-0,11). Ενώ τα έτη που παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση του SLA για την περιοχή της Μεσογείου θάλασσας είναι: το έτος 1999 (0,22), 2001 (0,17), 2010 (0,18), 2016 (0,17) και 2017 (0,18). Για την μελέτη των ετών 2018 και 2019 χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τους δορυφόρους sentinel-3a και sentinel-3b, οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να λαμβάνουν δεδομένα πιο κοντά στις ακτές, χωρίς να υπάρχει πολύ παραμόρφωση των δεδομένων λόγω της χέρσου. Για τα παραπάνω έτη οι τιμές κυμαίνονται από -0,57 έως 0,82 για το έτος 2018 και -0,81 έως 0,73 για το έτος 2019.

Ακόμη ενδιαφέρον παρουσιάστηκε και στον εντοπισμό των περιοχών που επηρεάζονται περισσότερο από την αύξηση και την μείωση της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας (SLA). Όπως φαίνεται από τα αλτιμετρικά δεδομένα των ετών 1993 έως 2019, είναι συγκριμένες οι περιοχές που επηρεάζονται. Περαιτέρω ανάλυση για κάθε έτος έχει αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα.

Για να είναι όμως περισσότερο κατανοητή η διακύμανση του φαινομένου καθώς και η διαφοροποίηση του από έτος σε έτος, δημιουργήθηκε χάρτης για την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, με δεδομένα της πολυ-αποστολής SSALTO/DUACS. Και έπειτα πραγματοποιήθηκε σύγκριση κάθε έτους με τον χάρτη που προέκυψε. Ακόμη με την βοήθεια της δημιουργίας προφίλ, δημιουργήθηκαν στατιστικά στοιχεία για κάθε έτος με σύγκριση το MSLA των ετών 1993 έως 2017.



Χάρτης 42 : Το MSLa για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017.

Δεδομένα: SSALTO/DUACS

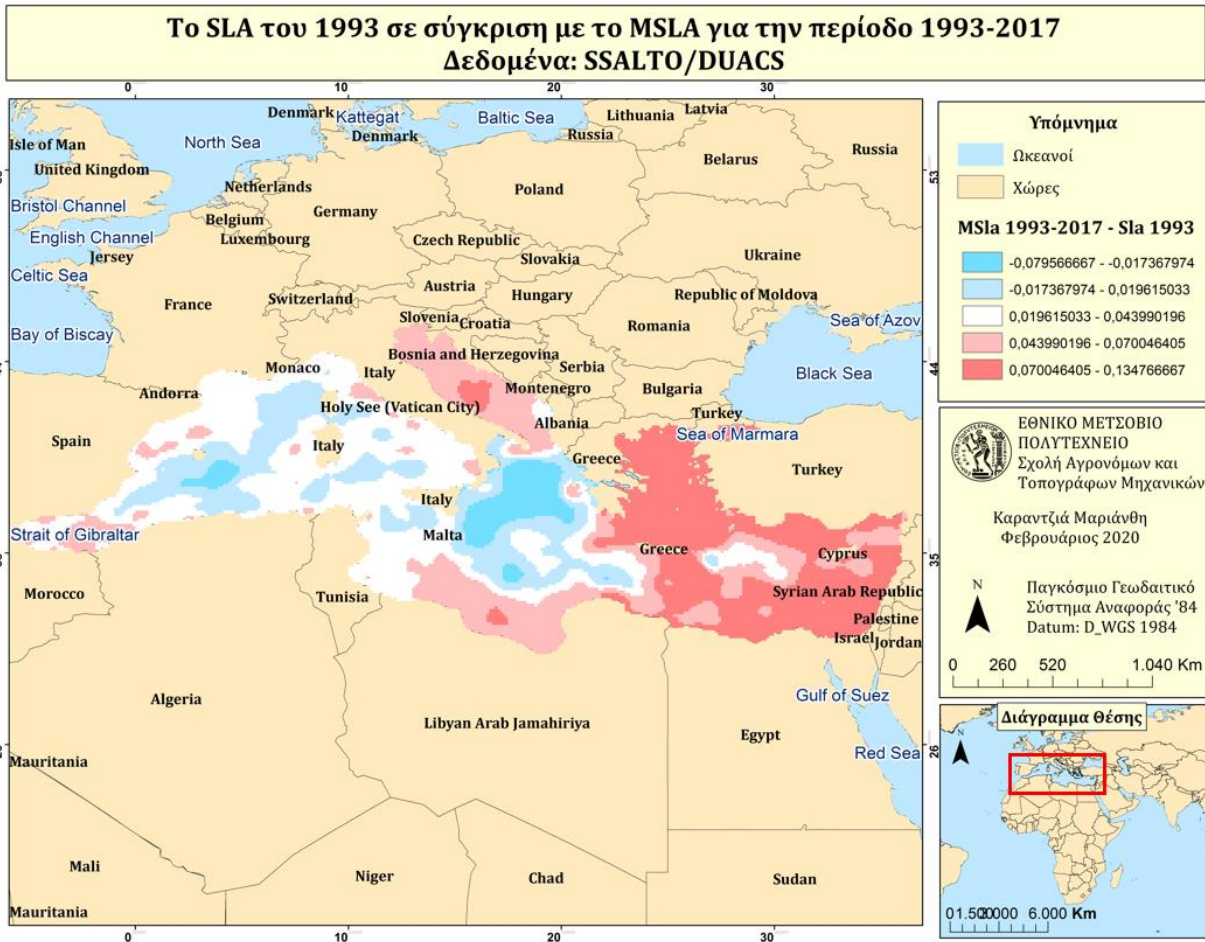
Η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας (SLA) για τα έτη 1993 έως 2017 παρουσιάζει τιμές που κυμαίνονται από 0,008 έως 0,11 μέτρα. Κατά το εύρος της περιοχής μελέτης εκτιμώνται θετικές τιμές του δείκτη. Οι περιοχές στις οποίες εντοπίζεται περισσότερη αύξηση της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη που μελετήθηκαν, είναι κυρίως η Ανατολική Μεσόγειος Θάλασσα, το κεντρικό και νότιο Αιγαίο Πέλαγος, ένα μέρος της Ανδριατικής Θάλασσας, καθώς και κατά μήκος της Βόρειας ακτογραμμής της Αφρικανικής Ηπείρου. Οι περιοχές που έχουν πολύ μικρή θετική αύξηση του δείκτη και φαίνονται να επηρεάζονται λιγότερο κατά τα έτη 1993 έως 2017, είναι η νότια-κεντρική Μεσόγειος Θάλασσα, καθώς και μέρη του Λιβυκού Πελάγους.

Για την δημιουργία των χαρτών σύγκρισης χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο raster calculator και πραγματοποιήθηκε αφαίρεση της μέσης ανωμαλίας της στάθμης της Θάλασσας (MSLA) για τα έτη 1993 έως 2017 με το SLA κάθε έτους ξεχωριστά. Αντίστοιχα για την δημιουργία των γραφημάτων σύγκρισης χρησιμοποιήθηκε η δημιουργία προφίλ για τα έτη 1993 έως 2017 και για κάθε έτος ξεχωριστά. Το προφίλ που χρησιμοποιήθηκε έχει προσανατολισμό από βορειο-δυτικά προς νοτιο-ανατολικά και είναι περίπου 30.000 χλμ.

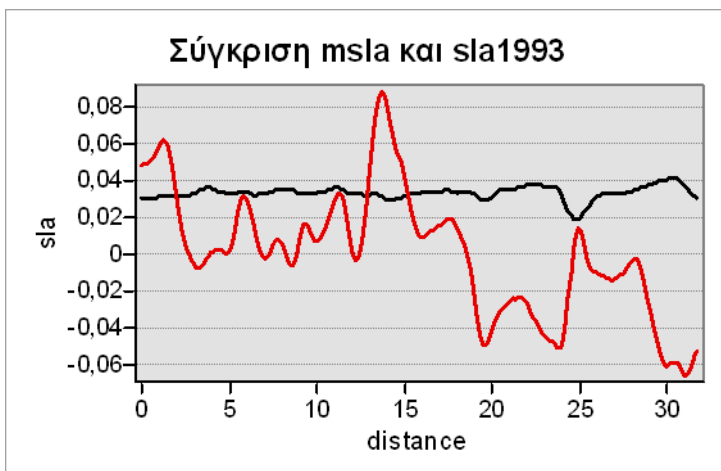


Χάρτης 43: Η τομή για την δημιουργία των προφίλ

Στους χάρτες με ερυθρό χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερο από το εκάστοτε SLA του έτους. Με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας συμφωνούν. Και τέλος με κυανό εμφανίζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας (MSLA) για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μικρότερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους.



Χάρτης 44 : Το SLA του 1993 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

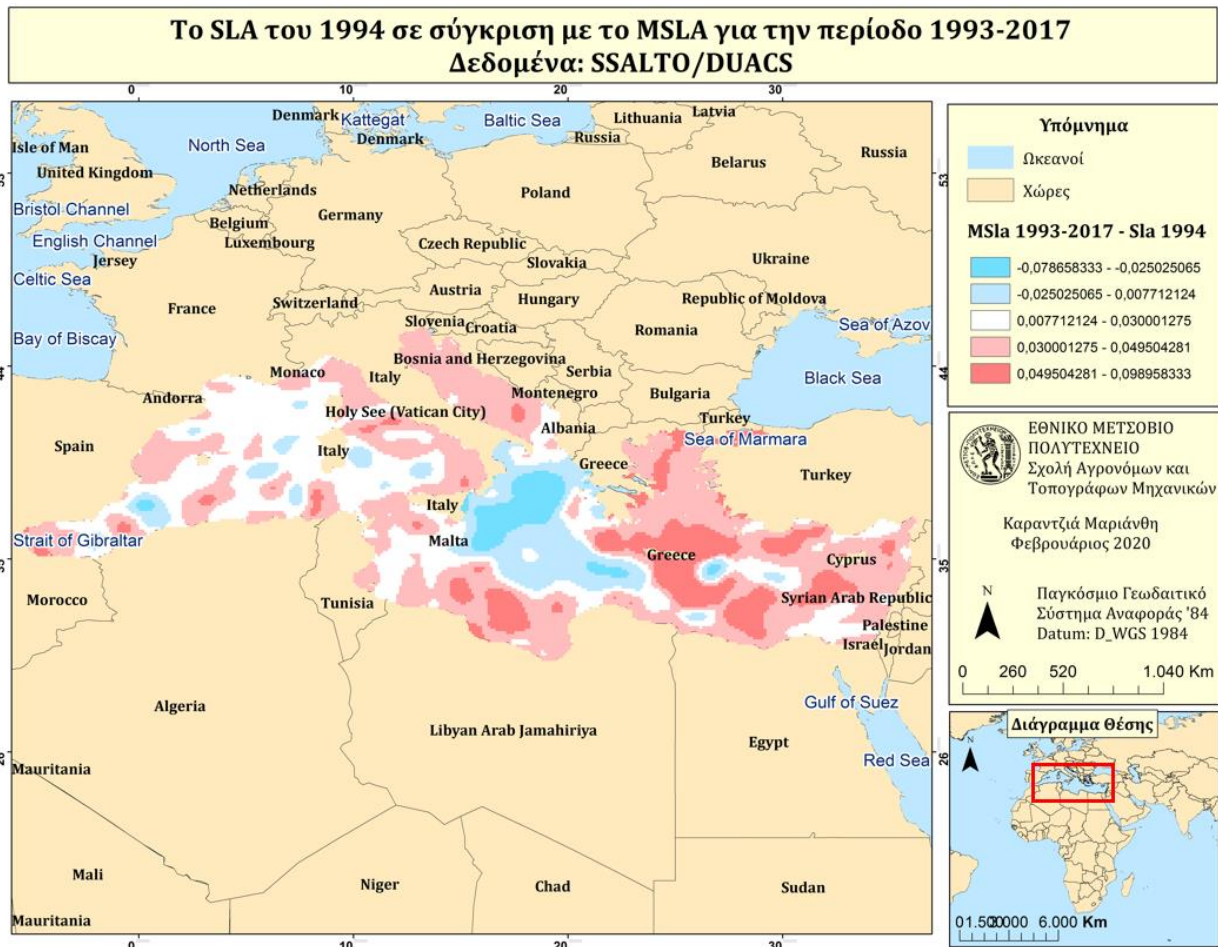


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 1993

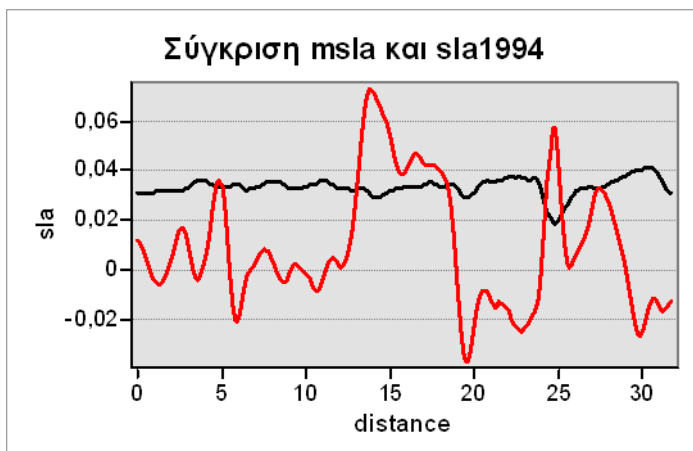
Από τον χάρτη της σύγκρισης του MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 με το SLA του 1993 (σελ. 135), συμπεραίνουμε ότι στο ανατολικό μέρος της Μεσογείου θάλασσας η μέσης ανωμαλία της στάθμης της Θάλασσας (MSLA) για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερη, από την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας το 1993. Αντιθέτως στο κεντρικό τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας παρατηρείται ότι το SLA του 1993 είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA του 1993 έως 2017. Στο δυτικό τμήμα της Μεσογείου παρατηρείται κατά τόπους ότι είναι μεγαλύτερο το SLA του 1993, αλλά σε γενικές γραμμές παρατηρούμε ότι το MSLA του 1993 έως το 2017 είναι ισάξιο με το SLA του 1993.

Αντίστοιχη εικόνα φαίνεται και από το διάγραμμα που δημιουργήθηκε από το προφίλ της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA) και το προφίλ της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του 1993 (SLA) . Με μαύρο χρώμα εμφανίζεται το MSLA των ετών 1993 έως 2017, ενώ με ερυθρό χρώμα εμφανίζεται το SLA του 1993. Ξεκινώντας στο διάγραμμα -κοιτάζοντας τον άξονα των y- από αριστερά, όπου αναδεικνύει το δυτικό μέρος της λεκάνης της Μεσογείου και συνεχίζοντας προς τα δεξιά παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο περιοχές όπου το SLA είναι μεγαλύτερο του MSLA. Το ένα σημείο βρίσκεται δυτικά της λεκάνης της Μεσογείου, κρίνοντας από τον άξονα της απόστασης (distance) και το άλλο στο κέντρο της λεκάνης. Γενικότερα παρατηρείται ότι το SLA του 1993 είναι μικρότερο του MSLA, εκτός από μερικές περιοχές κυρίως στο δυτικό τμήμα της περιοχής όπου φαίνεται ότι οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της θάλασσας συμφωνούν μεταξύ τους.





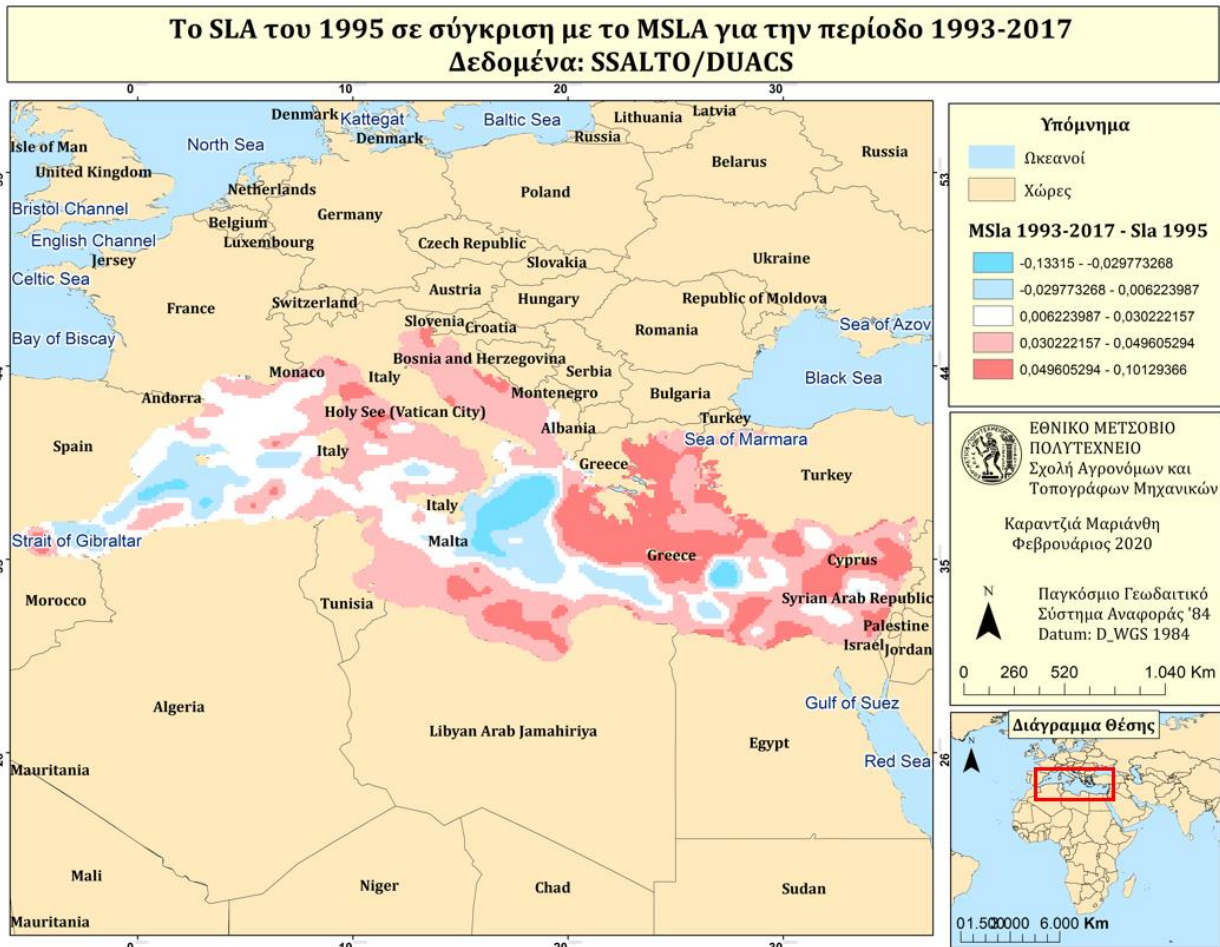
Χάρτης 45: Το SLA του 1994 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



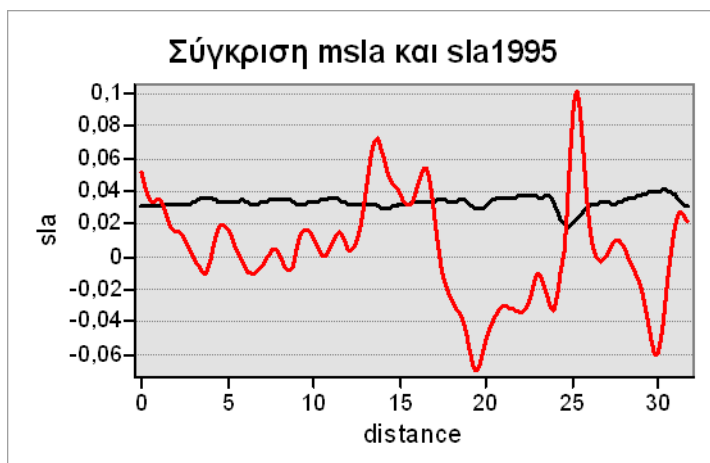
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 1994

Από τον χάρτη σύγκρισης της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 1994 (SLA) συμπεραίνουμε ότι η απόκλιση των δύο επιπέδων κυμαίνεται από -0,07 έως 0,098 μέτρα. Παρατηρούμε ότι κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και στην κεντρική, αλλά και σε μέρη της Δυτικής Μεσογείου Θάλασσας (κοντά στα παράλια της Ισπανίας), το MSLA του 1993 έως το 2017 είναι μεγαλύτερο από το SLA του 1994. Όμως στην κεντρική-ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και σε μέρη της δυτικής το SLA του 1994 είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA. Επίσης στο Δυτικό μέρος της λεκάνης εντοπίζονται και οι περισσότερες περιοχές όπου οι δύο ανωμαλίες της Στάθμης της θάλασσας, συμφωνούν.

Σύμφωνα με το διάγραμμα που δημιουργήθηκε από την τομή κατά μήκος της Μεσογείου Θάλασσας, κατά ένα μεγάλο ποσοστό το SLA του 1994 είναι λιγότερο από τη Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τη χρονική περίοδο από το 1993 έως το 2017. Εν αντιθέση, εντοπίζονται περιοχές στην κεντρική και Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 1994 είναι μεγαλύτερη από τη γενική Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας. Η μικρότερη τιμή της, εντοπίζεται στο κεντρικό-ανατολικό μέρος της λεκάνης.



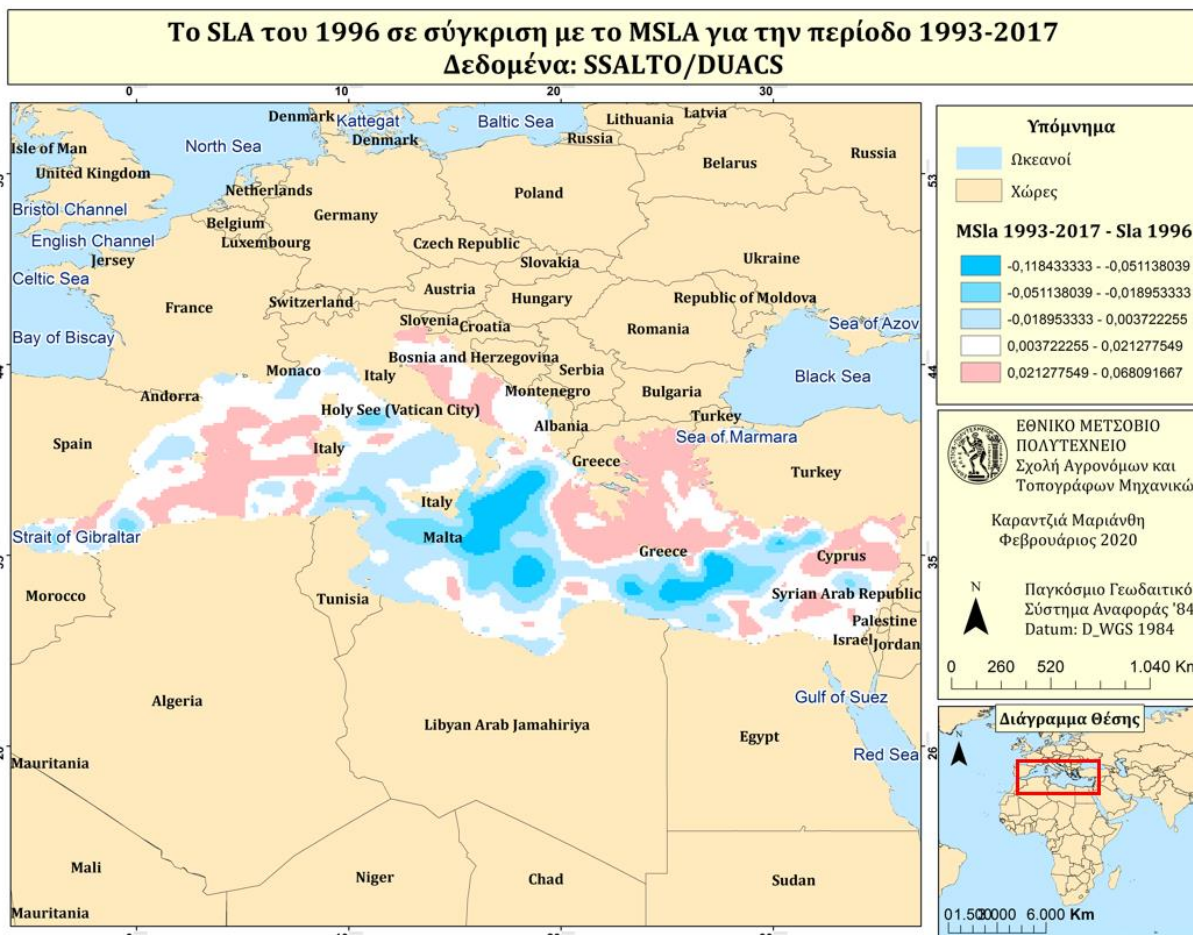
Χάρτης 46: Το SLA του 1995 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



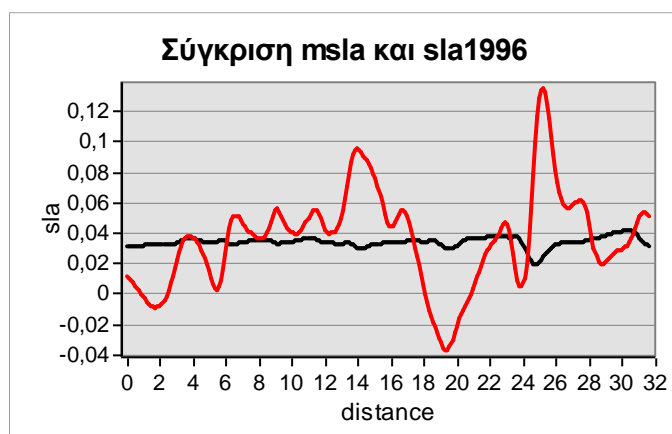
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
,με το SLA του έτους 1995

Συγκρίνοντας την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 1995 (SLA), παρατηρούμε στον χάρτη, ότι στο μεγαλύτερο μέρος της Ανατολικής Μεσογείου το MSLA είναι μεγαλύτερο από το ετήσιο SLA. Όπως και στο κεντρικό Βόρειο και Νότιο τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας, αλλά και στο στενό του Γιβραλτάρ. Περιοχές όπου το SLA του 1995 είναι μεγαλύτερο του γενικού MSLA (1993-2017) εντοπίζονται στο δυτικό τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας, στο κεντρικό και σε ένα μέρος του Λυβικού Πελάγους. Εκατέρωθεν των προηγούμενων τμημάτων βρίσκονται και οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της θάλασσας συμφωνούν.

Αντίστοιχα στην τομή που δημιουργήθηκε από βορειο-δυτικά προς νοτιο-ανατολικά, παρατηρούμε ότι ως επί το πλείστον, η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 1995, είναι μικρότερη από την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας που υπολογίστηκε για τα έτη 1993 έως 2017. Όμως παρατηρούνται περιοχές όπου το SLA είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA και εντοπίζονται στην Δυτική πλευρά της Μεσογείου Θάλασσας, στην κεντρική και στην κεντρική-ανατολική, με το μεγαλύτερη έξαρση να εντοπίζεται στην κεντρική-ανατολική πλευρά της Μεσογείου Θάλασσας. Τέλος το μικρότερο άκρο του SLA 1995 το βρίσκουμε στην κεντρικό-ανατολικό μέρος της Μεσογείου Θάλασσας.



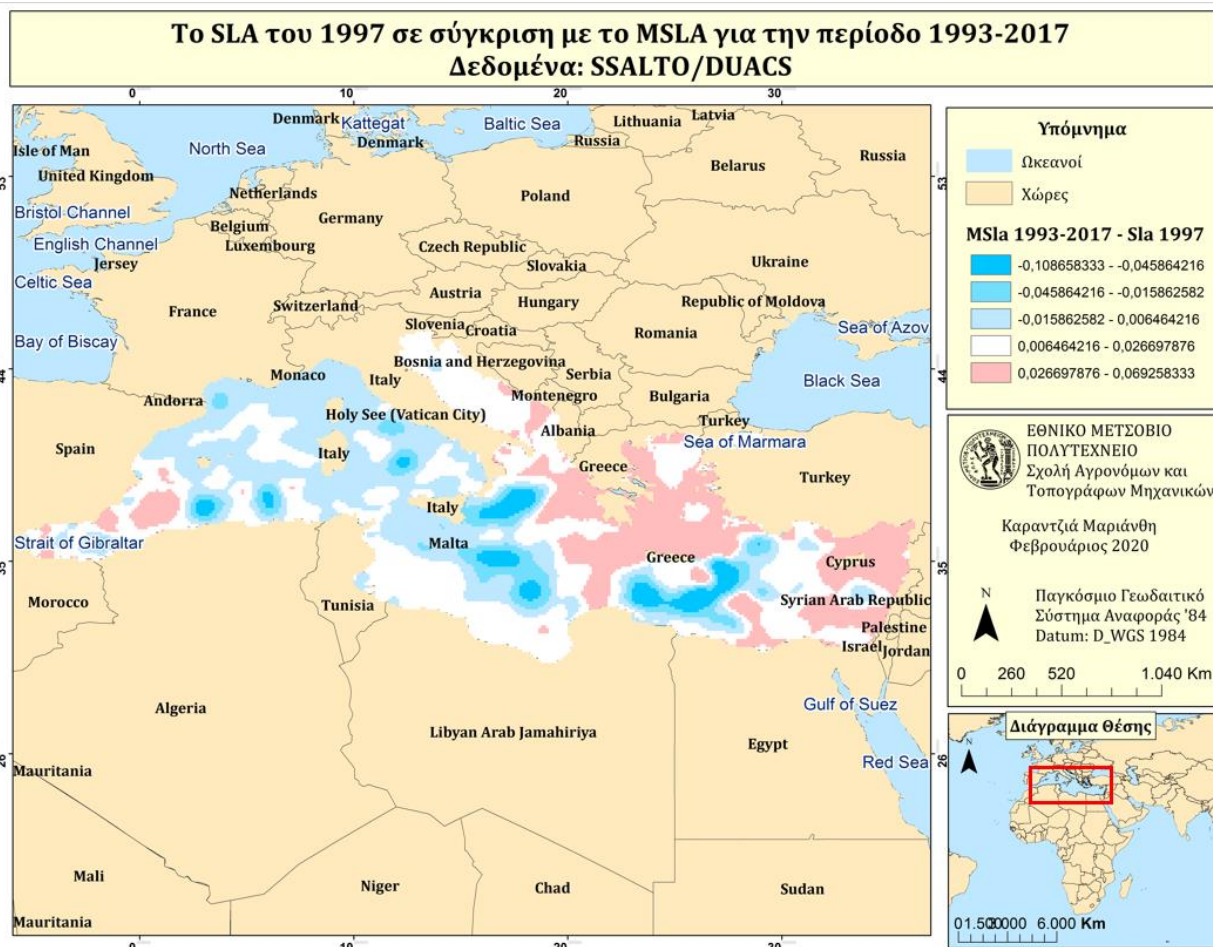
Χάρτης 47: Το SLA του 1996 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



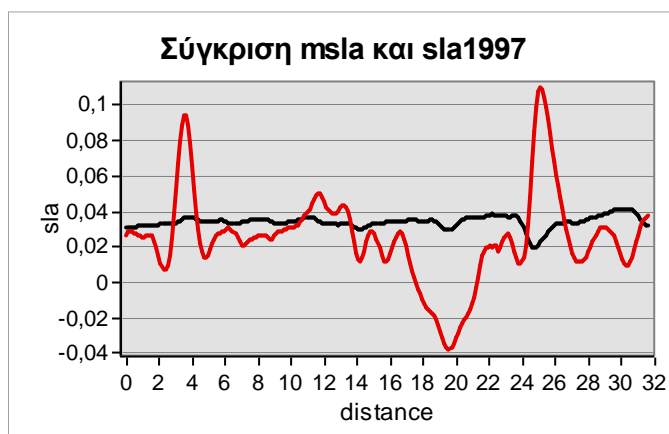
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 1996

Από τον χάρτη σύγκρισης της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του 1996 (SLA), με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), παρατηρούμε ότι η διαφοροποίηση τους κυμαίνεται από -0,11 έως 0,06 μέτρα. Στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα, Νότια της Κρήτης (εκεί όπου ενώνεται η Ευρασιατική με την Αφρικανική τεκτονική πλάκα) και στο στενό του Γιβραλτάρ η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 1996 (SLA) είναι μεγαλύτερη από την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA). Αντιθέτως οι περιοχές όπου το γενικό MSLA είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 1996, εντοπίζονται κυρίως στο Αιγαίο και Ιόνιο Πέλαγος, εκατέρωθεν της Κύπρου, στην Ανδριατική Θάλασσα και σε ένα μεγάλο μέρος της Δυτικής Μεσογείου Θάλασσας.

Στο γράφημα σύγκρισης που δημιουργήθηκε, με μαύρο χρώμα αναδεικνύεται η γραφική παράσταση της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), ενώ με ερυθρό απεικονίζεται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 1996 (SLA). Ξεκινώντας τον άξονα των  $y$ , από αριστερά προς δεξιά παρατηρούμε ότι το SLA είναι μικρότερο του γενικού MSLA Δυτικά, αλλά και κεντρικό-ανατολικά της Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 1996 είναι μεγαλύτερη της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA) σε περιοχές όπως φαίνεται στο γράφημα, κεντρικά, κεντρο-δυτικά και Ανατολικά, όπου βρίσκεται και το μικρότερο και μεγαλύτερο πικ του SLA του 1996.



Χάρτης 48: Το SLA του 1997 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



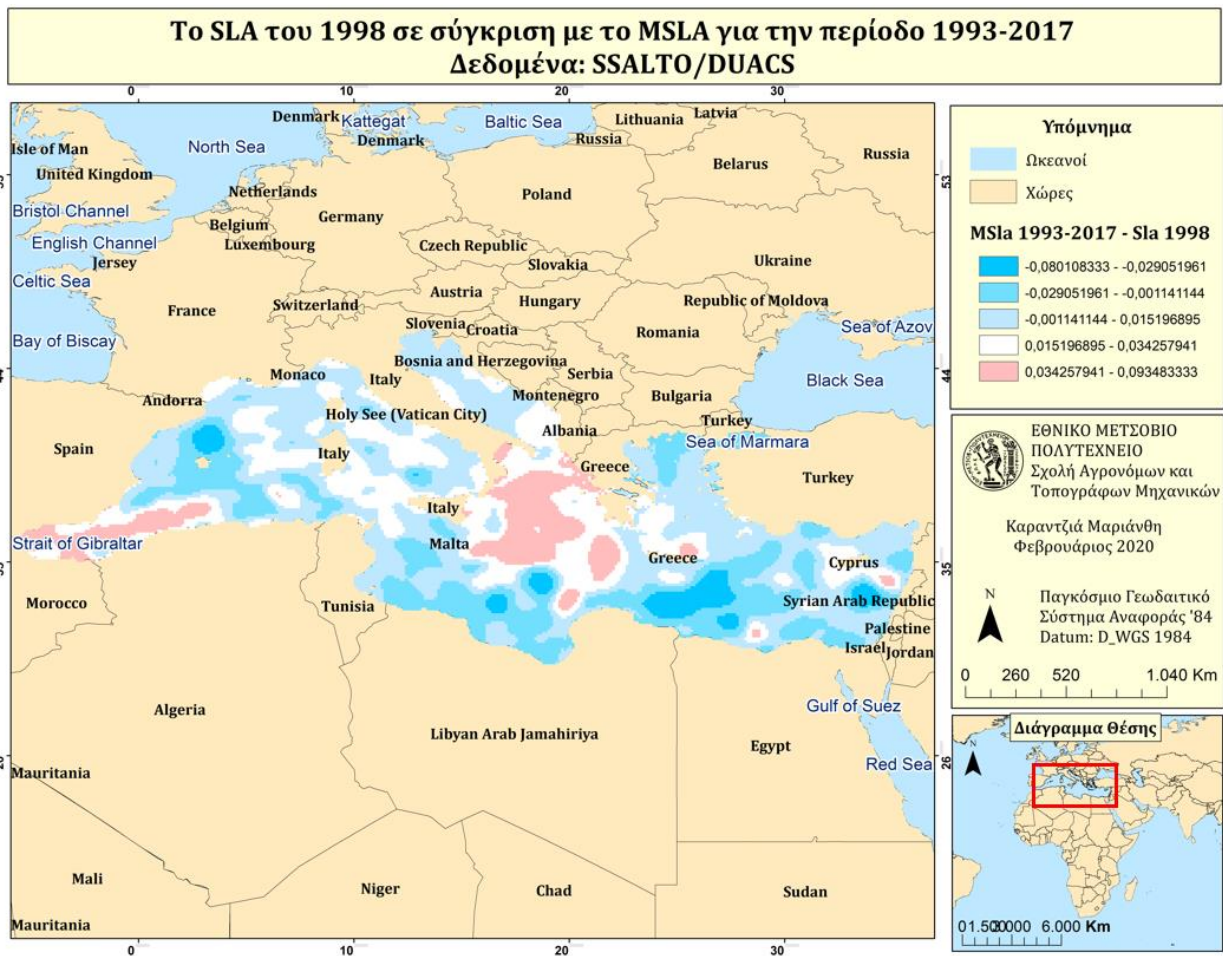
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
,με το SLA του έτους 1997

Στον παραπάνω χάρτη με ερυθρό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 1997 (SLA). Ενώ με κυανό αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το MSLA είναι μικρότερο του SLA του 1997. Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας είναι ίσες.

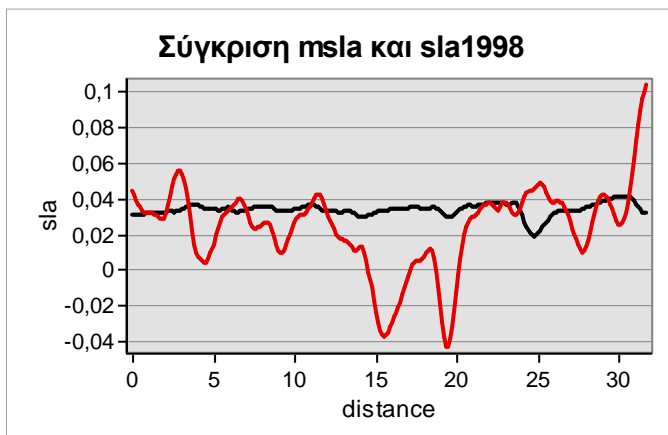
Επομένως, από τον χάρτη σύγκρισης μεταξύ της της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του 1997 (SLA), με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), συμπεραίνουμε ότι οι περιοχές όπου το MSLA είναι μεγαλύτερο του SLA του 1997 συγκεντρώνονται στην κατά κύριο λόγο στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και κυρίως στον ελλαδικό χώρο. Ενώ στην υπόλοιπη Μεσόγειο Θάλασσα φαίνεται οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας να συμφωνούν. Εκτός από την κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα και το Λυβικό Πέλαγος, όπου παρατηρείται το SLA του 1997 να είναι μεγαλύτερο του μέσου SLA από το 1993 έως το 2017.

Από το γράφημα που δημιουργήθηκε από την εκτέλεση προφίλ στα επίπεδα της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του 1997 (SLA), με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), συμπεραίνουμε ότι είναι αρκετές οι περιοχές όπου η μια Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας προσεγγίζει την άλλη. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής το MSLA είναι μεγαλύτερο του SLA του 1997. Όμως υπάρχουν περιοχές όπου το SLA του 1997 είναι μεγαλύτερο του γενικού MSLA, όπου εντοπίζονται Δυτικά και Ανατολικά της Μεσογείου Θάλασσας.





Χάρτης 49: Το SLA του 1998 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

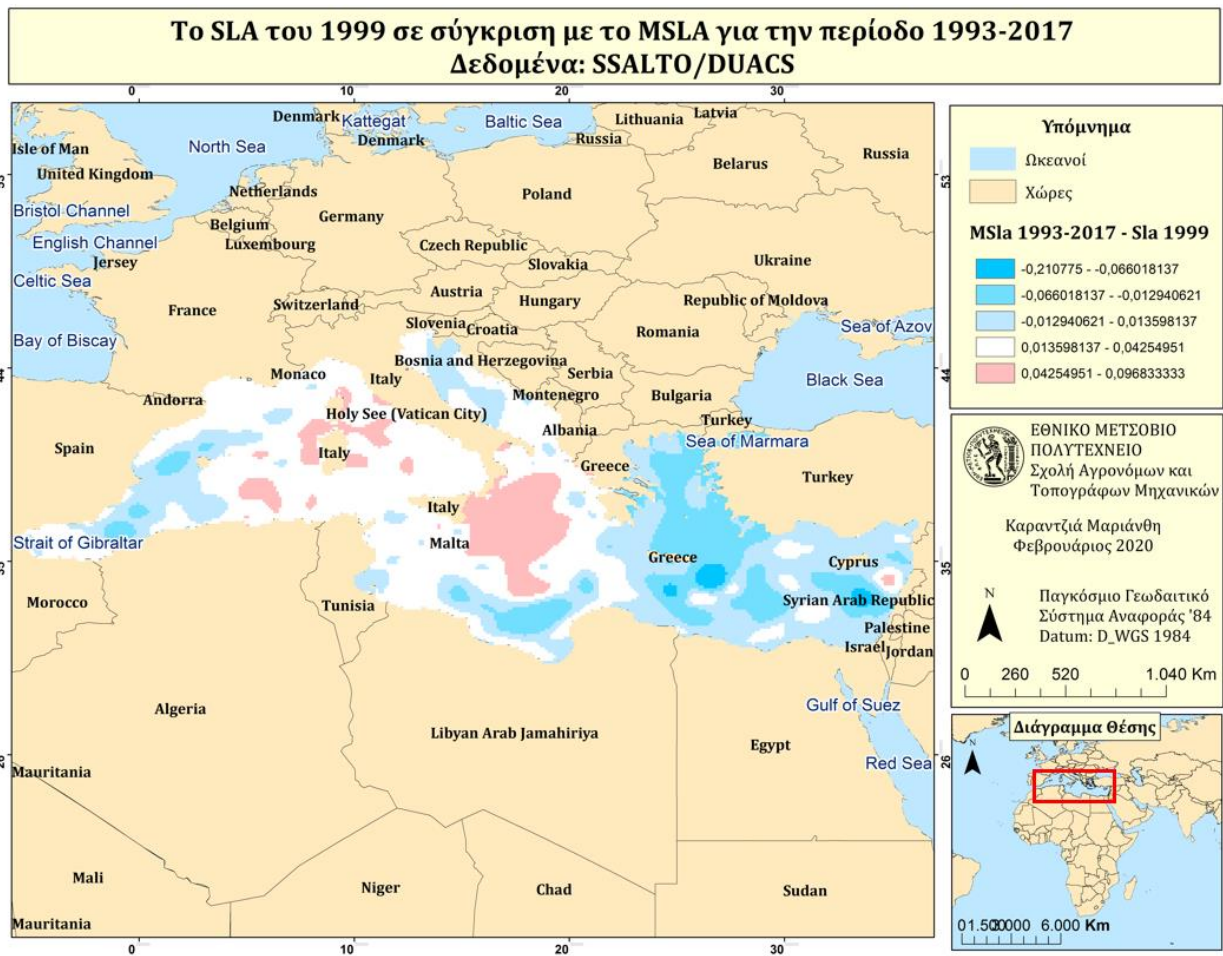


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 1998

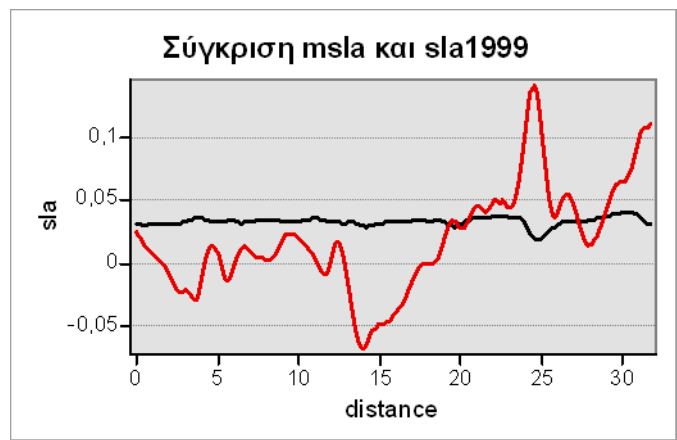
Από τον χάρτη σύγκρισης της ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για το έτος 1998, με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας από το 1993 έως το 2017, παρατηρούμε ότι στο περισσότερο μέρος της Μεσογείου Θάλασσας η ανωμαλία της στάθμης της Θάλασσας του έτους, είναι μεγαλύτερη από την μέση Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Καθως το κυανό χρώμα υποδεικνύει τις περιοχές όπου η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας του 1998, είναι μεγαλύτερη από την μέση Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας. Ενώ το ερυθρό αναδεικνύει τις γεωγραφικές περιοχές όπου συμβαίνει το αντίθετο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, και σύμφωνα με το γράφημα που προκύπτει από την σύγκριση των δύο επιπέδων που δημιουργήθηκαν από τα δεδομένα αλτιμετρίας για την περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρούμε ότι την χρονιά 1998 οι περιοχές που παρουσίασαν μεγαλύτερη ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας είναι κοντά στα στενά του Γιβραλτάρ, καθώς και μια μεγάλη περιοχή στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα. Ακόμη παρατηρούμε ότι στην κεντρικό-νότιο τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας υπάρχουν δύο χαμηλά στο sla του 1998.

Εώς επί το πλείστον παρατηρούμε ότι το γενικό MSLA, που δημιουργήθηκε από τις χρονιές 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερο από το το SLA του 1998 για το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας. Που μας αναδεικνύει ότι ήταν μια χρονιά με αρκετά μικρή ανωμαλία της στάθμης της Θάλασσας.



Χάρτης 50: Το SLA του 1999 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

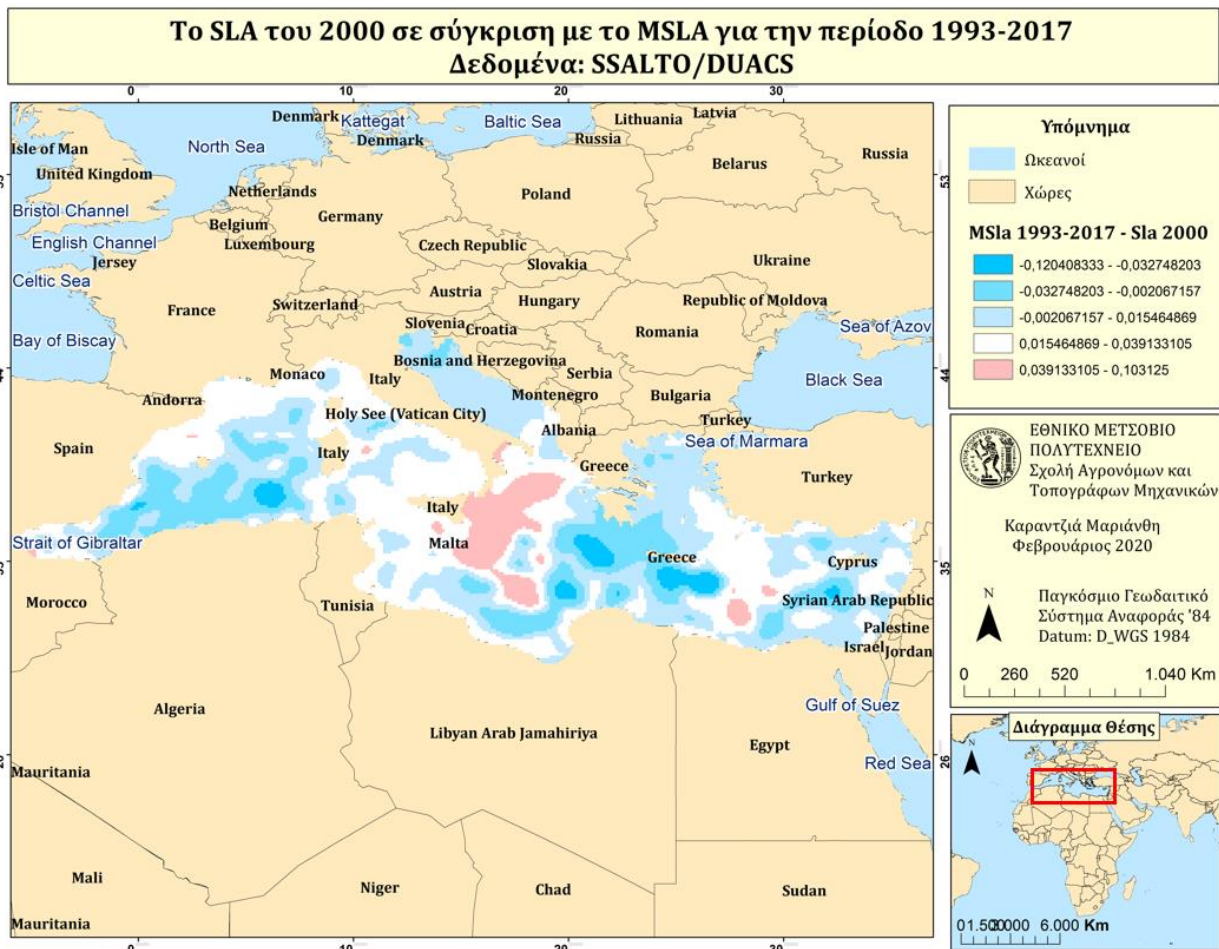


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 1999

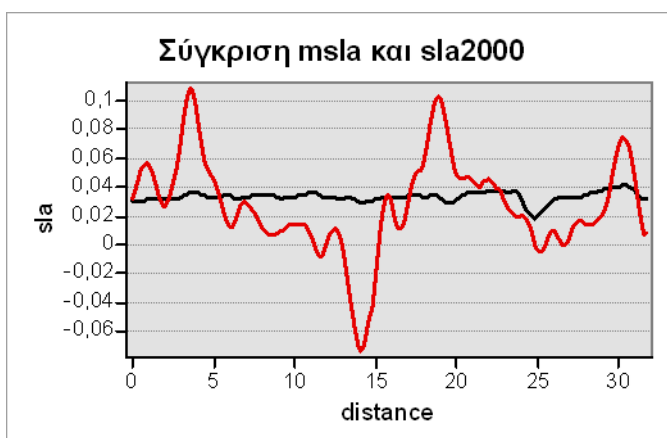
Συγκρίνοντας την Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 1999 με την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, για την περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας. Προκύπτει ότι, στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας το γενικό MSLA δεν ξεπερνά το SLA του έτους 1999. Υπάρχουν περιοχές όμως, όπως στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα αλλά και εκατέρωθεν της Σαρδινίας και της Κορσικής όπου παρατηρείται ότι το MSLA των ετών 1993-2017 είναι μεγαλύτερο από το έτος 1999. Επίσης περιοχές όπου παρατηρείται ότι η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας του έτους 1999 είναι αρκετά μεγαλύτερη από το γενικό MSLA συγκεντρώνονται κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα.

Σύμφωνα με το γράφημα τις σελίδος 147 που προέκυψε από την τομή που δημιουργήθηκε από βορειο-δυτικά προς νοτιο-ανατολικά στην περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρούμε ότι ως επί το πλείστον στο δυτικό και κεντρικό μέρος της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για το έτος 1999. Ενώ, κατά κύριο λόγο στην Ανατολική Μεσόγειο το SLA που προέκυψε από την μελέτη του έτους 1999 είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA. Ξεπερνώντας μέχρι 0,06 μέτρα την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα, της Αλτιμετρίας, του χάρτη σύγκρισης και του γραφήματος συμπεραίνουμε ότι το έτος 1999 δεν ήταν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερο όσο αφορά την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας, από την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα 24 έτη που μελετήθηκαν.



Χάρτης 51: Το SLA του 2000 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



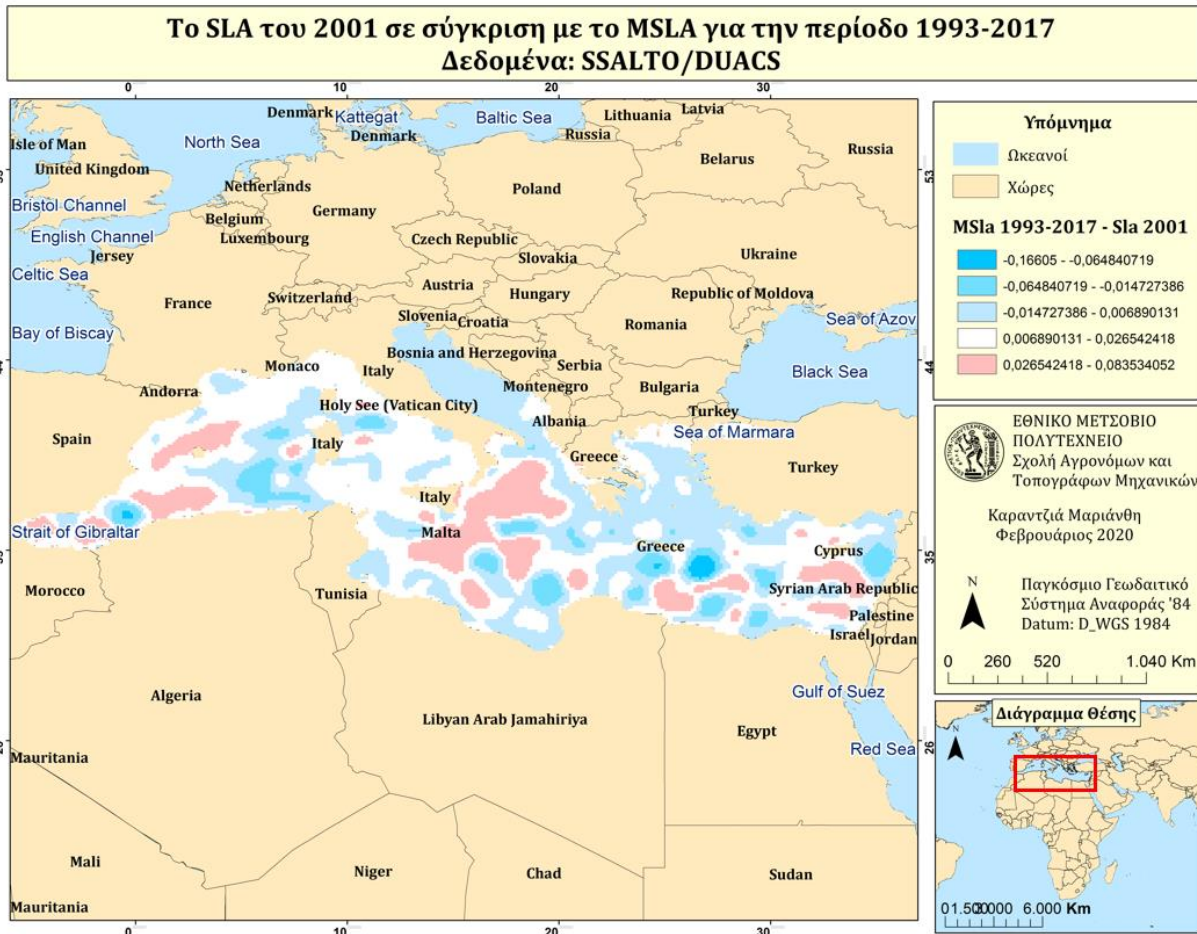
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2000

Στον παραπάνω χάρτη με ερυθρό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2000 (SLA). Ενώ με κυανό αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το MSLA είναι μικρότερο του SLA του 1997. Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας είναι ίσες.

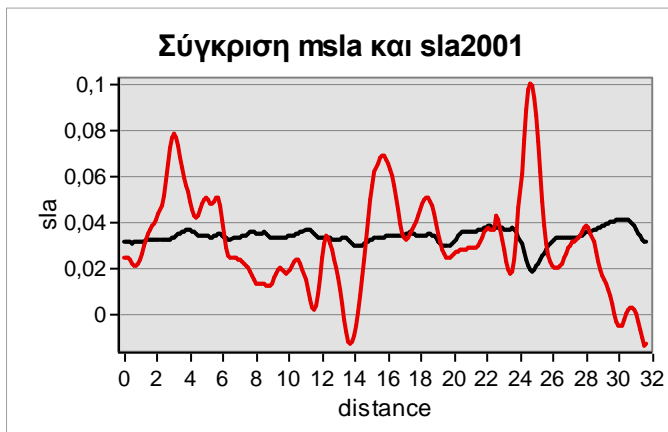
Από τον χάρτη σύγκρισης της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας του 2000 (SLA) η απόκλιση των δύο επιπέδων κυμαίνεται από -0,12 έως 0,10 μέτρα. Στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου Θάλασσας βρίσκονται περιοχές όπου το MSLA των 24 ετών είναι μικρότερο από το SLA του 2000. Συγκεκριμένα περιοχές όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2000 ξεπερνά κατά πολύ την Ανωμαλία της στάθμης της Θάλασσας των ετών 1993 έως 2017 συγκεντρώνονται στην περιοχή νότια του Ελλαδικού χώρου, καθώς και στην Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα. Αντιθέτως στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα, νότια της Ιταλίας το γενικό MSLA ξεπερνά το SLA του έτους 2000.

Στο γράφημα που προέκυψε με την δημιουργία προφίλ, σύμφωνα με την τομή που πραγματοποιήσαμε, με μαύρο χρώμα αναπαριστάται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, ενώ με κόκκινο, αναπαριστάται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2000.

Από το γράφημα, παρατηρούμε ότι, για την περιοχή που διαπερνά η τομή του προφίλ, παρατηρούνται περιοχές όπου το MSLA του 1993 έως το 2017, είναι μεγαλύτερο από το SLA του 2000. Όμως παρατηρούνται και περιοχές όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2000 είναι μεγαλύτερη από το MSLA της εικοσαεταετίας. Κυρίως στην δυτική Μεσόγειο, στην κεντρική-ανατολική καθώς και στην ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα.



Χάρτης 52: Το SLA του 2001 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



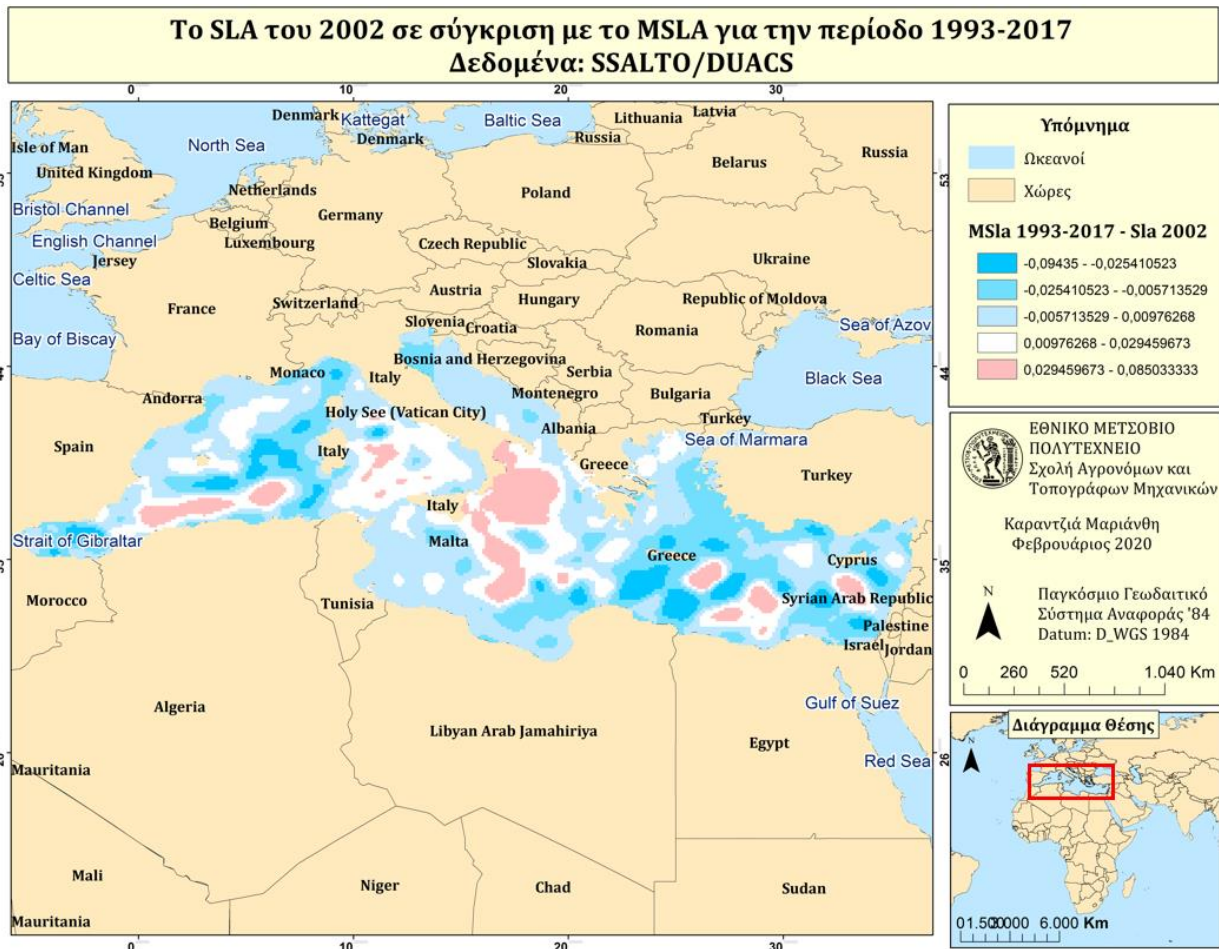
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
,με το SLA του έτους 2001

Στον χάρτη με ερυθρό χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 2001. Με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας συμφωνούν. Και τέλος με κυανό εμφανίζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (MSLA) για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μικρότερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2001.

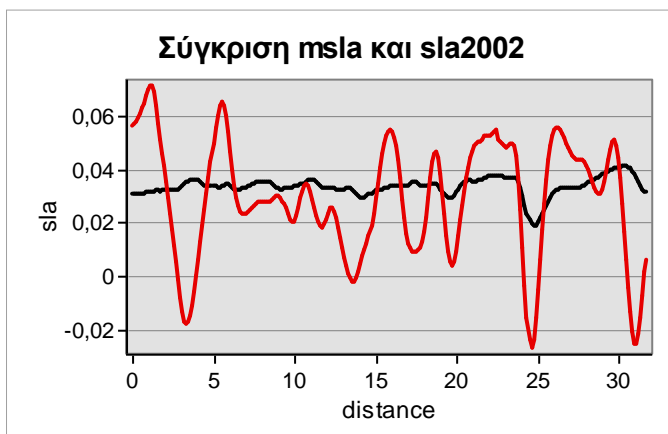
Οι τιμές της διαφοροποίησης τους, κυμαίνονται από -0.16 έως 0,08 μέτρα. Παρατηρούμε ότι στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου Θάλασσας, το SLA του έτους 2001 είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA που υπολογίστηκε για τα έτη 1993 έως 2017. Οι περιοχές όπου το γενικό MSLA, είναι μεγαλύτερο του SLA του έτους εντοπίζονται κυρίως στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα.

Από την δημιουργία του προφίλ από βορειο δυτικά προς νοτιοανατολικά, λαμβάνουμε λίγο διαφορετικές εκτιμήσεις. Καθώς δεν μπορούμε να ξεχωρίσουμε ξεκάθαρα ποια από τις δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας υπερισχύει της άλλης. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση σύμφωνα με το γράφημα, παρατηρείται στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα , όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2001 είναι μεγαλύτερη κατά 0,16 μέτρα.





Χάρτης 53: Το SLA του 2002 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

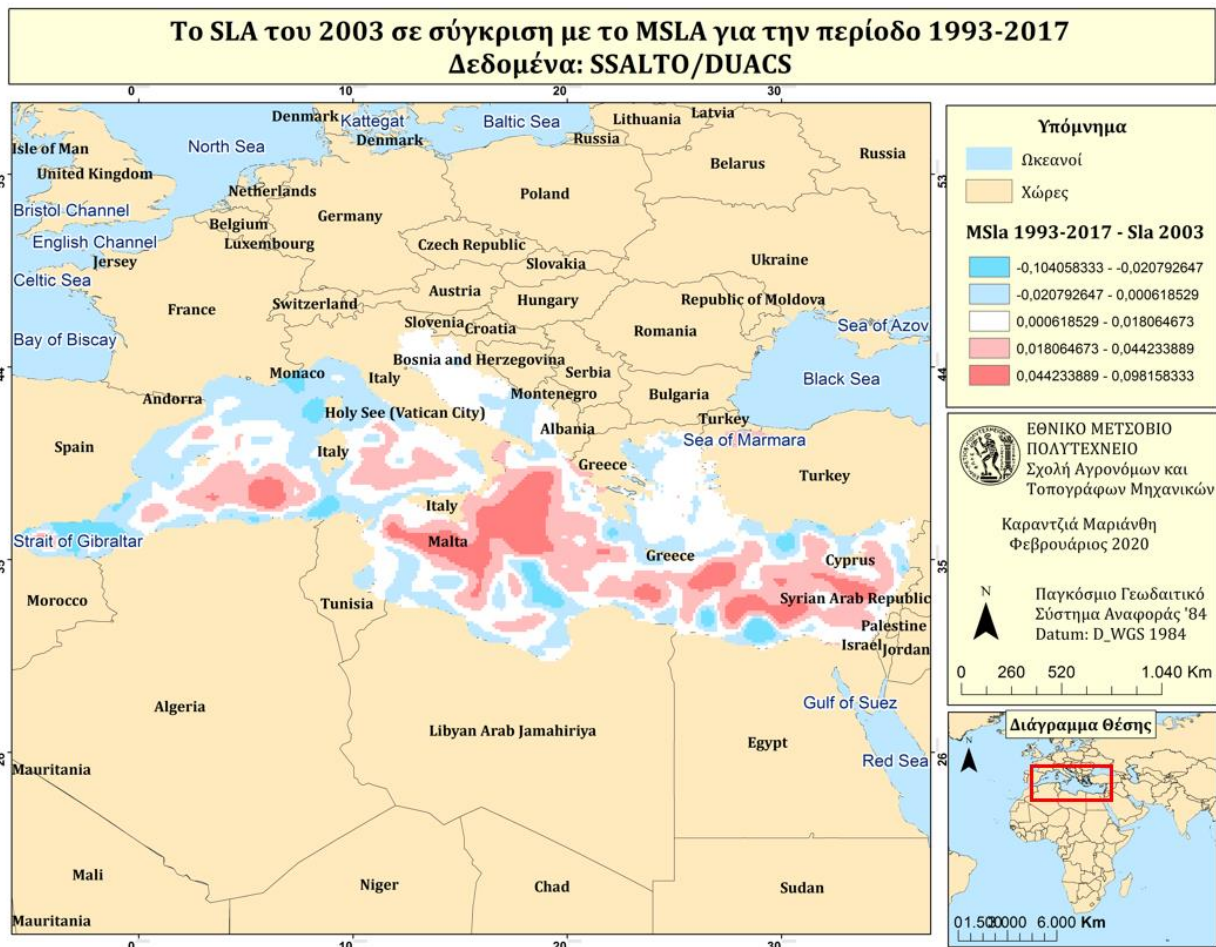


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2002

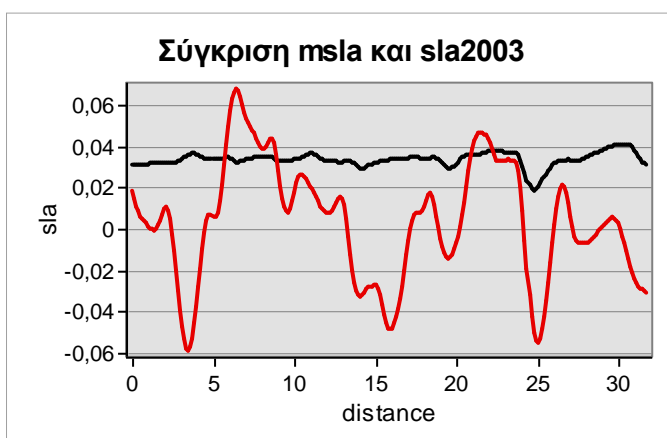
Συγκρίνοντας την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 2002 (SLA), παρατηρούμε στον χάρτη, ότι στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου το MSLA των ετών 1993-2017 είναι μικρότερο από το ετήσιο SLA. Στο κεντρικό τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας, αλλά και σε κάποια τμήματα της νοτιοανατολικής και νοτιοδυτικής Μεσόγειου θάλασσας το γενικό MSLA είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 2002. Εκατέρωθεν των προηγούμενων τμημάτων βρίσκονται και οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της θάλασσας συμφωνούν.

Στο γράφημα που προέκυψε με την δημιουργία προφίλ, σύμφωνα με την τομή που πραγματοποιήσαμε, με μαύρο χρώμα αναπαριστάται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, ενώ με κόκκινο, αναπαριστάται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2002.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γράφημα, καθώς παρατηρούμε την διακύμανση που παρουσιάζει η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2002. Συγκρίνοντάς την όμως με την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, κατά το εύρος της τομής, δεν μπορούμε να διακρίνουμε ποια από τις δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας υπερισχύει στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσόγειου Θάλασσας. Όμως στο δυτικό κομμάτι της τομής που δημιουργήθηκε παρατηρείται η μεγαλύτερη διαφοροποίηση, που υπάρχουν δύο εξάρσεις, όπου το SLA του 2002 είναι μεγαλύτερο του MSLA κατά 0,09 μέτρα.



Χάρτης 54: Το SLA του 2003 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

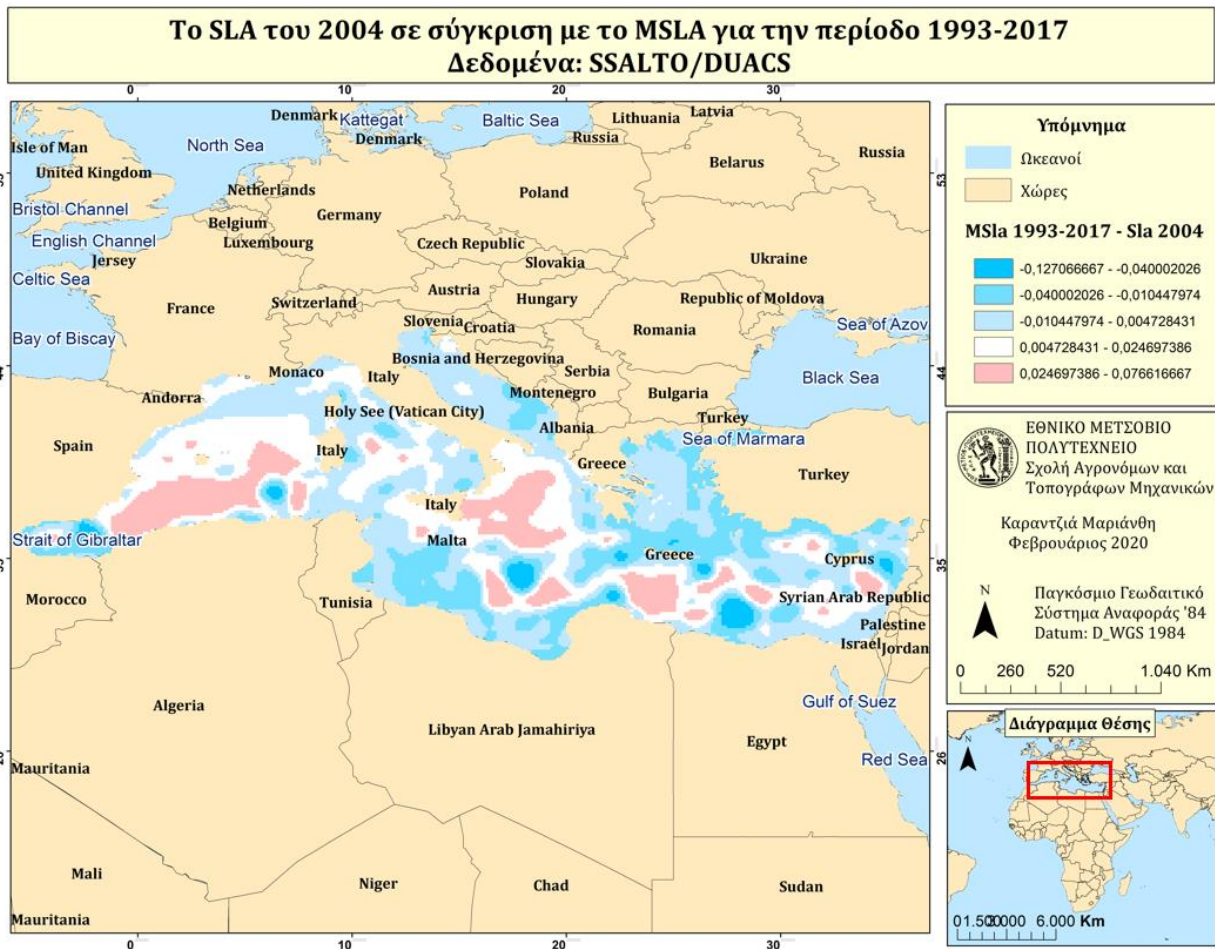


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2003

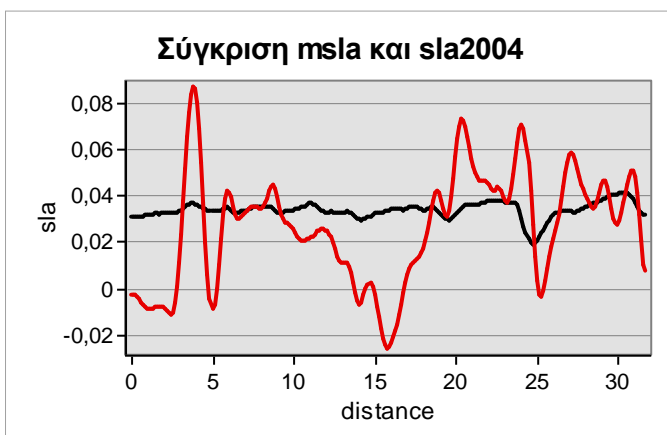
Στον παραπάνω χάρτη με ερυθρό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2003 (SLA). Ενώ με κυανό αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το MSLA είναι μικρότερο του SLA του 2003. Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας είναι ίσες.

Επομένως, από τον χάρτη σύγκρισης μεταξύ της της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2003 (SLA), με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), συμπεραίνουμε ότι οι περιοχές όπου το MSLA είναι μεγαλύτερο του SLA του 2003 συγκεντρώνονται κατά μήκος της τομής βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Ενώ στην υπόλοιπη Μεσόγειο Θάλασσα φαίνεται οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας να συμφωνούν. Εκτός από τις περιοχές κοντά στις ακτές και ιδιαίτερα κοντά στο στενό του Γιβραλταρ, όπου παρατηρείται το SLA του 2003 να είναι μεγαλύτερο του μέσου SLA από το 1993 έως το 2017.

Όπως ήταν αναμενόμενο, στην γραφική αναπαράσταση των Ανωμαλιών για τα έτη 1993 έως 2017 και του έτους 2003, κατά το μήκος της τομής που χαράχθηκε με διεύθυνση από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά, παρουσιάζεται η διαπίστωση που προέκυψε και στην ανάλυση του χάρτη. Όπου, κατά το μήκος της τομής η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας των ετών 1993 έως 2017 είναι κατά κύριο λόγο μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας του έτους. Η μοναδική περιοχή όπου παρουσιάζει μεγαλύτερο το SLA της χρονιάς 2003, εντοπίζεται σύμφωνα με το γράφημα στην δυτική Μεσόγειο Θάλασσα.



Χάρτης 55: Το SLA του 2004 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

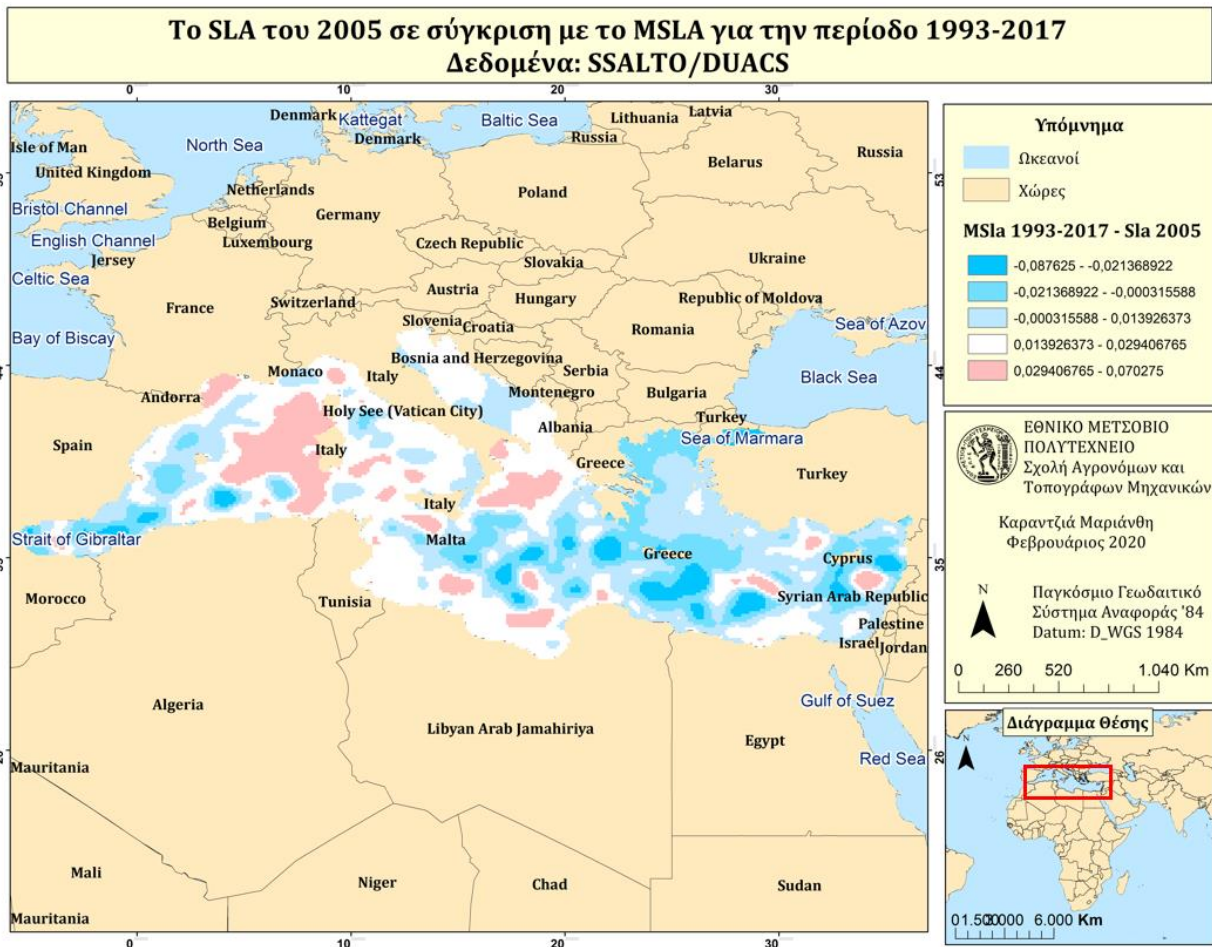


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2004

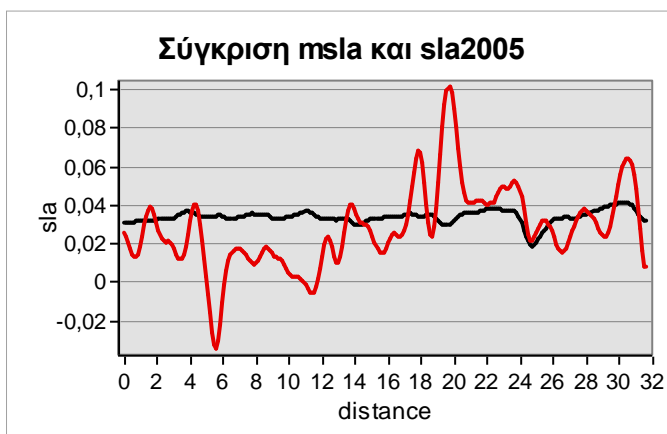
Από τον χάρτη της σύγκρισης του MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 με το SLA του 2004 (σελ. 157), παρατηρούμε ότι οι τιμές της διαφοροποίησης τους, κυμαίνονται από -0.12 έως 0,07 μέτρα. Με ερυθρό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2004 (SLA). Ενώ με κυανό αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το MSLA είναι μικρότερο του SLA του 2004.

Κατά το μεγαλύτερο εύρος της περιοχής της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2004 είναι μεγαλύτερη από την Μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν περιοχές, όπως ένα μεγάλο τμήμα της δυτικής Μεσογείου Θάλασσας, της κεντρικής αλλά και της νοτιοανατολικής Μεσόγειου Θάλασσα όπου συμβαίνει το αντίθετο.

Έπειτα δημιουργήθηκε γράφημα, σύμφωνα με την τομή που χαράχθηκε, κατά το μήκος των δύο επιπέδων. Της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, όπου αναπαριστάται με μαύρο χρώμα και της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2004, όπου αναπαρίσταται με ερυθρό χρώμα. Στο γράφημα ενώ παρατηρούμε ότι κατά κύριο λόγο το SLA του έτους είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA, παρατηρούμε ότι υπάρχει μια περιοχή στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα όπου η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 2004 είναι μικρότερη από την MSLA για τα έτη 1993 έως 2017.



Χάρτης 56: Το SLA του 2005 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

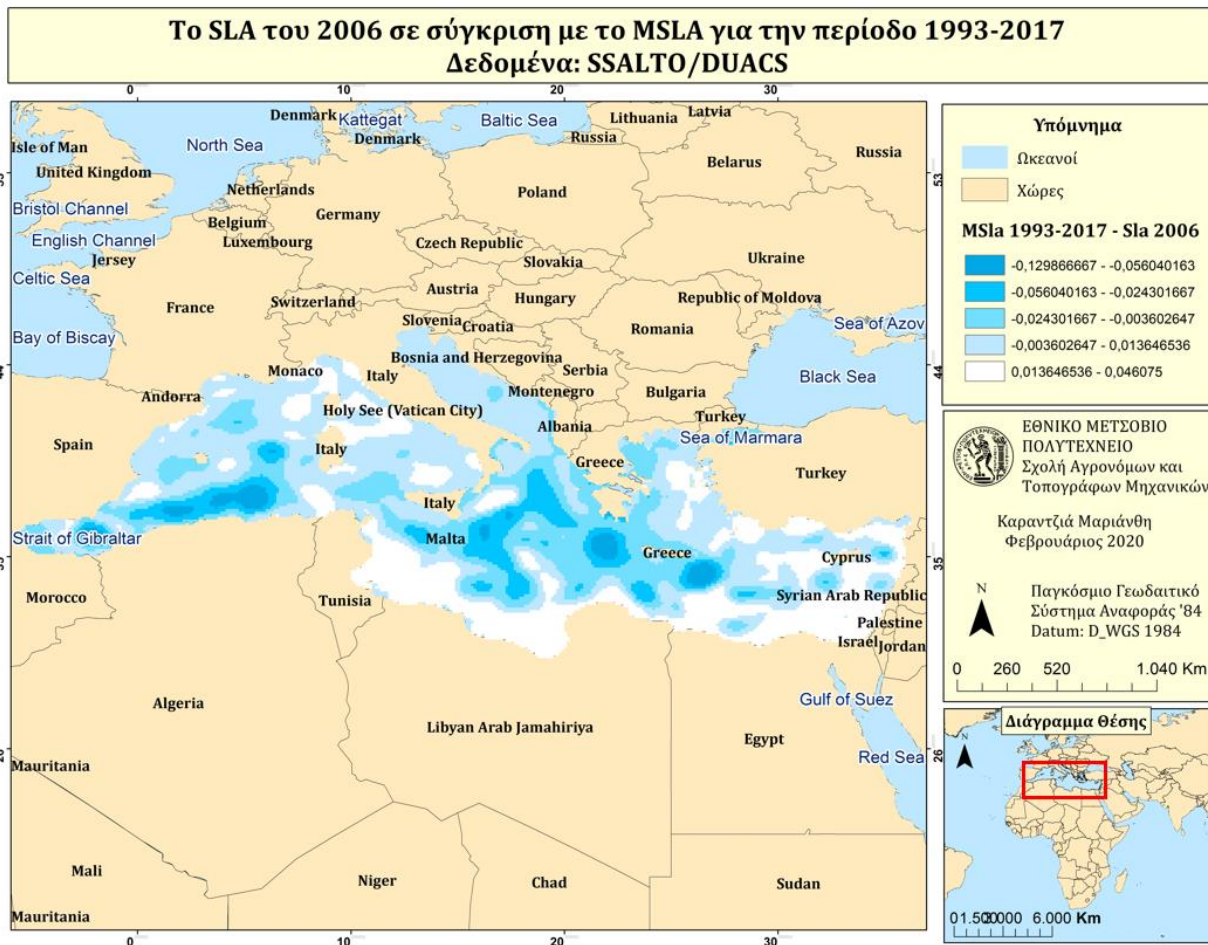


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2005

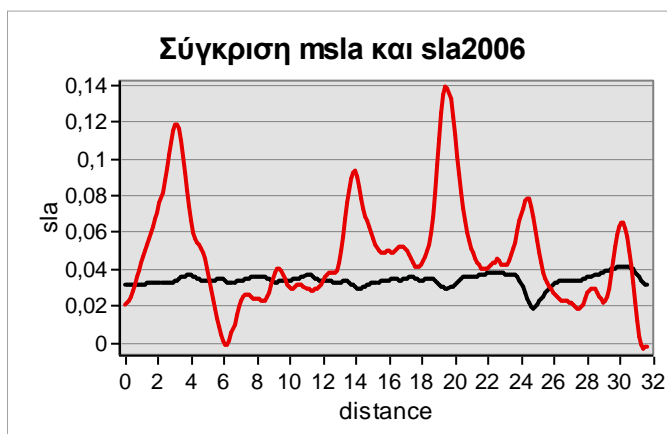
Από τον χάρτη σύγκρισης της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2005 (SLA), με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), παρατηρούμε ότι η διαφοροποίηση τους κυμαίνεται από -0,08 έως 0,07 μέτρα. Στην δυτική Μεσόγειο Θάλασσα παρατηρούνται περιοχές κυρίως με ερυθρό χρώμα, που σημαίνει ότι στη συγκεκριμένη περιοχή το γενικό MSLA είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 2005. Στην υπόλοιπη περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρείται ότι οι δύο Ανωμαλίες της Θάλασσας είναι αρκετά κοντά η μια στην άλλη. Περιοχές όπου παρατηρείται κυρίως το κυανό χρώμα, όπου το SLA του 2005 είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA, παρουσιάζονται κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο.

Στο γράφημα σύγκρισης που δημιουργήθηκε, με μαύρο χρώμα αναδεικνύεται η γραφική παράσταση της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), ενώ με ερυθρό απεικονίζεται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2005 (SLA). Ξεκινώντας τον άξονα των y, από αριστερά προς δεξιά παρατηρούμε ότι το SLA είναι μικρότερο του γενικού MSLA Δυτικά της Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2005 είναι μεγαλύτερη της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA) σε περιοχές όπως φαίνεται στο γράφημα, κεντρικά, κεντρο-ανατολικά και Ανατολικά.





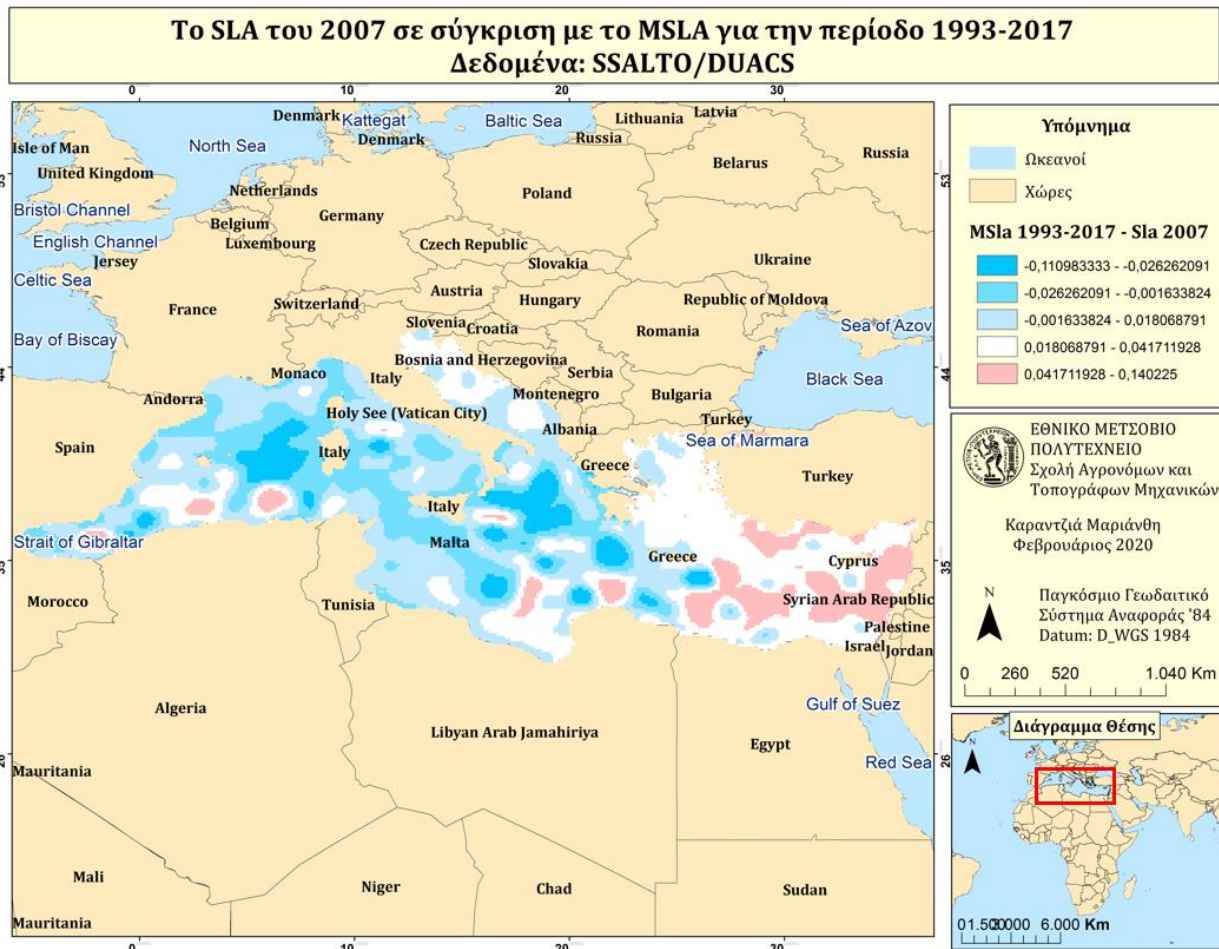
Χάρτης 57: Το SLA του 2006 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



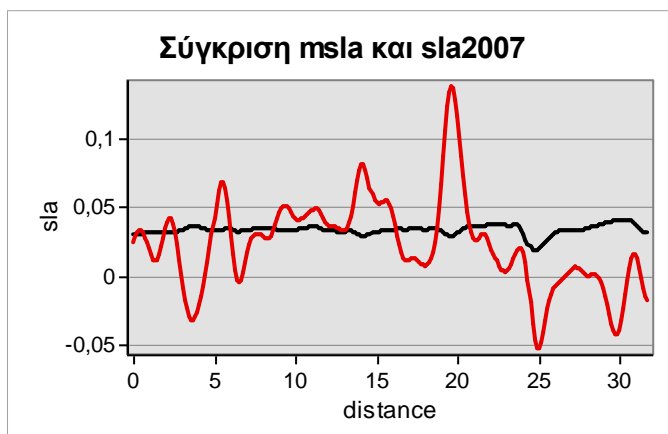
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2006

Από τον χάρτη σύγκρισης της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 2006 (SLA) παρατηρούμε ότι η απόκλιση των δύο επιπέδων κυμαίνεται από -0,12 έως 0,04 μέτρα. Παρατηρούμε ότι σε όλο το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, δεν ξεπερνά κατά πολύ την Ανωμαλία της θάλασσας του έτους. Με κυανό αναπαριστώνται οι περιοχές όπου ο δείκτης SLA του έτους 2006 είναι μεγαλύτερος από τον δείκτη msla για τα έτη 1993 έως 2017. Αυτές οι περιοχές εντοπίζονται κυρίως στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα και στο νοτιο-δυτικό κομμάτι της. Ως επί το πλείστον, στην Ανατολική Μεσόγειο παρατηρείται ότι τα δύο επίπεδα είναι αρκετά κοντά το ένα στο άλλο.

Αναλύοντας το γράφημα που προέκυψε από την σύγκριση των Αλτιμετρικών δεδομένων των δύο επιπέδων, κατά μήκος της τομής που χαράχθηκε, παρατηρούμε ότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του έτους 2006 (SLA), είναι μεγαλύτερη της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA). Εκτός από μια περιοχή στην κεντρική-δυτική και στην Ανατολική Μεσόγειο όπου συμβαίνει το αντίθετο. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση παρατηρείται σύμφωνα με το διάγραμμα στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα, όπου το SLA της χρονιάς 2006, είναι κατά 0,14 μέτρα μεγαλύτερο από το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 στην συγκεκριμένη περιοχή.



Χάρτης 58: Το SLA του 2007 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



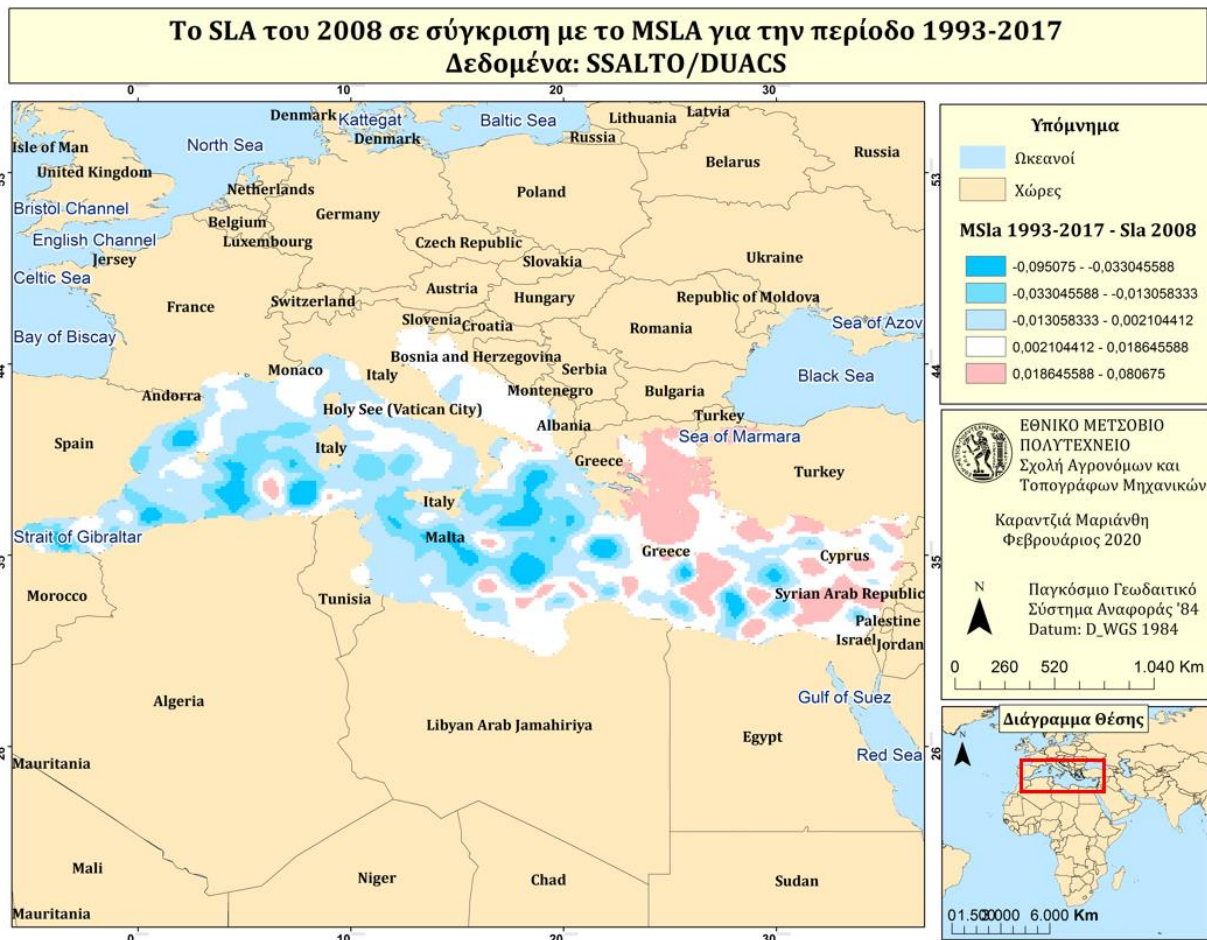
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2007

Στον χάρτη με ερυθρό χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 2007. Με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας συμφωνούν. Και τέλος με κυανό εμφανίζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (MSLA) για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μικρότερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2007.

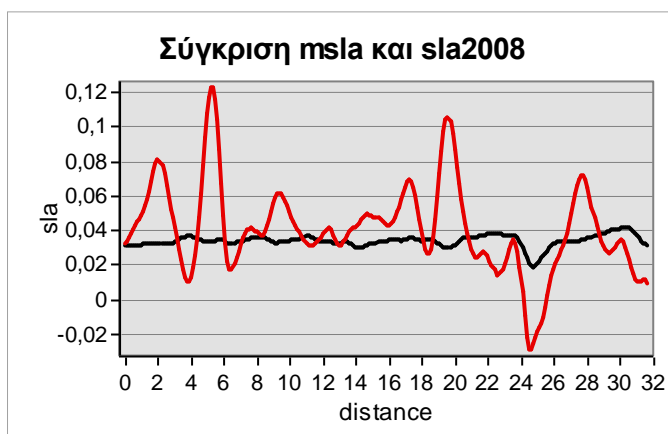
Από τον χάρτη της σύγκρισης του MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 με το SLA του 2007 (σελ. 163), παρατηρούμε ότι οι τιμές της διαφοροποίησης τους, κυμαίνονται από -0.11 έως 0,14 μέτρα.

Κατά το μεγαλύτερο εύρος της περιοχής της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2007 είναι μεγαλύτερη από την Μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιοχές, όπως ένα μεγάλο τμήμα της Ανατολικής Μεσογείου Θάλασσας, όπου συμβαίνει το αντίθετο.

Έπειτα δημιουργήθηκε γράφημα, σύμφωνα με την τομή που χαράχθηκε, κατά το μήκος των δύο επιπέδων. Της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, όπου αναπαριστάται με μαύρο χρώμα και της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2007, όπου αναπαρίσταται με ερυθρό χρώμα. Στο γράφημα ενώ παρατηρούμε ότι κατά κύριο λόγο το SLA του έτους είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA, παρατηρούμε ότι υπάρχει μια περιοχή στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα όπου η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 2007 είναι μικρότερη από την MSLA για τα έτη 1993 έως 2017.



Χάρτης 59: Το SLA του 2008 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

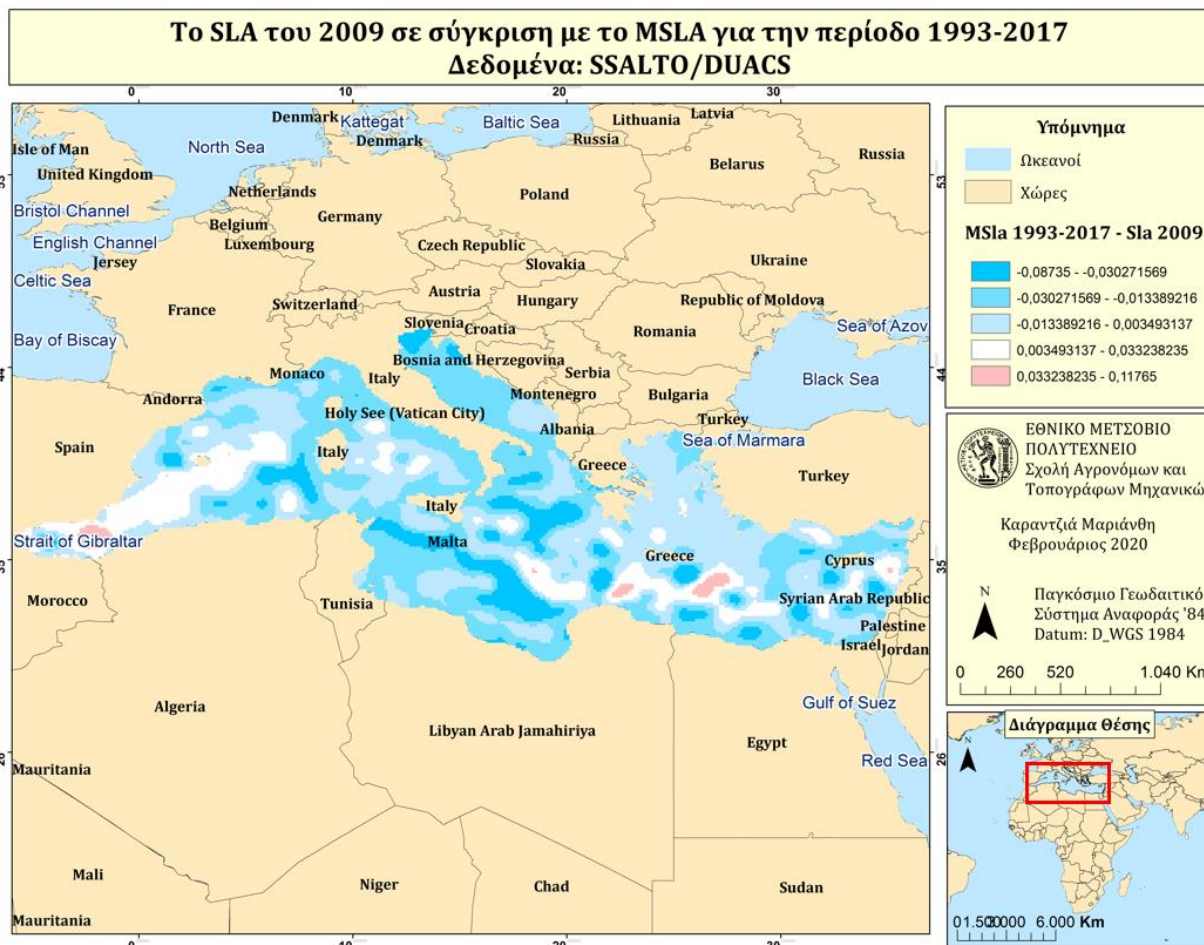


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2008

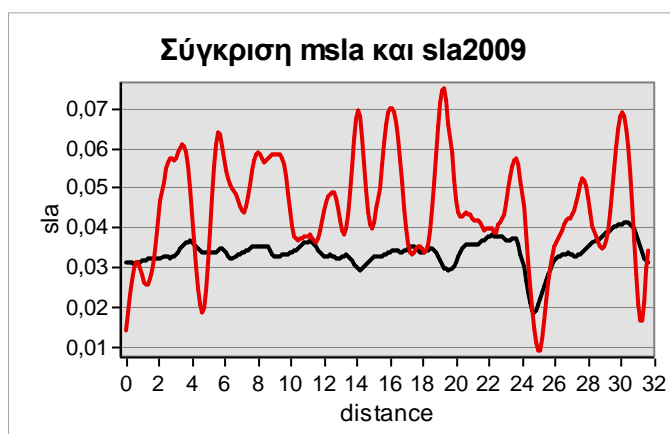
Από τον χάρτη σύγκρισης της ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για το έτος 2008, με την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας από το 1993 έως το 2017, παρατηρούμε ότι στο περισσότερο μέρος της Μεσογείου Θάλασσας η ανωμαλία της στάθμης της Θάλασσας του έτους, είναι μεγαλύτερη από την μέση Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Καθως το κυανό χρώμα υποδεικνύει τις περιοχές όπου η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας του 2008, είναι μεγαλύτερη από την μέση Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας. Ενώ το ερυθρό αναδεικνύει τις γεωγραφικές περιοχές όπου συμβαίνει το αντίθετο.

Σύμφωνα με το γράφημα τις σελίδος 165 που προέκυψε από την τομή που δημιουργήθηκε από βορειο-δυτικά προς νοτιο-ανατολικά στην περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρούμε ότι ως επί το πλείστον η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2008, είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Όμως υπάρχει μια περιοχή στη Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα, όπου το γενικό MSLA, ξεπερνά τις τιμές του SLA του έτους κατά 0,03 μέτρα περίπου.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα, της Αλτιμετρίας, του χάρτη σύγκρισης και του γραφήματος συμπεραίνουμε ότι το έτος 2008, ήταν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερο όσο αφορά την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας, από την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα 24 έτη που μελετήθηκαν.



Χάρτης 60: Το SLA του 2009 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



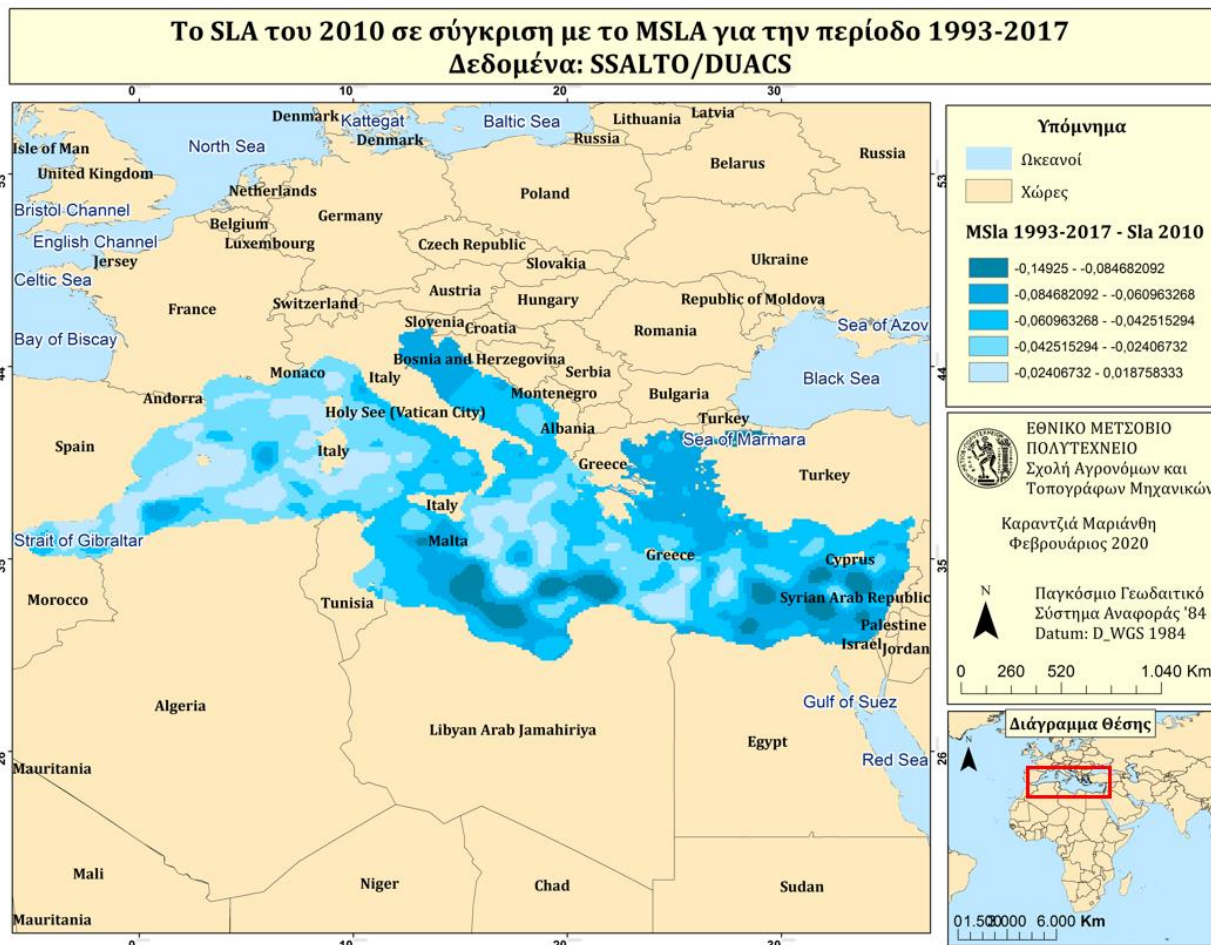
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2009

Στον παραπάνω χάρτη με ερυθρό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2009 (SLA). Ενώ με κυανό αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το MSLA είναι μικρότερο του SLA του 2009. Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας έχουν πολύ κοντινές τιμές.

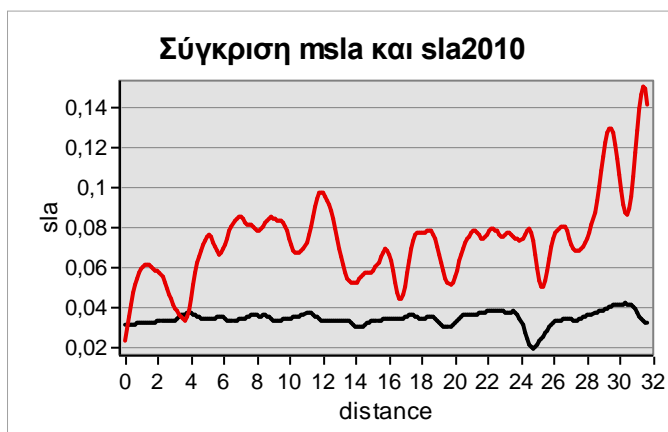
Σύμφωνα με τα παραπάνω, και σύμφωνα με το γράφημα που προκύπτει από την σύγκριση των δύο επιπέδων που δημιουργήθηκαν από τα δεδομένα αλτιμετρίας για την περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρούμε ότι την χρονιά 2009 οι περιοχές που παρουσίασαν μεγαλύτερη ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας, για τα έτη 1993 έως 2017, είναι κοντά στα στενά του Γιβραλτάρ, καθώς και μια μικρή περιοχή στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα.

Εώς επί το πλείστον παρατηρούμε ότι το γενικό MSLA, που δημιουργήθηκε από τις χρονιές 1993 έως 2017 είναι μικρότερο από το το sla του 2009 για το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας. Που μας αναδεικνύει ότι ήταν μια χρονιά με αύξηση της στάθμης της Θάλασσας.





Χάρτης 61: Το SLA του 2010 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

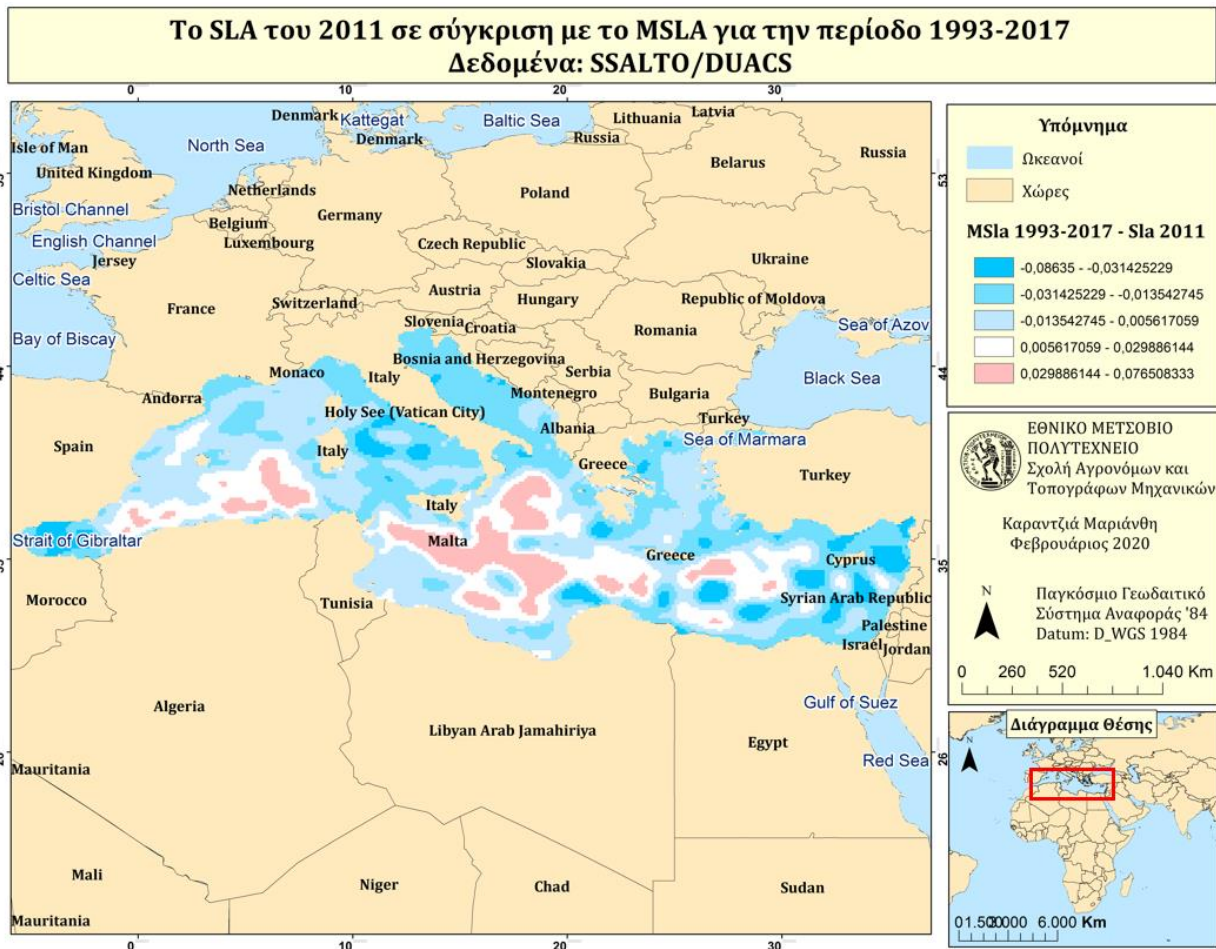


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2010

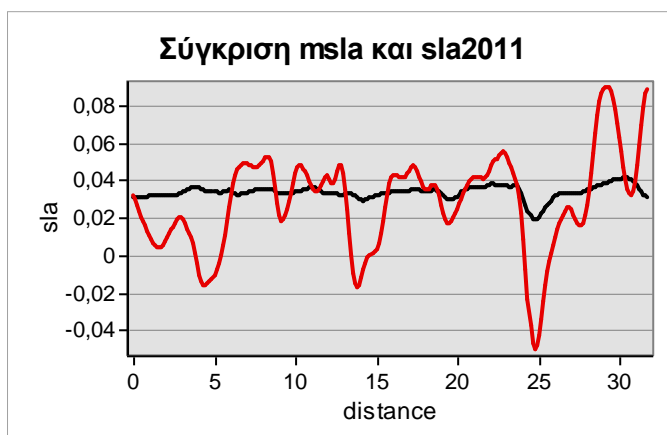
Από τον χάρτη σύγκρισης της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 2010 (SLA) παρατηρούμε ότι η απόκλιση των δύο επιπέδων κυμαίνεται από -0,14 έως 0,01 μέτρα. Παρατηρούμε ότι σε όλο το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, δεν ξεπερνά κατά πολύ την Ανωμαλία της θάλασσας του έτους. Με κυανό αναπαριστώνται οι περιοχές όπου ο δείκτης SLA του έτους 2010 είναι μεγαλύτερος από τον δείκτη msla για τα έτη 1993 έως 2017. Αυτές οι περιοχές εντοπίζονται σε όλο το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας.

Αναλύοντας το γράφημα που προέκυψε από την σύγκριση των Αλτιμετρικών δεδομένων των δύο επιπέδων, κατά μήκος της τομής που χαράχθηκε, παρατηρούμε ότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του έτους 2010 (SLA), είναι μεγαλύτερη της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA). Εκτός από μια μικρή περιοχή στη Δυτική Μεσόγειο, όπου συμβαίνει το αντίθετο. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση παρατηρείται σύμφωνα με το διάγραμμα στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, όπου το SLA της χρονιάς 2010, είναι περισσότερο από 0,14 μέτρα μεγαλύτερο από το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 στην συγκεκριμένη περιοχή.

Το έτος 2010, σύμφωνα με τα αλτιμετρικά δεδομένα, από την πολυ-αποστολή των δορυφόρων χαρακτηρίζεται από την αύξηση της Στάθμης της Θάλασσας. Καθώς συγκρίνοντας το έτος 2010, με την Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, διαπιστώθηκε ότι σε όλο το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας αυξήθηκε η Στάθμη της θάλασσας.



Χάρτης 62: Το SLA του 2011 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2011

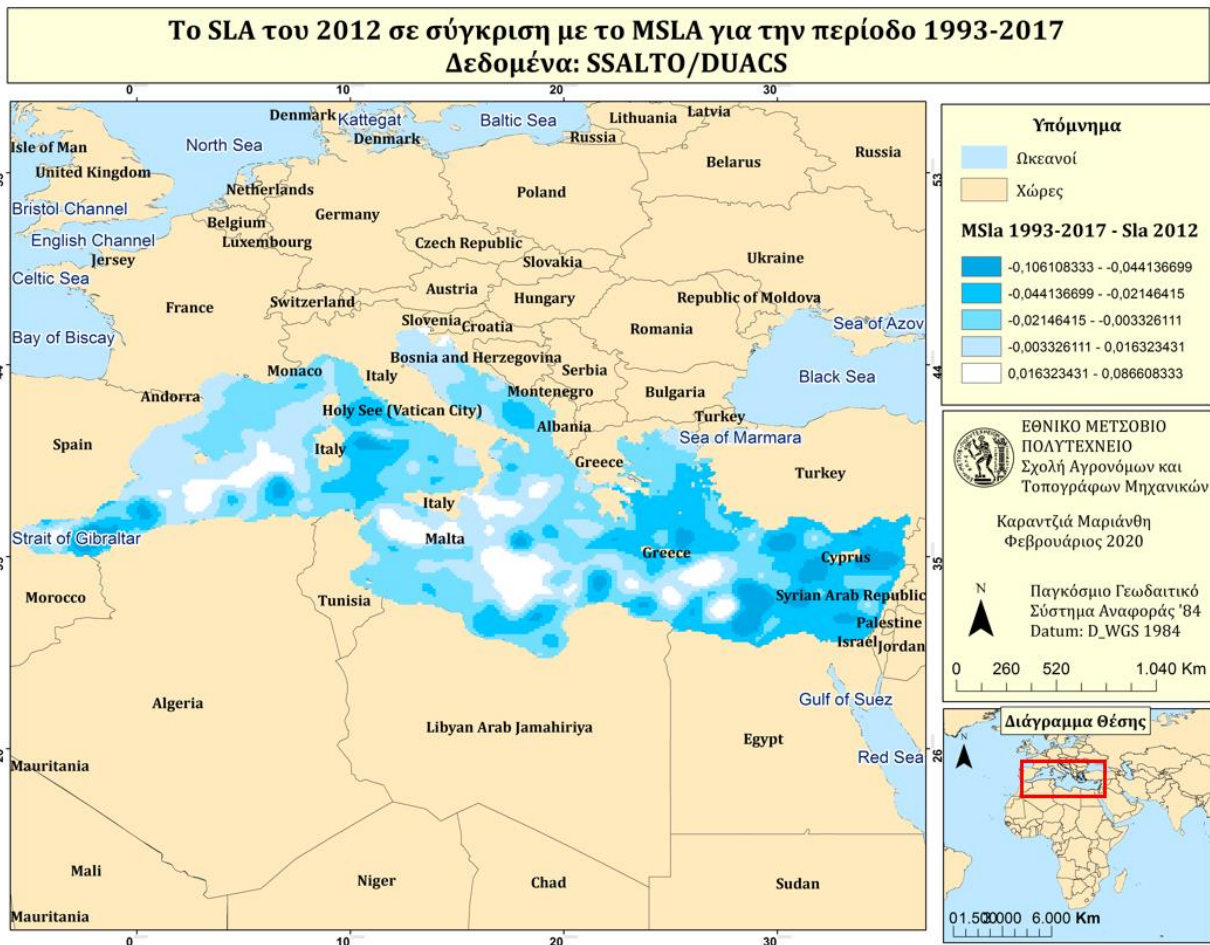
Συγκρίνοντας την Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 2011 με την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, για την περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας. Προκύπτει ότι, στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας το γενικό MSLA δεν ξεπερνά το SLA του έτους 2011. Υπάρχουν περιοχές όμως, όπως στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα αλλά και στην Δυτική Μεσόγειο Θάλασσα, όπου παρατηρείται ότι το MSLA των ετών 1993-2017 είναι μεγαλύτερο από το έτος 2011. Επίσης περιοχές όπου παρατηρείται ότι η ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας του έτους 1999 είναι αρκετά μεγαλύτερη από το γενικό MSLA, συγκεντρώνονται κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα. Αλλά και η πιο χαμηλή τιμή της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2011, καταγράφεται στην Ανατολική Μεσόγειο.

Γράφημα:

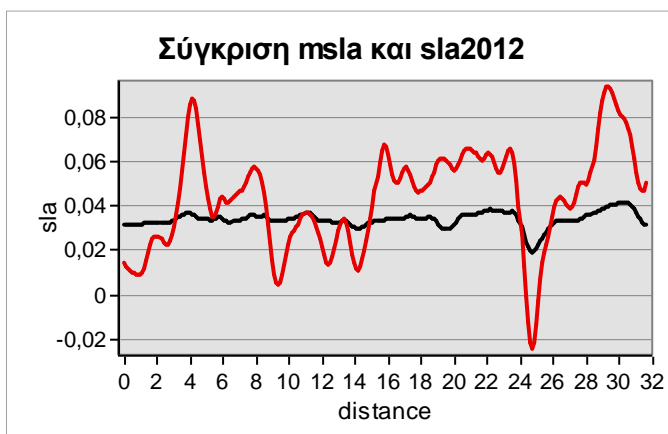
Κόκκινο: η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2011

Μαύρο: η Μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017

Από την χάραξη της τομής και την δημιουργία προφίλ, με διεύθυνση από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά της Μεσογείου Θάλασσας, στα δύο επίπεδα, προέκυψε ότι στο μεγαλύτερο εύρος της τομής, η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2011 είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Με την μεγαλύτερη (πάνω από 0,08 μέτρα) και την μικρότερη (-0,04 μέτρα) τιμή της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του 2011 να εντοπίζονται στο Ανατολικό κομμάτι της Μεσογείου Θάλασσας.



Χάρτης 63: Το SLA του 2012 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

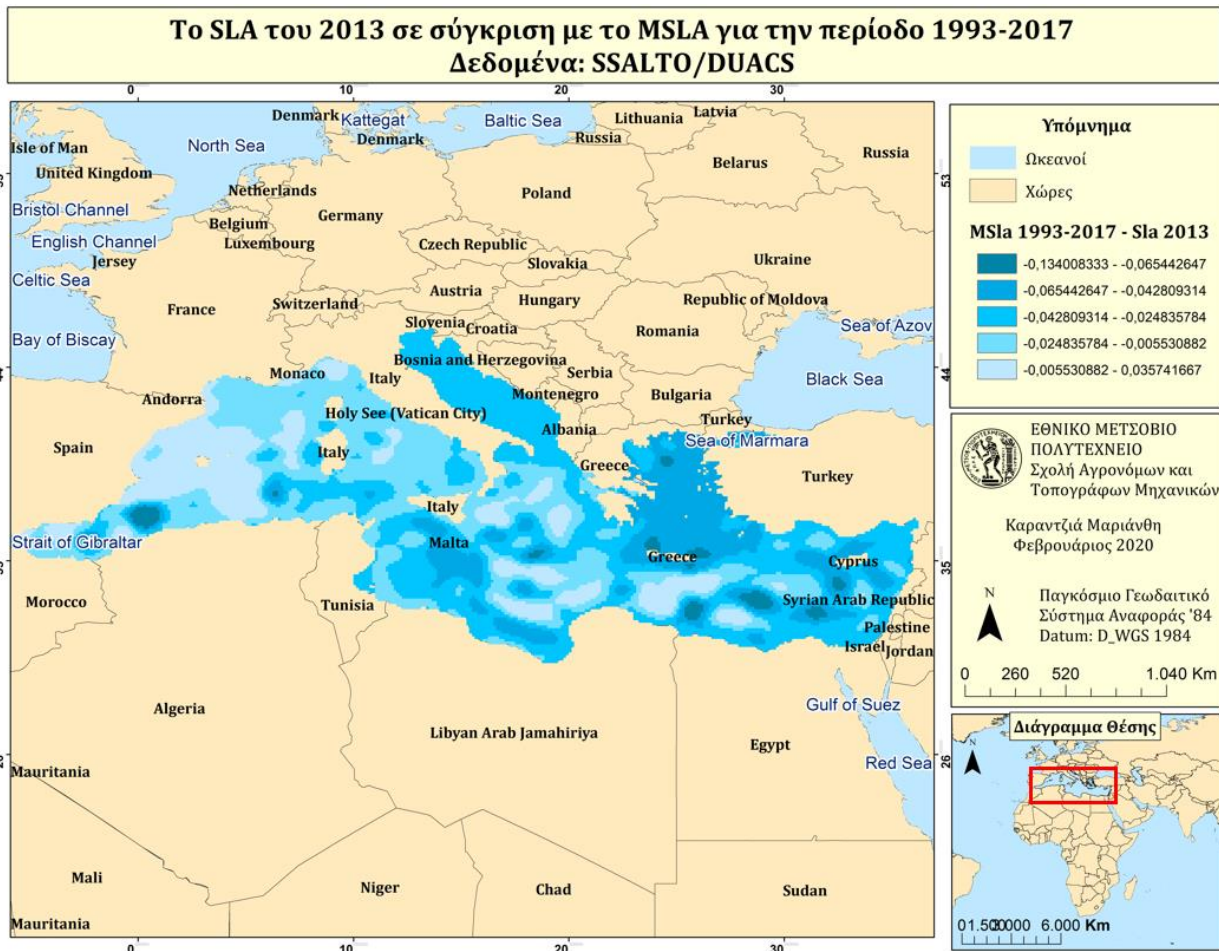


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2012

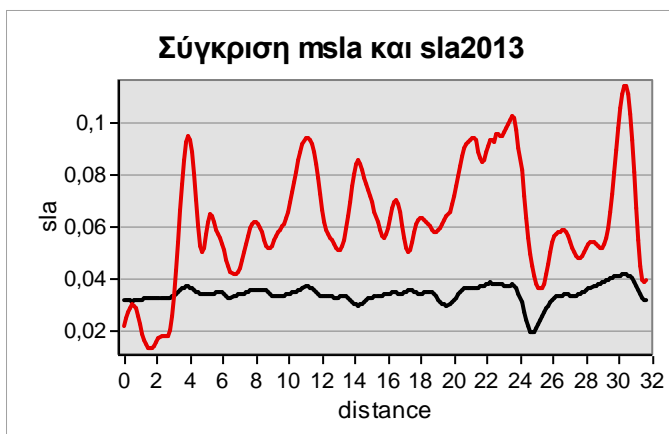
Από τον χάρτη σύγκρισης της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 2012 (SLA) παρατηρούμε ότι η απόκλιση των δύο επιπέδων κυμαίνεται από -0,10 έως 0,08 μέτρα. Παρατηρούμε ότι σε όλο το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, δεν ξεπερνά κατά πολύ την Ανωμαλία της θάλασσας του έτους. Με κυανό αναπαριστώνται οι περιοχές όπου ο δείκτης SLA του έτους 2012 είναι μεγαλύτερος από τον δείκτη msla για τα έτη 1993 έως 2017. Αυτές οι περιοχές εντοπίζονται κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και κοντά στο στενό του Γιβραλταρ. Ως επί το πλείστον, στην κεντρική Μεσόγειο, παρατηρείται ότι τα δύο επίπεδα είναι αρκετά κοντά το ένα στο άλλο.

Έπειτα δημιουργήθηκε γράφημα, σύμφωνα με την τομή που χαράχθηκε, κατά το μήκος των δύο επιπέδων. Της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, όπου αναπαριστάται με μαύρο χρώμα και της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2012, όπου αναπαρίσταται με ερυθρό χρώμα. Στο γράφημα ενώ παρατηρούμε ότι κατά κύριο λόγο το SLA του έτους είναι μεγαλύτερο από το γενικό MSLA, παρατηρούμε ότι υπάρχει μια περιοχή στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα αλλά και μια στην κεντρική δυτική, που η Ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 2012 είναι μικρότερη από την MSLA για τα έτη 1993 έως 2017.

Το έτος 2012, σε σύγκριση με τα έτη 1993 έως 2017, συνεχίζει να αποδεικνύει την ολοένα και θετική αύξηση της Στάθμης της Θάλασσας, σε όλο το εύρος της Μεσογείου θάλασσας.



Χάρτης 64: Το SLA του 2013 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2013

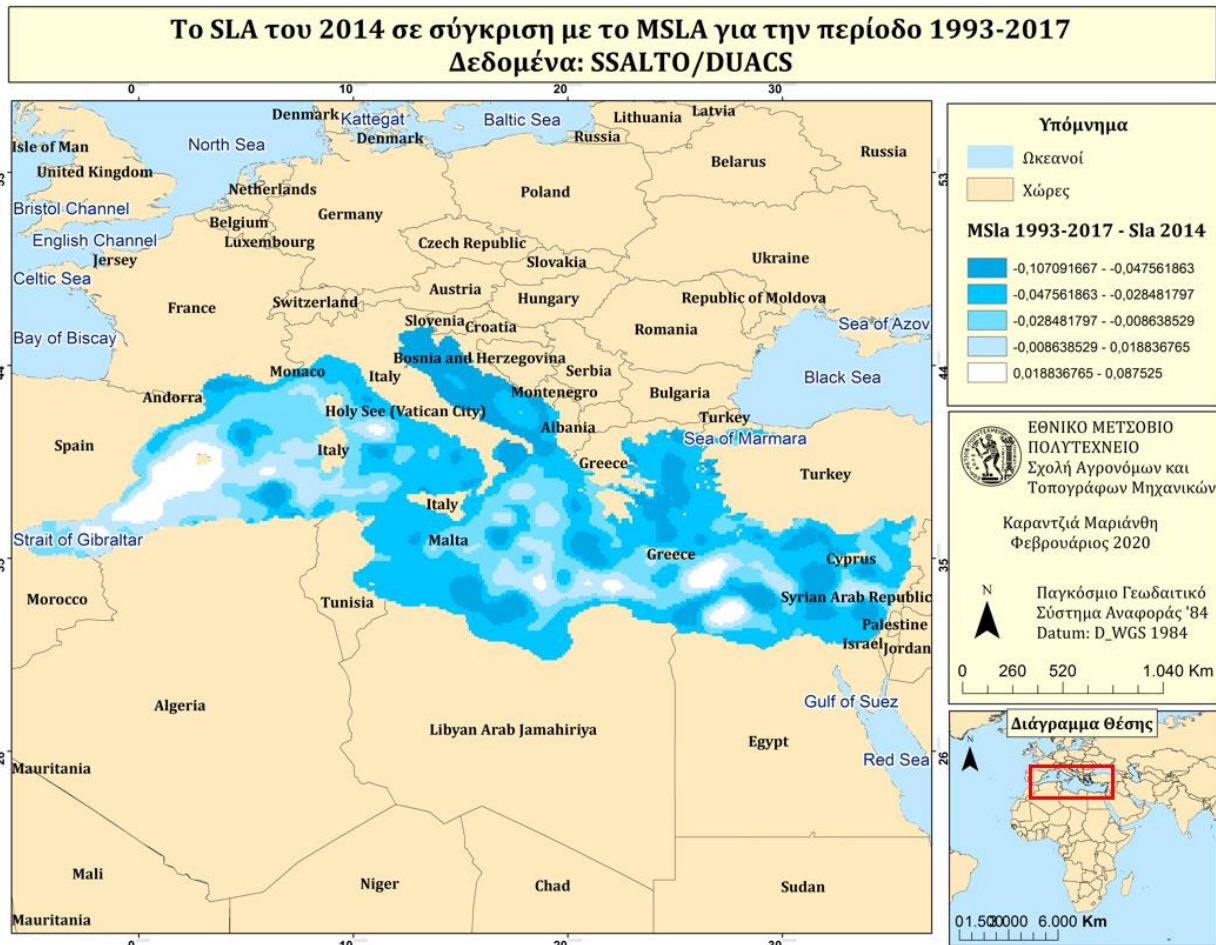
Με σκοπό την διεξαγωγή μερικών συμπερασμάτων σχετικά με την Στάθμη της Θάλασσας, κατά έτος πραγματοποιήθηκε σύγκριση της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2013, με την μέση ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Σύμφωνα με τον χάρτη η διαφορά τους κυμαίνεται από -0,13 έως 0,03 μέτρα.

Με αποχρώσεις του κυανού αναδεικνύονται οι περιοχές οι οποίες έχουν μεγαλύτερη την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2013, από την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Μεγαλύτερη διαφοροποίηση παρατηρείται στο Ανατολικό μέρος της Μεσογείου Θάλασσας, κάτι το οποίο διακρίνεται και στην τομή του προφίλ που πραγματοποιήθηκε από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά.

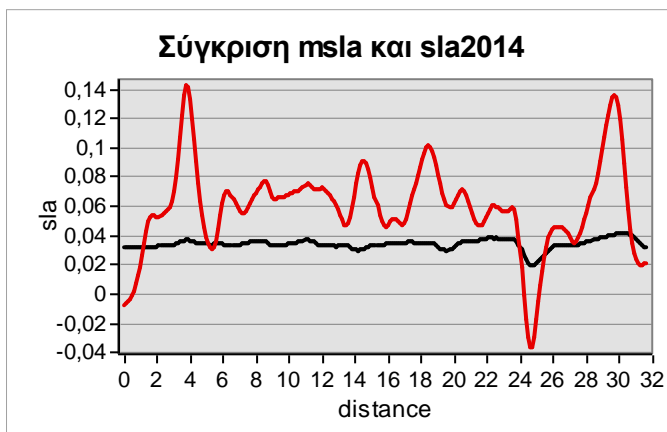
Οι περιοχές στις οποίες φαίνεται να προσεγγίζει η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2013, την μέση Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 εντοπίζονται κυρίως στο Δυτικό κομμάτι της Μεσογείου Θάλασσας.

Σύμφωνα με το στατιστικό διάγραμμα που πραγματοποιήθηκε, στο δυτικό μέρος της λεκάνης εντοπίζεται μια περιοχή όπου η μέση Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, είναι μεγαλύτερη από το SLA του έτους 2013. Όμως στο υπόλοιπο προφίλ η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2013, είναι μεγαλύτερη από το MSLA του 1993 έως 2017, με τιμές να αγγίζουν περισσότερο από 0,1 μέτρα.





Χάρτης 65: Το SLA του 2014 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

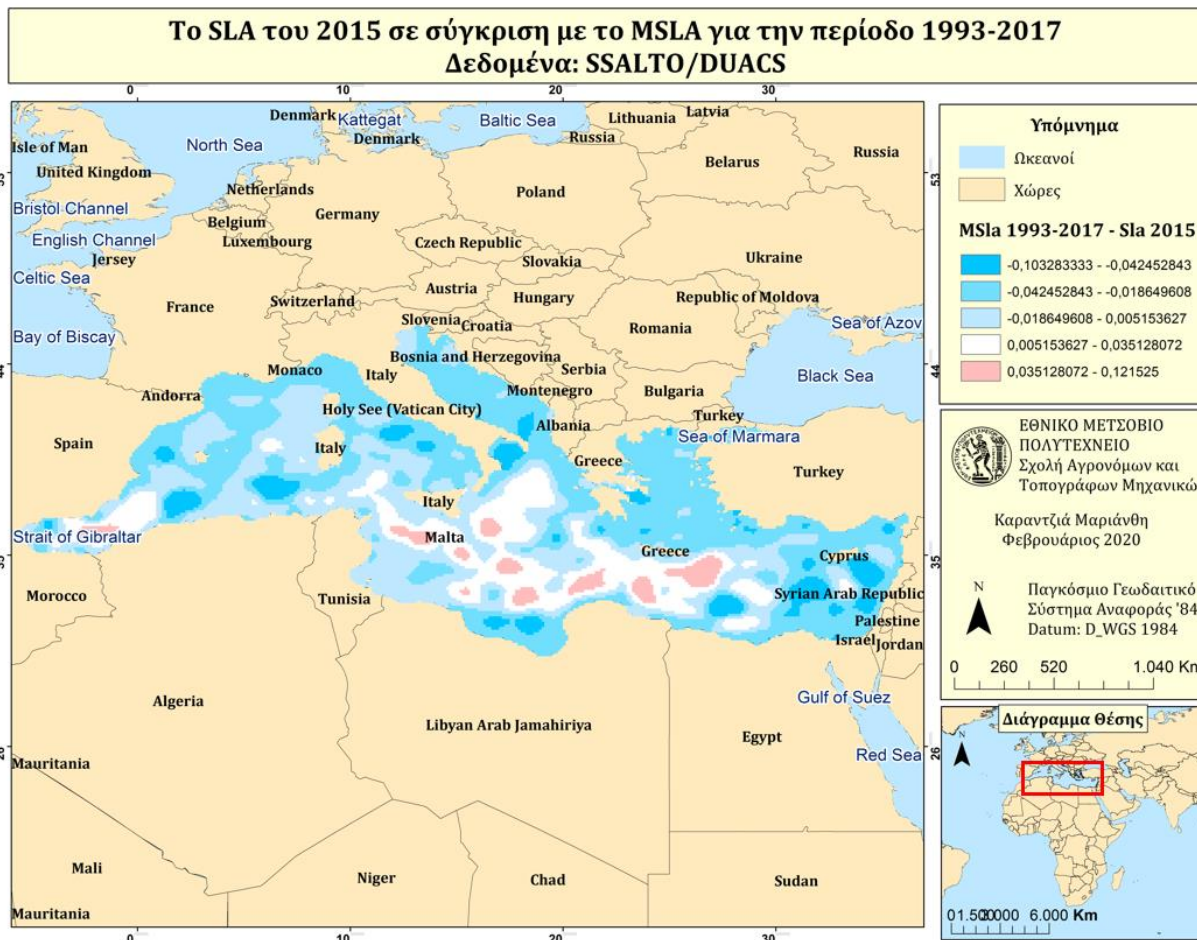


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2014

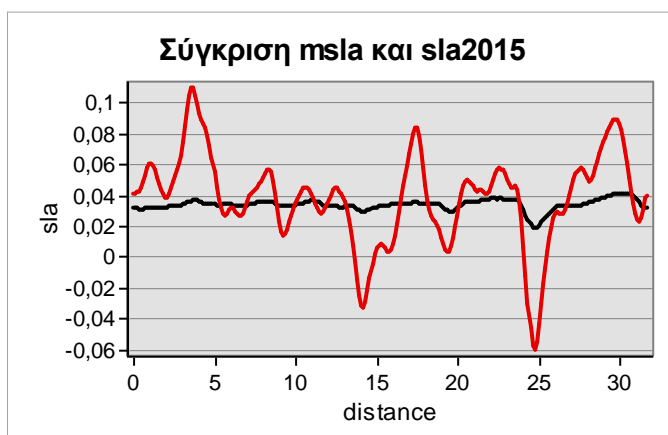
Στον παραπάνω χάρτη με κυανό χρώμα, αναδεικνύονται οι περιοχές, όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), είναι μικρότερη της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2014 (SLA). Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας παίρνουν πανομοιότυπες τιμές.

Παρατηρώντας τον χάρτη, αντιλαμβανόμαστε ότι το SLA του έτους 2014, είναι μεγαλύτερο του MSLA για τα έτη 1993 έως 2017. Οι μεγαλύτερη διαφοροποίηση, εμφανίζεται χωρικά Ανατολικά της Ιταλίας, στην Ανδριατική θάλασσα. Αλλά και σε μερικές περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου θάλασσας. Στην δυτική Μεσόγειο Θάλασσα φαίνεται, οι τιμές των δύο επιπέδων να είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους, με διαφορά της τάξης των περίπου 0,07 μέτρων.

Σύμφωνα με την ανάλυση του στατιστικού διαγράμματος, που προέκυψε από την δημιουργία των προφίλ, στο μεγαλύτερο εύρος της τομής η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2014, είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Με εξαίρεση δυο περιοχές, όπου η μια εντοπίζεται στο δυτικό κομμάτι της Μεσογείου θάλασσας και η άλλη σε ένα τμήμα της κεντρικο-ανατολικής Μεσογείου Θάλασσας.



Χάρτης 66: Το SLA του 2015 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS

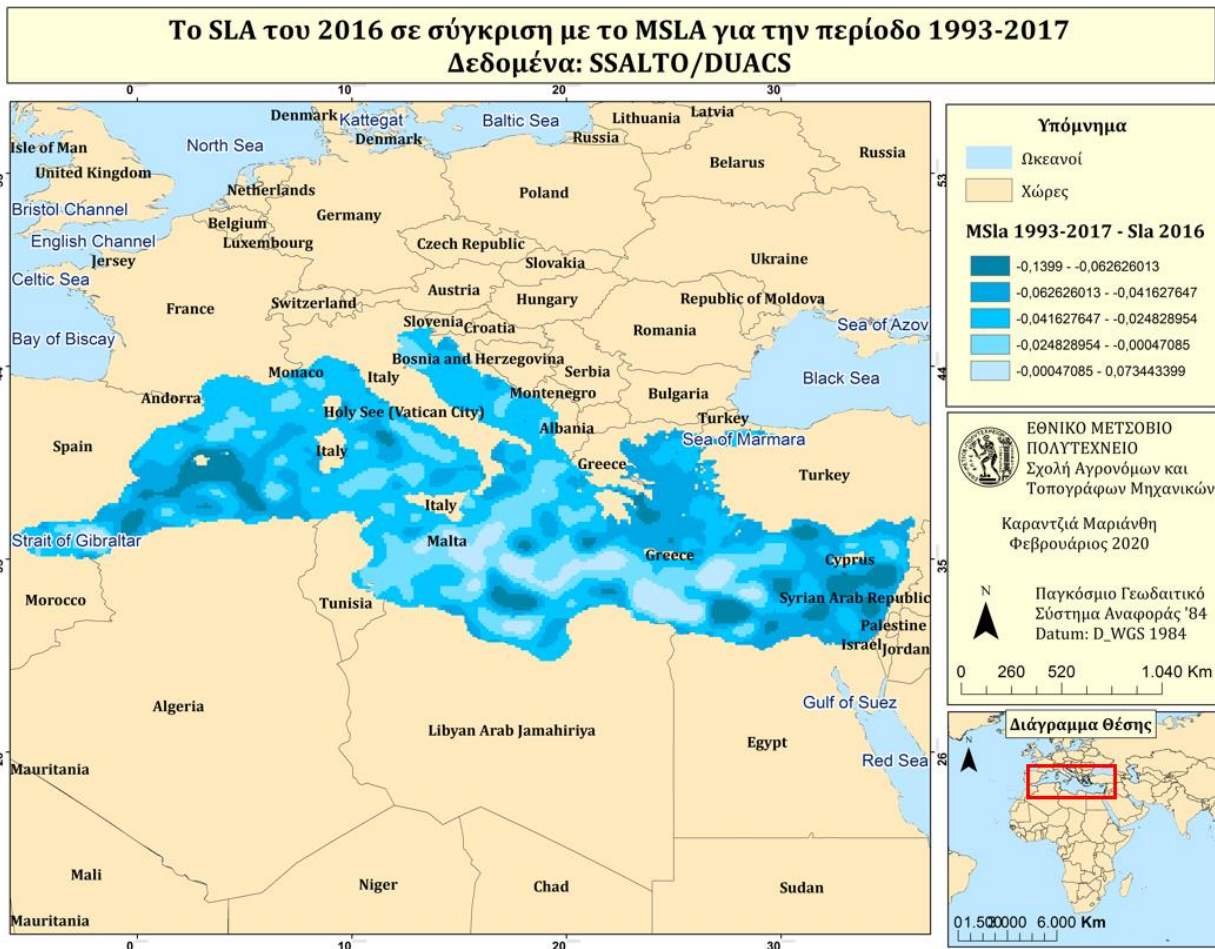


Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2015

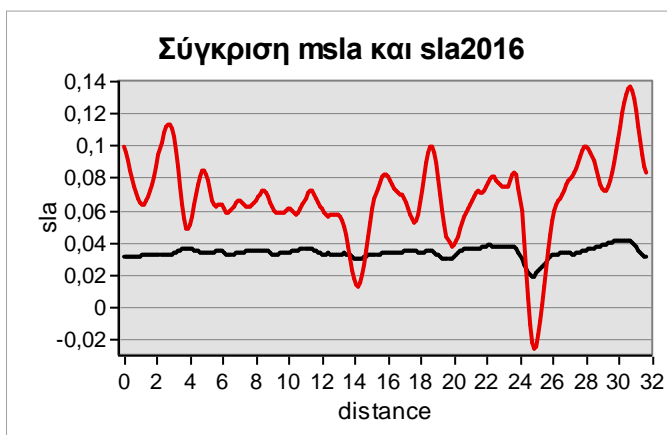
Στον παραπάνω χάρτη με ερυθρό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας από το 1993 έως το 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2015 (SLA). Ενώ με κυανό αναδεικνύονται οι περιοχές όπου το MSLA είναι μικρότερο του SLA του 2015. Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας έχουν πολύ κοντινές τιμές.

Σύμφωνα με τον χάρτη οι τιμές κυμαίνονται από -0,10 έως 0,12 μέτρα. Σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρούμε ότι οι τιμές των δύο επιπέδων είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους, καθώς στον χάρτη αναπαριστώνται με λευκό χρώμα. Οι περιοχές αυτές, εντοπίζονται κυρίως στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα. Στο μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου και εκατέρωθεν της λευκής ζώνης παρατηρούμε ότι κυρίως η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του έτους 2015, είναι μεγαλύτερη από τη ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως το 2017. Στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα, εντοπίζονται και περιοχές οι οποίες έχουν τιμές με μεγαλύτερο το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017, από το SLA για το έτος 2015.

Στο γράφημα σύγκρισης των δύο επιπέδων, που δημιουργήθηκε με την χάραξη προφίλ, παρατηρούμε ότι στην Δυτική και στην Ανατολική πλευρά της τομής είναι ξεκάθαρη η μεγιστοποίηση της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας του έτους. Ενώ, στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα δεν είναι ξεκάθαρη η υπερισχύει κάποιου από τα δύο επίπεδα.



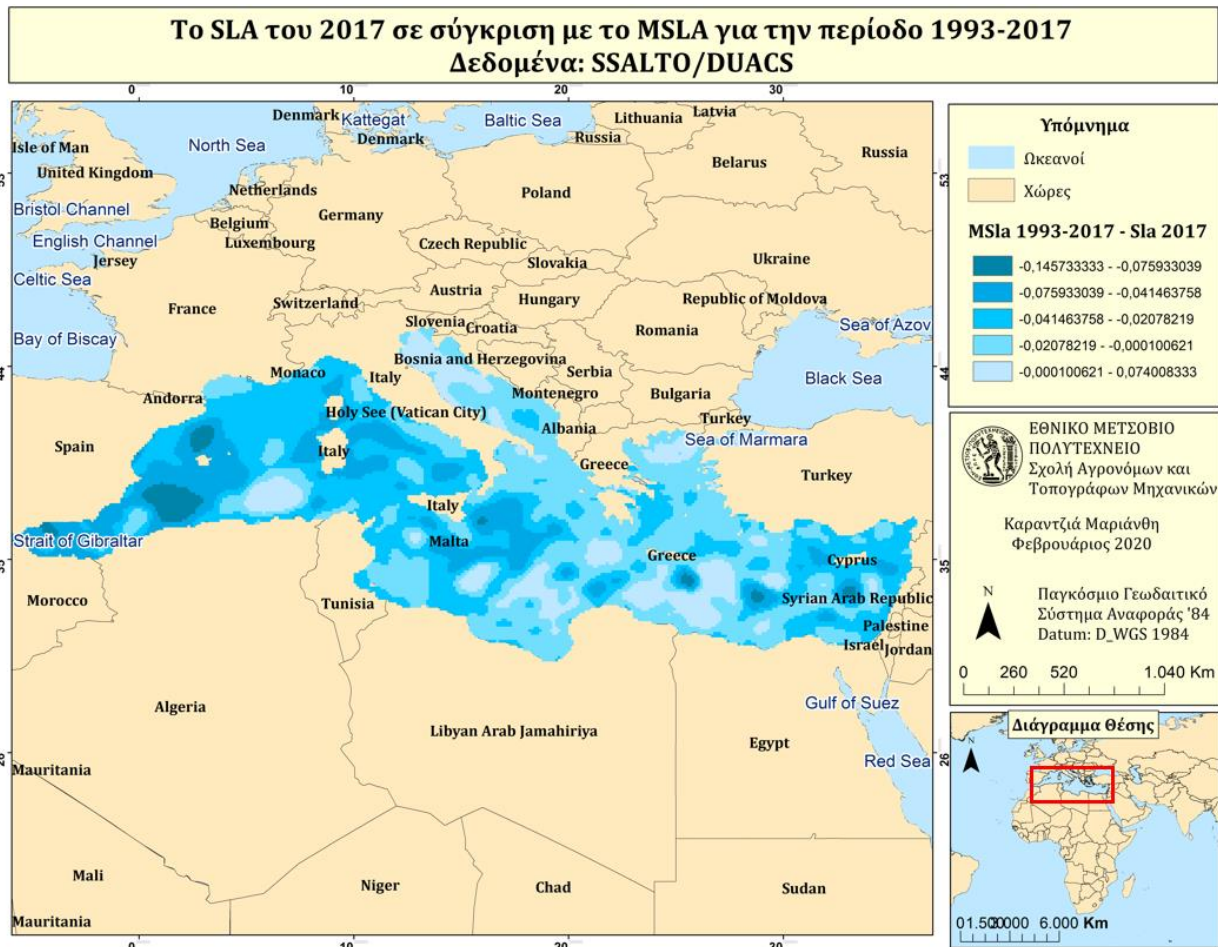
Χάρτης 67: Το SLA του 2016 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



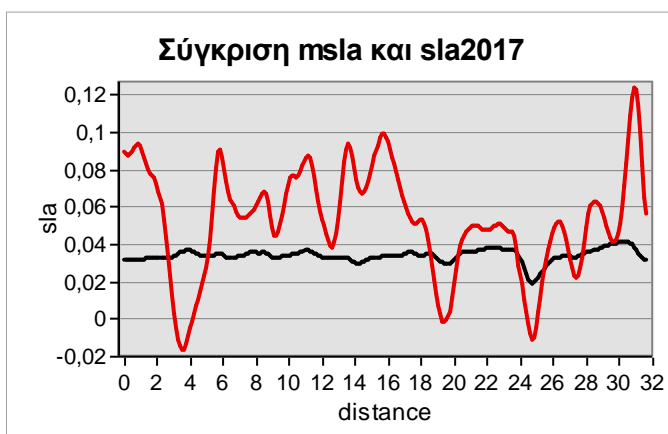
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017)  
με το SLA του έτους 2016

Από τον χάρτη σύγκρισης της μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του 2016 (SLA) παρατηρούμε ότι η απόκλιση των δύο επιπέδων κυμαίνεται από -0,13 έως 0,07 μέτρα. Παρατηρούμε ότι σε όλο το εύρος της Μεσογείου Θάλασσας η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, δεν ξεπερνά κατά πολύ την Ανωμαλία της θάλασσας του έτους. Αντιθέτως, φαίνεται η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για το έτος 2016, να ξεπερνά το SLA της 24ετίας, καθώς με κυανό αναπαριστώνται οι περιοχές όπου ο δείκτης SLA του έτους 2016, είναι μεγαλύτερος από τον δείκτη msla για τα έτη 1993 έως 2017. Αυτές οι περιοχές εντοπίζονται κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και κοντά στο στενό του Γιβραλτάρ. Ως επί το πλείστον, στην κεντρική Μεσόγειο, παρατηρείται ότι τα δύο επίπεδα είναι αρκετά κοντά το ένα στο άλλο.

Αναλύοντας το γράφημα που προέκυψε από την σύγκριση των Αλτιμετρικών δεδομένων των δύο επιπέδων, κατά μήκος της τομής που χαράχθηκε, παρατηρούμε ότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας του έτους 2016 (SLA), είναι μεγαλύτερη της Ανωμαλίας της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA). Εκτός από μια μικρή περιοχή στη Ανατολική Μεσόγειο, όπου συμβαίνει το αντίθετο. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση παρατηρείται σύμφωνα με το διάγραμμα στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, όπου το SLA της χρονιάς 2016, είναι περίπου από 0,14 μέτρα μεγαλύτερο από το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 στην συγκεκριμένη περιοχή.



Χάρτης 68: Το SLA του 2017 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: SSALTO/DUACS



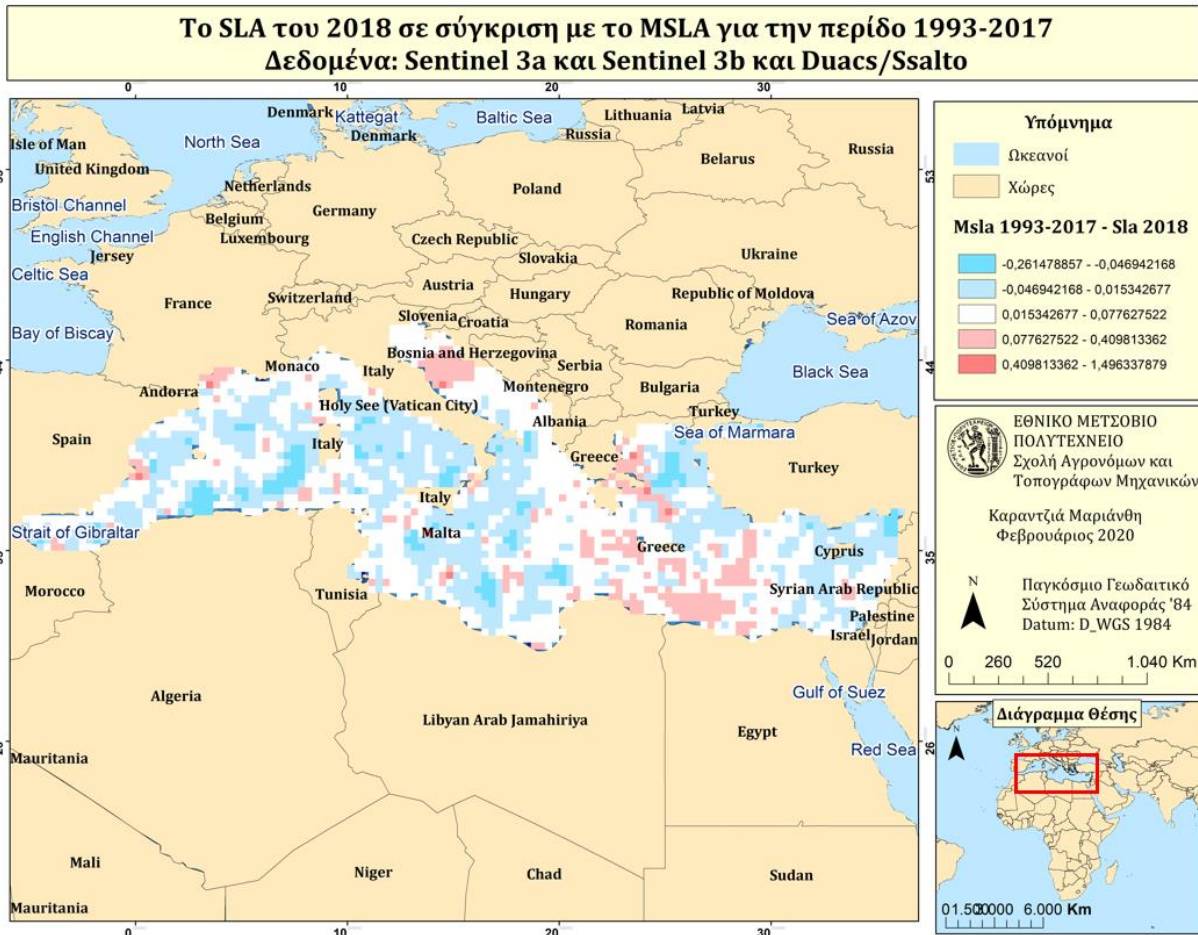
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2017

Με αποχρώσεις του μπλέ αναδεικνύονται οι περιοχές οι οποίες έχουν μεγαλύτερη την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2017, από την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017. Μεγαλύτερη διαφοροποίηση παρατηρείται στο δυτικό μέρος της Μεσογείου Θάλασσας, κάτι το οποίο διακρίνεται και στην τομή του προφίλ που πραγματοποιήθηκε από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά.

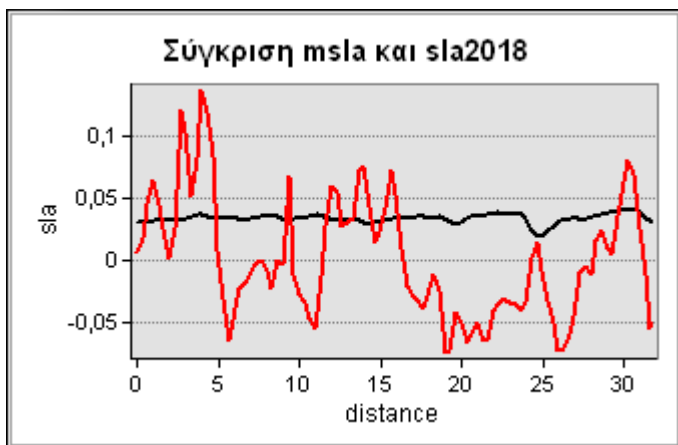
Ο χάρτης σύγκρισης των Ανωμαλιών της Στάθμης της Θάλασσας, για το έτος 2017, με τα έτη 1993-2017, μας δείχνει ότι οι περιοχές όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2017 είναι αρκετά μεγαλύτερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, συγκεντρώνονται στο Δυτικό μέρος της κλειστής Θάλασσας. Κατά κύριο λόγο όμως, οι Ανωμαλίες των δύο επιπέδων σύγκρισης παρουσιάζουν αρκετά κοντινές τιμές σύμφωνα με τον χάρτη.

Επιπρόσθετα, με την βοήθεια της δημιουργίας του προφίλ στα δύο επίπεδα προέκυψε το στατιστικό διάγραμμα, όπου με μαύρο χρώμα αναπαρίσταται η μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 σε μέτρα. Ενώ, με ερυθρό χρώμα αναπαρίσταται η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2017. Επομένως, σύμφωνα με το γράφημα, κυρίως το SLA του έτους 2017, ξεπερνά το γενικό MSLA. Όμως υπάρχουν και περιοχές όπου το MSLA, είναι μεγαλύτερο του SLA του έτους, αυτές οι περιοχές, εντοπίζονται στο δυτικό και στο κεντρικο-ανατολικό μέρος της τομής.





Χάρτης 69: Το SLA του 2018 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: Sentinel 3 και SSALTO/DUACS



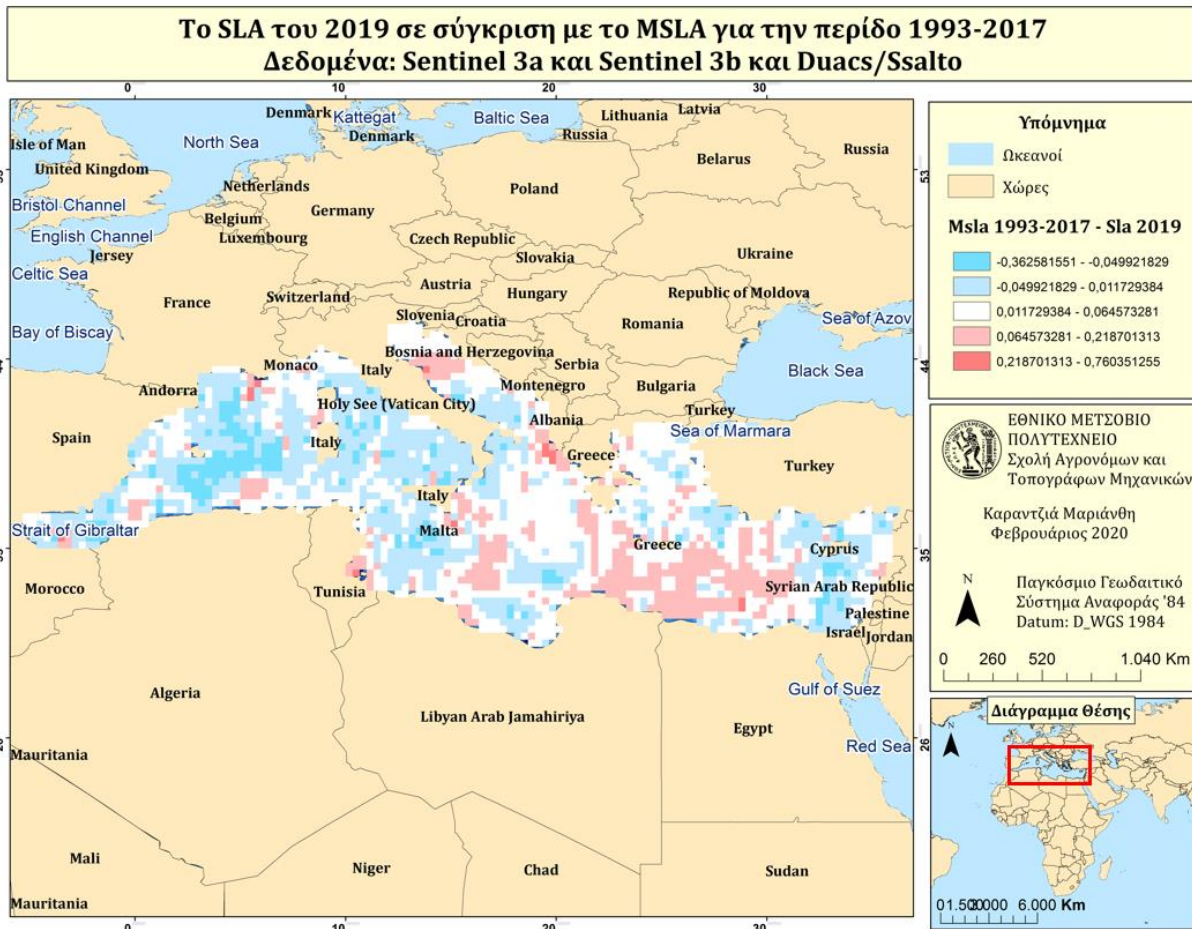
Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2018

Στην περίπτωση του έτους 2018, τα δεδομένα προήλθαν από τον δορυφόρο Sentinel 3, όμως τα συγκρίνουμε και πάλι με την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017, που προέκυψε από την συλλογή αλτιμετρικών δεδομένων διάφορων δορυφόρων (οι οποίοι αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5 (5.1)).

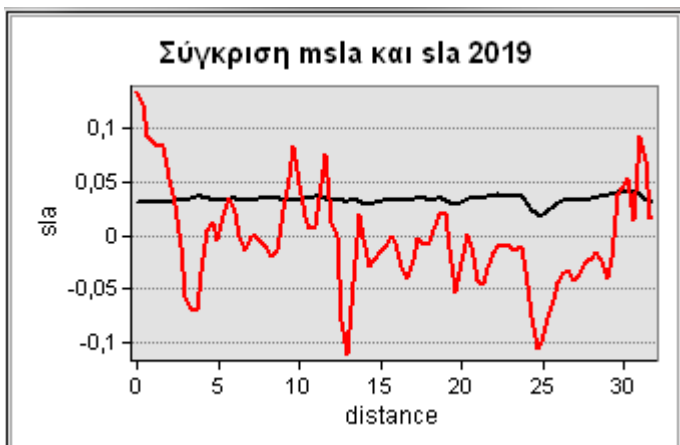
Στον χάρτη με ερυθρό χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες το MSLA για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 2018. Με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας συμφωνούν. Και τέλος με κυανό εμφανίζονται οι περιοχές όπου η μέση Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας (MSLA) για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μικρότερη από την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας του 2018. Οι τιμές διαφοροποίησης των δύο επιπέδων κυμαίνονται από -0,26 έως 1,49 μέτρα.

Σύμφωνα με τον χάρτη σύγκρισης, οι περιοχές όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 είναι μεγαλύτερη από την ανωμαλία της στάθμης της θάλασσας για το έτος 2018, συγκεντρώνονται στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, κυρίως στον ελλαδικό χώρο. Αντιθέτως στην δυτική και κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα παρατηρείται ότι το SLA του έτους, είναι μεγαλύτερο από το MSLA των ετών 1993 έως 2017.

Παρόμοια εικόνα έχουμε από το γράφημα, που προέκυψε με την δημιουργία ενός προφίλ για τα δύο επίπεδα. Στην Ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα και σε ένα μέρος του κεντρικο-δυτικού κομματιού της τομής, παρατηρείται ότι το MSLA είναι μεγαλύτερο από το SLA του έτους 2018. Δυτικά της Μεσογείου Θάλασσας, παρατηρείται και η μεγαλύτερη τιμή του SLA του 2018.



Χάρτης 70: Το SLA του 2019 σε σύγκριση με το MSLA για την χρονική περίοδο 1993 έως 2017. Δεδομένα: Sentinel 3 και SSALTO/DUACS



Γράφημα: Σύγκριση του MSLA (1993-2017) ,με το SLA του έτους 2019

Στον παραπάνω χάρτη με κυανό χρώμα, αναδεικνύονται οι περιοχές, όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), είναι μικρότερη της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2019 (SLA). Ακόμη με λευκό παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι δύο Ανωμαλίες της Στάθμης της Θάλασσας παίρνουν πανομοιότυπες τιμές. Ενώ με ερυθρό χρώμα αναδεικνύονται οι περιοχές, όπου η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), είναι μεγαλύτερη της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2019 (SLA).

Οι περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2019, συγκεντρώνονται κυρίως στο δυτικό μέρος της Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ οι περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη την μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 εντοπίζονται κυρίως στο Ανατολικό κομμάτι της Μεσογείου θάλασσας.

Από το γράφημα που προέκυψε με την δημιουργία προφίλ, με διεύθυνση από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά, παρατηρούμε ότι το SLA του 2019 παρουσιάζει μεγάλες τιμές στα δύο άκρα, Δυτικά και Ανατολικά της Μεσογείου Θάλασσας. Ενώ, στην κεντρική Μεσόγειο Θάλασσα, από όπου διαπερνά η τομή, κυρίως το MSLA των ετών 1993 έως 2017 έχει μεγαλύτερες τιμές από το SLA του έτους 2019.

Τα έτη 2018 και 2019 λόγω διαφορετικής πηγής, παρουσίασαν μια μερικώς διαφορετική εικόνα για την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας, η οποία φαίνεται να επηρεάζεται ιδιαίτερα από την τεκτονικότητα της Ανατολικής Μεσογείου Θάλασσας.

### 5.3 Σχεδιασμός και υλοποίηση της εφαρμογής:

Σκοπός της εφαρμογής, είναι ο σχεδιασμός της ώστε τα αποτελέσματα που δημιουργήθηκαν, να είναι προσβάσιμα από οποιαδήποτε συσκευή με δυνατότητα περιήγησης στο διαδίκτυο, συμπεριλαμβανομένων των κινητών ή των tablets.

Επιπροσθέτως, τα WebGIS πλεονεκτούν ως τεχνολογία, για την δημιουργία της εφαρμογής, για τους εξής λόγους:

- Βοηθούν στην παγκόσμια ανταλλαγή γεωγραφικών δεδομένων, στη συγκεκριμένη περίπτωση αλτιμετρικών γεωχωρικών πληροφοριών.
- Ευρεία διαθεσιμότητα: από όλων των ειδών τους χρήστες, ακόμη και χωρίς την εξειδίκευση στον τομέα της Αλτιμετρίας ή των ΣΓΠ.
- Μεγάλη χρηστικότητα ως εφαρμογή, καθώς όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι δυνατή η χρήση της, από οποιοδήποτε πρόγραμμα περιήγησης στο Web.

Ξεκινώντας με την υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής, ακολουθήσαμε την αρχιτεκτονική πελάτη και εξυπηρετητή, που αξιοποιήθηκε από τα ανοιχτά ελεύθερα λογισμικά. Για την δημιουργία της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκαν δύο τρόποι κοινοποίησης και διαθεσιμότητας των αλτιμετρικών δεδομένων, για την περιοχή μελέτης, όπου θα αναλυθούν ο καθένας ξεχωριστά, σε επόμενα κεφάλαια.

Αρχικός σκοπός της εφαρμογής είναι η δημιουργία ενός διαδικτυακού λογισμικού εύκολου και φιλικού προς τον χρήστη, με στόχο την εύκολη πρόσβαση στα γεωχωρικά αλτιμετρικά προϊόντα, για την διαπίστωση πιθανών συμπερασμάτων σχετικών με την κλιματική αλλαγή, την συμπεριφορά της ωκεάνιας περιοχής της Μεσογείου Θάλασσας και την επιρροή της στις παράκτιες περιοχές της και γενικότερα στο κλίμα.

Αναγνωρίζοντας τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις για την δημιουργία του συγκεκριμένου web gis, για την παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της Θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής, ως εξυπηρετητής των γεωγραφικών δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό Quantum QGIS Server, στην έκδοση 2.18.20 (διατίθεται υπό τους όρους της αδειάς GNU GPL) και ο Geoserver στην έκδοση 2.15.2 (διαθέσιμη έκδοση από 28 Ιουνίου του 2019). Στόχος εξ αρχής,

ήταν η ανάπτυξη του συστήματος, με την χρησιμοποίηση λογισμικών ανοιχτού κώδικα (open source), και όχι εμπορικών.

Τα λογισμικά, που χρησιμοποιήθηκαν υποστηρίζουν όλα τα γνωστά πρότυπα και μορφότυπους αρχείων και είναι προσβάσιμα από όλα τα λειτουργικά συστήματα. Συγκεκριμένα η ανάπτυξη του λογισμικού του QGIS ξεκίνησε το 2002 από τον Gary Sherman και το 2007 υιοθετήθηκε από το Open Source Geospatial Foundation (Sonam, Rajam, 2014). Αντίστοιχα ο Geoserver, δημοσιεύει δεδομένα από οποιαδήποτε σημαντική πηγή χωρικών δεδομένων χρησιμοποιώντας ανοιχτά πρότυπα. Ο Geoserver δημιουργήθηκε χάρη στην The Open Planning Project. Η εφαρμογή έχει αναπτυχθεί σε Java, ενώ έχει χτισθεί πάνω στη βιβλιοθήκη GeoTools. Το λογισμικό GeoServer εφαρμόζει τα πρωτόκολλα Open Geospatial Consortium, συμπεριλαμβανομένων των Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS) και Web Map Tile Service (WMTS). Πρόσθετες επεκτάσεις είναι διαθέσιμες για την υπηρεσία καταλόγου (CSW) και την υπηρεσία επεξεργασίας ιστού (WPS).

Ακόμη, τα επιλεγμένα λογισμικά, είναι γραμμένα σε C++ και java και η συνδεσιμότητα τους με άλλες πλατφόρμες GIS (π.χ. GRASS), τους προσδίδει ισχυρές αναλυτικές δυνατότητες.

Επιγραμματικά, οι λόγοι που επέβαλλαν την χρήση των εν' λόγω λογισμικών Quantum QGIS Server, και Geoserver σχετίζονται με:

- την άμεση διαθεσιμότητα
- την διαρκή εξέλιξη τους
- το χρόνο διεκπεραίωσης της συγκεκριμένης εργασίας
- τις αυξημένες δυνατότητες και λειτουργίες τους
- την επιθυμία εκμάθησης των συγκεκριμένων λογισμικών
- την δυνατότητα τεχνικής υποστήριξης
- την ευκολία χρήσης της πλατφόρμας

#### 5.4 Καθορισμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος

Μετά από μια μικρή έρευνα, και λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες των ελεύθερων λογισμικών ανοιχτού κώδικα, επιλέχθηκαν τα ακόλουθα λογισμικά προς υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής:

- QGIS Desktop 2.18.20
- Geoserver 2.15.2
- QGIS server
- Open Layers

Στο πρώτο στάδιο, τα δεδομένα της Αλτιμετρίας για την Μεσόγειο Θάλασσα, όπου είναι αρχεία της μορφής NetCDF μετατρέπονται σε μορφή συμβατή με το GIS. Έπειτα οργανώνονται σε μια γεωχωρική βάση δεδομένων, για την περαιτέρω επεξεργασία.

Τα δεδομένα της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2019, επεξεργάζονται και κατηγοριοποιούνται, ανάλογα με την πηγή της δορυφορικής Αλτιμετρίας.

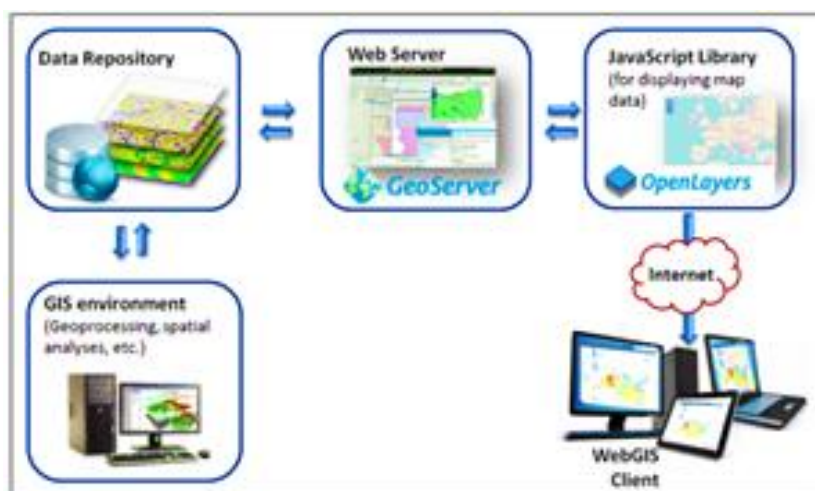
Ο Web Server, έχει την ιδιότητα να διαθέτει στο διαδίκτυο γεο-χωρικά προϊόντα (Spatial Data Infrastructure-SDI). Και στις δύο περιπτώσεις ο Web Server, που χρησιμοποιήθηκε, είναι υπεύθυνος για την οργάνωση, την διάθεση και την διαχείριση των γεωχωρικών πληροφοριών στο διαδίκτυο. Η βιβλιοθήκη, που χρησιμοποιήθηκε, για την πρόσβαση σε βασικά υπόβαθρα είναι η Open Layers και ως Web Viewer, χρησιμοποιήθηκε σαν διεπαφή το Διαδικτυακό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (WebGIS).

Αναλυτικότερα, η Open Layers είναι βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα (JavaScript) ή αλλιώς ένα framework (JavaScript/AJAX framework), που χρησιμοποιείται για να απεικονίζει διαδραστικούς χάρτες, σε προγράμματα περιήγησης στο διαδίκτυο. Το Open Layers, αποτελεί μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (API) που επιτρέπει την πρόσβαση σε διάφορες πηγές χαρτογραφικών πληροφοριών στο Διαδίκτυο, όπως πρωτόκολλα WFS (Web Feature Service), εμπορικούς χάρτες (π.χ. Google Maps), χάρτες από το έργο OpenStreetMap κλπ. Ως Framework, στοχεύει στον διαχωρισμό των χαρτογραφικών εργαλείων από τα δεδομένα, ούτως ώστε να λειτουργούν με σαφώς

ορισμένα πρότυπα (όπως π.χ. τα WMS, WFS κλπ.). Το πλεονέκτημα του είναι, ότι είναι ανοιχτό και ελεύθερο (GitHub, 2019).

Τέλος χρησιμοποιείται η διεπαφή WebGIS, από όπου ο χρήστης της εφαρμογής (όπου δεν είναι απαραίτητο να έχει συγκεκριμένες δεξιότητες σε σχέση με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών), μπορεί μέσω του προγράμματος περιήγησης στον Ιστό να έρθει σε επαφή με τους έτοιμους χάρτες από τα παραγόμενα προϊόντα. Όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η Ανωμαλία της Στάθμη της Θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα, για τα έτη 1993 έως 2019.

Ειδικότερα, για την απεικόνιση των αλιμετρικών δεδομένων που αναφέρθηκαν, αξιοποιείται το πρότυπο WMS, μέσω της προσέγγισης χάρτη-εξυπηρετητή, που επιτρέπει την παραγωγή διαδραστικών χαρτών των δεδομένων και την απάντηση σε πιθανά ερωτήματα σχετικά με το περιεχόμενο των χαρτών που δημιουργήθηκαν.



Εικόνα 5.4: Η αρχιτεκτονική του Συστήματος (Βασισμένο στο: DSS-Web GIS “Waves Energy”: SDI αρχιτεκτονική)



## 5.5 Σχετικά με την ροή εργασιών για την υλοποίηση της εφαρμογής:

Στο αρχικό στάδιο εισάγαμε τα αλτιμετρικά δεδομένα της μορφής NetCDF και τα μετατρέψαμε σε μια μορφή αναγνώσιμη από το λογισμικό QGIS. Έπειτα, προετοιμάσαμε τους χάρτες στο QGIS, όπως θα επιθυμούσαμε να εμφανίζονται σαν χάρτες στον Ιστό. Για παράδειγμα, δώσαμε τίτλο στο project, προετοιμάσαμε τα επίπεδα που επιθυμούσαμε, είτε είναι διανυσματικά είτε ψηφιδωτά με τις ιδιότητες που θέλαμε, ενώ κρύψαμε πιθανή πληροφορία που δεν θα θέλαμε να εμφανίζεται στον διαδραστικό μας χάρτη, μετατρέποντάς την σε κρυφή.

### Qgis2Web

Στην πρώτη περίπτωση η δημιουργία του Διαδικτυακού GIS, πραγματοποιήθηκε με την χρήση του εργαλείου qgis2web (πρώην qgis2leaf), της πλατφόρμας QGIS. Για την χρησιμοποίηση του εργαλείου, είναι απαραίτητη προηγουμένως η εγκατάσταση του. Η εγκατάσταση του εργαλείου είναι απλή:

Στο QGIS, επιλέγουμε Plugins > Manage and Install Plugins> qgis2web

Τρέξαμε την εντολή qgis2web, από το Web menu του QGIS. Βάλαμε τις παραμέτρους που επιθυμούσαμε και κάναμε προεπισκόπηση της δουλειάς μας. Εφόσον, ήμασταν ικανοποιημένοι συνεχίσαμε στην εκτέλεση.

### Η έξοδος της εφαρμογής

Εκτελώντας τον κώδικα με τα javascripts, τα δεδομένα μας μετατρέπονται σε GeoJSON files. Ο κώδικας της εφαρμογής επισυνάπτεται στο παράρτημα. Στον κώδικα που χρησιμοποιήθηκε αναγνωρίζουμε τα πεδία που αναφέρονται στην όψη του χάρτη, στην μετατροπή της εφαρμογής σε mobile application, στο στίλ που θα αποκτήσει ο χάρτης, στην εισαγωγή μετρικού συστήματος και στο πεδίο αναζήτησης.

### Περιορισμοί του εργαλείου QGIS2web:

Σημαντικό είναι να αναφερθούμε στους περιορισμούς που διέπουν το εργαλείο, που χρησιμοποιήθηκε. Τα QGIS, openlayers και leaflet έχουν διαφορετικές τεχνολογίες χαρτογράφησης. Αυτό σημαίνει ότι στην λειτουργικότητα τους διαφέρουν αισθητά. Παρόλα αυτά το qgis2web, βοηθάει στην εύκολη μετατροπή ενός QGIS project σε

HTML, Javascript και CSS για να δημιουργηθεί ένας δυναμικός χάρτης για το διαδίκτυο.

Ακόμη, το QGIS δίνει την δυνατότητα επιλογής openlayer ή leaflet. Οι δύο μέθοδοι έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, επομένως η επιλογή ανάμεσα τους εξαρτάται από τον χρήστη και το τελικό αποτέλεσμα που επιθυμεί.

Τέλος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα εφόσον επιθυμεί, να επεξεργαστεί τον κώδικα χειροκίνητα και να προσθέσει ότι δεν έχει το qgis2web. (Github, 2019)

### **Geoserver**

Στην δεύτερη περίπτωση, της δημιουργίας του Διαδικτυακού χάρτη, χρησιμοποιήσαμε το περιβάλλον εκτέλεσης εφαρμογών Java, Apache Tomcat στην έκδοση 9.0.22. Αφού πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των γεωχωρικών αλτιμετρικών δεδομένων μας, πραγματοποιήθηκε και μετατροπή τους σε GeoTiff (ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε επισυνάπτεται στο παράρτημα). Όστε να είναι αναγνώσιμα από τον Web Server, Geoserver. Αυτό ισχύει για τα ψηφιδωτά δεδομένα της γεωχωρικής μας βάσης. Τα διανυσματικά δεδομένα εισήχθησαν στον Web Server ως απλά Shapefiles. Επίσης εισήχθησαν έπειτα από μετατροπή τους σε SLD files, οι ιδιότητες του στυλ για το κάθε επίπεδο (ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε επισυνάπτεται στο παράρτημα).

#### Πηγές δεδομένων του Geoserver

Ο Geoserver μπορεί να διαβάσει και να δημοσιοποιήσει χωρικά δεδομένα από:

Vector μορφές χωρικών δεδομένων

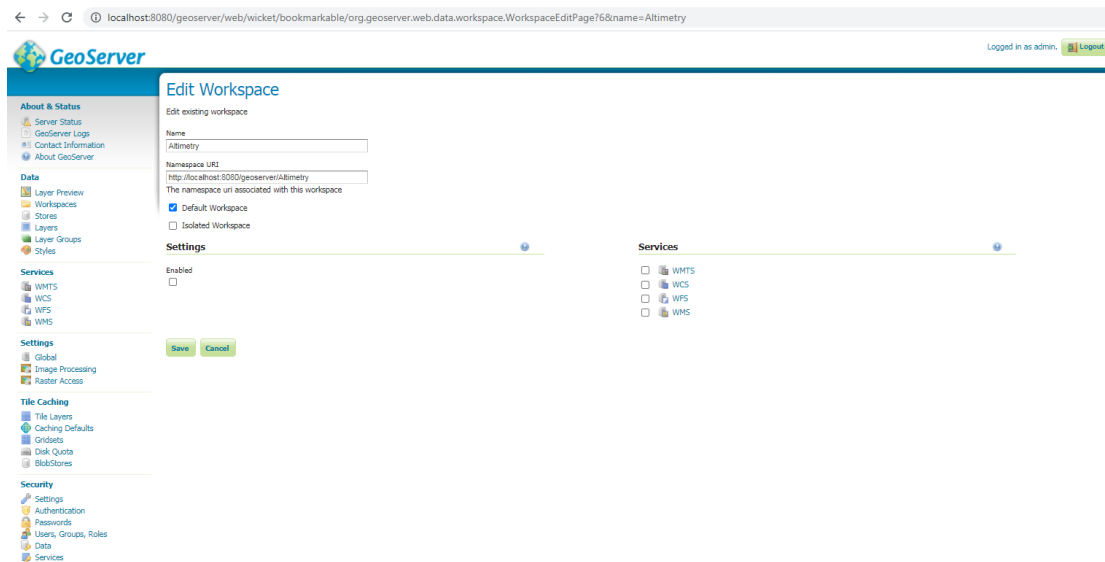
- Shapefiles
- PostGIS βάσεις δεδομένων
- Εξωτερικά WFS layers
- Java Properties files

Raster μορφές χωρικών δεδομένων

- ArcGrid
- GeoTIFF
- Gtopo30
- ImageMosaic

- WorldImage

Ξεκινάμε με την σύνδεση της χωρικής βάσης δεδομένων με την δημιουργία αρχικά ενός workspace στην πλατφόρμα Geoserver.



Εικόνα 5.5: Η δημιουργία Workspace στην σουίτα Geoserver

Έπειτα συνεχίζουμε με την δημιουργία των datastores, όπου επιλέγουμε ανάλογα με το είδος των δεδομένων μας, την κατάλληλη διεπαφή με τον Geoserver. Καθορίζουμε τις παραμέτρους και συμπληρώνουμε τα στοιχεία του επιπέδου που θα δημοσιοποιήσουμε. Καθώς ορίζουμε και την πηγή των δεδομένων.

## Add Raster Data Source

Description

GeoTIFF  
Tagged Image File Format with Geographic information

### Basic Store Info

Workspace \*

Altimetry

Data Source Name \*

msla\_sla1993

Description

msla\_sla1993

Enabled

### Connection Parameters

URL \*

D:\Users\User\Desktop\Altimetry\Data\GeoTiff

Browse...

Save Cancel

Εικόνα 5.6: Η δημιουργία των stores στον Geoserver

Εν συνεχεία, διαμορφώνονται οι ιδιότητες των επιπέδων που δημιουργήθηκαν.

### Style Editor - Altimetry:msla\_sla1993g

Edit the current style. The editor can provide syntax highlighting and automatic formatting. Click on the "validate" button to verify the style is a valid SLD document.

```
1 <?xml version="1.0" ?>
2 <slid:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld">
3   <slid:Layer>
4     <slid:FeatureConstraints/>
5     <slid:FeatureTypeConstraints/>
6     <slid:UserStyle>
7       <slid:Name>msla_sla1993g</slid:Name>
8       <slid:Title/>
9       <slid:FeatureTypeStyle>
10        <slid:Name/>
11        <slid:Rule>
12          <slid:RasterSymbolizer>
13            <slid:Geometry>
14              <ogc:PropertyName>grid</ogc:PropertyName>
15            </slid:Geometry>
16            <slid:Opacity></slid:Opacity>
17          </slid:RasterSymbolizer>
18          <slid:ColorMap>
19            <slid:ColorMapEntry color="#c70b6c" label="-0.0796" opacity="1.0" quantity="1.0" quantity="0.0796"/>
20            <slid:ColorMapEntry color="#8a0000" label="0.0210" opacity="1.0" quantity="1.0" quantity="0.0210"/>
21            <slid:ColorMapEntry color="#ffffff" label="0.0388" opacity="1.0" quantity="1.0" quantity="0.0388"/>
22            <slid:ColorMapEntry color="#f48e4e" label="0.0692" opacity="1.0" quantity="1.0" quantity="0.0692"/>
23            <slid:ColorMapEntry color="#d7191c" label="0.1387" opacity="1.0" quantity="1.0" quantity="0.1387"/>
24          </slid:ColorMap>
25        </slid:Rule>
26      </slid:UserStyle>
27    </slid:Layer>
28  </slid:StyledLayerDescriptor>
```

Εικόνα 5.7: Η διαμόρφωση των ιδιοτήτων των επιπέδων στον Geoserver

Στον Geoserver, η διαμόρφωση των ιδιοτήτων, περιγράφεται με τα SLDs (Styled Layer Descriptor), ένα πρότυπο κωδικοποίησης βασισμένο στην xml. Ο κώδικας ενός παραδείγματος από την διαμόρφωση του στλ ενός επιπέδου τύπου ψηφιδωτού, υπάρχει στο Παράρτημα. Ο χάρτης δημοσιοποιείται με την υπηρεσία WMS.

### Οι Έξοδοι του Geoserver

Ο Geoserver υποστηρίζει, διάφορες εξόδους των αποτελεσμάτων.

Στην συγκεκριμένη διαδικτυακή εφαρμογή, χρησιμοποιήθηκαν έξοδοι με την μορφή εικόνων. Χρησιμοποιώντας το αίτημα GetMap στην WMS. Όπου δεν είναι απαραίτητη χωρική αναφορά. Αυτού του είδους οι έξοδοι είναι της μορφής Openlayers, KML, Jpeg, Gif, Svg, Tiff, Png, Pdf κλπ.

Ένα παράδειγμα της εξόδου ενός ψηφιδωτού δεδομένου της εφαρμογής που δημιουργήθηκε, με την μορφή Openlayers είναι :

<http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=Altimetry%3Aarasterseasong&bbox=-6.0%2C30.0%2C37.0%2C46.0&width=768&height=330&srs=EPSG%3A4326&format=application/openlayers>

Ένα παράδειγμα της εξόδου ενός ψηφιδωτού δεδομένου της εφαρμογής που δημιουργήθηκε, με την μορφή Jpeg είναι :

<http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=Altimetry%3Asla1994g&bbox=-6.0%2C30.0%2C37.0%2C46.0&width=768&height=330&srs=EPSG%3A4326&format=image%2Fjpeg>

Ακόμη ο χρήστης της εφαρμογής έχει τη δυνατότητα να εξάγει τα δεδομένα υπό μορφή κειμένου. Αυτού του είδους οι εξόδοι είναι της μορφής AtomPub, GeoRss, GeoJson, και Csv.

Ένα παράδειγμα της εξόδου ενός ψηφιδωτού δεδομένου της εφαρμογής που δημιουργήθηκε, με την μορφή GeoRss είναι :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
-<rss          version="2.0"          xmlns:atom="http://www.w3.org/2005/Atom"
xmlns:georss="http://www.georss.org/georss">
  -<channel>
    <title>Altimetry:sla1994g</title>
    <description>null</description>
    -<link>
<![CDATA[http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms?service=wms&request=GetMap&version=1.1.1&format=rss&layers=Altimetry%3Asla1994g&styles=sla1994g&height=330&width=768&transparent=false&bbox=-6.0%2C30.0%2C37.0%2C46.0&srs=EPSG%3A4326]]>
    </link>
    <atom:link                                rel="self"
href="http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms?service=wms&request=GetMap
```

```

&version=1.1.1&format=rss&layers=Altimetry%3Asla1994g&styles=sla1994g&height=330&width=768&transparent=false&bbox=-6.0%2C30.0%2C37.0%2C46.0&srs=EPSG%3A4326"/>
  -<item>
    <title>fid--5560db19_174c076002f_-7fee</title>
    -<link>
<![CDATA[http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms/reflect?format=application%2Fatom%2Bxml&layers=null%3AGridCoverage&featureid=fid--5560db19_174c076002f_-7fee]]>
    </link>
    -<guid>
<![CDATA[http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms/reflect?format=application%2Fatom%2Bxml&layers=null%3AGridCoverage&featureid=fid--5560db19_174c076002f_-7fee]]>
    </guid>
    -<description>
<![CDATA[<h4>GridCoverage</h4> <ul class="textattributes"> <li><strong><span class="atr-name">grid</span>:</strong> <span class="atr-value">org.geoserver.catalog.CoverageDimensionCustomizerReader@7ba28834</span></li> <li><strong><span class="atr-name">params</span>:</strong> <span class="atr-value">[Lorg.opengis.parameter.GeneralParameterValue;@3caff27f</span></li></ul> ]]]>
    </description>
<georss:polygon>30.0 -6.0 30.0 37.0 46.0 37.0 46.0 -6.0 30.0 -6.0</georss:polygon>
  </item>
</channel>
</rss>

```

## **5.6 Περιγραφή των λειτουργιών-υπηρεσιών που πρόκειται να δημοσιευθούν**

Επιλέχθηκε ως σύστημα αναφοράς το WGS84, λόγω του ότι τα δεδομένα μας επεκτείνονται σε όλη την Μεσόγειο Θάλασσα. Σαν μελλοντική επιδίωξη θα μπορούσε να είναι η δημοσιοποίηση αλτιμετρικών δεδομένων και σε άλλες θάλασσες του πλανήτη με την βοήθεια ενός Webgis. Η μετατροπή των συντεταγμένων από το WGS84, σε κάποιο τοπικό σύστημα αναφοράς και στην προβολή που χρησιμοποιείται είναι σχετικά απλή διαδικασία.

Ελλειψοειδές αναφοράς: GRS '80

Χωρική βάση δεδομένων : Τα δεδομένα μας προήλθαν από την AVISO:

- Sentinel-3,
- X-track και
- Mediterranean Sea - Seasonal Mean and Climatology maps of Sea Level Anomalies

Τα διανυσματικά δεδομένα που δημοσιοποιήθηκαν στην εφαρμογή, αφορούν τις χώρες και τις θαλάσσιες περιοχές παγκοσμίως. Ενώ τα ψηφιδωτά δεδομένα, αναφέρονται στην Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA), για τα έτη 1993 έως 2017, που προέκυψαν από την συλλογή των δορυφορικών αλτιμετρικών δεδομένων, για την περιοχή της Μεσογείου θάλασσας.

Συγκεκριμένα τα επίπεδα που δημοσιοποιήθηκαν είναι τα εξής:

Διανυσματικά δεδομένα (Vector data):

TM\_WORLD\_BORDERS-0.3: Τα πολύγωνα των χωρών Παγκοσμίως

No\_mediterr\_sea: Τα πολύγωνα των Θαλασσών, εκτός από την Μεσόγειο Θάλασσα

Ψηφιδωτά δεδομένα (Raster data):

Rastercalc1993: Η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για το έτος 1993

Rastercalc1994: Η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για το έτος 1994

Rastercalc1995: Η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για το έτος 1995

Rastercalc1996: Η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για το έτος 1996

...

έως Rastercalc2017: Η Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για το έτος 1997

Rasterseason: Η Μέση Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (MSLA), για τα έτη 1993 έως 2017

Msla\_sla1993: Η σύγκριση της Μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA 1993-2017), με την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 1993 (SLA 1993)

Msla\_sla1994: Η σύγκριση της Μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA 1993-2017), με την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 1994 (SLA 1993)

Msla\_sla1995: Η σύγκριση της Μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA 1993-2017), με την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 1995 (SLA 1993)

...

έως Msla\_sla2017: Η σύγκριση της Μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA 1993-2017), με την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2017 (SLA 1993).



## 5.7 Παράδειγμα χρήσης της εφαρμογής/ Παρουσίαση εφαρμογής

### 1<sup>ος</sup> Τρόπος Qgis2Web

Αρχικά ο χρήστης-client μεταβαίνει στην διεύθυνση URL  
file:///D:/Users/User/Desktop/Altimetry/qgis2web/qgis2web\_2020\_09\_19-  
17\_40\_48\_371000/index.html  
της εφαρμογής.

Αμέσως μετά μεταβαίνει στο Framework client (QGIS web client) όπου περιλαμβάνει δημοσιευμένο το περιεχόμενο του εν λόγω αρχείου μέσα από τον προσωπικό φάκελο του χρήστη.

Εμφανίζεται ο τίτλος της εφαρμογής, ο οποίος είναι: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα». Το Framework client αποτελείται από μια λίστα επιπέδων. Οι οποία οπτικοποιεί τα διανυσματικά και ψηφιδωτά επίπεδα που περιγράφηκαν την προηγούμενη ενότητα.

Επίσης υπάρχει και ένα background layer, που είναι το OSM και είναι αποτέλεσμα ενός προκατασκευασμένου-tiled χάρτη. Στον οποίον επιτρέπεται η μεγένθυση και η σμίκρυνση και αποτελεί το χαρτογραφικό υπόβαθρο της εφαρμογής.

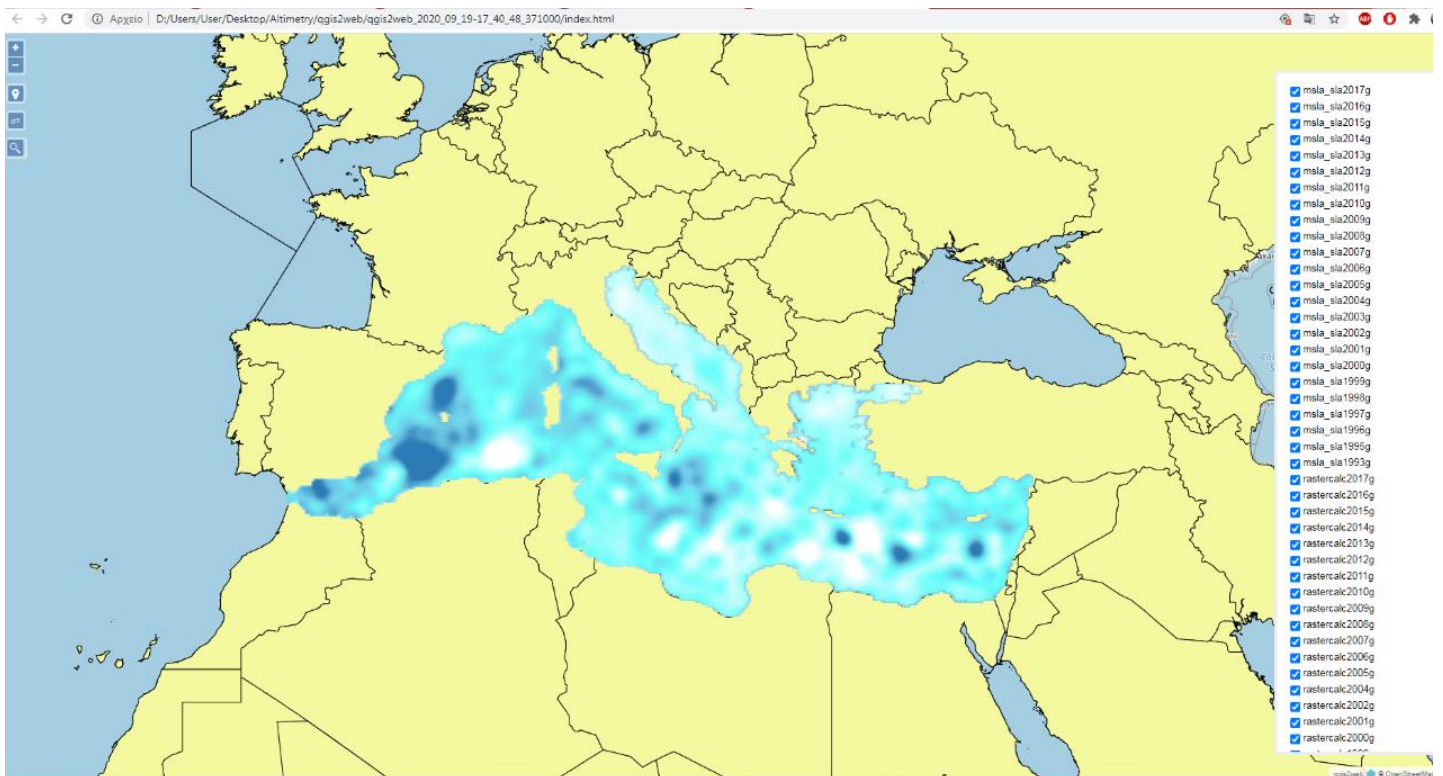
Ο χρήστης της εφαρμογής έχει την δυνατότητα να εμφανίζει και να εξαφανίζει οποιοδήποτε ψηφιδωτό επίπεδο επιθυμεί με την βοήθεια του interface point-and-click, όπου τρέχει σε όλα τα κοινά προγράμματα περιήγησης στο διαδίκτυο. Ακόμη υπάρχει η δυναμτητα, να εξαφανίσει ο χρήστης τα διανυσματικά επίπεδα για τις χώρες και τις θάλασσες και να χρησιμοποιήσει το επίπεδο openlayers OSM. Η επιλογή του βασικού επιπέδου υποβάθρου έγκειται στον εκάστοτε χρήστη.

Δηλαδή, μέσω της διεπαφής ο χρήστης της εφαρμογής μπορεί να μετακινεί, να μεγεθύνει τον διαδικτυακό χάρτη και να εμφανίζει τις πληροφορίες των διανυσματικών επιπέδων με την μορφή pop up παραθύρων.

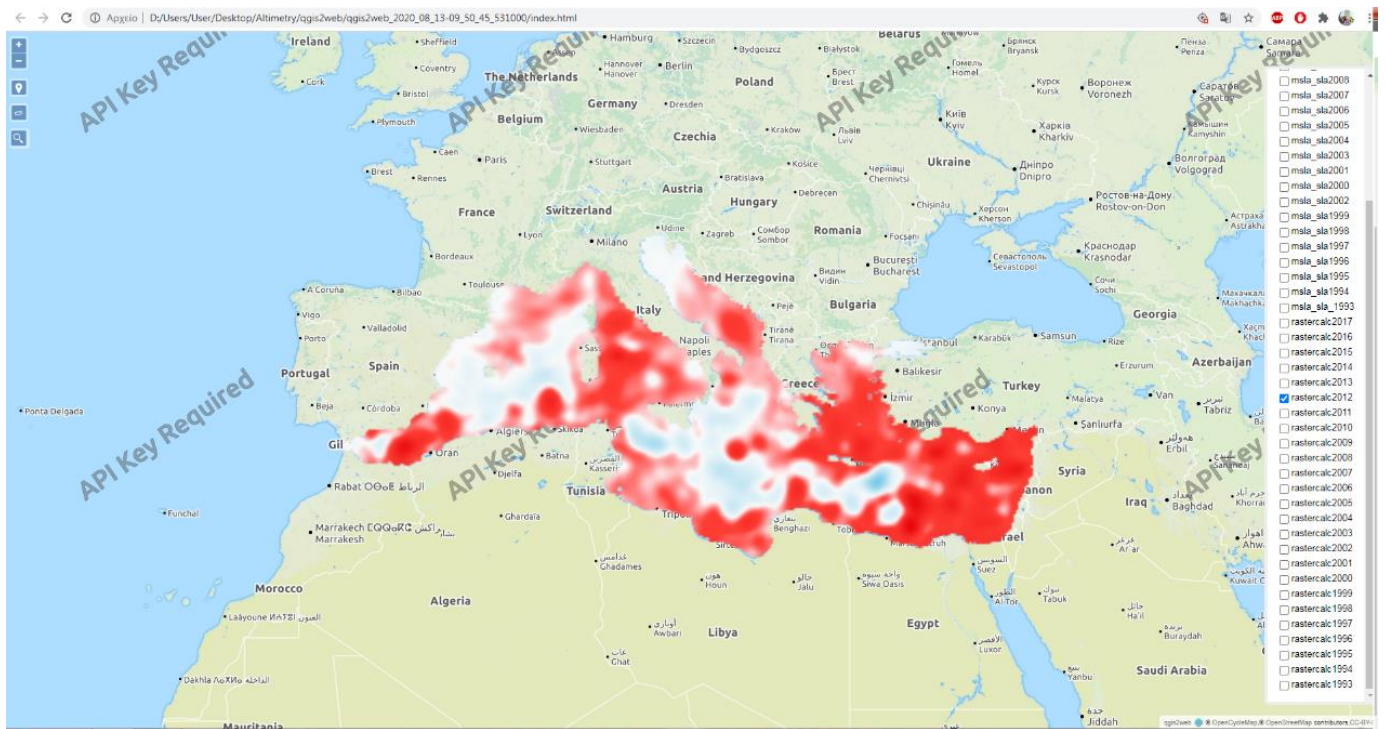
Φυσικά ο χρήστης, όπως προαναφέρθηκε, έχει την δυνατότητα να πραγματοποιεί σμίκρυνση και μεγάθυση του χάρτη. Με την βοήθεια του εργαλείου zoom in-zoom out ή την ροδέλα του ποντικιού του.

Ακόμη υπάρχει ένα εργαλείο μέτρησης της ευθείας απόστασης. Με το εργαλείο του χάρακα ο χρήστης μπορεί να μετρήσει την ευθεία απόσταση δύο σημείων.

Επίσης, μέσα στη πλατφόρμα ενσωματώθηκε και ένα μενού αναζήτησης, χάρη στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναζητεί το όνομα των επιπέδων που επιθυμεί να οπτικοποιήσει.



Εικόνα 5.8: Παράδειγμα της εφαρμογής: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα», με την οπτικοποίηση των διανυσματικών επιπέδων: χώρες και θάλασσες.



Εικόνα 5.9 : Παράδειγμα της εφαρμογής: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα», με την οπτικοποίηση του επιπέδου OSM από την βιβλιοθήκη Openlayers.

Για την οπτικοποίηση με την βοήθεια του επιπέδου OSM της βιβλιοθήκης Openlayers, απαιτείται η απόκτηση Api Key.

## 2<sup>ος</sup> Τρόπος Geoserver

Αρχικά ο χρήστης-client μεταβαίνει στην διεύθυνση URL:

<http://localhost:8080/geoserver/web/wicket/bookmarkable/org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage?8>

της εφαρμογής.

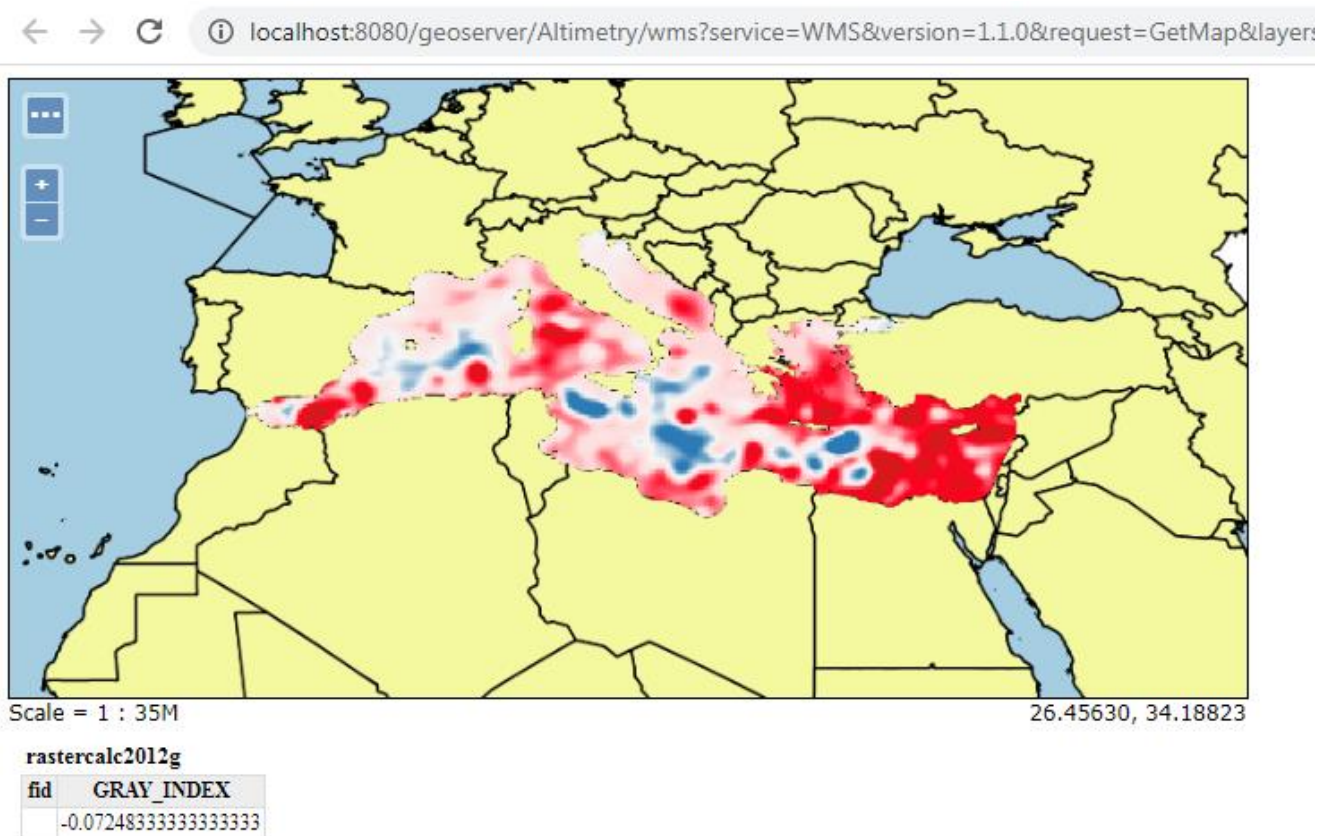
Για την είσοδο στην σελίδα που έχει δημιουργηθεί από Apache/Tomcat στον Geoserver, έχει γίνει δημιουργία και άλλου χρήστη, εκτός από του διαχειριστή. Έπειτα από την είσοδο στην σελίδα, ο χρήστης έχει πρόσβαση σε όλα τα διανυσματικά και ψηφιδωτά δεδομένα, που προέκυψαν έπειτα από την μελέτη της Ανωμαλίας της στάθμης της Θάλασσας, για τα έτη 1993 έως 2017.

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να οπτικοποιήσει ένα- ένα τα επίπεδα, είτε σε γκρουπ επιπέδων τα οποία έχουν ήδη δημιουργηθεί. Συγκεκριμένα, στο πρώτο γκρουπ με όνομα SLA\_1993\_2017 οπτικοποιούνται τα διανυσματικά δεδομένα των χωρών και των θαλασσών. Καθώς, και τα ψηφιδωτά δεδομένα για την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας (SLA) για κάθε έτος από το 1993 έως το 2017. Στο δεύτερο γκρουπ, με ονομασία MSLA\_1993\_2017 ο χρήστης έχει την ικανότητα, να οπτικοποιήσει τα επίπεδα σύγκρισης που έχουν δημιουργηθεί από την σύγκριση της Μέσης Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για τα έτη 1993 έως 2017 (MSLA), με την Ανωμαλία της Στάθμης της θάλασσας για κάθε έτος (SLA). Όπως και να οπτικοποιήσει τα διανυσματικά δεδομένα. Στο τρίτο γκρουπ με όνομα MSLA\_total ,ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημοσιοποιήσει όλα τα επιμέρους επίπεδα που δημιουργήθηκαν από την μελέτη της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας, καθώς και τα διανυσματικά δεδομένα.

Εάν ο χρήστης επιλέξει να οπτικοποιήσει τα δεδομένα με την μορφή Openlayers, έχει την δυνατότητα να μεγαλώσει ή να μικρύνει το παράθυρο όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα που έχει επιλέξει. Επίσης έχει την δυνατότητα να φιλτράρει με προεπιλογή, υπό την μορφή ενός CQL φίλτρου, όπου ελαχιστοποιεί την δημοσιοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων. Ακόμη εστιάζοντας στο παράθυρο των αποτελεσμάτων, ο χρήστης έχει την ιδιότητα να πραγματοποιήσει ενέργειες όπως το zoom-in και zoom-out στα αποτελέσματα της εφαρμογής, ώστε να επικεντρωθεί στην

περιοχή όπου επιθυμεί. Ακόμη ο πελάτης-client, με την μορφή click-point, ενεργοποιεί την πληροφορία κάθε επιπέδου στην περιοχή όπου επέλεξε. Για παράδειγμα στα διανυσματικά δεδομένα, λαμβάνει την πληροφορία για το όνομα της χώρας, όπου επέλεξε. Ενώ στα διανυσματικά δεδομένα, λαμβάνει την πληροφορία για την τιμή της Ανωμαλίας της στάθμης της Θάλασσας, για την περιοχή και το επίπεδο που επέλεξε.

Σε κάθε περίπτωση ο χρήστης μπορεί να εξάγει τα αποτελέσματα σε όλες τις μορφές εξόδων που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 5.10: Παράδειγμα της εφαρμογής: «Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος Θάλασσα», με την οπτικοποίηση των διανυσματικών επιπέδων: χώρες και θάλασσες, καθώς και το επίπεδο της Στάθμης της Θάλασσας για το έτος 2012.

## **6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Συμπεράσματα**

Δυο βασικά ερωτήματα τα οποία βοηθάει η συγκεκριμένη εργασία, τους χρήστες της εφαρμογής να απαντήσουν είναι τα εξής: «Το ύψος της Στάθμης της Θάλασσας αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου;» Και «Ποια είναι η επίπτωση στις παράκτιες περιοχές, της Μεσογείου από την αλλαγή της Στάθμης της Θάλασσας;». Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε και δημοσιοποιήθηκε η μελέτη της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας για την Μεσόγειο Θάλασσα, την χρονική περίοδο 1993 έως 2019.

Από την μελέτη των συνεργατικών αποστολών των Αλτιμετρικών Δορυφόρων, προκύπτει η ολοένα και γρηγορότερη τήξη των πάγων, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η επιρροή από το λιώσιμο των πάγων είναι εμφανής ακόμη και στην μελέτη μιας σχετικά κλειστής θάλασσας, όπως είναι η Μεσόγειος Θάλασσα. Ιδιαίτερα, διακρίνεται στον δείκτη της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας, ο οποίος υπολογίζεται από την Μέση Στάθμη της Θάλασσας. Η αύξηση της Στάθμης της Θάλασσας, έχει άμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον, αλλά και στον άνθρωπο. Επομένως, καθίσταται απαραίτητη η μελέτη, η διαχείριση και η πρόληψη των επιπτώσεων της αλλαγής της Στάθμης της Θάλασσας.

Άλλος ένας κυρίαρχος λόγος της αλλαγής της Στάθμης της Θάλασσας στην Μεσόγειο Θάλασσα, πέραν από το λιώσιμο των πάγων, είναι η καθίζηση της υποθαλάσσιας τάφρου όπου επηρεάζει την Ιταλία, την Αδριατική θάλασσα, το μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας και της Τουρκίας, όπου είναι περιοχές που κινδυνεύουν από πλημμύρες λόγω της σχετικής αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Ακόμη παρατηρούνται, ανυψώσεις της υποθαλάσσιας τάφρου όπου εντοπίζεται κυρίως στην νοτιοδυτική Ιταλία και Νότια Ελλάδα. Όμως παρουσιάζεται και σταθερότητα της υποθαλάσσιας δραστηριότητας κυρίως βορειοδυτικά και κεντρικά της περιοχής της Δυτικής Μεσογείου.

Αυξημένες τάσεις παρουσιάζονται επίσης στις παράκτιες κυρίως περιοχές, οι οποίες μπορούν να επηρεαστούν από ακραία γεγονότα, όπως επαναλαμβανόμενες μεγάλες καταιγίδες και πολλά, αλλά απρόβλεπτα μικρά τσουνάμι που προκαλούνται από την υψηλή σεισμικότητα των τμημάτων των λεκανών.

Ένας τρόπος για να επιτευχθεί η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών φαινομένων, είναι η τηλεπισκόπηση, που συνάδει με την παρακολούθηση της Γης μέσω δορυφόρων. Για την παρακολούθηση των παραγόντων, που επηρεάζουν την Θάλασσα χρησιμοποιούνται δορυφόροι με αλτιμετρικά εργαλεία, ραντάρ, η οπτικά μέσα και όχι μόνο.

Η τηλεπισκόπηση και ειδικά η αλτιμετρία μας βοηθούν στην συλλογή των δεδομένων που χρειαζόμαστε για την ανάλυση μας. Για την επεξεργασία των αλτιμετρικών δεδομένων υπάρχουν κάποια ελεύθερα λογισμικά όπως το Broadview Radar Altimetry Toolbox (BRAT), ή εμπορικά λογισμικά όπως το ArcGIS. Με την δημιουργία περιγραφικών αποτελεσμάτων και θεματικών χαρτών, είναι δυνατή η κατανόηση οποιουδήποτε περιβαλλοντικού φαινομένου, όπως η αύξηση της Στάθμης της Θάλασσας και συνεπώς το αντίκτυπο στην κλιματική αλλαγή.

Έπειτα για να είναι προσβάσιμη η επεξεργασμένη πληροφορία από το ευρύ κοινό, δημοσιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα σε δύο μορφές εφαρμογών WebGIS, από όπου πλέον ο χρήστης μπορεί να αντλήσει τα αποτελέσματα που παρήχθησαν για την Μεσόγειο Θάλασσα. Έπειτα οι χρήστες της εφαρμογής μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα, είτε για ερευνητικούς σκοπούς, είτε για να υποστηρίξουν πολιτικές διαχείρισης και παρακολούθησης που σχετίζονται με το κλίμα, ή τις παράκτιες περιοχές. Συχνά τα αποτελέσματα της αλτιμετρίας ερευνώνται συγχρόνως με την διερεύνηση της συμπεριφοράς της χερσαίας περιοχής, η οποία μελετάτε, ώστε να διαπιστωθεί πιθανή επικινδυνότητα της περιοχής στις πλημμύρες.

Για την υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκαν μόνο Ελεύθερα και Ανοιχτά λογισμικά, τα οποία είναι ικανά να παρέχουν λύσεις για την κατασκευή εφαρμογών σύμφωνα με τους σκοπούς του δημιουργού. Με αποτέλεσμα την δημιουργία πλατφόρμων εύχρηστων και φιλικών προς τον χρήστη. Ακόμη ένα σημαντικό προτέρημα είναι ότι υπάρχει μια μεγάλη επιστημονική κοινότητα, η οποία καθημερινά εξελίσσει τα Free/Open Source λογισμικά, που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας.

Η εφαρμογή καθιστά εύκολη την πρόσβαση στη γεωγραφική-αλτιμετρική πληροφορία μέσω μιας html ετικέτας. Και εκμεταλλεύομενη της λύσης της

αναπαράστασης της γεωχωρικής πληροφορίας με βάση τα πρότυπα που απαιτούνται από την Open Geospatial Consortium (OGC).

Επιπρόσθετα, είναι σχετικά εύκολη η ενσωμάτωση λειτουργικότητας Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας σε κάποια ιστοσελίδα, εκμεταλλευόμενη τη συνδεσιμότητα με το OpenLayers. Αλλά και την διευκόλυνση της συμμετοχικής διαδικασίας.

Οι θεματικοί χάρτες οι οποίοι δημιουργήθηκαν συγκαταλέγονται στον τύπο των δυναμικών χαρτών. Όπου, φαινομενικά χαρακτηρίζονται ως “στατικοί χάρτες”. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δημιουργούνται έπειτα από την φόρτωση της σελίδας, κατά την επίσκεψη στο URL, όπου βρίσκονται οι χάρτες. Επομένως, ο δυναμικός διαδικτυακός χάρτης ανανεώνεται έπειτα από κάθε επίσκεψη του client. Η εκάστοτε ανανέωση του χάρτη μπορεί να γίνει είτε με την χρήση ενός μενού, είτε με την χρήση ενός πλήκτρου. Οι διαδικτυακοί χάρτες σε αυτή την περίπτωση, δημιουργήθηκαν από το ελεύθερο λογισμικό Geoserver και Qgis2web.

Άλλη μια δυνατότητα την οποία προσφέρουν οι διαδικτυακοί δυναμικοί χάρτες είναι οι πολλαπλές κλίμακες. Με την μεγέθυνση και την σμίκρυνση του διαδραστικού χάρτη μεταβάλλονται οι κλίμακες. Με αποτέλεσμα, οι χρήστες να μπορούν να επεξεργάζονται ολόκληρη τη περιοχή μελέτης, τη Μεσόγειο Θάλασσα. Είτε να μελετούν ένα μέρος αυτής. Σημαντικό είναι ότι οι clients της εφαρμογής μπορούν να κοινοποιήσουν και σε άλλους χρήστες τη συγκεκριμένη κλίμακα που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν για τους σκοπούς της έρευνάς τους.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί όσο αφορά το πρακτικό μέρος της εφαρμογής, ότι υπάρχει πληθώρα εργαλείων και τεχνολογιών για την δημιουργία μιας διαδικτυακής εφαρμογής βασισμένη στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Η επιλογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας προέκυψε κυρίως από την επιθυμία χρησιμοποίησης ελεύθερων και ανοιχτών λογισμικών. Όμως η επιλογή της τεχνολογίας, γενικότερα εξαρτάται από τους σκοπούς της εφαρμογής, την κρίση του δημιουργού, αλλά και το εύρος των δυνατοτήτων του.



## 6.1 Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν

Δυσκολίες οι οποίες αντιμετωπίστηκαν όσο αφορά τα δεδομένα, είχαν να κάνουν κυρίως με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους δορυφόρους Sentinel-3. Τα δεδομένα από τους δορυφόρους Sentinel είναι της μορφής NETCDF4. Επομένως, ορισμένα (εμπορικά ή μη) λογισμικά όπως το Matlab, το ArcGIS και το Brat, και προφανώς το QGIS, δεν υποστηρίζουν το μορφότυπο NetCDF4 ή δεν τον υποστηρίζουν μέχρι πρόσφατα. Ο κύριος λόγος για τη χρήση του netCDF4 είναι ότι επιτρέπει τη συμπίεση δεδομένων, με αποτέλεσμα την καλύτερη διακίνησή τους στο διαδίκτυο. Προκειμένου να επιτευχθεί η επεξεργασία, η οπτικοποίηση και η δημοσιοποίηση των αλτιμετρικών δεδομένων από τους δορυφόρους Sentinel 3, πραγματοποιήθηκε η μετατροπή των NetCDF4 αρχείων σε csv.

Ακόμη, το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι σχετικά νέας υλοποίησης με αποτέλεσμα ενίοτε να εμφανίζονται λάθη (bugs) και κάποιες δυσλειτουργίες. Τα περισσότερα bugs προέρχονται από ανθρώπινα λάθη ή σφάλματα που γίνονται είτε στον πηγαίο κώδικα είτε στον σχεδιασμό/αρχιτεκτονική του προγράμματος, και μερικά προέρχονται από την εσφαλμένη παραγωγή κώδικα από έναν μεταγλωττιστή (Γκρέις Μάρι Χόπερ, 1946). Χαρακτηριστικό παράδειγμα στη συγκεκριμένη εργασία, είναι η προσπάθεια δημιουργίας διαδικτυακού animate, το οποίο δεν επιτεύχθηκε.

Τέλος, δυσκολία παρατηρείται και στην ενημέρωση του περιεχομένου της διαδικτυακής εφαρμογής, αλλά και στην δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων. Καθώς τα δεδομένα συλλέχθηκαν, αποθηκεύτηκαν σε μια τοπική βάση δεδομένων και έπειτα ακολούθησε η επεξεργασία και η δημοσιοποίηση τους στο διαδίκτυο. Συνήθως η πληροφορία των διαδικτυακών χαρτών ενημερώνεται, σχετικά εύκολα. Ιδιαίτερα αν προκύπτουν αυτόματα από μια γεωχωρική βάση δεδομένων, τότε μπορούν να παρέχουν αποτελέσματα ακόμη και σε πραγματικό χρόνο. Στην εργασία που πραγματοποιήθηκε, ακόμη και η εγκατάσταση της διαδικτυακής εφαρμογής έγινε σε τοπικό επίπεδο, που έχει ως επακόλουθω την δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων τοπικά. Η διαδικασία που προαναφέρθηκε, αποτελεί μελλοντική πρόκληση της μελέτης.

## 6.2 Μελλοντικές προκλήσεις:

Αρχικός στόχος του έργου είναι η δημιουργία ενός portal με αλτιμετρικά δεδομένα, όπου ο χρήστης μπορεί εύκολα να προβάλει την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας για την περιοχή της Μεσογείου Θάλασσας. Μελλοντική πρόκληση, αποτελεί η μελέτη και άλλων δεικτών που συγκεντρώνονται από την Δορυφορική Αλτιμετρία, αλλά και η επέκταση της περιοχής μελέτης. Στην εφαρμογή και στις δύο περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκαν, υπάρχει η δυνατότητα εξέλιξης και βελτιστοποίησης.

Όπως αναφέρεται και στην ανάλυση, μερικές από τις ενδεχομένως δυνατότητες στο μέλλον είναι οι εξής:

- Η δημιουργία μιας εφαρμογής όπου ο χρήστης θα μπορεί να έχει την δυνατότητα για περισσότερη αλληλεπίδραση με τους διαδικτυακούς, διαδραστικούς χάρτες

- Η ανάπτυξη διεπαφής με τις γεωχωρικές βάσεις δεδομένων ώστε να υπάρχει μια συνεχή ενημέρωση των δεδομένων. Που μπορεί να βοηθήσει ακόμη και στην αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων, όπως οι απότομες καταιγίδες, π.χ. ο Ιανός (βλέπε παράδειγμα στο Παράρτημα).

- Η ανάπτυξη πιο προηγμένων WCS και WMS υπηρεσιών. Όπως για παράδειγμα, η δημιουργία στατιστικών με την δημιουργία προφίλ όπως πραγματοποιήθηκε στο πέμπτο κεφάλαιο (5,2), αλλά με την χρησιμοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής.

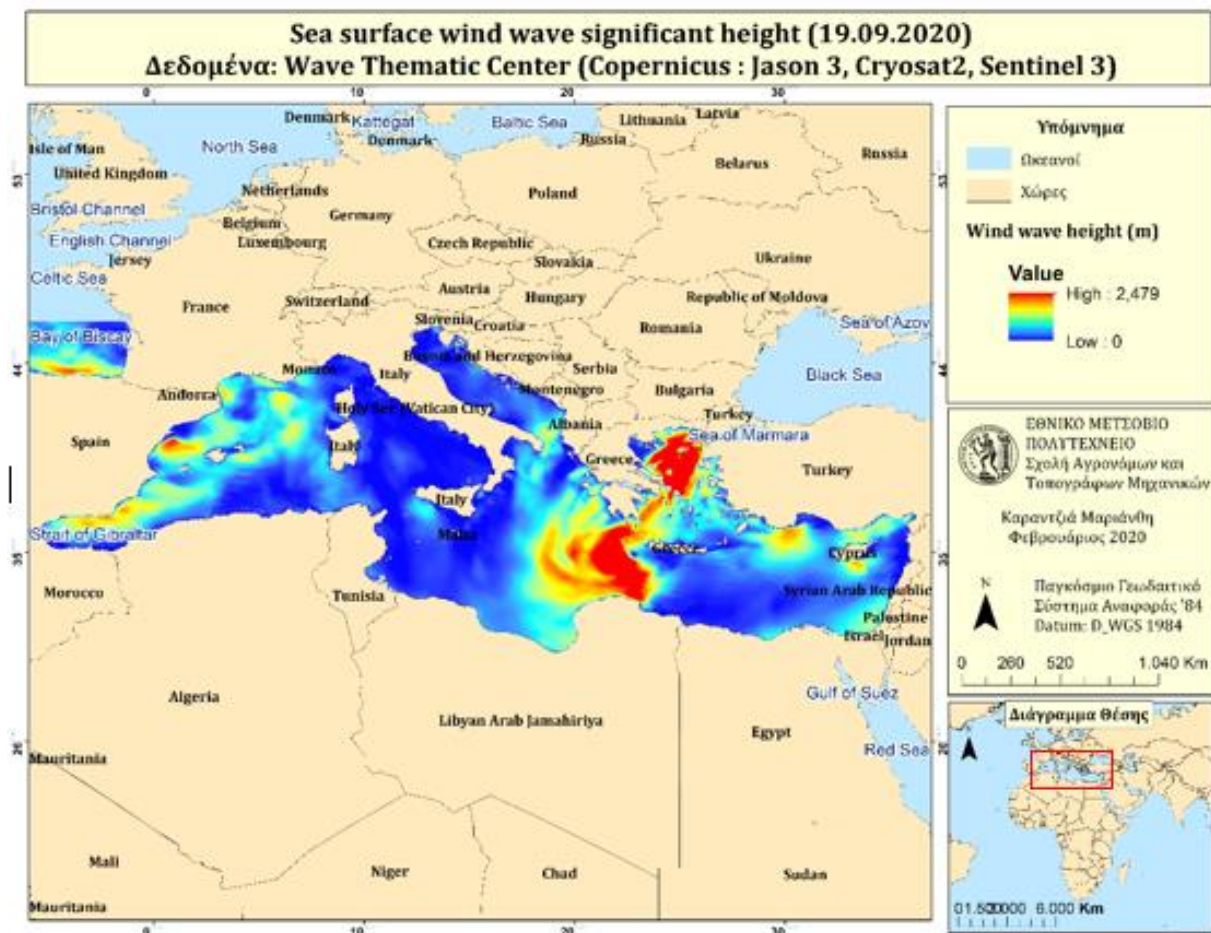
- Η δημιουργία των δεδομένων μας με την μορφή κινούμενου θεματικού χάρτη (animated). Οι χάρτες αυτού του είδους, αναπαριστούν δυναμικά φυσικά και μη φυσικά φαινόμενα και ανανεώνονται με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με την μεταβλητή που έχει ορισθεί (για παράδειγμα την Ανωμαλία της Στάθμης της Θάλασσας). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα δεδομένα να έχουν μια χρονική αναφορά.

- Η βελτιστοποίηση του κώδικα Javascript. Για παράδειγμα, η δημιουργία animated επιπέδων. Όπου θα δείχνει την αλλαγή της Ανωμαλίας της Στάθμης της Θάλασσας από έτος προς έτος.

- Τέλος, επιθυμητό και απαραίτητο είναι τα αλτιμετρικά δεδομένα, να συνδυάζονται και με άλλου είδους δεδομένα, όπως είναι για παράδειγμα οι θέσεις των εμπορικών λιμένων, των θαλάσσιων οδικών διαδρομών, των περιοχών Natura κλπ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, της χρήσης της εφαρμογής που δημιουργήθηκε θα ήταν η ενεργοποίησή της για την έγκαιρη ενημέρωση των χρηστών σε ακραία φαινόμενα, σχετικά με την θάλασσα. Η ενημέρωση της εφαρμογής με σχεδόν-πραγματικού χρόνου αλτιμετρικά δεδομένα αποτελεί κύριο στόχο της εξέλιξης της μελέτης. Καθώς και η αύξηση των δεικτών οι οποίοι μελετώνται, όπως είναι το ύψος των κυμάτων, η ταχύτητα των ανέμων, η διεύθυνσή τους, το ύψος της στάθμης της θάλασσας κλπ.

Ένα παράδειγμα, είναι η παρακολούθηση του καιρικού φαινομένου του Ιανού, το οποίο μελετήθηκε και προβλέφθηκε από μοντέλα για την Μεσόγειο Θάλασσα.



Χάρτης 71: Sea surface wind wave significant height (19.09.2020). Δεδομένα: Copernicus Marine Service (Jason 3, Cryosat 2, Sentinel 3)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:

### 7.1 Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των δεδομένων του δορυφόρου Sentinel 3 της μορφής netcdf 4 σε csv.

```
import os
from netCDF4 import Dataset,MFDataset
import numpy as np
import pandas as pd
import datetime
import time
import matplotlib.pyplot as plt
plt.style.use('classic')
import seaborn as sns
sns.set()
# from matplotlib.colors import ListedColormap
from sklearn.cluster import KMeans
import matplotlib.colors as mcolors
from sklearn.mixture import GaussianMixture

# DIRECTORY FILE
directory='E:\\Altimetry\\Data_zip\\Sentinel 3a\\SentData'

multi_lon = {}
multi_lat = {}
multi_sla = {}
multi_time = {}
multi_time_str = {}
for file in os.listdir(directory):

    data = Dataset(directory+'\\'+file)
```

```
# this gets your current working directory, that is from the perspective of the
module that you are running.
```

```
list_var=data.variables
```

```
sla = data.variables['sea_level_anomaly']
```

```
sla = sla[:]
```

```
sla = np.array(sla)
```

```
time_hour =data.variables['time']
```

```
time_hour = time_hour[:]
```

```
time_hour = np.array(time_hour)
```

```
lat = data.variables['latitude']
```

```
lat = lat[:]
```

```
lat =np.array(lat)
```

```
lon = data.variables['longitude']
```

```
lon = lon[:]
```

```
lon =np.array(lon)
```

```
multi_lon[file] = lon # FILE PER NETCDF FILE FORMAT
```

```
multi_lat[file] = lat
```

```
multi_sla[file] = sla
```

```
multi_time[file] = time_hour
```

```
# CONVERT TO UTC TIME
```

```
from datetime import datetime, timedelta
```

```
numtime = multi_time[file]
```

```
t0 = datetime(2000, 1, 1, 0, 0, 0)
```

```
time_list = []
```

```

for i in range(len(numtime)):
    timeDAYS = timedelta(seconds=numtime[i])
    time_str = t0+timeDAYS
    time_list.append(time_str)

multi_time_str[file] = time_list

# CONVERT TO CSV
for file in os.listdir(directory):

    lo = multi_lon[file]
    la = multi_lat[file]
    sl = multi_sla[file]
    ti = multi_time_str[file]
    all = np.column_stack((ti, lo, la, sl))
    st =file[:-3]+".csv"
    np.savetxt(st, all, delimiter=",", fmt='%s,%f,%f,%f')

```

## 7.2 Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του QGIS2 web.

```

<!doctype html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <meta name="viewport" content="initial-scale=1,user-scalable=no,maximum-
scale=1,width=device-width">
    <meta name="mobile-web-app-capable" content="yes">
    <meta name="apple-mobile-web-app-capable" content="yes">
    <link rel="stylesheet" href="/resources/ol.css">

```

```
<link rel="stylesheet" href="/resources/ol3-layerswitcher.css">
<link rel="stylesheet" href="/resources/qgis2web.css">
<style>
.ol-geocoder.gcd-gl-container {
  top: 135px!important;
}
.ol-geocoder .gcd-gl-btn {
  width: 21px!important;
  height: 21px!important;
}
</style>
<link rel="stylesheet" href="http://maxcdn.bootstrapcdn.com/font-
awesome/4.6.3/css/font-awesome.min.css">
<style>
html, body {
  background-color: #ffffff;
}
</style>
<style>
.geolocate {
  top: 65px;
  left: .5em;
}
.ol-touch .geolocate {
  top: 80px;
}
</style>
<link href="http://cdn.jsdelivr.net/openlayers.geocoder/latest/ol3-
geocoder.min.css" rel="stylesheet">
<style>
```

```
.tooltip {
  position: relative;
  background: rgba(0, 0, 0, 0.5);
  border-radius: 4px;
  color: white;
  padding: 4px 8px;
  opacity: 0.7;
  white-space: nowrap;
}

.tooltip-measure {
  opacity: 1;
  font-weight: bold;
}

.tooltip-static {
  background-color: #ffcc33;
  color: black;
  border: 1px solid white;
}

.tooltip-measure:before,
.tooltip-static:before {
  border-top: 6px solid rgba(0, 0, 0, 0.5);
  border-right: 6px solid transparent;
  border-left: 6px solid transparent;
  content: "";
  position: absolute;
  bottom: -6px;
  margin-left: -7px;
  left: 50%;
}

.tooltip-static:before {
```



```

border-top-color: #ffcc33;
}
.measure-control {
top: 100px;
left: .5em;
}
.ol-touch .measure-control {
top: 130px;
}
</style>
<style>
html, body, #map {
width: 100%;
height: 100%;
padding: 0;
margin: 0;
}
</style>
<title>Η παρακολούθηση της μεταβλητότητας της στάθμης της θάλασσας, ως
επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Περιοχή μελέτης: η Μεσόγειος θάλασσα</title>
</head>
<body>
<div id="map">
<div id="popup" class="ol-popup">
<a href="#" id="popup-closer" class="ol-popup-closer"></a>
<div id="popup-content"></div>
</div>
</div>
<script src="resources/qgis2web_expressions.js"></script>
<script src="resources/polyfills.js"></script>
<script src="./resources/functions.js"></script>

```

```
<script src="/resources/ol.js"></script>
<script src="/resources/ol3-layerswitcher.js"></script>
<script src="http://cdn.jsdelivr.net/openlayers.geocoder/latest/ol3-geocoder.js"></script>
<script src="/layers/layers.js" type="text/javascript"></script>
<script src="/resources/qgis2web.js"></script>
<script src="/resources/Autolinker.min.js"></script>
</body>
</html>
```

### **7.3 Ένα παράδειγμα από τον κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των ιδιοτήτων των ψηφιδωτών επιπέδων σε SLD αρχεία.**

```
<?xml version="1.0" ?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld">
  <sld:UserLayer>
    <sld:LayerFeatureConstraints>
      <sld:FeatureTypeConstraint/>
    </sld:LayerFeatureConstraints>
    <sld:UserStyle>
      <sld:Name>msla_sla1995g</sld:Name>
      <sld:Title/>
      <sld:FeatureTypeStyle>
```

```

<sld:Name/>
<sld:Rule>
  <sld:RasterSymbolizer>
    <sld:Geometry>
      <ogc:PropertyName>grid</ogc:PropertyName>
    </sld:Geometry>
    <sld:Opacity>1</sld:Opacity>
    <sld:ColorMap>
      <sld:ColorMapEntry color="#2c7bb6" label="-0.0456"
opacity="1.0" quantity="-0.0456"/>
      <sld:ColorMapEntry color="#abd9e9" label="-0.0163"
opacity="1.0" quantity="-0.0163"/>
      <sld:ColorMapEntry color="#ffffff" label="0.0129" opacity="1.0"
quantity="0.0129"/>
      <sld:ColorMapEntry color="#f27384" label="0.0421" opacity="1.0"
quantity="0.0421"/>
      <sld:ColorMapEntry color="#d7191c" label="0.0714" opacity="1.0"
quantity="0.0714"/>
    </sld:ColorMap>
  </sld:RasterSymbolizer>
</sld:Rule>
</sld:FeatureTypeStyle>
</sld:UserStyle>
</sld:UserLayer>
</sld:StyledLayerDescriptor>

```

#### 7.4 Ο κώδικας που προέκυψε από την δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής από τον Geoserver.

```
<!doctype
e html>
  <html lang="en">
  <head>
  <meta charset="UTF-8">
  <link rel="stylesheet"
href="http://localhost:8080/geoserver/openlayers3/ol.css" type="text/css">
  <style>
  .ol-zoom {
  top: 52px;
  }
  .ol-toggle-options {
  z-index: 1000;
  background: rgba(255,255,255,0.4);
  border-radius: 4px;
  padding: 2px;
  position: absolute;
  left: 8px;
  top: 8px;
  }
  #updateFilterButton, #resetFilterButton {
  height: 22px;
  width: 22px;
  text-align: center;
  text-decoration: none !important;
  line-height: 22px;
  margin: 1px;
  font-family: 'Lucida Grande', Verdana, Geneva, Lucida, Arial, Helvetica, sans-
  serif;
  font-weight: bold !important;
  background: rgba(0,60,136,0.5);
  color: white !important;
  padding: 2px;
  }
  .ol-toggle-options a {
  background: rgba(0,60,136,0.5);
  color: white;
```

```

display: block;
font-family: 'Lucida Grande', Verdana, Geneva, Lucida, Arial, Helvetica, sans-
serif;
font-size: 19px;
font-weight: bold;
height: 22px;
line-height: 1.1px;
margin: 1px;
padding: 0;
text-align: center;
text-decoration: none;
width: 22px;
border-radius: 2px;
}
.ol-toggle-options a:hover {
color: #fff;
text-decoration: none;
background: rgba(0,60,136,0.7);
}
body {
font-family: Verdana, Geneva, Arial, Helvetica, sans-serif;
font-size: small;
}
iframe {
width: 100%;
height: 250px;
border: none;
}
/* Toolbar styles */
#toolbar {
position: relative;
padding-bottom: 0.5em;
}
#toolbar ul {
list-style: none;
padding: 0;
margin: 0;
}
#toolbar ul li {
float: left;
padding-right: 1em;

```

```

padding-bottom: 0.5em;
}
#toolbar ul li a {
font-weight: bold;
font-size: smaller;
vertical-align: middle;
color: black;
text-decoration: none;
}
#toolbar ul li a:hover {
text-decoration: underline;
}
#toolbar ul li * {
vertical-align: middle;
}
#map {
clear: both;
position: relative;
width: 768px;
height: 383px;
border: 1px solid black;
}
#wrapper {
width: 768px;
}
#location {
float: right;
}
/* Styles used by the default GetFeatureInfo output, added to make IE
happy */
table.featureInfo, table.featureInfo td, table.featureInfo th {
border: 1px solid #ddd;
border-collapse: collapse;
margin: 0;
padding: 0;
font-size: 90%;
padding: .2em .1em;
}
table.featureInfo th {
padding: .2em .2em;
font-weight: bold;

```

```

background: #eee;
}
table.featureInfo td {
background: #fff;
}
table.featureInfo tr.odd td {
background: #eee;
}
table.featureInfo caption {
text-align: left;
font-size: 100%;
font-weight: bold;
padding: .2em .2em;
}
</style>
<script src="http://localhost:8080/geoserver/openlayers3/ol.js"
type="text/javascript"></script>
<title>OpenLayers map preview</title>
</head>
<body>
<div id="toolbar" style="display: none;">
<ul>
<li>
<a>WMS version:</a>
<select id="wmsVersionSelector" onchange="setWMSVersion(value)">
<option value="1.1.1">1.1.1</option>
<option value="1.3.0">1.3.0</option>
</select>
</li>
<li>
<a>Tiling:</a>
<select id="tilingModeSelector" onchange="setTileMode(value)">
<option value="untiled">Single tile</option>
<option value="tiled">Tiled</option>
</select>
</li>
<li>
<a>Antialias:</a>
<select id="antialiasSelector" onchange="setAntialiasMode(value)">
<option value="full">Full</option>
<option value="text">Text only</option>

```

```

<option value="none">Disabled</option>
</select>
</li>
<li>
<a>Format:</a>
<select id="imageFormatSelector" onchange="setImageFormat(value)">
<option value="image/png">PNG 24bit</option>
<option value="image/png8">PNG 8bit</option>
<option value="image/gif">GIF</option>
<option id="jpeg" value="image/jpeg">JPEG</option>
<option id="jpeg-png" value="image/vnd.jpeg-png">JPEG-PNG</option>
<option id="jpeg-png8" value="image/vnd.jpeg-png8">JPEG-
PNG8</option>
</select>
</li>
<li>
<a>Styles:</a>
<select id="imageFormatSelector" onchange="setStyle(value)">
<option value="">Default</option>
</select>
</li>
<li>
<a>Width/Height:</a>
<select id="widthSelector" onchange="setWidth(value)">
<!--
These values come from a statistics of the viewable area given a certain
screen area
(but have been adapted a litte, simplified numbers, added some resolutions
for wide screen)
You can find them here:
http://www.evolt.org/article/Real_World_Browser_Size_Stats_Part_II/20/
2297/
--><option value="auto">Auto</option>
<option value="600">600</option>
<option value="750">750</option>
<option value="950">950</option>
<option value="1000">1000</option>
<option value="1200">1200</option>
<option value="1400">1400</option>
<option value="1600">1600</option>
<option value="1900">1900</option>
</select>

```



```

<select id="heightSelector" onchange="setHeight(value)">
<option value="auto">Auto</option>
<option value="300">300</option>
<option value="400">400</option>
<option value="500">500</option>
<option value="600">600</option>
<option value="700">700</option>
<option value="800">800</option>
<option value="900">900</option>
<option value="1000">1000</option>
</select>
</li>
<li>
<a>Filter:</a>
<select id="filterType">
<option value="cql">CQL</option>
<option value="ogc">OGC</option>
<option value="fid">FeatureID</option>
</select>
<input type="text" size="80" id="filter"/>
<a id="updateFilterButton" href="#" onClick="updateFilter()"
title="Apply filter">Apply</a>
<a id="resetFilterButton" href="#" onClick="resetFilter()" title="Reset
filter">Reset</a>
</li>
</ul>
</div>
<div id="map">
<div class="ol-toggle-options ol-unselectable"><a title="Toggle options
toolbar" onClick="toggleControlPanel()" href="#toggle">...</a></div>
</div>
<div id="wrapper">
<div id="location"></div>
<div id="scale">
</div>
<div id="nodelist">
<em>Click on the map to get feature info</em>
</div>
<script type="text/javascript">
var pureCoverage = false;
// if this is just a coverage or a group of them, disable a few items,
// and default to jpeg format

```

```

var format = 'image/png';
var bounds = [-180, -90,
180.00000000000002, 90.00000000000004];
if (pureCoverage) {
document.getElementById('antialiasSelector').disabled = true;
document.getElementById('jpeg').selected = true;
format = "image/jpeg";
}
var supportsFiltering = true;
if (!supportsFiltering) {
document.getElementById('filterType').disabled = true;
document.getElementById('filter').disabled = true;
document.getElementById('updateFilterButton').disabled = true;
document.getElementById('resetFilterButton').disabled = true;
}
var mousePositionControl = new ol.control.MousePosition({
className: 'custom-mouse-position',
target: document.getElementById('location'),
coordinateFormat: ol.coordinate.createStringXY(5),
undefinedHTML: '&nbsp;';
});
var untiled = new ol.layer.Image({
source: new ol.source.ImageWMS({
ratio: 1,
url: 'http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms',
params: {'FORMAT': format,
'VeRSION': '1.1.1',
"LAYERS": 'Altimetry:test1',
"exceptions": 'application/vnd.ogc.se_inimage',
}
})
});
var tiled = new ol.layer.Tile({
visible: false,
source: new ol.source.TileWMS({
url: 'http://localhost:8080/geoserver/Altimetry/wms',
params: {'FORMAT': format,
'VeRSION': '1.1.1',
tiled: true,
"LAYERS": 'Altimetry:test1',
"exceptions": 'application/vnd.ogc.se_inimage',

```

```

tilesOrigin: -180 + "," + -90
}
})
});
var projection = new ol.proj.Projection({
code: 'EPSG:4326',
units: 'degrees',
axisOrientation: 'neu',
global: true
});
var map = new ol.Map({
controls: ol.control.defaults({
attribution: false
}).extend([mousePositionControl]),
target: 'map',
layers: [
untiled,
tiled
],
view: new ol.View({
projection: projection
})
});
map.getView().on('change:resolution', function(evt) {
var resolution = evt.target.get('resolution');
var units = map.getView().getProjection().getUnits();
var dpi = 25.4 / 0.28;
var mpu = ol.proj.METERS_PER_UNIT[units];
var scale = resolution * mpu * 39.37 * dpi;
if (scale >= 9500 && scale <= 950000) {
scale = Math.round(scale / 1000) + "K";
} else if (scale >= 950000) {
scale = Math.round(scale / 1000000) + "M";
} else {
scale = Math.round(scale);
}
document.getElementById('scale').innerHTML = "Scale = 1 : " + scale;
});
map.getView().fit(bounds, map.getSize());
map.on('singleclick', function(evt) {

```

```

document.getElementById('nodelist').innerHTML = "Loading... please
wait...";
var view = map.getView();
var viewResolution = view.getResolution();
var source = untyped.get('visible') ? untyped.getSource() : tiled.getSource();
var url = source.getGetFeatureInfoUrl(
  evt.coordinate, viewResolution, view.getProjection(),
  {'INFO_FORMAT': 'text/html', 'FEATURE_COUNT': 50});
if (url) {
  document.getElementById('nodelist').innerHTML = '<iframe seamless
src="' + url + "'></iframe>';
}
});
// sets the chosen WMS version
function setWMSVersion(wmsVersion) {
  map.getLayers().forEach(function(lyr) {
  lyr.getSource().updateParams({'VERSION': wmsVersion});
  });
  if(wmsVersion == "1.3.0") {
  origin = bounds[1] + ',' + bounds[0];
  } else {
  origin = bounds[0] + ',' + bounds[1];
  }
  tiled.getSource().updateParams({'tilesOrigin': origin});
}
// Tiling mode, can be 'tiled' or 'untiled'
function setTileMode(tilingMode) {
  if (tilingMode == 'tiled') {
  untyped.set('visible', false);
  tiled.set('visible', true);
  } else {
  tiled.set('visible', false);
  untyped.set('visible', true);
  }
}
function setAntialiasMode(mode) {
  map.getLayers().forEach(function(lyr) {
  lyr.getSource().updateParams({'FORMAT_OPTIONS': 'antialias:' +
mode});
  });
}

```

```

// changes the current tile format
function setImageFormat(mime) {
  map.getLayers().forEach(function(lyr) {
    lyr.getSource().updateParams({'FORMAT': mime});
  });
}

function setStyle(style){
  map.getLayers().forEach(function(lyr) {
    lyr.getSource().updateParams({'STYLES': style});
  });
}

function setWidth(size){
  var mapDiv = document.getElementById('map');
  var wrapper = document.getElementById('wrapper');
  if (size == "auto") {
    // reset back to the default value
    mapDiv.style.width = null;
    wrapper.style.width = null;
  }
  else {
    mapDiv.style.width = size + "px";
    wrapper.style.width = size + "px";
  }
  // notify OL that we changed the size of the map div
  map.updateSize();
}

function setHeight(size){
  var mapDiv = document.getElementById('map');
  if (size == "auto") {
    // reset back to the default value
    mapDiv.style.height = null;
  }
  else {
    mapDiv.style.height = size + "px";
  }
  // notify OL that we changed the size of the map div
  map.updateSize();
}

function updateFilter(){
  if (!supportsFiltering) {

```

```

return;
}
var filterType = document.getElementById('filterType').value;
var filter = document.getElementById('filter').value;
// by default, reset all filters
var filterParams = {
'FILTER': null,
'CQL_FILTER': null,
'FEATUREID': null
};
if (filter.replace(/^\s*$/, "").replace(/\s*$/, "") != "") {
if (filterType == "cql") {
filterParams["CQL_FILTER"] = filter;
}
if (filterType == "ogc") {
filterParams["FILTER"] = filter;
}
if (filterType == "fid")
filterParams["FEATUREID"] = filter;
}
// merge the new filter definitions
map.getLayers().forEach(function(lyr) {
lyr.getSource().updateParams(filterParams);
});
}
function resetFilter() {
if (!supportsFiltering) {
return;
}
document.getElementById('filter').value = "";
updateFilter();
}
// shows/hide the control panel
function toggleControlPanel(){
var toolbar = document.getElementById("toolbar");
if (toolbar.style.display == "none") {
toolbar.style.display = "block";
}
else {
toolbar.style.display = "none";
}
}

```

```
map.updateSize()  
}  
</script>  
</body>  
</html>
```

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

- Βραδής Χ., 2020: Εισαγωγή στην διαδικτυακή χαρτογραφία και στις τεχνολογίες του Παγκόσμιου Ιστού
- Δεληκαράογλου Δ., 2005. Δορυφορική Αλτιμετρία. Ειδικά Θέματα Δορυφορικής Γεωδαισίας, 26-27
- Μερτίκας Σ. Π., 2016. Εισαγωγή στη Γεωδαισία, τον Δορυφορικό Εντοπισμό και την Αλτιμετρία, 599-683, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, ISBN : 978-960-461-721-0
- Τζιαβός, Η.: Υδρογραφία και Φυσική Ωκεανογραφία. Έκδοση της Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη 1994.
- Χιώτης, Π., Ιωάννου, Ι., & Γερασκλής, Δ. (2010). WEB-GIS με τεχνολογίες ανάπτυξης εφαρμογών διαδικτύου για βάσεις δεδομένων. Γεωανάλεκτα, 5, 32.
- Ablain, M., Cazenave, A., Larnicol, G., Balmaseda, M., Cipollini, P., Faugere, Y., Fernandes, M.J., Henry, O., Johannessen, J.A., Knudsen, P., Andersen, O., Legeais, J., Meyssignac, B., Picot, N., Roca, M., Rudenko, S., Scharffenberg, M.G., Stammer, D., Timms, G., Benveniste, J., 2015. Improved sea level record over the satellite altimetry era (1993–2010) from the Climate Change Initiative project. *Ocean Sci.* 11:67–82..
- Ablain M, Legeais JF, Prandi P, Fenoglio-Marc L, Marcos M, Dieng HB, Benveniste J, Cazenave A. 2017. Satellite altimetry-based Sea level at global and regional scales. *Surv Geophys.* 38:7–31. doi:10.1007/s10712-016-9389-8.
- Aden, C., Schmidt, G., Schonrock, S., & Schroder, W. (2010). Data analyses with the WebGIS WaldIS. *European Journal of Forest Research*, 129(3), 489–497.
- Alesheikh AA., Helali H. and Behoz HA. (2002), Web GIS Technologies and its Applications, ISPRS Commission IV, Symposium 2002, Geospatial Theory, Processing and Applications, July 9-12, Ottawa, Canada
- Andersen, O. B., and Scharroo, R., 2011. Range and geophysical corrections in coastal regions. In Vignudelli, S., Kostianoy, A., and Cipollini, P. (eds.), *Coastal Altimetry*. Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-12795-3.



- Anzenhofer M, Shum CK, Rentsh M (1999) Coastal altimetry and applications, Tech. Rep. n. 464, Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University Columbus, USA
- Alpert, P., et al., 2006. Relations between climate variability in the Mediterranean region and the Tropics: ENSO, South Asian and African monsoons, hurricanes and Saharan dust. In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Eds.), *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier, Amsterdam, pp. 149–177.
- Benveniste J, Roca M, Levrini G, Vincent P, Baker S, Zanife O, Zelli C, Bombaci O (2001) The radar altimetry mission: RA-2, MWR, DORIS and LRR, ESA Bulletin, No. 106
- Birol, F., Cancet, M., Estournel, C., 2010. Aspects of the seasonal variability of the Northern Current (NW Mediterranean Sea) observed by altimetry. *J. Mar. Syst.* 81 (4), 297–311.
- Cancet, M., Lyard, F., Birol, F., Roblou, L., Lamouroux, J., Lux, M., Jeansou, E., Boulze, D., Bronner, E., 2012. Latest improvements in tidal modeling: a regional approach. In: *Proceedings of the 20 Years of Progress in Radar Altimetry Symposium*. Venice, Italy.
- Chelton DB, Ries JC, Haines BJ, Fu LL, Callahan PS. 2001: Satellite Altimetry, In *Satellite Altimetry and the Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications*, Fu, L.-L. and Cazenave A. (Eds.), Academic Press, San Diego CA, 1- 131.
- Church, J.A., White, N.J., 2011. Sea-level rise from the Late 19th to the Early 21st Century. *Surv. Geophys.* 32:585–602. <http://dx.doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1>.
- Crout R L (1997) Coastal currents from satellite altimetry. *Sea Technology* 8:33–37
- Dangendorf, S., Wahl, T., Hein, H., Jensen, J., Mai, S., Mudersbach, C., 2012. Mean sea level variability and influence of the North Atlantic oscillation on long-term trends in the German bight. *Water* 4:170–195. <http://dx.doi.org/10.3390/w4010170>.

- Deng, X., Featherstone, W., 2006. A coastal retracking system for satellite radar altimeter waveforms: application to ERS-2 around Australia. *J. Geophys. Res.*, C06012
- Dieng HB, Cazenave A, Meyssignac B, von Schuckmann K, Palanisamy H. 2017. Sea and land surface temperatures, ocean heat content, earth's energy imbalance and net radiative forcing over the recent years. *Int J Climatol*. doi:10. 1002/joc.4996.
- Doney SC, Ruckelshaus M, Emmett Duffy J, Barry JP, Chan F, English CA, Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, et al. 2012. Climate change impacts on marine ecosystems. *Ann Rev Mar Sci*. 4:11–37
- Durack PJ, Lee T, Vinogradova NT, Stammer D. 2016. Keeping the lights on for global ocean salinity observation. *Nat Clim Chang*. 6:228–231. doi:10.1038/nclimate2946.
- Durand, F., Shankar, D., Birol, F., Shenoi, S.S.C., 2009. Spatiotemporal structure of the East India Coastal Current from satellite altimetry. *J. Geophys. Res.: Oceans* (1978–2012) 114 (C2).
- Forget G, Wunsch C. 2007. Estimated global hydrographic variability. *J Phys Oceanogr*. 37:1997–2008. doi:10.1175/ JPO3072.1.
- Frehner, M., & Brandli, M. (2006). Virtual database: spatial analysis in a web-based data management system for distributed ecological data. *Environmental Modelling and Software*, 21(11), 1544–1554
- Fu LL, Christensen EJ, Lefebvre M, Ménard Y., 1994. TOPEX/Poseidon mission overview. *J Geophys Res, TOPEX/Poseidon Special Issue*, 99(C12):24, 369–324, 382
- Fu, L.-L., Chelton, D.B., 2001. Large-scale ocean circulation. In: Fu, L.-L., Cazenave, A. (Eds.), *Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook for Techniques and Applications*, vol. 423. Academic Press, San Diego, pp. 133–16.
- Fu, P., & Sun, J. (2010). *Web GIS: Principles and Applications*: Esri Press.
- Giorgi, F., 2006. Climate change Hot-spots. *Geophys. Res. Lett.* 33, L08707

- Hansen J, Sato M, Kharecha P, von Schuckmann K. 2011. Earth's energy imbalance and implications. *Atmos Chem Phys*. 11:13421–13449. [www.atmos-chem-phys.net/11/13421/2011/](http://www.atmos-chem-phys.net/11/13421/2011/). doi:10.5194/acp-11-13421-2011.
- Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G., Sorte, C.J. B., Thornber, C.S., Rodriguez, L.F., Tomanek, L., Williams, S.L., 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol. Lett.* 9, 228–241. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x>.
- Huang, J., Wu, B., Xu, W., Zhou, Y., Tian, Y., & Huang, W. (2004). WebGIS for monitoring soil erosion in Miyun reservoir area. In: *Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004* (pp. 4843–4845), IEEE.
- Hurrell, J.W., 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation. *Science* 269, 676–679.
- IPCC 5th Assessment Report. 2013. The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jenks, George F. 1967. Η έννοια του μοντέλου δεδομένων στη στατιστική χαρτογράφηση, *Διεθνές Ετήσιο Βιβλίο Χαρτογραφίας* 7: 186-190.
- Karina von Schuckmann, Pierre-Yves Le Traon, Neville Smith, Ananda Pascual, Pierre Brasseur, Katja Fennel, Samy Djavidnia,. 2018. Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 2, *Journal of Operational Oceanography*, 2-80.
- Khan, Z. A., & Adnan, M. (2010). Usability Evaluation of Web-based GIS Applications. A Comparative Study of Google Maps and MapQuest., School of Computing Blekinge Institute of Technology, Sweden.
- Korotaev, G. K., Saenko, O. A., & Koblinsky, C. J. (2001). Satellite altimetry observations of the Black Sea level. *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, 106(C1), 917–933.
- Lee, H. I. I., Reusser, D. A., Olden, J. D., Smith, S. S., Graham, J., Burkett, V., Dukes, J. S., Piorkowski, R. J., & McPhedran, J., 2008. Integrated monitoring and

- information systems for managing aquatic invasive species in a changing climate. *Conservation Biology*, 22(3), 575–584.
- Legeais J-F, von Schuckmann K, Dagneaux Q, Melet A, Meyssignac B, Bonaduce A, Ablain M, Pérez Gomez B. 2016. Sea level. In von Schuckmann et al., 2016. The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report. *J Oper Oceanogr*. 9(sup2): s235–s320. doi:10.1080/1755876X.2016.1273446.
- Lenoir S, Beaugrand G, Lecuyer E. 2011. Modelled spatial distribution of marine fish and projected modifications in the North Atlantic Ocean. *Global Change Biol*. 17(1):115–129. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02229.x.
- Lionello, P., et al., 2006a. The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues. In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Eds.), *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier, Amsterdam, pp. 1–26.
- Luterbacher, J., et al., 2006. Mediterranean climate variability over the last centuries. A review. In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Eds.), *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier, Amsterdam, pp. 27–148.
- Mansourian, A., Rajabifard, A., Valadan Zoj, M. J., & Williamson, I. (2006). Using SDI and web-based system to facilitate disaster management. *Computers & Geosciences*, 32(3), 303-315.
- Mathiyalagan, V., Grunwald, S., Reddy, K. R., & Bloom, S. A. (2005). A WebGIS and geodatabase for Florida's wetlands. *Computers and Electronics in Agriculture*, 47(1), 69–75.
- Melet A, Almar R, Meyssignac B. 2016. What dominates sea level at the coast: a case study for the Gulf of Guinea. *Ocean Dynam*. 66:623–636. doi:10.1007/s10236-016-0942-2.
- Meyssignac, B., Cazenave, A., 2012. Sea level: a review of present-day and recent-past changes and variability. *J. Geodyn*. 58, 96–109.
- Morrow, R., Le Traon, P.Y., 2012. Recent advances in observing mesoscale ocean dynamics with satellite altimetry. *Adv. Space Res*. 50 (8), 1062–1076.
- Newman G., 2007, User-friendly web mapping: lessons from a citizen science website

- OECD., 2016. The ocean economy in 2030. Paris: OECD Publishing. doi:10.1787/9789264251724-en.
- Pascual, A., Lana, A., Troupin, C., Ruiz, S., Fauge`re, Y., Escudier, R., Tintore´, J., 2015. Assessing SARAL/AltiKa delayed-time data in the coastal zone: comparisons with HF radar observations. SARAL/ Altika Special Issue 38, 260–276. <http://dx.doi.org/10.1080/01490419.2015.1019656>.
- Passaro, M., Cipollini, P., Vignudelli, S., Quartly, G.D., Snaith, H.M., 2014. ALES: a multi-mission adaptive subwaveform retracker for coastal and open ocean altimetry. Remote Sens. Environ. 145, 173–189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.008>.
- Pezzulli S, Stephenson DB, Hannachi A. 2005. The variability of seasonality. J Clim. 18:71–88. doi:10.1175/JCLI-3256.1.
- Polyakov IV, Pnyushkov AV, Alkire MB, Ashik IM, Baumann TM, Carmack EC, Goszczko I, Guthrie J, Ivanov VV, Kanzow T, et al. 2017. Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean. Science. 356(6335):285–291. doi:10.1126/science.aai8204.
- 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.
- Riser SC, Freeland HJ, Roemmich D, Wijffels S, Troisi A, Belbéoch M, Gilbert D, Xu J, Pouliquen S, Thresher A, et al. 2016. Fifteen years of ocean observations with the global Argo array. Nat Clim Chang. 6(2):145–153.
- Roemmich D, Church J, Gilson J, Monselesan D, Sutton P, Wijffels S. 2015. Unabated planetary warming and its ocean structure since 2006. Nat Clim Chang. 5:240–245. doi:10.1038/NCLIMATE2513.
- Roquet H, Pisano A, Embury O. 2016. Sea surface temperature. In: von Schuckmann et al. 2016, The Copernicus marine environment monitoring service ocean state report. J Oper Ocean. 9(suppl. 2). doi:10.1080/1755876X.2016.1273446.

- Rosmorduc V., J. Benveniste E. Bronner, S. Dinardo O. Lauret C. Maheu M. Milagro, N. Picot, Radar Altimetry Tutorial, J. Benveniste and N. Picot Ed., <http://www.altimetry.info>, 2011
- Sailor RV, LeSchack AR. 1987. Preliminary determination of the GEOSAT radar altimeter noise spectrum, Johns Hopkins APL Tech. Digest 8:182–183
- Sen PK. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J Am Statist Assoc.* 63:1379–1389.
- Sonam A. and Rajan Dev G. (2014), Development and Comparison of Open source based web GIS frameworks on wamp and apache tomcat web servers, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4, ISPRS Technical Commission IV Symposium, 14-16 May, Suzhou, China
- Trigo, R., et al., 2006. Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Eds.), *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier, Amsterdam, pp. 179–226.
- UN. 2017. Report of the United Nations conference to support the implementation of sustainable development goal 14: Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development (Advance unedited version). [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15662FINAL\\_15\\_June\\_2017\\_RepoRe\\_Goal\\_14.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15662FINAL_15_June_2017_RepoRe_Goal_14.pdf).
- Vignudelli S, Cipollini P, Astraldi M, Gasparini GP, Manzella GMR, 2000. Integrated use of altimeter and in situ data for understanding the water exchanges between the Tyrrhenian and Ligurian Seas. *J Geophys Res* 105:19,649–19,000
- Vignudelli, S., Kostianoy, A.G., Cipollini, P., Benveniste, J., 2011. *Coastal Altimetry*. Springer, ISBN 978-3-642-12796-0.
- von Schuckmann K, Cazenave A, Chambers D, Hansen J, Josey S, Kosaka Y, Loeb N, Mathieu P-P, Meyssignac B, Palmer M, et al. 2016a. An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nat Clime Change.* 6:138–144. doi:10.1038/nclimate2876.

- Wessel, P., and W. H. F. Smith, A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Shoreline Database, *J. Geophys. Res.*, 101, 8741-8743, 1996
- White, D. L., Wolf, D., Porter, D. E., Sanger, D. M., Riekerk, G. H., DiDonato, G., Holland, A. F., & Dabney, D., 2009. Development of a data management framework in support of southeastern tidal creek research. *Environmental Monitoring and Assessment*, 150(1–4), 323–331.
- Yu L, Jin X, Josey SA, Lee T, Kumar A, Wen C, Xue Y. 2017. The global ocean water cycle in atmospheric reanalysis, satellite, and ocean salinity. *J Clim.* 30(10):3829–3852. doi:10. 1175/JCLI-D-16-0479.1.
- Zhang, G., Chen, L., & Dong, Z. (2011). Real-time warning system of regional landslides supported by WEBGIS and its application in Zhejiang province. China. *Procedia Earth and Planetary Science*, 2, 247–254.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ:

- Δήμος-Χαϊδαρίου. (2012). Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα (G.I.S). Διαθέσιμο σε: <https://www.haidari.gr/> [Πρόσβαση: 20/12/2018]
- Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών (2018). Διαθέσιμο σε: <https://www.didaktorika.gr/eadd/> [Πρόσβαση: 15/12/2018]
- AVISO (2018). Διαθέσιμο σε: <http://www.aviso.altimetry.fr/en/data/data-access.html> [Πρόσβαση: 15/12/2018]
- Coastalt (2018). Διαθέσιμο σε: <http://www.coastalt.eu/coastalt-short-web-summary> [Πρόσβαση: 19/05/2019]
- DUACS (2018): satellite altimetry data, CNES/CLS processing system. Διαθέσιμο σε: <https://duacs.cls.fr/>. [Πρόσβαση: 22/12/2018]
- EOportal (2018): ESA's portal giving variety of information and services about Earth Observation. Διαθέσιμο σε: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions> [Πρόσβαση: 07/01/2020]
- Esa (2019): Διαθέσιμο σε: <http://www.esa-sealevel-cci.org/> [Πρόσβαση: 11/04/2019]
- Geoserver documentation (2020): <https://docs.geoserver.org/latest/en/user/> [Πρόσβαση: 05/07/2020]
- GitHub (2019), QGIS-Web-Client, Διαθέσιμο σε <https://github.com/qgis/QGIS-Web-Client> [Πρόσβαση: 09/07/2019]
- GOOS (The Global Ocean Observing System), Διαθέσιμο σε: <http://www.gooscean.org/> [Πρόσβαση: 19/12/2018]
- Nasa (2012): Διαθέσιμο σε: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/79765/night-lights-2012-map> [Πρόσβαση: 15/12/2018]
- OpenLayers (2020): Διαθέσιμο σε: <http://openlayers.org> [Πρόσβαση: 05/07/2020]



Σχόλια Διδασκόντων: