



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Διδακτορική διατριβή

**Εφαρμογή Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και
χρήση Δορυφορικής Βαθυμετρίας για τον εντοπισμό χωρικών
συγκρούσεων στα πλαίσια του Θαλάσσιου Χωροταξικού
Σχεδιασμού (ΘΧΣ)**

Όνομα Ευαγόρας Ευαγόρου

Λεμεσός, Δεκέμβριος 2023

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Διδακτορική διατριβή

**Εφαρμογή Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και χρήση Δορυφορικής
Βαθυμετρίας για τον εντοπισμό χωρικών συγκρούσεων στα πλαίσια του
Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού (ΘΧΣ)**

του

Ευαγόρα Ευαγόρου

Λεμεσός, Δεκέμβριος 2023

Έντυπο έγκρισης

Διδακτορική διατριβή

Εφαρμογή Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και χρήση Δορυφορικής Βαθυμετρίας για τον εντοπισμό χωρικών συγκρούσεων στα πλαίσια του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού (ΘΧΣ)

Παρουσιάστηκε από

Ευαγόρα Ευαγόρου

Πρόεδρος εξεταστικής επιτροπής: Καθηγητής Πέτρος Πατιάς, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Υπογραφή _____

Petros
Patias

Digitally signed by
Petros Patias
Date: 2023.12.14
14:14:06 +02'00'

Μέλος εξεταστική επιτροπής: Καθηγήτρια Τούλα Ονουφρίου, Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο Κύπρου

Υπογραφή _____

Τούλα Ονουφρίου

Digitally signed by ANDRIANI
ONOUFRIOU
Date: 2023.12.14 19:36:28 EET
Reason: Approved
Location: Cyprus University of
Technology

Μέλος εξεταστικής επιτροπής (Επιβλέπων καθηγητής): Καθηγητής Διόφαντος
Χατζημιτσής, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Υπογραφή _____

Διόφαντος

Χατζημιτσής

Digitally signed by DIOFANTOS
HADJIMITSIS
Date: 2023.12.14 22:12:33 EET
Reason: Approved
Location: Cyprus University of
Technology

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Λεμεσός, Δεκέμβριος 2023

Έντυπο έγκρισης Επιτροπής Επίβλεψης

Διδακτορική διατριβή

**Εφαρμογή Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και
χρήση Δορυφορικής Βαθυμετρίας για τον εντοπισμό χωρικών
συγκρούσεων στα πλαίσια του Θαλάσσιου Χωροταξικού
Σχεδιασμού (ΘΧΣ)**

Παρουσιάστηκε από

Ευαγόρα Ευαγόρου

Επιβλέπων καθηγητής: Καθηγητής Διόφαντος Χατζημιτσής, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο
Κύπρου

*Διόφαντος
Χατζημιτσής*

Υπογραφή _____

Μέλος Επιτροπής: Καθηγητής Φαίδωνας Κυριακίδης, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Φαίδων Κυριακίδης

Υπογραφή _____

Μέλος Επιτροπής: Αναπληρωτής Καθηγητής, Χριστόδουλος Δανέζης, Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο Κύπρου

Χριστόδουλος Δανέζης

Υπογραφή _____

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ευαγόρας Ευαγόρου, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του κύκλου διδακτορικού σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου (ΤΕΠΑΚ), στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Κέντρου Αριστείας ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ. Μέρος της έρευνας που παρουσιάζεται σε αυτή τη διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου με τίτλο «Διασυνοριακή Συνεργασία για την Εφαρμογή Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού» με ακρώνυμο «ΘΑΛ - ΧΩΡ 2» που συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Περιφερειακή Ανάπτυξη (ΕΤΠΑ), στο πλαίσιο του Προγράμματος Διασυνοριακής Συνεργασίας «INTERREG VA Ελλάδα-Κύπρος 2014–2020».

Πρώτα θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου προς τον επιβλέπων της διατριβής μου και μέντορα μου όλα αυτά τα χρόνια, Καθηγητή Διόφαντο Γ. Χατζημιτσή για την αμέριστη υποστήριξη και καθοδήγηση της έρευνάς μου. Είμαι επίσης ευγνώμων στα μέλη της επιτροπής μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Χριστόδουλο Δανέζη και καθ. Φαίδων Κυριακίδη για την πολύτιμη βοήθεια για την περαιτέρω βελτίωση της διατριβής αυτής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Άθω Αγαπίου για την συνεισφορά του και την εποικοδομητική ανταλλαγή ιδεών κατά τη διάρκεια των διδακτορικών μου σπουδών.

Είμαι βαθιά ευγνώμων στο φίλο και συνεργάτη Δρ. Χριστόδουλο Μέττα για την υποστήριξη και βοήθεια του σε κάθε στάδιο της έρευνάς μου. Η συμβολή και η διορατικότητα του έχει επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα και το βάθος αυτής της διατριβής.

Ένα θερμό ευχαριστώ σε όλους τους υπόλοιπους συνεργάτες του Κέντρου Αριστείας Ερατοσθένης για την υποστήριξη και την άψογη συνεργασία.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας για την παροχή επικαιροποιημένων γεωχωρικών δεδομένων που χωρίς την συμβολή του δεν θα ήταν εφικτή η υλοποίηση της μελέτης αυτής. Επίσης, ευχαριστίες δίνονται στο Εργαστήριο Παράκτιας & Θαλάσσιας Έρευνας που ανήκει στο Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μαθηματικών (I.Y.M.) του Ιδρύματος Τεχνολογίας Και Έρευνας (I.T.E.) για την παροχή βαθυμετρικών δεδομένων πεδίου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και Γεωπεριβάλλοντος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου και του έργου «ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ: Ερευνητικό Κέντρο Αριστείας για την Επιτήρηση της Γης και τη Διαστημική Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος» με ακρώνυμο EXCELSIOR. Το έργο 'EXCELSIOR είναι H2020 Wide Teaming (www.excelior2020.eu) με στόχο την αναβάθμιση του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και Γεωπεριβάλλοντος στο Κέντρο Αριστείας ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ (ECoE).

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τη βαθιά μου εκτίμηση στην οικογένεια και τους φίλους και πάνω από όλα την γυναίκα μου και τα δυο μου παιδιά για την κατανόηση, στήριξη και ενθάρρυνση καθ' όλη την διάρκεια αυτού του δύσκολου ταξιδιού.

Το έργο με τίτλο «Διασυνοριακή Συνεργασία για την εφαρμογή Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού» και με ακρώνυμο «ΘΑΛ-ΧΩΡ 2» συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου, στο πλαίσιο του Προγράμματος Συνεργασίας «INTERREG V-A Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020»



Το έργο 'EXCELSIOR' είναι H2020 Teaming Project το οποίο έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης βάσει της συμφωνίας επιχορήγησης No 857510 και από την κυβέρνηση της Κυπριακής Δημοκρατίας μέσω της Γενικής Διεύθυνσης Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων, Συντονισμού και Ανάπτυξης



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 857510.



This project has received funding from the Government of the Republic of Cyprus through the Directorate General of the European's Programmes, Coordination and Development.

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Επιστημονικά περιοδικά

- **Evagorou, E.**, Mettas, C., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, D.G., Bathymetric maps from multi-temporal analysis of Sentinel-2 data: the case study of Limassol, Cyprus, *Advances in Geosciences*, 2018; <https://doi.org/10.5194/adgeo-45-397-2019>
- **Evagorou, E.**, Argyriou, A., Papadopoulos, N., Mettas, C., Alexandrakis, G., Hadjimitsis, D. Evaluation of Satellite-Derived Bathymetry from High and Medium-Resolution Sensors Using Empirical Methods. *Remote Sens.* 2022, 14, 772; <https://doi.org/10.3390/rs14030772>

Ενότητες βιβλίων

- **Evagorou, E.**, Mettas, C., Themistocleous, K., and Hadjimitsis, D. G.: Bathymetric mapping using remote sensing techniques for Marine Spatial Planning (MSP) in Cyprus, in: *Marine Spatial Planning in Greece and Cyprus*, edited by: Gerasimos, P., Kyriakos, A., Ioannou, N., and Diofantos, H., Propobos publications. Athens, Greece, 267–290, 2023a. ISBN: 9786185705084
- **Evagorou, E.**, Mettas, C., Themistocleous, K., Loulli, E., and Hadjimitsis, D. G.: Conflicts – Compatibilities of activities in the maritime space of Cyprus, in: *Marine Spatial Planning in Greece and Cyprus*, edited by: Gerasimos, P., Kyriakos, A., Ioannou, N., and Diofantos, H., Propobos publications. Athens, 315–337, 2023b. ISBN: 9786185705084
- Mettas, C., **Evagorou, E.**, Themistocleous, K., Nisantzi, A., Papoutsas, C., Tzouvaras, M., Prodromou, M., Loulli, E., Makri, D., and Hadjimitsis, D. G.: Creation of a geospatial database and workflow for collection, analysis, and update of spatial data for the Marine Spatial Planning (MSP) of Cyprus, in: *Marine Spatial Planning in Greece and Cyprus*, edited by: Gerasimos, P., Kyriakos, A., Ioannou, N., and Diofantos, H., Propobos publications. Athens, Greece, 243–266, 2023. ISBN: 9786185705084
- **Evagorou, E.**, Mettas, C., Tzouvaras, M., Loulli, E., Prodromou, M., Themistocleous, K., Aliouris, K., Ioannou, N., and Hadjimitsis, D. G.: Methods and

useful tools regarding maritime activities for the implementation of Maritime Spatial Planning (MSP) in the territorial waters of Cyprus, in: Maritime Spatial Planning in the Mediterranean, edited by: Anestis Gourgiotis, Haris Coccossis, and George Tsilimigkas, NOMIKI BIBLIOTHIKI S.A., 49–66, 2023; ISBN: 978-960-654-996-0

Δημοσιεύσεις σε συνέδρια

- **Evagorou, E.**, Mettas, C., and Hadjimitsis, D., "Satellite-derived bathymetry for shallow coastal waters in Cyprus", Proc. SPIE 11857, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2021, 1185703 (12 September 2021); <https://doi.org/10.1117/12.2599911>
- **Evagorou, E.**, Mettas, C., Tzouvaras, M., Loulli, E., Prodromou, M., Papoutsas, C., Themistocleous, K., Danezis, C., Pekri, M., Kyriakidis, P., Akylas, E., Aliouris, K., Ioannou, N., & Hadjimitsis, D., Implementation of Maritime Spatial Planning (MSP) in Cyprus focusing on the European MSPs' good practices. Proceedings of the 17th International Conference on Environmental Science and Technology, 17. <https://doi.org/10.30955/GNC2021.00292>

Άλλες σχετικές δημοσιεύσεις

- Hadjimitsis D.G., Agapiou A., Themistocleous K., Mettas C., **Evagorou E.**, Soulis G., Xagoraris Z., Pillikou M., Aliouris K., And Ioannou N., Marine Spatial Planning in Cyprus, Open GeoScience, 2016; <https://doi.org/10.1515/geo-2016-0061>
- Themistocleous K., Mettas C., **Evagoras E.**, Hadjimitsis D., The use of satellite remote sensing and UAV for the mapping of coastal areas for the use of marine spatial planning. SPIE Remote Sensing, 2019, Strasbourg, France; <https://doi.org/10.1117/12.2533064>
- Cerra D., Gege P., **Evagorou E.**, Agapiou A., de los Reyes R. (2021) Monitoring Marine Areas from the International Space Station: The Case of the Submerged Harbor of Amathus. In: Ioannides M., Fink E., Cantoni L., Champion E. (eds) Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection. EuroMed 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12642. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73043-7_11

- Themistocleous K., Prodromou M., Mettas C., **Evagorou E.**, and Hadjimitsis D. Ship detection in Cyprus EEZ using Sentinel 1 data, Proc. SPIE 11524, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), 115240L (26 August 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2571308>

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη επίλυσης των συγκρούσεων που προκύπτουν μεταξύ θαλάσσιων δραστηριοτήτων κρίνεται βασική συνιστώσα στο Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό (ΘΧΣ). Η επιτυχής εφαρμογή του ΘΧΣ αλλά και η παρακολούθηση μπορεί να επιτευχθεί με την διαθεσιμότητα εργαλείων όπου να μπορούν να υποστηρίξουν τις αρμόδιες αρχές για την λήψη σωστών αποφάσεων.

Στην διατριβή αυτή προτείνεται ένα χρήσιμο εργαλείο Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) βασισμένο τόσο σε εθνικά όσο και σε διεθνή νομικά πλαίσια σχεδιασμένο να διευκολύνει την παρακολούθηση και βελτίωση των Θαλάσσιων Χωροταξικών Σχεδίων (ΘΧΣχ) της Κύπρου. Βασικά στάδια δημιουργίας του εργαλείου ήταν η συλλογή επικαιροποιημένων δεδομένων, η μελέτη του θεσμικού πλαισίου οδηγώντας στην δημιουργία του Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων στα θαλάσσια ύδατα. Επιπλέον, αναγνωρίζοντας ότι η βαθυμετρία θεωρείται σημαντική παράμετρος στις θαλάσσιες εφαρμογές των δραστηριοτήτων και υποδομών, η διατριβή αυτή εμβαθύνει στη Δορυφορική Βαθυμετρία (ΔΒ) μέσω παθητικών αισθητήρων, χρησιμοποιώντας εμπειρικές μεθόδους.

Το πρότυπο εργαλείο ΣΓΠ είναι σε θέση να εντοπίσει και να παρουσιάσει τις θαλάσσιες και παράκτιες χωρικές συγκρούσεις αλλά και τις περιοχές όπου συνυπάρχουν πολλαπλές συγκρούσεις λαμβάνοντας υπόψη την τρίτη διάσταση. Το τελικό προϊόν περιλαμβάνει τόσο τις χωρικές συγκρούσεις της υφιστάμενης κατάστασης όσο και τα αποτελέσματα ενός σεναρίου μετακίνησης μιας δραστηριότητας και δημιουργίας μιας νέας υποδομής στο θαλάσσιο χώρο, προσδιορίζοντας έτσι τις δραστηριότητες και τις υποδομές που επηρεάζονται, εντοπίζοντας τις μεταβολές στις χωρικές συγκρούσεις. Το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις αρμόδιες αρχές επιδιώκοντας την αρμονική συνύπαρξη δραστηριοτήτων και χρήσεων, εφαρμόζοντας μια προσέγγιση με επίκεντρο τη βιωσιμότητα.

Λέξεις κλειδιά: Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός (ΘΧΣ); Δορυφορική Βαθυμετρία (ΔΒ); Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ); Πίνακας Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων;

ABSTRACT

The study of resolving the conflicts that arise between maritime activities is considered a key component in Maritime Spatial Planning (MSP). The successful implementation of the MSP as well as the monitoring can be achieved with the availability of tools to support the competent authorities in making the right decisions.

This thesis proposes a useful tool based on national and international legal frameworks designed to facilitate the monitoring and improvement of the Maritime Spatial Plans (MSPs) of Cyprus. The basic stages of creating the tool were the collection of updated data, the study of the institutional framework leading to the creation of the Table of Conflicts and Compatibility in the marine environment. Furthermore, recognizing that bathymetry is considered an important parameter in marine applications of activities and infrastructures, this thesis delves into Satellite Bathymetry through passive sensors, using empirical methods.

This standard tool can identify and present maritime and coastal spatial conflicts as well as areas where multiple conflicts coexist, taking into account the third dimension. The results include both the spatial conflicts of the existing situation and the results of a scenario of moving an activity and creating a new infrastructure in the maritime space, thus identifying the activities and infrastructures affected and the variations of the spatial conflicts. The tool can be considered a useful tool to competent authorities seeking the harmonious coexistence of activities and uses, applying a sustainability-focused approach.

Keywords: Marine Spatial Planning (MSP); Satellite Bathymetry (SB); Geographic Information Systems (GIS); Table of Conflicts and Compatibilities;

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	xi
ABSTRACT.....	xii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xviii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xxiii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	xxv
1 Εισαγωγή	1
2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	1
2.1 Η αναγκαιότητα του ΘΧΣ.....	1
2.2 ΘΧΣ στην Ευρώπη.....	8
2.3 Εκτίμηση Δορυφορικής Βαθυμετρίας με τη χρήση πολυφασματικών δεκτών 22	
3 Μεθοδολογία Έρευνας.....	29
3.1 Προσδιορισμός πιθανών συγκρούσεων στα παράκτια και θαλάσσια ύδατα της Κύπρου.....	31
3.2 Εκτίμηση Δορυφορικής βαθυμετρίας	57
3.2.1 Βήματα εκτίμησης της Δορυφορικής βαθυμετρίας	58
3.2.1.1 Προ-επεξεργασία	58
3.2.1.1.1 Γεωμετρικές και ραδιομετρικές / ατμοσφαιρικές διορθώσεις	59
3.2.1.1.2 Διόρθωση λαμπυρίσματος από δορυφορικές εικόνες (Sun-glint)	59
3.2.1.1.3 Διαχωρισμός Στεριάς/Θάλασσας	60
3.2.1.1.4 Median filter.....	60
3.2.1.1.5 Θολότητα.....	61
3.2.1.2 Εφαρμογή εμπειρικών μεθόδων ΔΒ	62

3.2.2	Μεθοδολογία ΔΒ	66
3.2.2.1	Πολυχρονική Ανάλυση.....	67
3.2.2.1.1	Περιοχές Μελέτης.....	68
3.2.2.1.2	Δορυφορικά Δεδομένα.....	68
3.2.2.1.3	Δεδομένα πεδίου	69
3.2.2.1.4	Μεθοδολογία πολυχρονικής ανάλυσης.....	71
3.2.2.2	Μελέτη χρήσης εξισώσεων παλινδρόμησης για την εκτίμηση ΔΒ όπου δεν είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων πεδίου.....	73
3.2.2.2.1	Περιοχή Μελέτης	73
3.2.2.2.2	Δορυφορικά Δεδομένα.....	73
3.2.2.2.3	Δεδομένα πεδίου	75
3.2.2.2.4	Μεθοδολογία.....	76
3.2.2.3	Σύγκριση αποτελεσμάτων ΔΒ διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων	78
3.2.2.3.1	Περιοχή μελέτης.....	79
3.2.2.3.2	Δορυφορικά δεδομένα.....	79
3.2.2.3.3	Δεδομένα Πεδίου	80
3.2.2.3.4	Μεθοδολογία.....	81
3.2.2.4	Εκτίμηση ΔΒ για τα ρηχά νερά της Κύπρου με την χρήση τριών εμπειρικών μεθόδων	83
3.2.2.4.1	Περιοχή μελέτης.....	84
3.2.2.4.2	Δορυφορικά Δεδομένα.....	84
3.2.2.4.3	Δεδομένα πεδίου	85
3.2.2.4.4	Μεθοδολογία.....	85
3.3	Δημιουργία Αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού συγκρούσεων και συμβατοτήτων στα χωρικά ύδατα της Κύπρου	90

3.3.1	Εισαγωγή γεωχωρικών δεδομένων στο εργαλείο.....	90
3.3.2	Δημιουργία βαθυμετρικού Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους για την ΑΟΖ της Κύπρου.....	94
3.3.3	Μεθοδολογία δημιουργίας εργαλείου.....	97
4	Αποτελέσματα.....	111
4.1	Προσδιορισμός συγκρούσεων με την χρήση του Πίνακα συγκρούσεων και συμβατοτήτων.....	111
4.2	Αποτελέσματα ΔΒ	113
4.2.1	Πολυχρονική Ανάλυση.....	113
4.2.1.1	Ανάλυση χρονοσειρών των βαθυμετρικών δεδομένων.....	113
4.2.1.2	Αποτελέσματα εκτιμώμενης Βαθυμετρίας	117
4.2.2	Αποτελέσματα ΔΒ με τη χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης	121
4.2.2.1	Εκτίμηση Βαθυμετρίας με τη χρήση σημείων πεδίου	124
4.2.2.2	ΔΒ με τη χρήση των εξισώσεων παλινδρόμησης σε περιοχές όπου δεν είναι διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα.....	126
4.2.3	Αποτελέσματα ΔΒ διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων.....	129
4.2.4	Αποτελέσματα ΔΒ για τα ρηχά νερά της Κύπρου με τη χρήση τριών εμπειρικών μοντέλων.....	140
4.3	Αυτοματοποιημένο εργαλείο εντοπισμού συγκρούσεων στα χωρικά ύδατα της Κύπρου.....	146
5	Σχολιασμός Αποτελεσμάτων	152
5.1	Πίνακας των Συγκρούσεων με βάση τα αποτελέσματα του εργαλείου.....	152
5.2	Εκτίμηση Δορυφορικής Βαθυμετρίας	161
5.2.1	Πολυχρονική Ανάλυση ΔΒ.....	161
5.2.2	Εκτίμηση ΔΒ με τη χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης	162
5.2.3	ΔΒ διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων.....	163

5.2.4 Εκτίμηση ΔB για τα ρηγά νερά της Κύπρου με τη χρήση τριών εμπειρικών μοντέλων.....	164
5.3 Αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού συγκρούσεων στα χωρικά ύδατα της Κύπρου	165
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	169

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Τύποι ΘΧΣ και τα αντίστοιχα καθήκοντά τους (<i>Zaucha, 2018</i>).....	6
Πίνακας 2: Επισκόπηση διαφορετικών αισθητήρων βαθυμετρίας σε θαλάσσια ύδατα.	23
Πίνακας 3: Δεδομένα και πληροφορίες ανά κατηγορία (συγκρούσεις, συμβατότητες, ακτίνα της ζώνης προστασίας.....	35
Πίνακας 4: Στοιχεία δορυφορικών εικόνων για τις περιοχές μελέτης.....	69
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά δεδομένων βαθυμετρικών σημείων TKX.....	70
Πίνακας 6: Πληροφορίες των Δορυφορικών εικόνων SPOT	74
Πίνακας 7: Πληροφορίες των Δορυφορικών εικόνων <i>WorldView 2, PlanetScope, Sentinel 2</i>	80
Πίνακας 8: Κατηγορίες, δεδομένα, σχήμα.....	92
Πίνακας 9: Ανοικτά ψηφιακά βαθυμετρικά υπόβαθρα	94
Πίνακας 10: Τιμές διαχωρισμού των δεδομένων	101
Πίνακας 11: Συνθήκες σύγκρουσης δραστηριοτήτων / υποδομών	104
Πίνακας 12: Εκτιμώμενα σφάλματα των περιοχών μελέτης.....	118
Πίνακας 13: Εκτίμηση της μέγιστης τιμής W_i και του μέγιστου βάθους για τα σημεία βαθμονόμησης	123
Πίνακας 14: Βαθυμετρικοί χάρτες και ανάλυση παλινδρόμησης με τη χρήση των δεδομένων επικύρωση βάθους.....	125
Πίνακας 15: R^2 , RMSE και εξισώσεις βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε Βαθυμετρικό χάρτη.....	126

Πίνακας 16: Σύγκριση αποτελεσμάτων με χρήση αλγορίθμων μετασχηματισμού αναλογίας (RTA) και εξισώσεων παλινδρόμησης.....	127
Πίνακας 17: Συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ των τριών εμπειρικών μεθόδων, χρησιμοποιώντας το κυανό (B1), μπλε (B2), πράσινο (B3) και κίτρινο (B4) του WorldView 2	130
Πίνακας 18: Συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ των τριών εμπειρικών μεθόδων, χρησιμοποιώντας το κυανό (B1), μπλε (B2) και πράσινο (B3) του Sentinel 2	131
Πίνακας 19: Συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ των τριών εμπειρικών μεθόδων, χρησιμοποιώντας το μπλε (B1), πράσινο (B2) και κόκκινο (B3) του PlanetScope 2	131
Πίνακας 20: R ² και RMSE της ΔB για κάθε αισθητήρα και αλγόριθμο	134
Πίνακας 21: Επικύρωση βαθυμετρικών εποχιακών και ετήσιων αποτελεσμάτων τριών μεθόδων	142
Πίνακας 22: Βαθυμετρικοί χάρτες για όλο το έτος του 2021 για Κύπρο με την χρήση των αλγορίθμων: α) Lyzenga, b) Stumpf, c) Li με τη χρήση της πλατφόρμας GEE	143

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Όροι και όρια ΘΧΣ.....	3
Διάγραμμα 2: Μεθοδολογία έρευνας.....	30
Διάγραμμα 3: ΑΟΖ Κύπρου	31
Διάγραμμα 4: Βήματα προσδιορισμού συγκρούσεων στα παράκτια και θαλάσσια ύδατα της Κύπρου	32
Διάγραμμα 5: Μελέτες ΔΒ για όλο το νησί της Κύπρου.....	58
Διάγραμμα 6: Γενική μεθοδολογία ΔΒ.....	67
Διάγραμμα 7: Περιοχή μελέτης Α1 (Λεμεσού).....	68
Διάγραμμα 8: Περιοχή μελέτης Α2 (Λάρνακα).....	68
Διάγραμμα 9: Δεδομένα πεδίου περιοχής Α1.....	71
Διάγραμμα 10: Δεδομένα πεδίου περιοχής Α2.....	71
Διάγραμμα 11: Μεθοδολογία πολυχρονικής ανάλυσης ΔΒ	72
Διάγραμμα 12: Περιοχή μελέτης εκτίμησης βαθυμετρίας με την χρήση δορυφορικών εικόνων	73
Διάγραμμα 13: Κωδικοί Δορυφορικών εικόνων	75
Διάγραμμα 14: Μέθοδοι βαθυμετρικών αποτυπώσεων των δεδομένων που χορηγήθηκαν από το ΤΚΧ	75
Διάγραμμα 15: Μεθοδολογία εκτίμησης ΔΒ με τη χρήση του αλγόριθμου αναλογίας και των εξισώσεων παλινδρόμησης.....	78
Διάγραμμα 16: Κλειστός κόλπος στο χωριό Ελούντα, Κρήτη, Ελλάδα.....	79
Διάγραμμα 17: Κατανομή των μετρήσεων βάθους στο πεδίο για βαθμονόμηση (πράσινα σημεία) και για επικύρωση (κόκκινα σημεία).	81
Διάγραμμα 18: Στάδια επεξεργασίας ΔΒ με τη χρήση τριών οπτικών εικόνων και τριών εμπειρικών μεθόδων.	83
Διάγραμμα 19: Καθορισμός περιοχής μελέτης για την εκτίμηση ΔΒ μέσω της πλατφόρμας GEE.....	84

Διάγραμμα 20: Χρήση βαθυμετρικών δεδομένων πεδίου στη πλατφόρμα της GEE.....	85
Διάγραμμα 21: Σύνθεση εικόνας με τη χρήση μέσου και διάμεσου φίλτρου	87
Διάγραμμα 22: Κατανομή σημείων υπολογισμού μέσης τιμής χλωροφύλλης.....	88
Διάγραμμα 23: ΔΒ με την χρήση του GEE και τριών εμπειρικών μεθόδων.....	89
Διάγραμμα 24: Δραστηριότητες/ Υποδομές στην ΑΟΖ της Κύπρου.....	91
Διάγραμμα 25: Βαθυμετρικές έρευνες στην ΑΟΖ της Κύπρου (πλατφόρμα DCDB Data Viewer – Πηγή: https://www.ncei.noaa.gov/maps/iho_dcdb/).....	95
Διάγραμμα 26: Βαθυμετρικό ΨΜΕ της EMODnet	95
Διάγραμμα 27: Περιοχές δεδομένων	97
Διάγραμμα 28: Βήματα υλοποίησης αυτοματοποιημένου εργαλείου	99
Διάγραμμα 29: Εργαλείο διαγραφής δεδομένων προηγούμενης επεξεργασίας	100
Διάγραμμα 30: Παράθυρο εργαλείου καθορισμού ακτίνας επιρροής	102
Διάγραμμα 31: Δημιουργία της ακτίνας ζώνης προστασίας	103
Διάγραμμα 32: Εντοπισμός συγκρούσεων των δραστηριοτήτων / χρήσεων / υποδομών	105
Διάγραμμα 33: Διαχωρισμός των συγκρούσεων ανά περιοχή (στεριά, επιφάνειας, στήλης ύδατος, βυθού).....	106
Διάγραμμα 34: Υπομοντέλο Στεριάς - Συλλογή δεδομένων απο Feature Dataset στεριάς	107
Διάγραμμα 35: Συγχώνευση δεδομένων ανά περιοχή (στεριά, επιφάνεια της θάλασσας και βυθό).....	108
Διάγραμμα 36: Εργαλείο εξαγωγής αποτελεσμάτων με την επιλογή της περιοχής μελέτης	109
Διάγραμμα 37: Τελικό εργαλείο υπολογισμού συγκρούσεων στο χώρο.....	110
Διάγραμμα 38: Πίνακας Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων με βάση τις καλές πρακτικές και το Θεσμικό Πλαίσιο της Κύπρου	112

Διάγραμμα 39: Μηνιαία διαγράμματα διασποράς γραμμικής συσχέτισης των περιοχών μελέτης.....	116
Διάγραμμα 40:Βαθυμετρικοί χάρτες για την περιοχή μελέτης A1.....	117
Διάγραμμα 41:Βαθυμετρικοί χάρτες για την περιοχή μελέτης A2.....	118
Διάγραμμα 42: Χάρτες σύγκρισης της εκτιμώμενης βαθυμετρίας και των δεδομένων LIDAR της περιοχής μελέτης A1 για τους μήνες: α) Ιανουάριο, β) Φεβρουάριο, γ) Μάρτιο, δ) Απρίλιο, ε) Μάιο, ς) Ιούνιο, ζ) Ιούλιο, η) Αύγουστο, θ) Σεπτέμβριο, ι) Οκτώβριο, κ) Νοέμβριο, λ) Δεκέμβριο	120
Διάγραμμα 43: Τομή βαθυμετρικών αποτελεσμάτων της περιοχής μελέτης A1	121
Διάγραμμα 44: Βαθυμετρικοί χάρτες με χρήση της εξίσωσης βαθμονόμησης από τις αντίστοιχες δορυφορικές εικόνες.....	129
Διάγραμμα 45: Δορυφορικοί βαθυμετρικοί χάρτες με τη χρήση: α) Γραμμικού αλγόριθμου μίας ζώνης /WorldView 2; β) Γραμμικού αλγόριθμου πολλαπλών ζωνών / WorldView 2; γ) Αλγόριθμου αναλογίας / Worldview 2; δ) Γραμμικού αλγόριθμου μίας ζώνης / Sentinel 2; ε) Γραμμικού αλγόριθμου πολλαπλών ζωνών / Sentinel 2; στ) Αλγόριθμου αναλογίας / Sentinel 2; ζ) Γραμμικού αλγόριθμου μίας ζώνης /PlanetScope; η) Γραμμικού αλγόριθμου πολλαπλών ζωνών / PlanetScope; (ι) Αλγόριθμου αναλογίας / PlanetScope.....	132
Διάγραμμα 46: Συσχέτιση μεταξύ παρατηρούμενων βαθών (σημεία επικύρωσης) και ΔΒ που λαμβάνονται από κάθε αλγόριθμο / αισθητήρα, που αναφέρονται ως: α) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης /WorldView 2; β) Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών / WorldView 2; γ) Αλγόριθμος αναλογίας / WorldView 2; δ) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης / Sentinel 2; ε) Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών / Sentinel 2; ς) Αλγόριθμος αναλογίας / Sentinel 2; ζ) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης /PlanetScope; η) Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών / PlanetScope; ι) Αλγόριθμος αναλογίας / PlanetScope.....	133
Διάγραμμα 47: Χάρτες της περιοχής μελέτης προσδιορισμού των επιπέδων θολερότητας για: α) WorldView 2; β) Sentinel 2; γ) PlanetScope.....	135
Διάγραμμα 48: Οι χάρτες κατανομής σφαλμάτων για: α) Γραμμικό αλγόριθμο μίας ζώνης / WorldView 2; β) Γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών / WorldView 2; γ)	

Αλγόριθμος αναλογίας / WorldView 2; δ) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης / Sentinel 2; ε) Γραμμικός αλγόριθμος	136
Διάγραμμα 49: Διαγράμματα που παρουσιάζουν την σχέση των επιπέδων θολότητας και σφάλματος για κάθε μέθοδο χρησιμοποιώντας τις δορυφορικές εικόνες του WorldView 2, Sentinel 2, PlanetScope για βάθη: α) 0-2 μέτρα, β) 2-4 μέτρα, γ) 4-6 μέτρα, δ) 6-8 μέτρα, ε) 8-10 μέτρα. Το κελί f) απεικονίζει το υπόμνημα όλων των γραφικών του διαγράμματος.....	138
Διάγραμμα 50: Χωρική κατανομή σημείων εξαγωγής τιμών χλωροφύλλης (Chl-a)...	141
Διάγραμμα 51: Χάρτης εκτίμησης χλωροφύλλης για το έτος 2021	141
Διάγραμμα 52: Καθορισμός τιμής αναλογίας για βάθος 15 μέτρα	144
Διάγραμμα 53: Διαχωρισμός περιοχής μελέτης βάση της τιμής W_i	144
Διάγραμμα 54: Βαθυμετρικός χάρτης με την χρήση του αλγόριθμου αναλογίας	145
Διάγραμμα 55: Ισοβαθείς για την δημιουργία βαθυμετρικού ΨΜΕ	146
Διάγραμμα 56: Νέο βαθυμετρικό ΨΜΕ της Κύπρου	147
Διάγραμμα 57: Ακτίνες προστασίας των δραστηριοτήτων ανά κατηγορία στην ΑΟΖ της Κύπρου.....	147
Διάγραμμα 58: Ακτίνες προστασίας στην στεριά.....	148
Διάγραμμα 59: Ακτίνες προστασίας στην επιφάνεια	148
Διάγραμμα 60: Ακτίνες προστασίας στην στήλη ύδατος	148
Διάγραμμα 61: Ακτίνες προστασίας στο βυθό	148
Διάγραμμα 62: Συγκρούσεις στην ΑΟΖ της Κύπρου.....	149
Διάγραμμα 63: Συγκρούσεις στα χωρικά ύδατα της Κύπρου	149
Διάγραμμα 64: Χάρτης κατανομής των πυκνοτήτων των συγκρούσεων των δραστηριοτήτων / υποδομών	149
Διάγραμμα 65: Τρισδιάστατη απεικόνιση των συγκρούσεων στην παράκτια ζώνη της Κύπρου.....	151
Διάγραμμα 66: Τρισδιάστατη απεικόνιση: α) των δραστηριοτήτων, β) των συγκρούσεων -Πινάκας χαρακτηριστικών γ) των δραστηριοτήτων, δ) των συγκρούσεων	151

Διάγραμμα 67 Έλεγχος συγκρούσεων με βάση το επίπεδο που βρίσκονται οι δραστηριότητες / υποδομές.....	154
Διάγραμμα 68: Εντοπισμός αριθμού χωρικών συγκρούσεων	155
Διάγραμμα 69: Αριθμός συγκρούσεων για τις κατηγορίες της επιφάνεια της θάλασσας	156
Διάγραμμα 70: Αριθμός συγκρούσεων για τις κατηγορίες του βυθού.....	157
Διάγραμμα 71: Αριθμός συγκρούσεων των δραστηριοτήτων / υποδομών στη στήλη ύδατος	158
Διάγραμμα 72: Αριθμός συγκρούσεων των δραστηριοτήτων/υποδομών στη στεριά..	158
Διάγραμμα 73:Ποσοστό χωρικών συγκρούσεων στην ΑΟΖ Κύπρου.....	159
Διάγραμμα 74: Διαχωρισμός συγκρούσεων ανά επίπεδο - Τελικός πίνακας ανάλυσης συγκρούσεων στην ΑΟΖ της Κύπρου	160
Διάγραμμα 75: Ταξινόμηση χωρικών συγκρούσεων με σχέση το βάθος.....	166
Διάγραμμα 76: Διαφορές χωρικών συγκρούσεων με την νέα θέση πεδίου βολής και καλωδίων ενέργειας EuroAsia και EuroAfrica.....	168

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

CBD:	Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιοποικιλότητα (Convention on Biological Diversity)
EMODnet:	Ευρωπαϊκό Δίκτυο Θαλάσσιων Παρατηρήσεων και Δεδομένων (European Marine Observation and Data Network)
GEBCO:	Γενικός Βαθυμετρικός Χάρτης των Ωκεανών (The General Bathymetric Chart of the Oceans)
GEE:	Google Earth Engine
IOPs:	Εγγενείς Οπτικές Ιδιότητες (Inherent Optical Properties)
NOAA:	Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (National Oceanic and Atmospheric Administration)
NDTI:	Δείκτης Θολότητας Κανονικοποιημένης Διαφοράς (Normalized Difference Turbidity Index)
NDWI:	Δείκτης Νερού Κανονικοποιημένης Διαφοράς (Normalized Difference Water Index)
NIR:	Εγγύς υπέρυθρο (Near Infrared)
R^2 :	Συντελεστής συσχέτισης
RMSE:	Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error)
SDI	Υποδομές Χωρικών Δεδομένων (Spatial Data Infrastructure)
UNCLOS:	Σύμβαση Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (United Nations Convention on the Law of the Sea)
ΑΟΖ:	Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη
ΑΠΕ:	Ανανεώσιμες Πηγών Ενέργειας
βΨΜΕ:	βαθυμετρικό Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους
ΔΒ:	Δορυφορική Βαθυμετρία
ΔΠ:	Δήλωσης Πολιτικής

ΕΕ:	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΘΧΣ:	Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός
ΘΧΣχ:	Θαλάσσια Χωροταξικά Σχέδια
ΟΘΠ:	Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική
ΣΓΠ:	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
ΤΚΧ:	Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Add Field:	Εντολή προσθήκη στήλης σε ένα πίνακα
Add Surface Information:	Εντολή εισαγωγής χαρακτηριστικών εισόδου με στατιστικές πληροφορίες που βασίζονται στο ύψος μιας επικαλυπτόμενης επιφάνειας
Alter:	Εντολή μετονομασίας πεδίων ή αλλαγής ιδιοτήτων πεδίων ενός πίνακα
Append:	Εντολή η οποία προσθέτει ή ενημερώνει ένα δεδομένο από πολλαπλά σύνολα δεδομένων
Buffer:	Δημιουργία πολύγωνου γύρω από τα χαρακτηριστικά εισόδου σε μια καθορισμένη απόσταση
Calculate Field:	Εντολή υπολογισμού τιμών πεδίου ενός δεδομένου
Clip:	Εντολή εξαγωγής επικάλυψης δυο χαρακτηριστικών
Collect Values:	Εντολή συλλογής τιμών εξόδου και δημιουργεί μια λίστα τιμών μετά την χρήση εντολής επανάληψης (Iterate Feature Classes)
Count Overlapping Features:	Εντολή αρίθμησης των επικαλυπτόμενων περιοχών για τα χαρακτηριστικά εισόδου
Delete:	Εντολή μόνιμης διαγραφής δεδομένων
Delete Field:	Εντολή διαγραφής ενός ή περισσότερων πεδίων από ένα πίνακα δεδομένου
Extrusion	Εντολή η οποία μετατρέπει ένα επίπεδο δισδιάστατο σχήμα σε ένα τρισδιάστατο αντικείμενο εκτείνοντας το σχήμα κατακόρυφα σε μια επιφάνεια.
feature datasets:	Ένα σύνολο δεδομένων χαρακτηριστικών
If Data Exist:	Εντολή ελέγχου εάν υπάρχουν καθορισμένα δεδομένα
If Field value is:	Εντολή αξιολόγηση τιμών πεδίου με μια καθορισμένη τιμή

If Row Count is:	Εντολή η οποία αξιολογεί τον αριθμό σειρών εισόδου και ελέγχει αν ταιριάζει με μια καθορισμένη τιμή.
Iterate Feature Classes:	Εντολή επανάληψης για μια κατηγορία χαρακτηριστικών ή σε ένα σύνολο δεδομένων χαρακτηριστικών
Merge:	Εντολή συνένωσης πολλαπλών δεδομένων εισόδου σε ένα νέο ενιαίο σύνολο
Model Builder:	Οπτική γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία ροών εργασίας γεωεπεξεργασίας στο λογισμικό ArcGIS

1 Εισαγωγή

Η θάλασσα και οι ωκεανοί αποτελούνται από μια τεράστια πηγή ζωής με πλούσιους οικονομικούς πόρους όπου συνήθως είναι εξαρτώμενοι από θαλάσσιες δραστηριότητες. Σήμερα η παγκόσμια οικονομική και κοινωνική κρίση που επικρατεί σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή και την μείωση των πόρων, το ενδιαφέρον έχει στραφεί στις θαλάσσιες περιοχές έτσι ώστε να διατελέσουν βιώσιμες λύσεις σε όλα αυτά τα προβλήματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες. Οι αυξανόμενες δραστηριότητες στο θαλάσσιο χώρο και η αυξανόμενη ζήτηση των θαλάσσιων πόρων οδήγησαν στην αλλοίωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ο Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός (ΘΧΣ) είναι μια διαδικασία κατανομής των διαφόρων χρήσεων / δραστηριοτήτων στο χώρο ούτως ώστε να βοηθήσει στη σωστή διαχείριση του θαλάσσιου χώρου για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος (*Frazão Santos et al., 2019*).

Μελέτες άλλων ΘΧΣ έδειξαν ότι η απουσία του Θαλάσσιων Χωροταξικών Σχεδίων (ΘΧΣχ) προκαλεί ποικίλα προβλήματα (*Kelly et al., 2014*). Μερικά από τα πιο σημαντικά προβλήματα που εντοπίζονται με την απουσία ΘΧΣχ είναι οι χωρικές και χρονικές συγκρούσεις μεταξύ δραστηριοτήτων στις παράκτιες περιοχές και τη θάλασσα, η έλλειψη συνεργασίας μεταξύ διαφόρων αρχών και υπηρεσιών που είναι υπεύθυνες για τις δραστηριότητες στο χώρο αλλά και η έλλειψη βεβαιότητας όσον αφορά τις επενδύσεις. Επίσης, η προστασία και διαχείριση του περιβάλλοντος και η έλλειψη προστασίας και διατήρησης των βιολογικά και οικολογικά ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών είναι ένα από τα προβλήματα που παρατηρούνται κατά την απουσία των ΘΧΣχ (*Douvere, 2008*).

Επιπλέον, παρατηρείται μια συνεχόμενη αύξηση των θαλάσσιων δραστηριοτήτων που έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλό ανταγωνισμό μεταξύ των συμφερόντων διαφορετικών θαλάσσιων χρήσεων (π.χ. η ναυτιλία και οι θαλάσσιες μεταφορές, η αλιεία, η υδατοκαλλιέργεια, κτλ.). Αυτές οι οικονομικές δραστηριότητες στις θαλάσσιες περιοχές είναι πιθανόν να μετατοπιστούν λόγω πολλών παραγόντων όπως για παράδειγμα η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού, η συχνότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων κτλ. και να προκληθούν αλλοιώσεις των θαλάσσιων οικοσυστημάτων (*European Parliament and Council of the European Union, 2007*).

Με την εφαρμογή του ΘΧΣ παρέχεται μια ολοκληρωμένη διαδικασία που μπορεί να αντιμετωπίσει, να ελαχιστοποιήσει ή και να επιλύσει τις παραπάνω καταστάσεις

(Douvere, 2008). Είναι μια εξελισσόμενη έννοια που στοχεύει στη διατήρηση των οικοσυστημάτων μαζί με τη χρονική και χωρική εξέλιξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και τις αναμενόμενες συγκρούσεις τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός ΘΧΣ, λαμβάνονται υπόψη δύο παγκόσμιες υποστηρικτικές Συμβάσεις των Ηνωμένων Εθνών; για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS) και για τη Βιοποικιλότητα (CBD).

Η απουσία ΘΧΣ προϋποθέτει την παρουσία πολλών δυσκολιών που αναπόφευκτα προκαλούν προβλήματα στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία. Οι θαλάσσιες δραστηριότητες αυξάνονται, με αποτέλεσμα την υψηλότερη ζήτηση θαλάσσιου χώρου και χρόνου. Έτσι οι συγκρούσεις μεταξύ αυτών των δραστηριοτήτων είναι αναπόφευκτες και πρέπει να εντοπιστούν (στον πολυδιάστατο χώρο) και να αντιμετωπιστούν. Όλα τα παραπάνω μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία με την υλοποίηση ΘΧΣ.

ψ

Έτσι σημαντική παράμετρος για να καθοριστεί η δράση μιας δραστηριότητας είτε ο χώρος επιρροής μιας υποδομής στον πολυδιάστατο αυτό χώρο είναι η βαθυμετρία. Η βαθυμετρία και τα βαθυμετρικά δεδομένα περιγράφουν την υποβρύχια τοπογραφία ωκεανών, θαλασσών και λιμνών και λαμβάνονται υπόψη σε πολλές πτυχές της θαλάσσιας έρευνας, της διαχείρισης του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος και των πόρων τους (Hell et al., 2012). Η βαθυμετρία στα παράκτια ύδατα έχει πρωταρχική σημασία στις ανθρώπινες δραστηριότητες και τα οικοσυστήματα. Επίσης, η εκτίμηση της παράκτιας βαθυμετρίας παίζει σημαντικό ρόλο στην έκθεση του παράκτιου πληθυσμού αλλά και οικοσυστημάτων από τις πλημμύρες και τη διάβρωση (Anthony and Aagaard, 2020). Η έλλειψη ολοκληρωμένης πληροφόρησης ή μερικές φορές η χρήση απαρχαιωμένης παράκτιας βαθυμετρίας προκάλεσε προβλήματα για το 40% των παράκτιων αμμωδών περιοχών του κόσμου που είναι τα πιο δυναμικά γεωλογικά περιβάλλοντα στη Γη (Luijendijk et al., 2018). Σήμερα, υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για παρακολούθηση ακτών, όπου η παράκτια βαθυμετρία είναι κρίσιμης σημασίας (Benveniste et al., 2019; Melet et al., 2020). Η εκτίμηση Δορυφορικής Βαθυμετρίας (ΔΒ) μπορεί να παρέχει αναθεωρημένη αυτή την πληροφορία πολύ γρήγορα και φθηνά χρησιμοποιώντας αποτελεσματικές μεθόδους.

Περεταίρω, αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες προχώρησαν στον σχεδιασμό και τη δημιουργία των ΘΧΣχ και αυτή την στιγμή βρίσκονται στο στάδιο ελέγχου και αξιολόγησης της

εφαρμογής του ΘΧΣ στην χώρα τους. Καθώς όμως τα ΘΧΣχ θα πρέπει να αναθεωρούνται από τα κράτη μέλη τουλάχιστον κάθε 10 χρόνια (European Parliament and Council of the European Union, 2014) με βάση το άρθρο 6 της Οδηγίας 2014/89/ΕΕ, η δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου εργαλείου εκτίμησης των συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο το καθιστά πολύ χρήσιμο στην παρακολούθηση του ΘΧΣ αλλά και στην αναθεώρηση των ΘΧΣχ. Η μελέτη αυτή αφορά την δημιουργία ενός εργαλείου που λαμβάνει υπόψη την εθνική/διεθνή νομοθεσία, τις καλές πρακτικές ΘΧΣ άλλων χωρών, χρησιμοποιώντας όλα τα διαθέσιμα γεωχωρικά δεδομένα αλλά και τα αποτελέσματα της ΔΒ.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν, παρουσιάζεται αρχικά μια λεπτομερής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με το ΘΧΣ και την ανάγκη παρακολούθηση και τον εντοπισμό των χωρικών συγκρούσεων και η σημαντικότητα της βαθυμετρίας στην χωρική κατανομή των συγκρούσεων. Στην συνέχεια, περιγράφονται οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη σε τρία στάδια. Το πρώτο μεθοδολογικό στάδιο αφορά τα βήματα για την εκτίμηση των συγκρούσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων μέσω ενός πίνακα. Σε αυτό το πίνακα γίνεται η διάκριση των χωρικά ασύμβατων, συμβατών ή ουδέτερων δραστηριοτήτων μεταξύ τους. Το δεύτερο στάδιο αφορά την εκτίμηση ΔΒ για τα ρηγά νερά όλου του νησιού της Κύπρου με την χρήση εμπειρικών μεθόδων για την χρήση της βαθυμετρίας ως παράμετρο στον εντοπισμό των χωρικών συγκρούσεων και συμβατοτήτων. Στο τρίτο στάδιο παρουσιάζεται η δημιουργία ενός πρότυπου αυτοματοποιημένου εργαλείου το οποίο σε συνδυασμό των δεδομένων που αντλήθηκαν, το πίνακα καθώς και τα αποτελέσματα της βαθυμετρίας να μπορεί να υπολογίσει και να παρουσιάσει τις θαλάσσιες χωρικές συγκρούσεις λαμβάνοντας υπόψη και τις τρεις διαστάσεις του χώρου. Το τέταρτο στάδιο που ακολουθεί αφορά την παρουσίαση τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων της δημιουργίας του Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο στάδιο της μελέτης αυτής που αφορά την δημιουργία του αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού των χωρικών συγκρούσεων της Κύπρου. Επίσης, στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων παρουσιάστηκαν βαθυμετρικοί χάρτες που παράχθηκαν με εμπειρικές μεθόδους και την χρήση δορυφορικών εικόνων και δεδομένων πεδίου σε πιλοτικές περιοχές της Κύπρου αλλά και σε μια πιλοτική περιοχή της Κρήτης. Τα αποτελέσματα αυτά βοήθησαν να εντοπιστούν οι περιορισμοί και οι διαφορές της χρήσης διαφορετικών εμπειρικών μεθόδων αλλά και διαφορετικών πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων διαφορετικής ανάλυσης

οδηγώντας στην εκτίμηση ΔΒ για όλο το νησί της Κύπρου. Το τελικό εργαλείο που δημιουργήθηκε, χρησιμοποίησε τα προηγούμενα αποτελέσματα της μελέτης αυτής και η σημασία και ιδιαιτερότητα χρήσης ενός τέτοιου εργαλείου στην παρακολούθηση του ΘΧΣ αλλά και στην αναθεώρηση των ΘΧΣχ της Κύπρου επισημαίνεται στην μελέτη αυτή.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Η αναγκαιότητα του ΘΧΣ

Ο ΘΧΣ σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) ορίζεται ως «μια διαδικασία κατά την οποία οι δημόσιες αρχές αναλύουν και προβαίνουν σε χωρική και χρονική κατανομή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στις θαλάσσιες περιοχές, με σκοπό την επίτευξη οικολογικών, οικονομικών και κοινωνικών στόχων».

Ο ΘΧΣ είναι ένα κρίσιμο εργαλείο που, με δημόσιες διαδικασίες, στοχεύει στην ανάλυση και κατανομή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που εμπίπτουν στο χώρο μιας θαλάσσιας περιοχής με την πάροδο του χρόνου. Ο ΘΧΣ αποσκοπεί στην επίτευξη οικολογικών και κοινωνικοοικονομικών στόχων που καθορίζονται μέσω πολιτικών διαδικασιών. Επιπλέον, ο ΘΧΣ διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη στήριξη της προστασίας του περιβάλλοντος (Shabtay et al., 2019).

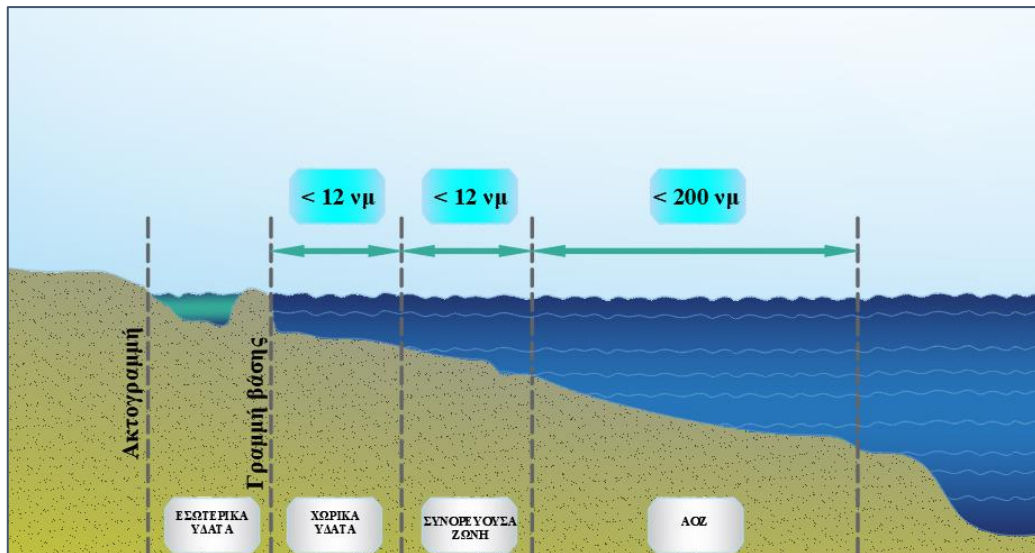
Ο ΘΧΣ είναι ένας πρακτικός τρόπος για τη δημιουργία και την καθιέρωση μιας πιο ρεαλιστικής χρήσης του θαλάσσιου χώρου και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων. Στόχος είναι η εξισορρόπηση των απαιτήσεων για ανάπτυξη σε συνδυασμό με την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος με την παροχή κοινωνικών και οικονομικών ωφελημάτων με ανοικτή και ελεύθερη πρόσβαση στους χρήστες και με προγραμματισμένο τρόπο (Ehler and Douvere, 2009; European Parliament and Council of the European Union, 2014).

Η ιδέα σχεδιασμού στο θαλάσσιο χώρο ξεκίνησε την δεκαετία του 1970. Από τότε οι πρωτοβουλίες υλοποίησης ΘΧΣ και οι διαδικασίες εφαρμογής αυξήθηκαν σε όλο το κόσμο, αυξάνοντας και τον όγκο πληροφοριών και εμπειρογνωμοσύνης που σχετίζονται με το ΘΧΣ (Frazão Santos et al., 2018). Η Διεθνής Σύμβαση UNCLOS, δημιουργήθηκε ως μια κοινή παγκόσμια προσπάθεια θεσπίζοντας μέτρα προς την ορθή χρήση των ωκεανών και των θαλάσσιων πόρων. Η UNCLOS υπογράφηκε το 1982 και τέθηκε σε ισχύ στις 16 Νοεμβρίου του 1994 όπου σήμερα οδεύει προς παγκόσμια συμμετοχή, με 138 συμμετέχοντα κράτη, συμπεριλαμβανομένης και της ΕΕ. Η UNCLOS έχει σκοπό να διευκολύνει την διεθνή επικοινωνία για τις ειρηνικές χρήσεις των θαλασσών ή των ωκεανών και την δίκαιη χρησιμοποίηση των πόρων τους με γνώμονα την προστασία και διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος (UNCLOS, 1982). Σύμφωνα με τη UNCLOS

οι θαλάσσιες περιοχές όπου τα παράκτια κράτη μπορούν να ασκήσουν κυριαρχία είναι τα εσωτερικά ύδατα, η χωρική θάλασσα, η Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (ΑΟΖ), τα αρχιπελαγικά ύδατα και η υφαλοκρηπίδα.

Οι γραμμές βάσης όπως ορίζονται από τη UNCLOS είναι οι γραμμές κατά μήκος των ακτών οι οποίες βοηθούν στον ορισμό των θαλάσσιων ορίων και παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1. Τα ύδατα που συναντώνται μεταξύ της ξηράς και των γραμμών βάσης αποτελούν μέρος των εσωτερικών υδάτων. Η χωρική θάλασσα είναι ένα όριο που μπορεί να φτάσει μέχρι τα δώδεκα ναυτικά μίλια από την γραμμή βάσης. Το κράτος μπορεί να εκμεταλλευτεί την θαλάσσια περιοχή και τους θαλάσσιους πόρους με την κατασκευή τεχνητών νήσων, προβλητών, αποβάθρων, αιολικών πάρκων, υποδιαιρέσεις αλιευτικών ζωνών, ζωνών ασφαλείας κτλ. Η συνορεύουσα ζώνη ξεκινάει από το εξωτερικό όριο των χωρικών υδάτων με το πλάτος του να εκτείνεται μέχρι τα δώδεκα ναυτικά μίλια. Η νομοθεσία της συνορεύουσας ζώνης που εφαρμόζεται είναι η ίδια με της ΑΟΖ καθώς συμπίπτει μέρος της σε αυτή.

Η ΑΟΖ σύμφωνα με την UNCLOS εκτείνεται μέχρι τα 200 ναυτικά μίλια από τις γραμμές βάσης και πρέπει να κηρύσσεται ρητά από κάθε παράκτιο κράτος, εκτός και εάν έρχονται σε σύγκρουση με τα γειτονικά σύνορα με βάση το βυθό και το υπέδαφός του. Σε περίπτωση όπου η ΑΟΖ υπερκαλύπτει τμήμα ΑΟΖ οποιουδήποτε άλλου κράτους, η οριοθέτηση της πρέπει να προκύπτει μέσω αμοιβαίας συμφωνίας. Στην ΑΟΖ κάθε παράκτιο κράτος έχει κυριαρχικά δικαιώματα με σκοπό τη διαχείριση, διατήρηση και εκμετάλλευση των πόρων τους, οικονομικών δραστηριοτήτων όπως παραγωγής αιολικής ενέργειας αλλά και συνάμα την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Επίσης κάθε παράκτιο κράτος μπορεί να υλοποιήσει θαλάσσια επιστημονική έρευνα, να δημιουργήσει τεχνητές νήσους κ.α.. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν παράκτια κράτη όπου οι οριοθετήσεις είτε των χωρικών τους υδάτων είτε της ΑΟΖ δεν έχουν συμφωνηθεί ακόμη. Αυτό οδηγεί στην ανικανότητα ανάπτυξης ΘΧΣ στις αμφισβητούμενες αυτές ζώνες.



Διάγραμμα 1: Όροι και όρια ΘΧΣ

Οι θαλάσσιες πολιτικές για την υποστήριξη κοινού συντονισμού των προσπαθειών ΘΧΣ από την ΕΕ ξεκίνησαν το 2002 με την σύσταση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου σχετικά με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών όπου προωθήθηκε η ενοποίηση των τομέων και επιπέδων διακυβέρνησης για την ρύθμιση της χωρικής ανάπτυξης και των οικονομικών δραστηριοτήτων (European Parliament and Council of the European Union, 2002).

Σημαντικές ανακοινώσεις και κανονισμούς εξέδωσε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έως ότου ανακοινωθεί η νομοθεσία περί κοινού πλαισίου για τον ΘΧΣ στην Ευρώπη. Μερικές από αυτές είναι η τροποποίηση απόφασης σχετικά με τις κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών (European Parliament and Council of the European Union, 2004), η διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης (European Parliament and Council of the European Union, 2006), η δημιουργία υποδομής χωρικών πληροφοριών (INSPIRE) στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (European Parliament and Council of the European Union, 2007), ο νόμος περί πλαισίου κοινοτικής δράσης στο πεδίο της πολιτικής για το θαλάσσιο περιβάλλον (European Parliament and Council of the European Union, 2008) και η προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (European Parliament and Council of the European Union, 2018).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε τη Γαλάζια Βίβλο προτείνοντας μια Ολοκληρωμένη Θαλάσσια Πολιτική (ΟΘΠ) για την ΕΕ και ένα λεπτομερές σχέδιο δράσης στις 10 Οκτωβρίου 2007. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ζήτησε την εφαρμογή της ΟΘΠ και του

σχεδίου δράσης της 14ης Δεκεμβρίου 2007 (European Commission, 2010). Ο ΘΧΣ, ο οποίος αποτελεί βασικό εργαλείο για την ΟΘΠ, προωθεί τις δημόσιες αρχές και τα ενδιαφερόμενα μέρη να συντονίσουν τις δράσεις τους και να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του θαλάσσιου χώρου προς όφελος της οικονομικής ανάπτυξης και του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Στόχος είναι να διευκολυνθεί η ανάπτυξη του ΘΧΣ από τα κράτη μέλη και να ενθαρρυνθεί η εφαρμογή του σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό Επίπεδο (Commission of the European Community, 2008).

Αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντική αύξηση προσέλκυσης για το ΘΧΣ από την επιστημονική κοινότητα παρουσιάστηκε το 2006 η οποία προήλθε με το πρώτο διεθνές εργαστήριο για το ΘΧΣ μέσω της Διακυβερνητικής Ωκεανογραφικής Επιτροπής της UNESCO-IOC (Merrie and Olsson, 2014).

Ωστόσο, κατά την ανάπτυξη και την εφαρμογή του ΘΧΣ, αντιμετωπίζονται διάφορες πολιτικές, θεσμικές, κοινωνικές, οικονομικές, επιστημονικές και περιβαλλοντικές πρακτικές προκλήσεις, (Ehler and Douvère, 2009). Μια προσπάθεια έχοντας σαν πρόθεση την συνεργασία των κρατών μελών προκειμένου να συνενώσουν τους διαθέσιμους πόρους και μηχανισμούς έγινε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2012. Έτσι έκδωσε τη «Πράσινη Βίβλο Γνώσεις για τη θάλασσα το 2020 με στόχο την χαρτογράφηση του βυθού και στις ωκεάνιες προβλέψεις» (European Commission, 2012).

Τον Ιούλιο του 2014, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο ενέκριναν νομοθεσία για τη δημιουργία κοινού πλαισίου για τον ΘΧΣ στην Ευρώπη. Μολονότι κάθε χώρα της ΕΕ μπορεί να προγραμματίζει τις θαλάσσιες δραστηριότητές της, ο καθορισμός ελάχιστων κοινών απαιτήσεων, θα διασφαλίσει τη συνοχή του σχεδιασμού σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο όσον αφορά τις κοινές θάλασσες (European Parliament and Council of the European Union, 2014). Η οδηγία αυτή έχει ως βασικές απαιτήσεις για τα κράτη μέλη την ανάπτυξη διασυνοριακής συνεργασίας, την συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων, την προσεγγιστική εφαρμογή βάση του οικοσυστήματος, την χρήση αναθεωρημένων και διαθέσιμων δεδομένων αλλά και την διάχυση τους, τις αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσας, την προώθηση συνύπαρξης των δραστηριοτήτων, την αξιολόγηση της εφαρμογής του ΘΧΣ κάθε 5 χρόνια και τέλος την αναθεώρηση των ΘΧΣχ κάθε δέκα χρόνια. Βασικοί στόχοι που καθορίζονται από την οδηγία στην εκπόνηση και εφαρμογή του ΘΧΣ από τα κράτη μέλη είναι η στήριξη των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών πτυχών για την στήριξη προωθώντας τη βιώσιμη

ανάπτυξης στη θάλασσα βασιζόμενη στο οικοσύστημα και την συνύπαρξη των σχετικών δραστηριοτήτων/χρήσεων. Επίσης κάθε κράτος μέλος θα πρέπει να συμβάλει στην βιώσιμη ανάπτυξη των θαλάσσιων περιοχών στο τομέα της ενέργειας, των θαλάσσιων μεταφορών, της αλιείας, υδατοκαλλιέργειας, του βιώσιμου τουρισμού, εξόρυξης πρώτων υλών λαμβάνοντας υπόψη την προστασία και την βελτίωση του περιβάλλοντος και τις επιπτώσεις αυτών στην κλιματική αλλαγή.

Η καθιέρωση και η εφαρμογή του ΘΧΣ από τα κράτη μέλη θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις συγκρούσεις ξηράς-θάλασσας και να ενισχύει τη διασυνοριακή συνεργασία με τις σχετικές διατάξεις της UNCLOS του 1982. Πολλές δημοσιεύσεις δημιούργησαν οδηγίες που αντλήθηκαν από προηγούμενους ΘΧΣ ούτως ώστε με την επισκόπηση βέλτιστων πρακτικών θα καθοδηγήσουν την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη μελλοντικών ΘΧΣ (Beck et al., 2009; Gold et al., 2011; Halpern et al., 2012). Ωστόσο, αρκετές δημοσιεύσεις αναγνωρίζουν ότι δεν θα εφαρμοστούν όλες οι διαδικασίες σε όλες τις περιφέρειες και ότι μια προσέγγιση «ενιαίας εφαρμογής για όλους» θα μπορούσε να είναι αναποτελεσματική. Στην πραγματικότητα, υπάρχει διαφωνία σχετικά με το τι συνιστά ένας ΘΧΣ από μόνος του σε αντίθεση με τη διαχείριση των παράκτιων ζωνών, τις περιοχές θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών και τα κυβερνητικά πλαίσια για την υποστήριξη του ΘΧΣ (Collie et al., 2013). Παρατηρήθηκε επίσης ότι πολλά από τα χαρακτηριστικά του ΘΧΣ βασίζονται σε οικοσυστήματα, ενώ ταυτόχρονα περιλαμβάνουν τις πτυχές ενός ολοκληρωμένου, προσαρμοστικού, στρατηγικού και συμμετοχικού σχεδιασμού. Ο Zaucha, (2018) έχει παρουσιάσει μια γενική τυπολογία διαφορετικών προσεγγίσεων ΘΧΣ. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τύποι σχεδιασμού με τους αντίστοιχους στόχους και οι τύποι εγγράφων σχεδιασμού που ενδέχεται να παραχθούν ως αποτέλεσμα. Παρόλα αυτά, τονίζεται πως εκτός από τα ρυθμιστικά σχέδια συμπεριλαμβανόμενων των σεναρίων ή άλλης μορφής αποτύπωσης χωρικών ρυθμίσεων υπάρχουν και άλλες μέθοδοι εφαρμογής στο θαλάσσιο χώρο.

Πίνακας 1 Τύποι ΘΧΣ και τα αντίστοιχα καθήκοντά τους (Zaucha, 2018)

Τύπος σχεδιασμού	Βασικός στόχος	Τύποι εγγράφων σχεδιασμού
Σχεδιασμός βάσει πληροφοριών	Ο κύριος στόχος αυτού του τύπου ΘΧΣ είναι ο προσδιορισμός των θαλάσσιων πόρων (συμπεριλαμβανομένης της χαρτογράφησης τους) και η αξιολόγηση της στιβαρότητας τους (ανάλυση ευαισθησίας) σε συνδυασμό με τις σχετικές πιέσεις και απαιτήσεις. Η ανάλυση συγκρούσεων αποτελεί επίσης μέρος των στόχων, καθώς και η ανάλυση κινδύνου	<ul style="list-style-type: none"> - Μελέτες - Χωρικές αναλύσεις - Εκθέσεις - Πίνακες συγκρούσεων - Χάρτες κινδύνων
Στρατηγικός και οραματικός (ενδεικτικός) σχεδιασμός	Ο κύριος στόχος είναι να εμπνεύσει άλλους φορείς που διαμορφώνουν τη χωρική ανάπτυξη μέσω των δράσεων τους. Ο χωροταξικός σχεδιασμός δεν έχει καμία ή δεν έχει επαρκή εξουσία σε αυτούς τους παράγοντες και, ως εκ τούτου, δεν είναι σε θέση να επιβάλει τις επιθυμητές δράσεις.	<ul style="list-style-type: none"> - Πιλοτικά σχέδια - Σενάρια - Οράματα - Στρατηγικές - Άλλα έγγραφα σχετικά με την πολιτική
Ρυθμιστικός σχεδιασμός	Οι σχεδιαστές έχουν αιτιώδη δύναμη που προκύπτει από νομικούς κανονισμούς ή οικονομικά μέσα και μπορούν να επιβάλουν επιθυμητές ενέργειες. Το σχέδιο είναι ένα μέσο για την υλοποίηση στόχων και προτεραιοτήτων που έχουν συμφωνηθεί δημοσίως - για παράδειγμα, σε σχέση με τη χρήση των θαλάσσιων πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος ή τον περιορισμό των συγκρούσεων.	<ul style="list-style-type: none"> - Σχέδια που έχουν χαρακτήρα τοπικού νόμου - Άλλα δεσμευτικά έγγραφα αυτού του τύπου

Τα γεωχωρικά δεδομένα και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), αποτελούν ένα ουσιαστικό συστατικό για την επιτυχή παραγωγή ΘΧΣ καθώς ενισχύουν την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων και υποστηρίζουν πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης για θαλάσσιους και παράκτιους πόρους (De Freitas and Tagliani, 2009).

Η χρήση των τεχνολογιών των ΣΓΠ δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ολοκληρωμένα και ενημερωμένα χωρικά δεδομένα που αφορούν τις ανθρώπινες δραστηριότητες, τις υποδομές, οικότοπους ή ακόμη και περιβαλλοντικούς παράγοντες οδηγώντας έτσι στην λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με την αιφόρο χρήση των θαλάσσιων πόρων και την προώθηση μιας ολιστικής προσέγγισης ΘΧΣ (Shucksmith et al., 2014). Κατά την ανάπτυξη των ΘΧΣχ διακρίθηκαν τρεις κατηγορίες εργαλείων ΘΧΣ. Αυτές οι κατηγορίες εργαλείων αφορούν τον προσδιορισμό των χωρικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ δραστηριοτήτων / υποδομών, η εκτίμηση του κινδύνου από τις επιπτώσεις των ανθρώπινων πιέσεων και εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων στο ΘΧΣ (Stelzenmüller et al., 2013).

Τα ΣΓΠ χρησιμοποιούν Υποδομές Χωρικών Δεδομένων (SDI) και εργαλεία για να βοηθήσουν στον εντοπισμό των συγκρούσεων μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων και την παραγωγή ΘΧΣχ (Gimpel et al., 2015; Hadjimitsis et al., 2016; Vaitis et al., 2022). Κατά την ανασκόπηση εργαλείων υποστήριξης του ΘΧΣ εντοπίστηκαν αρκετά εργαλεία που χρησιμοποιούνται τόσο σε διεθνείς, εθνικές και τοπικές κλίμακες (Pinarbaşı et al., 2017). Εστιάζοντας στα εργαλεία των χωρικών αλληλεπιδράσεων, τριών ειδών εργαλεία εντοπίστηκαν και αφορούν την χωρική αλληλεπίδραση μεταξύ δραστηριοτήτων, την αξιολόγηση αποτελεσμάτων και την υποστήριξη αποφάσεων (Stelzenmüller et al., 2013). Η χρήση των ΣΓΠ βοήθα στην καταγραφή των υφιστάμενων δραστηριοτήτων και υποδομών στο θαλάσσιο της χώρο, τον εντοπισμό των συγκρούσεων αλλά και στην παραγωγή ΘΧΣχ. Πολλά υποστηρικτικά εργαλεία για τον ΘΧΣ δημιουργήθηκαν για την αξιολόγηση των συγκρούσεων των δραστηριοτήτων (Bonnievie et al., 2021; Menegon et al., 2018; Moore et al., 2017; Patera et al., 2022; Tsilimigkas and Rempis, 2018; Ye et al., 2021). Μια πρόσφατη ανασκόπηση (Schwartz-Belkin and Portman, 2023) των γεωχωρικών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τα ΘΧΣχ ως επί το πλείστο είναι σε δυσδιάστατη μορφή ενώ πραγματοποιούνται προσπάθειες σχεδιασμού στην τρίτη αλλά και τέταρτη διάσταση (βάθος, χρόνος). Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ΕΕ ενθαρρύνει την πολλαπλή χρήση στο θαλάσσιο χώρο και τη χρήση της τέταρτης διάστασης (χρόνος) θα είναι εφικτός ο συνδυασμός πολλαπλών χρήσεων και η μείωση των συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο (Kyvelou and Ierapetritis, 2019; Zaucha and Gee, 2019).

Συνοψίζοντας τα πιο πάνω, φαίνεται το πόσο σημαντικό είναι να πραγματοποιηθούν σωστοί χειρισμοί στην ΕΕ για την επίτευξη ΘΧΣ σε όλα τα κράτη μέλη της. Ακολουθούν οι ενέργειες που έγιναν και γίνονται από τις χώρες της Ευρώπης για τη δημιουργία σχεδίων σχετικά με το θαλάσσιο χώρο.

2.2 ΘΧΣ στην Ευρώπη

Τα τελευταία τριάντα χρόνια σημειώθηκε σημαντική πρόοδος από τις κυβερνήσεις στην μελέτη και υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού και στη διαχείριση των ωκεανών. Πρόσφατες ανασκοπήσεις του ΘΧΣ σε παγκόσμιες περιοχές δείχνουν περισσότερες από τις μισές των εκατό πενήντα χωρών με θαλάσσια ύδατα να έχουν ξεκινήσει κάποια μορφή πρωτοβουλίας ΘΧΣ και το ενδιαφέρον συνεχίζει να αυξάνεται (Ehler, 2020; Frazão Santos et al., 2018).

Η δεσμευτική νομοθεσία της ΕΕ του 2014 έθεσε την υποχρεωτική υλοποίηση του ΘΧΣ σε ολόκληρη η Ευρωπαϊκή περιοχή, έτσι ώστε είκοσι δυο χώρες να εγκρίνουν τα ΘΧΣχ έως το 2021. Αυτός ο στόχος υλοποιήθηκε για τις περισσότερες χώρες στην Ευρωπαϊκή περιοχή ενώ ένας μικρός αριθμός είτε λόγω της πανδημίας COVID είτε λόγω διαφόρων άλλων προβλημάτων είναι στα στάδια υλοποίησης ολόκληρου είτε μέρος των ΘΧΣχ. Έχοντας σαν οδηγό την Ευρωπαϊκή πλατφόρμα ΘΧΣ (European Commission, 2022), συλλέχθηκαν πληροφορίες που αφορούν τα στάδια υλοποίησης των Ευρωπαϊκών χωρών σχετικά με το ΘΧΣ. Η πλατφόρμα αυτή χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Ταμείου Θάλασσας και Αλιείας (EMFF) έτσι ώστε να προσφέρει υποστήριξη σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ στις προσπάθειές τους να εφαρμόσουν τον ΘΧΣ και αναφέρεται σε θέματα όπως τη Διασυνοριακή Συνεργασία, αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσας, κλιματική αλλαγή, Γαλάζια Ανάπτυξη, σενάρια, στρατηγικές, όραμα του ΘΧΣ κτλ. Η υλοποίηση των ΘΧΣ των είκοσι δυο ευρωπαϊκών χωρών πραγματοποιούνται σε έξι θαλάσσιες λεκάνες οι οποίες είναι η Βαλτική Θάλασσα, Μαύρη Θάλασσα, Βόρεια Θάλασσα, Ανατολική και δυτική Μεσόγειο και τον Ατλαντικό Ωκεανό.

Ξεκινώντας με την λεκάνη της **Βόρειας Θάλασσας** η οποία βρίσκεται βορειοδυτικά της Ευρώπης και τα κράτη μέλη τα οποία συνορεύουν για την ανάπτυξη ΘΧΣ με βάση την Οδηγία του 2014 είναι το Βέλγιο, Ολλανδία, η Γερμανία και η Δανία.

Ξεκινώντας πρώτα από το Βέλγιο, ο πρώτος ΘΧΣ υιοθετήθηκε το 2014 σε εθνικό επίπεδο, τμήμα της Βορείου Θάλασσας (Marine Environment Service, 2014). Παρ' όλη την μικρή έκταση της ΑΟΖ του Βελγίου, οι δραστηριότητες/ χρήσεις που παρατηρούνται στις θαλάσσιες περιοχές είναι αρκετές. Ο πρώτος ΘΧΣ βασίστηκε σε νόμο περί θαλάσσιου περιβάλλοντος ο οποίος και τροποποιήθηκε για να συμπεριλάβει την ανάπτυξη του ΘΧΣ στο Βέλγιο. Ο δεύτερος ΘΧΣ του Βελγίου μετά από τα στάδια αναθεώρησης, τροποποίησης και διαβούλευσης τέθηκε σε ισχύ το 2020 και θα διαρκεί μέχρι και το 2026 (Marine Environment Service, 2020). Κατά τα στάδια υλοποίησης των σχεδίων έχει πραγματοποιηθεί χωρική ανάλυση των θαλάσσιων περιοχών και ζωνοποίηση για τον καθορισμό προϋποθέσεων. Τα ΘΧΣχ παρουσιάζουν χωρικές πολιτικές προτείνοντας εναλλακτικές λύσεις για κάθε δραστηριότητα και χρήση και είναι δεσμευτικές αντικατοπτρίζοντας τη χωρική έμφαση της πολιτικής. Ο ΘΧΣ του Βελγίου έχει μακροπρόθεσμο όραμα το οποίο είναι καθοριστικό για τους βραχυπρόθεσμους στόχους (έξι χρόνια) οι οποίοι αφορούν τους οικονομικούς, κοινωνικούς περιβαλλοντικούς στόχους και στόχους ασφάλειας. Οι επιλογές χωρικής πολιτικής για τον ορίζοντα σχεδιασμού 2020-2026 θα είναι δεσμευτικές και θα αντικατοπτρίζουν τη χωρική έμφαση της πολιτικής.

Στην Ολλανδία το πρώτο Εθνικό Σχέδιο Υδάτων εκπονήθηκε και περιέχει την πολιτική της **Βόρειας Θάλασσας**, συμπεριλαμβανομένου του ΘΧΣχ για το 2009–2015. Ακολούθησε η υλοποίηση του Δεύτερου Εθνικού Σχεδίου Υδάτων 2016–2021 το οποίο περιέχει την Πολιτική της Βόρειας Θάλασσας και αποτελεί επικαιροποίηση του πρώτου Εγγράφου Πολιτικής (DMoIE and DMoEA, 2015). Σήμερα η Ολλανδία βρίσκεται στην προετοιμασία του τρίτου Εθνικού Σχεδίου Υδάτων για το 2022-2027 και θα αποτελεί το ΘΧΣ της Ολλανδίας (MoIWM and MoANFQ, 2022). Η αρμόδια αρχή η οποία καθορίστηκε για τον ΘΧΣ είναι το Διππουργικό Συμβουλευτικό Σώμα της Βόρειας Θάλασσας με επικεφαλής το Υπουργείο Υποδομών και Διαχείρισης Υδάτων της Ολλανδίας. Τα ΘΧΣχ θα αναθεωρούνται κάθε έξι χρόνια. Το σχέδιο πολιτικής της Ολλανδίας ευθυγραμμίζεται με το μακροπρόθεσμο όραμα που βασίζεται στο χωροταξικό πρόγραμμα της Βόρειας Θάλασσας του 2050 (Vreess, 2021) και το Έγγραφο Πολιτικής περιλαμβάνει επίσης το πρόγραμμα μέτρων της Θαλάσσιας Στρατηγικής για το ολλανδικό τμήμα της Βόρειας Θάλασσας 2012-2020 για την επίτευξη της επιθυμητής «καλής περιβαλλοντικής κατάστασης». Στο σχέδιο πολιτικής επίσης καθορίζονται κανόνες και ο τρόπος αντιμετώπισης τους για τις διάφορες υφιστάμενες δραστηριότητες

ή πιθανές αντικρουόμενες αλληλεπιδράσεις μεταξύ δραστηριοτήτων. Ο ΘΧΣ της Ολλανδίας θα δίνει έμφαση στη συνεργασία με τις γειτονικές χώρες για βιώσιμη χρήση της θάλασσας, προσεγγίζοντας τους σημαντικότερους πόρους και αναπτύσσοντας πολιτικές για την ενεργό αποκατάσταση των οικοσυστημάτων.

Στην Γερμανία πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός στην **Βόρεια Θάλασσα** και μια πιο μικρή περιοχή στη **Βαλτική Θάλασσα**. Ο ΘΧΣ της Γερμανίας και για τα δυο τμήματα τέθηκε σε ισχύ την 1η Σεπτεμβρίου 2021 και η αξιολόγηση του ΘΧΣχ βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Στην Γερμανία υπάρχουν δυο αρχές οι οποίες είναι αρμόδιες για το ΘΧΣ οι οποίες είναι το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Εσωτερικών, Οικοδομών και Κοινοτήτων (BMIBH) και η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Ναυτιλίας και Υδρογραφίας. Ο πλήρης ΘΧΣ της Γερμανίας έλαβε υπόψη τέσσερα ειδικά σχέδια που καλύπτουν τη Βόρεια θάλασσα και τη Βαλτική και συμπεριλαμβάνοντας τις περιβαλλοντικές εκθέσεις (BSH, 2021). Τα ΘΧΣχ είναι δεσμευτικά και περιλαμβάνουν τον συντονισμό των δραστηριοτήτων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους, τον μετριασμό των συγκρούσεων και τους στόχους σε μορφή χαρτών και κειμένων. Ο σχεδιασμός επικεντρώθηκε στη συνοχή των ΘΧΣχ και των διακρατικών θεμάτων, με στόχο τον συντονισμό των σχεδίων χωρικής ανάπτυξης γειτονικών περιοχών σχεδιασμού και της συνεργασίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ΘΧΣχ στη περιοχή Όρμου της Πομερανίας δεν είναι νομικά δεσμευτικό καθώς έχει θεσμοθετημένα σχέδια ΘΧΣ.

Η θαλάσσια έκταση της Δανίας παρατηρείται στην **Βόρεια Θάλασσα** και μια μικρή περιοχή στη **Βαλτική Θάλασσα**. Η Δανία δεν διαθέτει ολιστικό χωροταξικό σχέδιο στη θάλασσα χρησιμοποιώντας τομεακά σχέδια. Σήμερα τα ΘΧΣχ της Δανίας οριστικοποιήθηκαν και η δημόσια διαβούλευση σχετικά με το ΘΧΣ και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ολοκληρώθηκε στις 30 Σεπτεμβρίου 2021. Στην διαδικασία σχεδιασμού του ΘΧΣ τα τομεακά σχέδια αυτά έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση του (Giacometti et al., 2017). Η Αρμόδια αρχή του ΘΧΣ της Δανίας τέθηκε το Υπουργείο Επιχειρήσεων και Ανάπτυξης. Τα ΘΧΣχ βασίζονται σε ζώνες ανάπτυξης, γενικής χρήσης, προστασίας της φύσης και του περιβάλλοντος και των ειδικών χρήσεων. Επίσης κατά την διαδικασία σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της πιθανότητας συνύπαρξης δραστηριοτήτων όπου έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους σε πιθανές περιοχές, όπου η συνύπαρξη αξιολογείται σε σχέση με την επιφάνεια θάλασσας, στήλη ύδατος και βυθού καθώς και με τον παράγοντα χρόνο. Ο ΘΧΣ της Δανίας έχει στόχο την

προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης, της ανάπτυξης των θαλάσσιων περιοχών και της χρήσης των θαλάσσιων πόρων σε βιώσιμη βάση.

Συνεχίζοντας, η **Βαλτική Θάλασσα** είναι μια ημι-κλειστή θαλάσσια λεκάνη βόρεια της Ευρώπης και συνορεύουν οκτώ κράτη μέλη της ΕΕ. Πιο πάνω έγινε αναφορά στα στάδια υλοποίησης του ΘΧΣ της Δανίας και της Γερμανίας οι οποίες συνορεύουν με την Βαλτική Θάλασσα. Συνεχίζοντας γίνεται μια περιγραφή σταδίων υλοποίησης ΘΧΣ για τις υπόλοιπες έξι χώρες οι οποίες είναι η Πολωνία, Λιθουανία, Λετονία, Εσθονία, Φινλανδία και Σουηδία.

Ξεκινώντας με την Πολωνία, ο ΘΧΣ της εκπονήθηκε και τέθηκε σε ισχύ το 2021 όπου σύμφωνα με την Πολωνική νομοθεσία τα ΘΧΣχ θα πρέπει να αναθεωρούνται κάθε δέκα χρόνια. Τα Πολωνικά ΘΧΣχ χωρίζονται σε πέντε σχέδια και υπεύθυνη αρμόδια αρχή για αυτά τέθηκε το Υπουργείο Υποδομών της χώρας. Το πρώτο ΘΧΣχ αφορά όλη τη θαλάσσια περιοχή της Πολωνίας, το δεύτερο ΘΧΣχ αφορά την λιμνοθάλασσα Szczeciński και τη λιμνοθάλασσα Kamieński, το τρίτο ΘΧΣχ αφορά την λιμνοθάλασσα της Βιστούλας, το τέταρτο ΘΧΣχ αφορά τα ύδατα λιμενικής περιοχής και το τελευταίο ΘΧΣχ είναι λεπτομερή σχέδια για όλα τα θαλάσσια ύδατα της Πολωνίας. Κατά την υλοποίηση του ΘΧΣ της Πολωνίας καθορίστηκαν δεκαοχτώ βασικές και επιτρεπόμενες λειτουργικές ζώνες, κατηγοριοποιώντας τις ακόλουθες ζώνες σε χρήσεις κατά προτεραιότητα και επιτρεπόμενης χρήσης (MoI, 2020). Έτσι στα ΘΧΣχ της Πολωνίας καθορίζονται με τις προβλεπόμενες χρήσεις των θαλάσσιων περιοχών, τις απαγορεύσεις και περιορισμούς στη χρήση θαλάσσιων περιοχών, τις απαιτήσεις προστασίας της φύσης, την τοποθέτηση δημόσιων επενδύσεων, τις κατευθυντήριες γραμμές ανάπτυξης των μεταφορών και των τεχνικών υποδομών/περιοχών καθώς και τους όρους των δραστηριοτήτων ή των προστατευόμενων περιοχών στα θαλάσσια ύδατα (Varjoruro et al., 2019).

Στη Λιθουανία, το πρώτο σχέδιο σχεδιασμού συμπεριλαμβανομένου ενός τμήματος θαλάσσιας περιοχής εγκρίθηκε το 2015 (Ministry of Environment, 2014). Το νέο συνολικό σχέδιο του ΘΧΣ της Λιθουανίας υλοποιήθηκε όπως και η Στρατηγική Περιβαλλοντική Μελέτη και εγκρίθηκε το 2021. Κατά την υλοποίηση των ΘΧΣχ πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης, η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η ανάπτυξη λεπτομερών τοπικών λύσεων. Επίσης, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση πιθανών συγκρούσεων χρήσης του θαλάσσιου χώρου με

τις κύριες χωρικές συγκρούσεις να εντοπίζονται μεταξύ της προστασίας του περιβάλλοντος, της θαλάσσιας κυκλοφορίας, της εξόρυξης πετρελαίου και της αλιείας. Στα ΘΧΣχ ορίστηκαν ειδικοί στόχοι που αφορούν τις ασφαλείς, καθαρές και αποτελεσματικές ναυτικές μεταφορές, τη συνεκτική ενεργειακή πολιτική, το υγιές θαλάσσιο περιβάλλον, τη βιώσιμη αλιεία/ υδατοκαλλιέργεια και τη κλιματική αλλαγή. Επίσης, καθορίστηκαν δυο περιοχές όπου δίνονται προτεραιότητες χρήσεις. Στη πρώτη περιοχή οι χρήσεις προτεραιότητας καθορίστηκαν οι δραστηριότητες αναψυχής, αλιείας, καθώς και των θαλάσσιων μεταφορών ενώ στη δεύτερη περιοχή προτεραιότητα δίνεται στο περιβάλλον με ευκαιρίες για επέκταση άλλων δραστηριοτήτων οι οποίες λαμβάνουν υπόψη την διατήρηση της φύσης και τη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων. Μελλοντικά βήματα της Λιθουανίας για το ΘΧΣ είναι η ανάπτυξη ενός Ολοκληρωμένου Σχεδίου με μακροπρόθεσμο στρατηγικό όραμα για τη χώρα έως το 2050 το οποίο θα διαμορφώσει λύσεις έως το 2030.

Στην Λετονία η πρώτη προσπάθεια υλοποίησης σχεδιασμού στο θαλάσσιο χώρο ξεκίνησε το 2014, ετοιμάζοντας το πρώτο προσχέδιο το 2015. Ακολουθώντας τις διαδικασίες υλοποίησης του ΘΧΣ, τα τελικά ΘΧΣχ της Λετονίας ολοκληρώθηκαν το 2018 και εγκρίθηκαν το 2019 όπου μέχρι και σήμερα πραγματοποιούνται εργασίες αναθεώρησης του σχεδίου. Κατά την υλοποίηση των ΘΧΣχ πραγματοποιήθηκε η ανάλυση πιθανών συγκρούσεων χρήσης του θαλάσσιου χώρου, χρησιμοποιώντας ένα πίνακα συγκρούσεων συμβατοτήτων με είκοσι έξι κατηγορίες. Στα τελικά ΘΧΣχ αναπτύχθηκαν τέσσερα εναλλακτικά σενάρια αξιολογώντας τα με βάση το περιβάλλον, την κοινωνία, την οικονομία, την κλιματική αλλαγή και το διασυνοριακό πλαίσιο των Οικοτόπων και της βιοποικιλότητας όπου τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των βέλτιστων λύσεων. Βασικός στόχος που τέθηκε στο ΘΧΣ της Λετονίας ήταν η εξισορρόπηση των συμφερόντων του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας και η προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης του θαλάσσιου χώρου, ρυθμίζοντας συγκεκριμένες δράσεις στη θάλασσα και κατά μήκος της ακτής (Latvian Ministry of Environmental Protection and Regional Development, 2019).

Προχωρώντας με το ΘΧΣ της Εσθονίας, ο πρώτος εθνικός ΘΧΣ εγκρίθηκε το 2022 (Estonian Ministry of the Finance, 2022). Αξίζει να σημειωθεί ότι δυο πιλοτικά σχέδια πραγματοποιήθηκαν πριν την υλοποίηση του τελικού σχεδίου τα οποία και εγκρίθηκαν το 2016 και το 2017 και τα οποία παραμένουν σε ισχύ ακόμη και με την έγκριση της νέας

νομοθεσίας. Στο ΘΧΣ της Εσθονίας παρουσιάζονται κατευθυντήριες γραμμές για όλους τους τομείς (πχ. Αλιεία, θαλάσσιες μεταφορές κτλ.) ενώ οι δραστηριότητες δεν σχεδιάστηκαν σε λεπτομερή κλίμακα. Επιπλέον περιλαμβάνει προτάσεις σχεδίου δράσης για βελτιώσεις των βέλτιστων πρακτικών και των νομικών πλαισίων. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει μελέτες, αναλύσεις και δράσεις παρακολούθησης που απαιτούνται για τη βιώσιμη χρήση των θαλάσσιων περιοχών. Επίσης, κατά την υλοποίηση του ΘΧΣ λήφθηκε υπόψη η ανθεκτικότητα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, οι αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσας ενώ εξετάστηκε και συμπεριέλαβε τις συνδυασμένες ή πολλαπλές χρήσεις (Ministry of Finance Rahandusministeerium, 2021; Ministry of Finance Rahandusministeerium and Hendrikson & KO, 2021). Το μακροπρόθεσμο όραμα για την θαλάσσια περιοχή της Εσθονίας εστιάζει στο περιβάλλον με ποικιλόμορφη και ισορροπημένη χρήση έτσι ώστε να προωθήσει την βιώσιμη ανάπτυξη μιας γαλάζιας οικονομίας.

Ο ΘΧΣ της Φιλανδίας ο οποίος εγκρίθηκε τον Δεκέμβριο του 2020, εκπονήθηκε σε τρία μέρη που κάλυπταν τόσο τα χωρικά ύδατα όσο και την ΑΟΖ (Ministry of the Environment, 2022). Πρόκειται για τη Βόρεια Βοθνική Θάλασσα, το Κουάρκ και τον Βοθνιακό Κόλπο που συντάχθηκαν από τα οκτώ παράκτια περιφερειακά συμβούλια και είναι υπεύθυνα για την κατάρτιση και την έγκριση θαλάσσιων χωροταξικών σχεδίων στα χωρικά ύδατα και στην ΑΟΖ. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Φιλανδία αναπτύχθηκε ακόμη ένας ΘΧΣ για τη νήσο Åland η οποία θεωρείται σαν αυτόνομη περιοχή, και υλοποιήθηκε σύμφωνα με τη δική της νομοθεσία περί ΘΧΣ. Ο ΘΧΣ της Φιλανδίας είναι στρατηγικός και θα έχει ισχύ μέχρι το 2030 και το ΘΧΣχ δεν είναι νομικά δεσμευτικό, αλλά η αξιολόγηση των έμμεσων και άμεσων επιπτώσεων και της αποτελεσματικότητάς του θα αποτελεί μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού. Ο ΘΧΣ της Φιλανδίας περιλαμβάνει ζωνοποίηση των δραστηριοτήτων για αποτελεσματικό προσδιορισμό λειτουργιών για ανάπτυξη των περιοχών, διασφάλιση των συμβατοτήτων και μετριάζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Βασικός στόχος του είναι η προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης, ανάπτυξη των διαφόρων χρήσεων της θαλάσσιας περιοχής, η βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων και η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Τέλος, η τελευταία Ευρωπαϊκή χώρα στη **Βαλτική Θάλασσα** είναι η Σουηδία όπου ο ΘΧΣ εγκρίθηκε στις αρχές του 2022 (Ministry of Environment, 2022). Η Σουηδία έχει τρία θαλάσσια χωροταξικά σχέδια, ένα για τον Βοθνικό Κόλπο, ένα για τη Βαλτική

Θάλασσα και ένα για το Skagerrak/Kattegat. Οι στόχοι του ΘΧΣ της Σουηδίας που τέθηκαν αφορούν την επιτάχυνση και διατήρηση της καλής περιβαλλοντικής κατάστασης των θαλάσσιων υδάτων, η εκμετάλλευση των θαλάσσιων πόρων με βιώσιμο τόπο, η ανάπτυξη των ναυτιλιακών βιομηχανιών και η προώθηση συνύπαρξης διαφορετικών δραστηριοτήτων. Οι προτάσεις του ΘΧΣχ Σουηδίας αξιολογήθηκαν θετικά για τους παγκόσμιους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης που σχετίζονται με τη βιώσιμη ενέργεια και τη μείωση των κλιματικών αλλαγών και των κλιματικών επιπτώσεων (Ministerul Dezvoltării, 2022).

Στην συνέχεια περιγράφονται οι ΘΧΣ των Ευρωπαϊκών χωρών που συνορεύουν με τον **Ατλαντικό Ωκεανό**. Πέντε στο σύνολο χώρες συνορεύουν με τον Ατλαντικό ωκεανό; η Πορτογαλία, η Ισπανία, η Ιρλανδία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο το οποίο αποχώρησε από την ΕΕ στις 31ης Ιανουαρίου 2020. Παρόλα αυτά και τα πέντε αυτά κράτη υπέβαλαν στην Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών, τα όρια της υφαλοκρηπίδας τους το 2006 με την Πορτογαλία να ζητάει επέκταση της ΑΟΖ το 2009.

Ξεκινώντας με τον ΘΧΣ της Πορτογαλίας τέσσερις υποδιαίρεσεις (ήπειρος, Αζόρες, Μαδέρα και εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα) θεσπίστηκαν στο πλαίσιο των πορτογαλικών θαλάσσιων στρατηγικών. Ο ΘΧΣ για την Πορτογαλία εγκρίθηκε στα τέλη του 2019 για τις υποδιαίρεσεις της ηπείρου, Μαδέρας και της εκτεταμένης υφαλοκρηπίδας ενώ για την υποδιαίρεση των Αζορών βρίσκονται στο στάδιο υποβολής προς τη Συμβουλευτική Επιτροπή και θα ακολουθήσει δημόσια διαβούλευση (Calado et al., 2022). Η αξιολόγηση της περιβαλλοντικής κατάστασης των θαλάσσιων υδάτων με δημόσια συζήτηση πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 2020, προκειμένου να τηρηθούν οι διατυπώσεις που είναι εγγενείς στην εφαρμογή του δεύτερου κύκλου της Οδηγίας-πλαίσιο για τη θάλασσα στρατηγική. Τόσο η οδηγία για την θάλασσα στρατηγική όσο και ο ΘΧΣ στην Πορτογαλία διεκπεραιώνονται από την ίδια διοικητική μονάδα της Γενικής Διεύθυνσης Φυσικών Πόρων, Ασφάλειας και Ναυτιλιακών Υπηρεσιών. Τα ΘΧΣχ προωθούν τη συμβατότητα μεταξύ ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων με στόχο την αύξηση των οικονομικών χρήσεων της θάλασσας όπως επίσης και την μείωση των επιπτώσεων των θαλάσσιων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον (Guimarães et al., 2023). Βασικοί στόχοι που τέθηκαν στο ΘΧΣ Πορτογαλίας ήταν η χορήγηση αδειών ευκολότερα με γνώμονα τη διαφάνεια αλλά και την ασφάλεια και αφορούν δραστηριότητες όπου απαιτείται δέσμευση μιας περιοχής στο θαλάσσιο χώρο (πχ.

Υδατοκαλλιέργειες, επιστημονική έρευνα, υποδομές κλπ.). Αξιοσημείωτο είναι ότι η Αλιεία και ναυτιλία δεν ρυθμίζονται από το ΘΧΣ Πορτογαλίας. Τέλος, εγκρίθηκε μια εθνική στρατηγική για τους ωκεανούς 2021-2030 στην οποία παρουσιάζεται ένα μοντέλο ανάπτυξης για τις παράκτιες περιοχές και τους ωκεανούς και προωθεί την γαλάζια ανάπτυξη στην Πορτογαλία.

Συνεχίζοντας με το ΘΧΣ της Ιρλανδίας όπου το πρώτο βασικό βήμα υλοποίησής του ήταν η μεταφορά κανονισμών του νόμου περί Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων του 1972 στην εθνική νομοθεσία με κανονισμούς που εκδόθηκαν το 2016 και αντικαταστάθηκαν το 2018. Το πρώτο ΘΧΣχ δημοσιεύθηκε το 2019 και ήταν ανοικτό για δημόσια διαβούλευση έως τα τέλη Απριλίου 2020 και ο τελικός ΘΧΣ της Ιρλανδίας ολοκληρώθηκε στα μέσα του 2021 (DoH LGH, 2021). Συνοψίζοντας, ο ΘΧΣ της Ιρλανδίας είναι ένα εθνικό σχέδιο διάρκειας 20 ετών όπου έχουν εξεταστεί ενδελεχώς οι αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσας. Αποτελεί ένα εθνικό έγγραφο και συνάμα ένα παράλληλο έγγραφο με το Εθνικό Πλαίσιο Σχεδιασμού όπου οι βασικοί στόχοι που τέθηκαν αφορούν την θαλάσσια οικονομία, την προστασία του περιβάλλοντος, την αποκατάσταση της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων και τα κοινωνικά οφέλη. Επόμενο βήμα του ΘΧΣ της Ιρλανδίας είναι η δημιουργία ενός γενικού πλαισίου για τη λήψη αποφάσεων που θα είναι συνεπές, τεκμηριωμένο και θα διασφαλίζει ένα βιώσιμο μέλλον για τη θαλάσσια περιοχή. Τέλος, στοχεύει στην δημιουργία ενός έργου με την ονομασία «Σχέδιο Ιρλανδία 2040» το οποίο θα αφορά στην καθοδήγηση της στρατηγικής ανάπτυξης των επενδύσεων σε υποδομές σε εθνικό επίπεδο και θα εποπτεύει και θα ηγείται του ΘΧΣ κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του.

Η τρίτη χώρα που συνορεύει με τον **Ατλαντικό Ωκεανό** είναι η Ισπανία στην οποία τα παράκτια σύνορα της συνορεύουν και με την θαλάσσια περιοχή της **Δυτικής Μεσογείου**. Με βάση το βασιλικό διάταγμα στην Ισπανία πρέπει να καταρτιστούν πέντε σχέδια διαχείρισης του θαλάσσιου χώρου, ένα για καθεμία από τις πέντε ισπανικές θαλάσσιες οριοθετήσεις: του Βορείου Ατλαντικού, του Νοτίου Ατλαντικού, τα Κανάρια νησιά, το Στενό του Αλμποράν και το Λεβαντίνο-Βαλεαρίδων. Η Ισπανία προχώρησε στην ανάπτυξη ΘΧΣχ και για τις πέντε αυτές θαλάσσιες υποδιαίρεσεις οι οποίες βρίσκονται στη διαδικασία έγκρισης (METDC, 2023). επίσης, η μελέτη της στρατηγικής μελέτης καθώς και η δημόσια διαβούλευση έχουν οριστικοποιηθεί και ενσωματώθηκαν οι παρατηρήσεις που λήφθηκαν στο ΘΧΣ της Ισπανίας. Σε αυτά τα ΘΧΣχ προσδιορίστηκαν

περιοχές υφιστάμενων χρήσεων γενικού συμφέροντος και οι περιοχές προτεραιότητας χρήσης οι οποίες καθορίστηκαν με την αντίστοιχη περίμετρο. Στο ΘΧΣ της Ισπανίας οι διατάξεις για τη διαχείριση των χρήσεων, δραστηριοτήτων καθώς και των κριτηρίων θα έχουν κανονιστικό χαρακτήρα. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα παρακολούθησης το οποίο είναι απαραίτητο και μελλοντικά χρήσιμο στην αναθεώρηση των σχεδίων διαχείρισης, αξιολόγησης της κατάστασης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, στο πλαίσιο των θαλάσσιων στρατηγικών. Η Ισπανία σκοπεύει στην αναθεώρηση και επικαιροποίηση του ΘΧΣ της το 2027.

Τελευταία χώρα που τα παράκτια σύνορα της συνορεύει με τον **Ατλαντικό Ωκεανό** είναι η Γαλλία, που όπως και η Ισπανία, τα παράκτια σύνορα της συνορεύουν και με την θαλάσσια περιοχή της **Δυτικής Μεσογείου**. Στη Γαλλία ο ΘΧΣ αποτελείται από τέσσερις στρατηγικές για τις θαλάσσιες λεκάνες οι οποίες και οριστικοποιήθηκαν το 2019 (Mcateer et al., 2022). Συντάχθηκαν τέσσερα στρατηγικά έγγραφα για κάθε θαλάσσια περιφέρεια (**Ατλαντικό Ωκεανό / Μάγνη**, στη **Βόρεια Θάλασσα** και στη λεκάνη της **Μεσογείου**) και ο εθνικός σχεδιασμός βασίστηκε στην σύνδεση μεταξύ του καθεστώτος κάθε σχεδιασμού λεκάνης μέσω αυτών των στρατηγικών εγγράφων. Σε κάθε ένα στρατηγικό έγγραφο λεκάνης παρουσιάζονται οι στόχοι της ολοκληρωμένης διαχείρισης, η υφιστάμενη κατάσταση και οι προτεραιότητες των θαλάσσιων και παράκτιων περιοχών. Επίσης, παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι αναδυόμενες δραστηριότητες λαμβάνοντας υπόψη τις εκτιμώμενες συγκρούσεις τους. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η αξιολόγηση, οι στρατηγικοί στόχοι / δείκτες των ΘΧΣχ, ο μηχανισμός παρακολούθησης και το σχέδιο δράσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ΘΧΣ στην Γαλλία δεν εφαρμόζεται σε δραστηριότητες που σχετίζονται με την άμυνα και την εθνική ασφάλεια.

Ο θαλάσσιος χωροταξικός σχεδιασμός είναι μια πρωτοβουλία που δεν έχει ακόμη ενσωματωθεί πλήρως στη χάραξη θαλάσσιας πολιτικής στην περιοχή της **Μαύρης Θάλασσας**.

Οι επόμενοι ΘΧΣ που περιγράφονται αφορούν Ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες συνορεύουν με τη Μαύρη Θάλασσα. Η Μαύρη Θάλασσα είναι ένα σημαντικό σταυροδρόμι το οποίο ενώνει την Μεσόγειο Θάλασσα και την Κασπία Θάλασσα, θεωρώντας διάδρομο στρατηγικής σημασίας χρησιμοποιώντας την για οικονομικούς, γεωπολιτικούς και εμπορικούς σκοπούς. Οι Ευρωπαϊκές χώρες που συνορεύουν με την Μαύρη Θάλασσα και πρέπει υποχρεωμένες να παραδώσουν ΘΧΣ είναι η Ρουμανία και Βουλγαρία.. Η

Βουλγαρία ενέκρινε το Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχέδιο της, τον Μάιο του 2023 και η Ρουμανία δεν έχει ακόμη υιοθετήσει ΘΧΣ. Δεδομένης της λήξης της προθεσμίας για την έναρξη ισχύος του ΘΧΣ (31 Μαρτίου 2021), η Ρουμανία και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχουν κινήσει επίσημη διαδικασία επικοινωνίας μέσω του Υπουργείου Εξωτερικών σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του ΘΧΣ. Το σχέδιο ΘΧΣ ήταν υπό δημόσια διαβούλευση έως την 1η Ιουνίου 2022. Αξίζει να αναφερθεί ότι το όριο μεταξύ της ΑΟΖ της Ρουμανίας και της Βουλγαρίας δεν έχει ακόμη συμφωνηθεί, γεγονός που δυσκόλεψε στις διαδικασίες εκπόνησης ΘΧΣ

Έτσι, ξεκινώντας με την Ρουμανία, επί του παρόντος δεν υπάρχει νομικά δεσμευτικό εθνικό ΘΧΣ αλλά ένα προσχέδιο ΘΧΣ Ρουμανίας βρίσκεται υπό δημόσια διαβούλευση από τα μέσα του 2022 (MoDPWA, 2022). Στην Ρουμανία υλοποιήθηκαν τέσσερα τοπικά σχέδια που επικεντρώνονται στο παράκτιο σχεδιασμό. Παρόλα αυτά η κύρια πρόοδος στον ΘΧΣ Ρουμανίας παρατηρήθηκε με την συμμετοχή της σε Ευρωπαϊκά έργα τα οποία βοήθησαν στην πρόοδο της. Το προσχέδιο ΘΧΣ Ρουμανίας έχει ρυθμιστικό χαρακτήρα και στόχο να συμβάλει στην επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης με ορίζοντα το 2030. Στο προσχέδιο ΘΧΣ παρουσιάστηκε επίσης η ανάλυση των συγκρούσεων και συμβατοτήτων μέσω ενός πίνακα μεταξύ δεκαεννέα διαφορετικών χρήσεων του θαλάσσιου χώρου.

Στην Βουλγαρία, τον Μάιο του 2023 εγκρίθηκε το Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχέδιο. Η τελική έκδοση του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδίου, που συμφωνήθηκε στο πλαίσιο διαδικασίας διατμηματικού συντονισμού με όλα τα υπουργεία και τους ενδιαφερόμενους φορείς, υποβλήθηκε προς έγκριση σε συνεδρίαση του Υπουργικού Συμβουλίου στις 11.05.2023. Η έγκριση του σχεδίου της Δημοκρατίας της Βουλγαρίας αντιπροσωπεύει ένα βήμα προς μια πιο βιώσιμη χρήση της Μαύρης Θάλασσας και την αποτελεσματικότερη προστασία της. Κατά την υλοποίηση του προσχεδίου, χρησιμοποιήθηκαν ανοικτά δεδομένα μέσω της Εθνικής Πύλης Χωρικών Δεδομένων για την ανάλυση των υφιστάμενων περιβαλλοντικών, γεωλογικών, γεωμορφολογικών και φυσικών πληροφοριών καθώς επίσης και η ανάλυση δεδομένων σχετικά με τις κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες. Αρμόδια αρχή για τον ΘΧΣ της Βουλγαρίας είναι το Υπουργείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και Δημοσίων Έργων το οποίο είναι υπεύθυνο στην επανεξέταση και αναθεώρηση των ΘΧΣχ τουλάχιστον κάθε δέκα χρόνια ανάλογα με τις αλλαγές στις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της χώρας (MoRDPW, 2023).

Στην θαλάσσια λεκάνη της **Δυτικής Μεσογείου**, συνορεύουν τέσσερα κράτη μέλη. Οι χώρες αυτές είναι η Ισπανία, η Γαλλία και η Μάλτα, καθώς και ένα τμήμα των ιταλικών ακτών κατά μήκος της Τυρρηνικής Θάλασσας και του Στενού της Σικελίας. Τα στάδια και τα βήματα υλοποίησης του ΘΧΣ της Ισπανίας και Γαλλίας περιεγράφηκαν πιο πάνω με τις χώρες τις θαλάσσιες λεκάνης του Ατλαντικού Ωκεανού και έτσι παρουσιάζεται περιγραφή ΘΧΣ των δυο άλλων χωρών.

Στην Μάλτα εκπονήθηκε ΘΧΣ γνωστό και ως Στρατηγικό Σχέδιο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 2015, το οποίο αφορά ένα γενικό έγγραφο ολοκληρωμένου σχεδιασμού τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα (Planning Authority, 2015). Το 2020 ξεκίνησε η διαδικασία επανεξέτασης του ΘΧΣ για νέα ΘΧΣχ ακολουθώντας τις διαδικασίες που ορίζονται από την νομοθεσία. Οι στόχοι που τέθηκαν στο ΘΧΣχ της Μάλτας καλύπτουν την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη, το περιβάλλον, την κλιματική αλλαγή και τα ταξιδιωτικά πρότυπα λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις ξηράς-θάλασσας. Επίσης εφαρμόστηκαν ειδικές πολιτικές στην παράκτια ζώνη και τη θαλάσσια περιοχή, οι οποίες βασίζονται στις αρχές της ολοκληρωμένης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών και προβλέπουν συνέργειες με τους περιβαλλοντικούς στόχους. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ΘΧΣ ήταν ήδη σε εφαρμογή πριν από την οδηγία, όπου θεσπίστηκαν επίσημοι και ανεπίσημοι μηχανισμοί μεταξύ των ρυθμιστικών φορέων οι οποίοι και εξακολουθούν να λειτουργούν.

Στην Ιταλία δεν υπάρχει νομικά δεσμευτικός εθνικός ΘΧΣ ούτε έχει ακόμη κηρύξει την ΑΟΖ. Η συντονιστική ομάδα του ΘΧΣ συμπλήρωσε κατευθυντήριες γραμμές που περιέχουν δείκτες και κριτήρια για την κατάρτιση σχεδίων θαλάσσιας χωρικής διαχείρισης, (Italian Republic, 2018). Παρόλα αυτά έχουν υποβληθεί τρία σχέδια προς τα Περιφερειακά Συμβούλια για έγκριση το 2021 για μελλοντικά ΘΧΣχ για τις τρεις θαλάσσιες περιοχές (Αδριατική, Ιόνιο και Κεντρική Μεσόγειο, Τυρρηνική Θάλασσα και Δυτική Μεσόγειο. Τα δυο αυτά σχέδια για τις θαλάσσιες περιοχές της Τυρρηνικής Θάλασσας και της Δυτικής Μεσογείου, Ιόνιο και Κεντρικής Μεσογείου αφορούν την θαλάσσια λεκάνη της Δυτικής Μεσόγειου ενώ το σχέδιο της θαλάσσιας περιοχής της Αδριατικής αφορούν την θαλάσσια λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου. Επίσης έχουν ετοιμαστεί και σταλεί τρεις περιβαλλοντικές προκαταρκτικές εκθέσεις, μια για κάθε θαλάσσια περιοχή, στις υπεύθυνες εθνικές αρχές με περιβαλλοντικές αρμοδιότητες για σχόλια και παρατηρήσεις. Έχουν τεθεί σαράντα δύο στρατηγικοί στόχοι για αυτές τις

τρεις θαλάσσιες περιοχές και αποτελούνται από διαφορετικούς αρμόδιους σχεδιασμού διαφορετικών δραστηριοτήτων / χρήσεων κατηγοριοποιώντας τις σε τέσσερις ζώνες (γενικής, προτεραιότητας, περιορισμένης, αποκλειστικής).

Τελευταία θαλάσσια λεκάνη που καταγράφεται είναι της **Ανατολικής Μεσογείου** στην οποία συνορεύουν πέντε κράτη μέλη. Οι χώρες αυτές είναι η Ιταλία, Κροατία, Σλοβενία, Ελλάδα και η Κύπρος. Η θαλάσσια λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου περιλαμβάνει την Αδριατική Θάλασσα, το Ιόνιο Πέλαγος, το Αιγαίο Πέλαγος και το Λεβαντίνο Πέλαγος. Η περιγραφή για τα στάδια και τα βήματα υλοποίησης του ΘΧΣ της Ιταλίας έγινε στο πιο πάνω κεφάλαιο καθώς όπως αναφέρθηκε δυο από τις τρεις θαλάσσιες περιοχές της Ιταλίας ανήκουν στην Θαλάσσια λεκάνη της Δυτικής Μεσόγειου.

Στην Κροατία μέχρι στιγμής δεν υπάρχει ενιαίο σχέδιο ΘΧΣ. Η Κροατία έχει καταλήξει σε συμφωνία με τα θαλάσσια σύνορα της με την Ιταλία και το Μαυροβούνιο, με την Βοσνία-Ερζεγοβίνη είναι σε προσωρινή εφαρμογή ενώ το όριο της χωρικής θάλασσας μεταξύ Κροατίας και Σλοβενίας δεν έχει ακόμη συμφωνηθεί. Σημαντικό βήμα υλοποίησης ΘΧΣ της Κροατίας ήταν η μεταφορά πλήρως από την εθνική νομοθεσία των Χωροταξικών σχεδίων αρμοδιότητας του κράτους στο ΘΧΣ με στόχο την αναθεώρηση και αναδιάρθρωση για την εναρμόνιση της οδηγία ΘΧΣ (MoCPP, 2017). Αυτά τα σχέδια είναι το κρατικό σχέδιο χωροταξικής ανάπτυξης, το χωροταξικό σχέδιο για την οικολογική και αλιευτική ζώνη προστασίας της Δημοκρατίας της Κροατίας, το Χωροταξικό Σχέδιο για την Υφαλοκρηπίδα της Δημοκρατίας της Κροατίας και τα χωροταξικά σχέδια για εθνικά πάρκα και φυσικά πάρκα που περιλαμβάνουν θαλάσσιες περιοχές. Δεν πραγματοποιήθηκε μέχρι στιγμής στρατηγική περιβαλλοντική μελέτη αλλά το σχέδιο περιέχει διατάξεις σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και του φυσικού τοπίου. Οι κύριοι στόχοι που τέθηκαν κατά την υλοποίηση του ΘΧΣ είναι η οικονομική και παράκτια ανάπτυξη, η ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, η προστασία του περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στην Σλοβενία δημιουργήθηκε ένα προσχέδιο ΘΧΣ στις αρχές του 2020 και ο τελικός ΘΧΣ όπως και η περιβαλλοντική έκθεση εγκρίθηκε στα μέσα του 2021 (MoESP, 2021). Ο ΘΧΣ της Σλοβενίας έχει στρατηγικό χαρακτήρα και αποτελεί αφετηρία για την σύνταξη σχετικών νομοθεσιών και αναπτυξιακών εγγράφων έκδοσης αδειών κτλ. Αυτό υλοποιείται μέσω χωρικών μέτρων και μέτρων διαχείρισης. επίσης, αυτό επιτυγχάνεται μέσω διατάξεων χωροταξικού σχεδιασμού που εφαρμόζονται σε χωροταξικές

στρατηγικές και εκτελεστικές πράξεις σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο λαμβάνοντας υπόψη και άλλες κρατικές αρχές / τοπικές κοινότητες κατά την εφαρμογή όλων των δραστηριοτήτων και χρήσεων στη θάλασσα. Έχει επίσης δημιουργηθεί ένα εργαλείο ανάλυσης συγκρούσεων και επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της επικάλυψης των χρήσεων, υπολογίζοντας τις χωρικές συγκρούσεις στο χώρο το οποίο θα είναι χρήσιμο για την οριοθέτηση μελλοντικών δραστηριοτήτων / χρήσεων. Τέλος, η Σλοβενία ετοίμασε την Στρατηγική Χωρική Ανάπτυξη για τη Σλοβενία μέχρι το 2050 η οποία καλύπτει και αντιμετωπίζει θέματα στις παράκτιες και θαλάσσιες περιοχές της χώρας.

Στην Ελλάδα δεν έχει ανακηρυχθεί η ΑΟΖ όμως έχουν οροθετηθεί οι θαλάσσιες ζώνες με την Ιταλία το 2020 και υπογράφηκε συμφωνία οριοθέτησης των Θαλάσσιων ζωνών μεταξύ Ελλάδας Αλβανίας η οποία δεν τέθηκε σε ισχύ. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει νομικά δεσμευτικός εθνικός ΘΧΣ. Η νησιωτική πολιτική στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη όπως επίσης σε εξέλιξη βρίσκονται και οι προδιαγραφές της «Εθνικής Στρατηγικής Χωροταξικού Σχεδιασμού για το Θαλάσσιο χώρο» και οι προδιαγραφές για την εκπόνηση ενός «Θαλάσσιου Χωροταξικού Πλαισίου». Έχει υλοποιηθεί μια πρώτη διατύπωση «Εθνικής Στρατηγικής Χωροταξικού Σχεδιασμού για το Θαλάσσιο χώρο» και ενός «Θαλάσσιου Χωροταξικού Πλαισίου» για μια συγκεκριμένη νησιωτική περιοχή η οποία και θα υποβληθεί σε δημόσια διαβούλευση (Α. Γουργιώτης et al., 2023). Επίσης έχουν εκπονηθεί τομεακά Ειδικά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού για την υδατοκαλλιέργεια, τον τουρισμό, τη βιομηχανία και τις ΑΠΕ, τα οποία περιλαμβάνουν προβλέψεις για τα παράκτια και θαλάσσια τμήματα κάθε τομέα (Pavlogeorgatos et al., 2023).

Όσο αφορά το ΘΧΣ της Κύπρου το όραμα της, είναι η αειφόρος αξιοποίηση και ανάπτυξη των θαλάσσιων υδάτων της καθορίζοντας τέσσερις στρατηγικούς στόχους της Δήλωσης Πολιτικής (ΔΠ) για βιώσιμη ανάπτυξη, οι οποίοι είναι η γαλάζια οικονομία, η κοινωνική συνοχή, η προστασία του περιβάλλοντος και η Διακυβέρνηση (Κυπριακή Δημοκρατία, 2021a). Για την υλοποίηση του οράματος έχουν τεθεί ειδικοί στόχοι και αφορούν τους αναπτυξιακούς τομείς της αλιείας και υδατοκαλλιέργειας, της ενέργειας, του θαλάσσιου και παράκτιου τουρισμού, της ναυτιλίας-λιμένες και του φυσικού και κοινωνικο-πολιτισμικού περιβάλλοντος. Επίσης, για την παραγωγή ΘΧΣχ στη παράκτια ζώνη της Κύπρου λήφθηκαν υπόψη οι αλληλεπιδράσεις ξηράς-θαλάσσης (Hadjimitsis et al., 2016), όπως προβλέπεται στην Οδηγία και σύμφωνα με τις διατάξεις του Πρωτοκόλλου για την

Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζώνης, της Σύμβασης για την Προστασία του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος και της Παράκτια περιοχή της Μεσογείου (Σύμβαση της Βαρκελώνης). Το προσχέδιο του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδίου τέθηκε σε δημόσια διαβούλευση στα μέσα του 2022, όπου λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της, διαμορφώθηκε το τελικό προσχέδιο ΘΧΣ της Κύπρου (Κυπριακή Δημοκρατία, 2022a).

Καταλυτικό ρόλο είχανε πέντε ερευνητικά προγράμματα που σχετίζονται με τον ΘΧΣ της Κύπρου και ολοκληρώθηκαν με επιτυχία. Σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση του ΘΧΣ στην Κύπρο ήταν η επιτυχής ολοκλήρωση του διασυνοριακού έργου ΘΑΛ-ΧΩΡ μεταξύ Ελλάδας και Κύπρου όπου καταγράφηκε η μεθοδολογία για την εφαρμογή ΘΧΣ σε πιλοτικές περιοχές των δύο χωρών (Hadjimitsis et al., 2015, 2016; Pavlogeorgatos et al., 2023). Μετά την ολοκλήρωση του έργου, ακολούθησε το στρατηγικό έργο «ΘΑΛ-ΧΩΡ 2», που είχε σαν στόχο να αξιοποιήσει τα προηγούμενα αποτελέσματα, προτείνοντας προσχέδια του ΘΧΣ για ολόκληρη την Κύπρο με βάση τις βέλτιστες πρακτικές των ήδη εφαρμοσμένων Ευρωπαϊκών ΘΧΣ λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες και το περιβάλλον.

Κατά την υλοποίηση των προσχεδίων και την σημαντική προσπάθεια στην απλοποίηση των διαδικασιών του ΘΧΣ της Κύπρου, εντοπίστηκε σοβαρό κενό στην χρήση των εργαλείων λήψης αποφάσεων. Η ένταξη ενός εργαλείου, που χρησιμοποιεί επικαιροποιημένα δεδομένα, μπορεί να βοηθήσει τα κυβερνητικά τμήματα να λαμβάνουν σημαντικές αποφάσεις κατά την παρακολούθηση του ΘΧΣ και την αναθεώρηση των ΘΧΣχ, σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η τρίτη διάσταση είναι μια παράμετρος που ελάχιστα χρησιμοποιήθηκε σε εργαλεία παρακολούθησης και αναθεώρησης ΘΧΣχ. Επιταυτού, η βαθυμετρία μπορεί να ενταχθεί σε ένα τέτοιο εργαλείο και να ενισχύσει τις διαδικασίες διαχείρισης της υφιστάμενης και μελλοντικής κατάστασης των θαλάσσιων υδάτων.

2.3 Εκτίμηση Δορυφορικής Βαθυμετρίας με τη χρήση πολυφασματικών δεκτών

Η σημασία της βαθυμετρίας είναι ιδιαίτερα ξεχωριστή και ενδιαφέρουσα στις περιοχές όπου υπάρχουν αβαθή νερά όπως για παράδειγμα στην αιγιαλίτιδα ζώνη, στα λιμάνια κλπ. Η βαθυμετρία θεωρείται πολύ σημαντική συνιστώσα του θαλάσσιου χώρου και στην υλοποίηση και σχεδιασμό του ΘΧΣ, καθώς υπάρχουν αρκετές υποδομές και πραγματοποιούνται διάφορες δραστηριότητες στον πυθμένα, τη στήλη και στην επιφάνεια της θάλασσας. Πολλές διαθέσιμες μέθοδοι και τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της τοπογραφίας του θαλασσινού νερού με μεγάλη ακρίβεια για τα ρηγά νερά.

Σήμερα, υπάρχουν τρεις βασικοί μέθοδοι ανάκτησης βαθυμετρικών δεδομένων. Η πρώτη μέθοδος είναι με την χρήση σκαφών με εγκατεστημένους αισθητήρες ηχοβολιστικών μιας δέσμης, ηχοβολιστικών πολλαπλής δέσμης καθώς επίσης και ηχοβολιστικών πλευρικής σάρωσης (Li et al., 2023; Marks and Smith, 2009; Renjie and Chengpeng, 2020; Wu et al., 2021). Η δεύτερη μέθοδος ανάκτησης δεδομένων είναι με συστήματα ενεργών αισθητήρων LIDAR εγκατεστημένα σε εναέρια αεροσκάφη, τηλεκατευθυνόμενα οχήματα και αυτόνομα υποβρύχια οχήματα και χρησιμοποιούνται συνήθως σε παραθαλάσσιες περιοχές για ανάκτηση βαθυμετρικού υποβάθρου υψηλής ανάλυσης (Janowski et al., 2018, 2021; Porskamp et al., 2018). Παρόλο που η πρώτη και δεύτερη μέθοδος μπορούν να παρέχουν υψηλή ακρίβεια βαθυμετρικών δεδομένων, έχουν συγκεκριμένους περιορισμούς όσον αφορά το κόστος και χρόνο σε σύγκριση με την μεγάλη κάλυψη (Choi and Kim, 2018).

Η τρίτη και τελευταία μέθοδος ανάκτησης βαθυμετρικών δεδομένων αφορά την διαστημική τεχνολογία και την χρήση οπτικών αισθητήρων ή συστημάτων ραντάρ, όπου μπορεί να παρέχεται μια οικονομικά αποδοτική λύση για την παρακολούθηση μεγάλων παράκτιων περιοχών ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές, καθώς επίσης και στην παροχή ενός συνόλου δεδομένων συνεχούς ενημέρωσης (Jawak et al., 2015). Το κόστος της ΔΒ γενικά εξαρτάται από το κόστος των δορυφορικών εικόνων που μπορεί να κυμαίνεται από δωρεάν δορυφορικές εικόνες όπως του Landsat (χωρική ανάλυση 30 μέτρων) ή του Sentinel 2 (χωρική ανάλυση 10 μέτρων) έως και 60 ευρώ το τετραγωνικό χιλιόμετρο

όπως για παράδειγμα οι δορυφορικές εικόνες WorldView χωρικής ανάλυσης 1.25 μέτρων.

Σε δυο πρόσφατες ανασκοπήσεις με θέμα την σύγχρονη βαθυμετρία, αξιολογήθηκαν οι τεχνικές ανάκτησης των βαθυμετρικών δεδομένων εντοπίζοντας τις ακρίβειες και τους περιορισμούς (Ashpraq et al., 2021; Li et al., 2023) και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Επισκόπηση διαφορετικών αισθητήρων βαθυμετρίας σε θαλάσσια ύδατα

Αισθητήρας ανάκτησης βαθυμετρικών δεδομένων	Θαλάσσιο Περιβάλλον	Ακρίβεια	Περιορισμοί
Ηχοβολιστικός αισθητήρας μιας δέσμης	Ρηχές παράκτιες περιοχές προς βαθιά	Πολύ υψηλή	Η τοπογραφία του βυθού θα πρέπει να δημιουργηθεί από παρεμβολή. Χαμηλή ανάλυση βαθυμετρικού υποβάθρου
Ηχοβολιστικός αισθητήρας πολλαπλών δεσμών	Έρευνες μεγάλης κλίμακας	Πολύ υψηλή	Υψηλό κόστος ανάκτησης
Ηχοβολιστικός αισθητήρας πλευρικής σάρωσης	Χαρτογράφηση χαρακτηριστικών βυθού	Χαμηλή	Δεν μετράτε άμεσα το βάθος και απαιτεί πρόσθετη επεξεργασία ή ενσωμάτωση με άλλα βαθυμετρικά δεδομένα για την εξαγωγή πληροφοριών βάθους
LIDAR	Ρηχές παράκτιες περιοχές	Υψηλή	Υψηλό κόστος Περιορισμένο βάθος
Δορυφορική αλτιμετρία	Μεγάλης κλίμακας, βαθυμετρικά χαρακτηριστικά	Υψηλή αβεβαιότητα	Χαμηλή ακρίβεια και ανάλυση
Δορυφορική βαθυμετρία με οπτικούς αισθητήρες	Ρηχά, καθαρά νερά	Κυμαινόμενη	Περιορισμένο βάθος Κατάλληλη σε καθαρά νερά
Δορυφορική βαθυμετρία με αισθητήρες ραντάρ	Παράκτια και ρηχά νερά	Χαμηλή	Χαμηλή ακρίβεια και ανάλυση

Η μελέτη αυτή εστιάζει στην ΔΒ με οπτικούς αισθητήρες όπου μελετάται τις τελευταίες πέντε δεκαετίες και μπορεί να παρέχει ουσιαστικά μια βασική λύση σε παράκτιες περιοχές. Η ΔΒ έχει ξεκινήσει να μελετάται προς τα τέλη της δεκαετίας του 1970, όπου αποδείχθηκε ότι η βαθυμετρία μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της τηλεπισκόπησης. Η εκτίμηση της ΔΒ με τη χρήση παθητικών αισθητήρων βασίζεται στη θεωρία όπου η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας εξασθενεί σταδιακά όσο αυξάνεται το βάθος, λόγω των εγγενών οπτικών ιδιοτήτων (IOPs) της στήλης του νερού. Έτσι με τη χρήση των πολυφασματικών αισθητήρων που παρέχεται ένα ευρύ φάσμα ζωνών μήκους κύματος διεισδύουν στη στήλη του νερού διαφορετικά, δηλαδή, μπλε ζώνη έως 25 μέτρα, πράσινη ζώνη έως 15 μέτρα και κόκκινη ζώνη έως 5 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας σε καθαρά νερά (Jupp, 1988; Sutanto, 1992).

Η πρώτη προσπάθεια εκτίμησης ΔΒ εξαγωγής του βαθυμετρικού υποστρώματος επιτεύχθηκε σε καθαρά νερά, χρησιμοποιώντας έναν γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών (Lyzenga, 1980, 1978). Αυτή τη προσέγγιση ακολούθησαν και άλλοι ερευνητές υλοποιώντας κάποιες τροποποιήσεις για να βελτιώσουν την εκτίμηση της βαθυμετρίας (Conger et al., 2006; Lyzenga et al., 2006; Maritorena et al., 1994, Philpot, 1989). Επιπλέον, ο Stumpf το 2003 επέκτεινε την προσέγγιση του Lyzenga, προτείνοντας μια εμπειρική μέθοδο για την εκτίμηση της ΔΒ, γνωστή ως αλγόριθμος μετασχηματισμού αναλογίας. Σε αυτή την εμπειρική μέθοδο υποστηρίζεται ότι η αναλογία για δύο ζώνες σε σταθερό βάθος θα είναι η ίδια, ανεξάρτητα από το υπόστρωμα του βυθού (Stumpf et al., 2003). Επιπλέον, για την εκτίμηση ΔΒ εφαρμόστηκαν ημι-αναλυτικές προσεγγίσεις χρησιμοποιώντας μοντέλα και μεθόδους εξαγωγής βαθυμετρικών δεδομένων (Adler-Golden et al., 2005; Lee et al., 1999; McIntyre et al., 2006). Η πρόσφατη πρόοδος των δορυφορικών απομακρυσμένων αισθητήρων έχει δημιουργήσει νέες διαστημικές μεθοδολογίες για την εκτίμηση της βαθυμετρίας (Cerra et al., 2020; Chénier et al., 2019; Pike et al., 2019; Randazzo et al., 2020). Σημαντικές δυνατότητες εκτίμησης της βαθυμετρίας παρουσιάστηκαν από ερευνητές με στερεοφωνικές τεχνικές (Cao et al., 2019; Collings et al., 2018) και πιο πρόσφατα με προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης (Dickens and Armstrong, 2019; Sagawa et al., 2019; Tonion et al., 2020).

Σήμερα, η ΔΒ είναι ένας από τους κορυφαίους ερευνητικούς τομείς της Επιστήμης της Τηλεπισκόπησης, μελετώντας το θαλάσσιο περιβάλλον. Τα σχετικά προϊόντα χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως η μετακίνηση των ιζημάτων που έχουν

αποτεθεί, η παρακολούθηση βαθυμετρίας κλπ. (Jawak et al., 2015). Τόσο οι ενεργοί όσο και οι παθητικοί αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της βαθυμετρίας. Οι πολυφασματικοί και υπερφασματικοί αισθητήρες διαφέρουν ως προς τον αριθμό των φασματικών ζωνών και τη φασματική ανάλυση των δορυφορικών αισθητήρων. Έτσι οι αλγόριθμοι, οι δυνατότητες και οι περιορισμοί των πολυφασματικών και υπερφασματικών αισθητήρων διαφέρουν. Ο Li et al., το 2023 επισήμανε ότι παρόλο που οι πολυφασματικοί αισθητήρες μπορεί να παρέχουν μεγαλύτερη χωρική κάλυψη και χρειάζονται χαμηλότερη υπολογιστική ισχύ και χώρο αποθήκευσης, η χρήση των υπερφασματικών αισθητήρων στον υπολογισμό της ΔΒ δίνει υψηλότερες ακρίβειες καθώς παρέχει εκατοντάδες στενές λωρίδες και εκατοντάδες κανάλια φάσματος.

Με την πάροδο του χρόνου, πραγματοποιήθηκαν αρκετές μελέτες χρησιμοποιώντας πολυάριθμους αισθητήρες, τεχνικές και αλγόριθμους για την εκτίμηση της βαθυμετρίας. Η ακρίβεια της ΔΒ υπόκειται σε αρκετές παραμέτρους όπως τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας, η ώρα λήψης της δορυφορικής εικόνας (π.χ. υψόμετρο και αζιμούθιο της ηλιακής ακτινοβολίας, ύψος δορυφόρου) και η ατμοσφαιρική απορρόφηση και διασκόρπιση της ηλιακής ακτινοβολίας. Εκτός από τις ιδιότητες της εικόνας, η ακρίβεια της βαθυμετρίας επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες που σχετίζονται με τις συνθήκες της επιφάνειας του νερού (π.χ. κύματα και ρεύματα) καθώς επίσης και το είδος και οι ιδιότητες του υποστρώματος που ενδέχεται να επηρεάσουν την ανάκλαση της επιστρεφόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Έτσι η ΔΒ μπορεί να γίνει πιο ακριβής εξετάζοντας μια σειρά κρίσιμων παραγόντων.

Η εκτίμηση ΔΒ με εμπειρικές μεθόδους έχει λιγότερους περιορισμούς (Gao, 2009), όπου τα σχετικά μοντέλα είναι μαθηματικές εξισώσεις που μελετούν την σχέση μεταξύ δεδομένων απόστασης, π.χ. ανάκλασης, ακτινοβολίας και ψηφιακών αριθμών, με ρηχά νερά. Η Manessa το 2018 συνόψισε δώδεκα διαφορετικά εμπειρικά μοντέλα για την εκτίμηση της βαθυμετρίας (Manessa et al., 2018) εντοπίζοντας διαφορετικές ακρίβειες ανά εμπειρικό μοντέλο. Οι ακρίβειες αυτές μπορούν να φτάσουν από 3,7 - 114,8% λιγότερο ακριβές για κάθε εμπειρικό αλγόριθμο επισημαίνοντας ότι η επίδραση του κύματος έδωσε αρνητική επίδραση στην ακρίβεια της ΔΒ.

Επιπλέον, μια πρόσφατη ανασκόπηση εφάρμοσε μια συγκριτική ανάλυση για την εκτίμηση ΔΒ μεταξύ των μεθόδων σε μικρό βάθος. Αυτή η έρευνα έδειξε ότι ορισμένοι

από τους περιορισμούς της βαθυμετρίας που αποτελούν σημαντική πρόκληση στην αξιολόγηση της βαθυμετρίας, όπως η θολότητα, η χλωροφύλλη κ.λπ., δεν επιλύθηκαν τα τελευταία χρόνια με βάση τη βιβλιογραφία της ΔΒ (Ashpuraq et al., 2021).

Οι πιο πάνω προσεγγίσεις έχουν εφαρμοστεί σε αρκετές μελέτες με δορυφορικές εικόνες μέτριας και υψηλής ανάλυσης, με τους πιο συνηθισμένους αλγόριθμους να είναι του γραμμικού μοντέλου Lyzenga και τα μη-γραμμικά μοντέλα του Stumpf. Οι προσεγγίσεις αυτές με υψηλής ανάλυσης δορυφορικών δεδομένων (Pleiades), έχουν εφαρμοστεί από τον Said et al. το 2017 στις θαλάσσιες περιοχές της Μαλαισίας. Τα αποτελέσματα της ΔΒ με το μη-γραμμικό μοντέλο έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα με τη ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) να φθάνει τα 1,43 μέτρα ενώ με την εφαρμογή του γραμμικού μοντέλου το RMSE έφτανε τα 1,73 μέτρα.

Μια άλλη μελέτη στη θάλασσα Βάντεν, τμήματος της Βόρειας Θάλασσας, έγινε υπολογισμός της ΔΒ με δορυφορικές εικόνες Landsat-8 (Misra et al., 2018). Το σφάλμα στη μελέτη αυτή έδειξε το RMSE στα 3,12 μέτρα και η τιμή του συντελεστή συσχέτισης (R^2) 0,85. Επίσης, στα παράκτια της Ινδίας της περιοχή Ντακσίνα, η καλύτερη συσχέτιση των αποτελεσμάτων με τα δεδομένα πεδίου ήταν με το μη-γραμμικό μοντέλο με το R^2 να είναι 0,90 και το RMSE 0,86 μέτρα για βάθη μέχρι 10 μέτρα (Pushparaj and Hegde, 2017).

Ανοικτά δεδομένα Δορυφορικών Εικόνων (ΔΕ) μέτριας ανάλυσης (Sentinel 2) έχουν χρησιμοποιηθεί στις θαλάσσιες περιοχές της νότιας Βαλτικής Θάλασσας (Chybicki and Andrzej, 2017) και στον κόλπο Nayband του Ιράν (Kabiri, 2017) με τα αποτελέσματα της μη-γραμμικής μεθόδου να έχουν τα μικρότερα σφάλματα.

Επίσης, αρκετές μελέτες έχουν υλοποιηθεί σε περιοχές όπου οι συνθήκες που επικρατούν να μην είναι ιδανικές όπως για παράδειγμα σε ένα θαλάσσιο κλειστό κόλπο όπου είναι ρηχός και καλύπτεται με λεπτά ιζήματα. Οι Casal G. et al. το 2018 πραγματοποίησαν μια μελέτη εκτίμησης ΔΒ σε δύο θαλάσσιους κόλπους της Ιρλανδίας, τον κόλπο του Δουβλίνου και τον κόλπο του Mulroy. Αυτή η μελέτη εφάρμοσε δύο εμπειρικές μεθόδους, το μοντέλο μιας γραμμικής ζώνης και τον αλγόριθμο μετασχηματισμένου λόγου χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες Sentinel 2. Τα καλύτερα βαθυμετρικά αποτελέσματα εκτιμήθηκαν στον κόλπο του Mulroy χρησιμοποιώντας το μοντέλο γραμμικής ζώνης με τον R^2 να είναι 0,89 και το RMSE να φθάνει στα 0,78 μέτρα, ενώ με τον αλγόριθμο αναλογίας το R^2 είναι 0,83 και το RMSE να είναι ίσο με 0,98 μέτρα. Μια

ακόμη μελέτη πραγματοποιήθηκε στον κόλπο Tralee της Ιρλανδίας, όπου η βαθυμετρία υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας εμπειρικά μοντέλα με τρεις διαφορετικούς αισθητήρες όπως το Landsat 8, RapidEye και Pleiades (Cahalane et al., 2019) όπου επισήμανε ότι με δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης μπορεί η ΔΒ να δώσει καλύτερα αποτελέσματα με υψηλότερες ακρίβειες.

Με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκε η πλατφόρμα της Google Earth Engine (GEE) η οποία έχει αρκετές δυνατότητες δίνοντας στους χρήστες ένα επιπλέον εφόδιο για την εκτίμηση της ΔΒ με καλύτερες ακρίβειες. Η πλατφόρμα της GEE μπορεί να συνδυάσει ένα σύνολο δορυφορικών εικόνων και γεωχωρικών δεδομένων και να επιτευχθεί ανάλυση σε πλανητική κλίμακα. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση και να αναλύουν δεδομένα από τον κατάλογο καθώς και τα δικά τους δεδομένα χρησιμοποιώντας μια βιβλιοθήκη χειριστών που παρέχεται από το Earth Engine API. Ο μεγάλος κατάλογος δεδομένων που παρέχεται από την πλατφόρμα αποτελείται το μεγαλύτερο μέρος του από εικόνες τηλεπισκόπησης με παρατήρηση της Γης, συμπεριλαμβανομένου ολόκληρου του αρχείου Landsat καθώς και δεδομένων από τους δορυφόρους Sentinel 1 και Sentinel 2. Περιλαμβάνει, επίσης, κλιματικές προβλέψεις, δεδομένα κάλυψης γης και πολλά άλλα περιβαλλοντικά, γεωφυσικά και κοινωνικοοικονομικά σύνολα δεδομένων. Ο κατάλογος ενημερώνεται συνεχώς με ρυθμό σχεδόν 6000 σκηνών την ημέρα από ενεργές αποστολές, με τυπική καθυστέρηση περίπου 24 ωρών από τον χρόνο λήψης εικόνας (Gorelick et al., 2017; Kumar and Mutanga, 2018; Mutanga and Kumar, 2019).

Αυτή η πλατφόρμα χρησιμοποιήθηκε σε αρκετές μελέτες για την εκτίμηση ΔΒ με την χρήση των εμπειρικών μοντέλων. Σε μια από τις μελέτες που παρουσιάστηκε από τους Traganos et al. (2018) χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα GEE για την απόκτηση εικόνων Sentinel 2 για την περίοδο μεταξύ 1ης Αυγούστου και 31ης Δεκεμβρίου 2016 σε τέσσερις διαφορετικές τοποθεσίες της ανατολικής Μεσογείου. Εφαρμόστηκαν αναλυτικές και εμπειρικές μέθοδοι και φίλτρα 3x3 για να εξομαλυνθεί ο θόρυβος. Η καλύτερη ακρίβεια έχει εντοπιστεί με την αναλυτική μέθοδο με το R^2 να είναι 0.90 και το RMSE αν φτάνει τα 1.67 μέτρα.

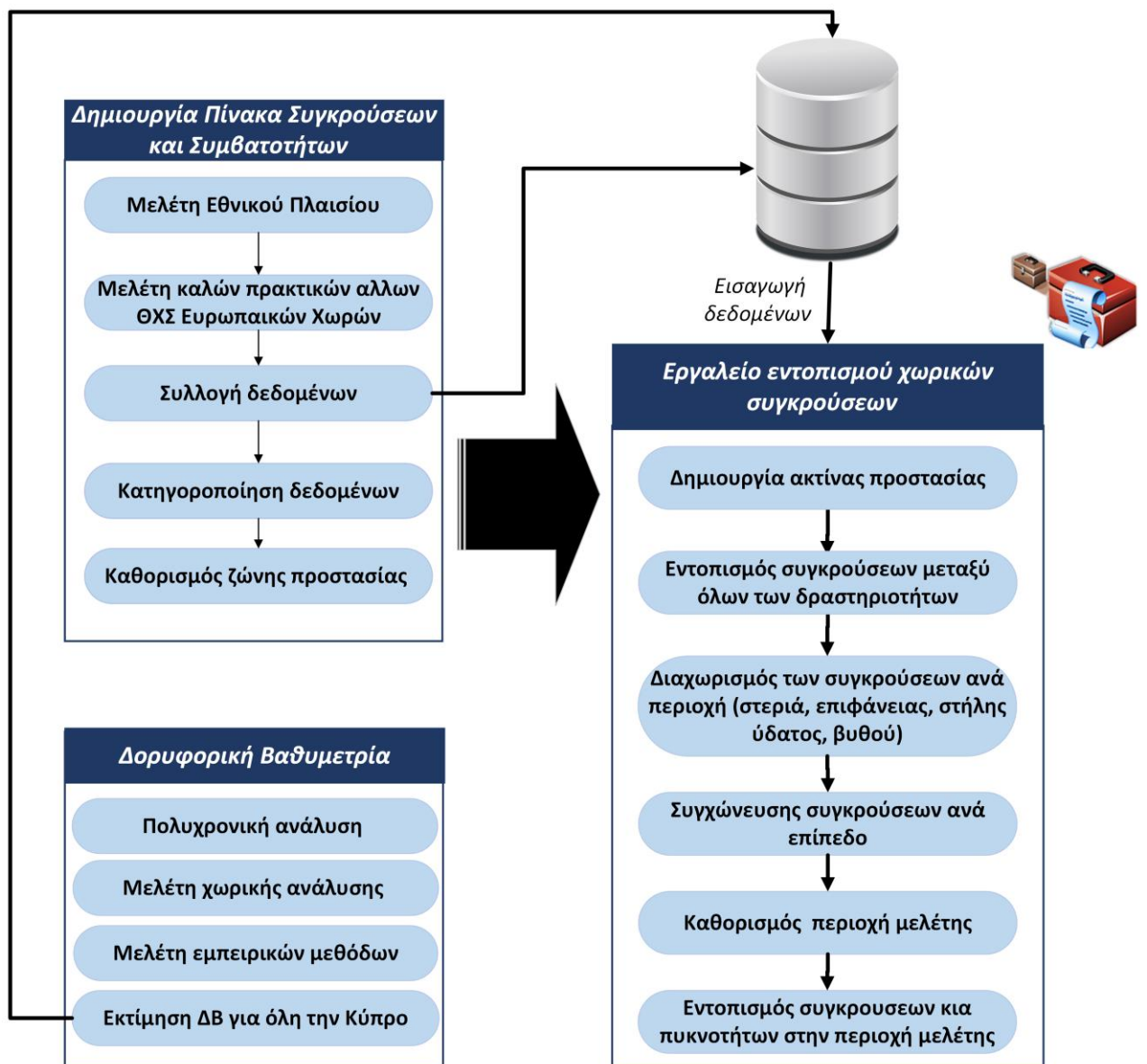
Η χρήση της πλατφόρμας της GEE για την εκτίμηση της ΔΒ με εμπειρικά μοντέλα εφαρμόστηκε σε έξι περιοχές που βρίσκονται στον Ειρηνικό Ωκεανό, τον Ινδικό Ωκεανό και τη Θάλασσα της Νότιας Κίνας. Τα αποτελέσματα ήταν αρκετά καλά δείχνοντας

σφάλματα RMSE τα οποία κυμαίνονταν από 0,29 μέτρα μέχρι και 0,71 μέτρα εντοπίζοντας ότι το σφάλμα RMSE μειώθηκε με την αύξηση του αριθμού των εικόνων Sentinel 2 και τα αποτελέσματα ήταν σχετικά σταθερά όταν ο αριθμός έφτασε περίπου τις 150 εικόνες (Han et al., 2023).

Σήμερα με τη διάθεση δορυφορικών εικόνων μέσω μιας πλατφόρμας, της βελτιωμένης χωρικής ανάλυση αλλά και της μικρότερης χρονικής διάρκειας παροχής της στο χρήστη, οδήγησε την χρήση της Δορυφορικής τηλεπισκόπησης σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της βαθυμετρίας. Παρά την σημαντική πρόοδο που παρατηρήθηκε στην ΔΒ συμπεριλαμβανομένων της ανάπτυξης αισθητήρων αλλά και νέων μεθόδων, ακόμα δεν πληρούνται τα πρότυπα του Διεθνή Υδρογραφικού Οργανισμού – IHO (Duplančić Leder et al., 2023; International Hydrographic Organization, 2022). Παρόλο αυτά, τα αποτελέσματα της ΔΒ μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μη χαρτογραφημένες περιοχές, ανίχνευσης αλλαγών υποστρώματος και τον σχεδιασμό έρευνας σε δυναμικές περιοχές (Cesbron et al., 2021).

3 Μεθοδολογία Έρευνας

Η μεθοδολογία της παρούσας μελέτης αφορούσε τρία στάδια τα οποία περιγράφονται λεπτομερώς στα κεφάλαια 3.1, 3.2 και 3.3. Το κεφάλαιο 3.1 αφορά στην καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης με τη συλλογή δεδομένων και πληροφοριών που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η μελέτη του Εθνικού Θεσμικού Πλαισίου, η διεθνής εμπειρία και τα διαθέσιμα δεδομένα που αντλήθηκαν, οδήγησαν στη δημιουργία ενός πίνακα που αφορά τις συγκρούσεις και τις συμβατότητες των δραστηριοτήτων/ χρήσεων/ υποδομών στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου. Καθώς η βαθυμετρία στα παράκτια ύδατα θεωρείται σημαντική παράμετρος στη γεωγραφική κατανομή των χωρικών συγκρούσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων και υποδομών, το κεφάλαιο 3.2 παρουσιάζει τα στάδια που ακολουθήθηκαν για την εκτίμησης ΔΒ για τα ρηγά νερά όλου του νησιού. Η μελέτη αυτή εστιάζει στις εμπειρικές μεθόδους ΔΒ υλοποιώντας αρκετά βήματα έτσι ώστε να εντοπιστεί η βέλτιστη μεθοδολογία εκτίμησης ΔΒ για τα ρηγά νερά. Τα αποτελέσματα της ΔΒ χρησιμοποιήθηκαν στις μη χαρτογραφημένες περιοχές έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο βαθυμετρικό υπόβαθρο για όλη την ΑΟΖ της Κύπρου που θα χρησιμοποιηθεί στο εργαλείο. Τέλος, στο κεφάλαιο 3.3 παρουσιάζεται ένα αυτοματοποιημένο εργαλείο ΣΓΠ το οποίο εντοπίζει τις συγκρούσεις στη θαλάσσια περιοχή της Κύπρου λαμβάνοντας υπόψη και τις τρεις διαστάσεις του χώρου. Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζονται τα τρία στάδια της μελέτης με τα βήματα τα οποία περιγράφονται πιο περιληπτικά στα επόμενα κεφάλαια.

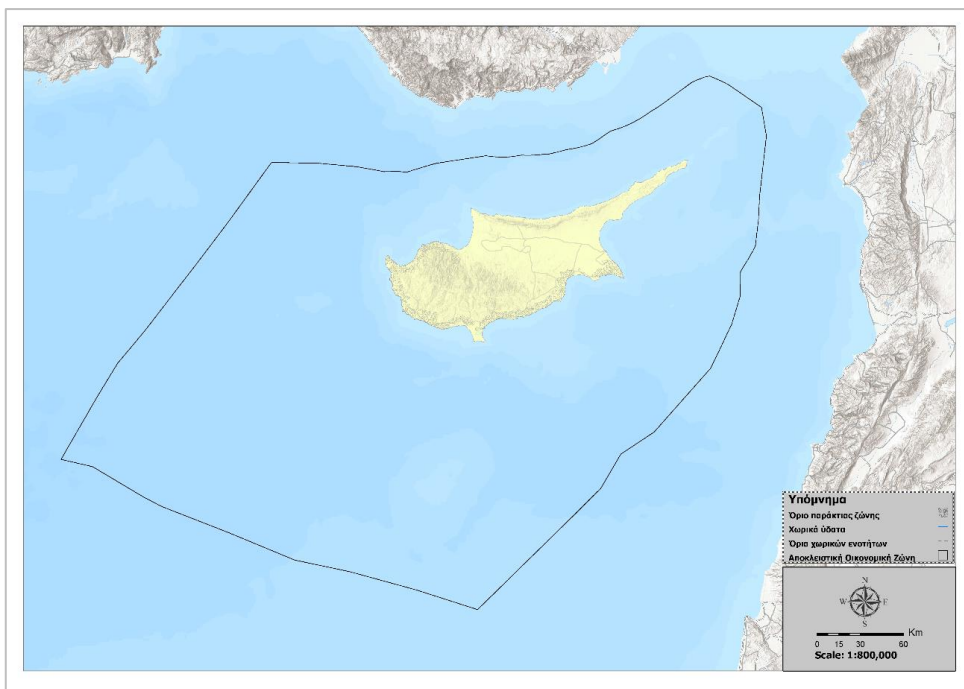


Διάγραμμα 2: Μεθοδολογία έρευνας

3.1 Προσδιορισμός πιθανών συγκρούσεων στα παράκτια και θαλάσσια ύδατα της Κύπρου

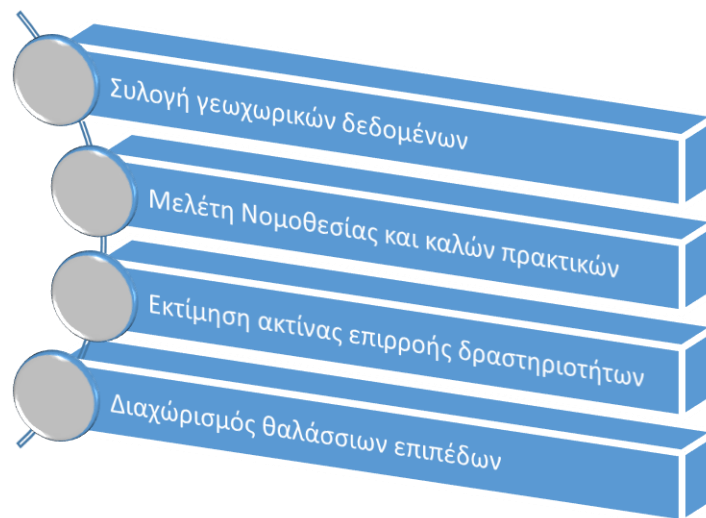
Ο ΘΧΣ έχει εφαρμοστεί σε αρκετές χώρες ανά τον κόσμο και έχει αποτελέσει ξεχωριστής σημασίας εργαλείο για τις χώρες που θέλουν να λύσουν τα αναπόφευκτα προβλήματα που δημιουργούνται σε ύδατα με αυξημένες δραστηριότητες. Η διαδικασία αυτή κρίνεται πολύ σημαντική σε ένα ΘΧΣ αφού έτσι αναγνωρίζεται η φύση της κάθε δραστηριότητας, έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί αναλόγως στην συνέχεια.

Η Κύπρος είναι το τρίτο μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Μεσογείου. Η γεωγραφική θέση και η τεράστια έκταση της Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (ΑΟΖ) της Κύπρου (σε σύγκριση με το μέγεθος της στεριάς) είναι δύο πολύ σημαντικοί λόγοι για τη διαμόρφωση ενός ακριβούς και ολοκληρωμένου ΘΧΣ. Η Κύπρος έχει στρατηγική θέση από γεωγραφικής απόψεως καθώς βρίσκεται μεταξύ τριών ηπείρων της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής. Γειτνιάζει βόρεια με την Τουρκία, νοτιοανατολικά με το Ισραήλ, νοτιοδυτικά με την Αίγυπτο και δυτικά με την Ελλάδα. Η χερσαία έκταση του νησιού είναι περίπου 9.251 χιλιόμετρα ενώ αυτή που αφορά την ΑΟΖ είναι 98.240 χιλιόμετρα. Συγκρίνοντας τις δύο περιοχές, φαίνεται ξεκάθαρα ότι η ΑΟΖ είναι πάνω από δέκα φορές μεγαλύτερη από την χερσαία έκταση.



Διάγραμμα 3: ΑΟΖ Κύπρου

Η μεθοδολογία εντοπισμού των συγκρούσεων για όλη την ΑΟΖ της Κύπρου αποτελείται από τέσσερα βασικά βήματα. Το πρώτο βήμα της μελέτης αφορά την συλλογή επικαιροποιημένων δεδομένων και πληροφοριών για τις δραστηριότητες στο θαλάσσιο και παράκτιο χώρο. Ακολουθεί η μελέτη συναφών στρατηγικών πολιτικών και νομοθεσιών σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο αλλά και καλών πρακτικών άλλων Ευρωπαϊκών χωρών (δεύτερο βήμα). Αφού ολοκληρώθηκαν τα δυο πιο πάνω βήματα, υλοποιήθηκε η ανάλυση των υφιστάμενων συνθηκών των δραστηριοτήτων για τον καθορισμό της ακτίνας επιρροής (τρίτο βήμα) και τέλος υλοποιήθηκε το τέταρτο βήμα όπου έγινε διαχωρισμός του επιπέδου/ θέσης (στεριά, επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθού) κάθε δραστηριότητας/ υποδομής στο πολυδιάστατο χώρο των θαλάσσιων υδάτων της Κύπρου (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4: Βήματα προσδιορισμού συγκρούσεων στα παράκτια και θαλάσσια ύδατα της Κύπρου

Στην διατριβή αυτή προτείνεται η δημιουργία ενός εργαλείου που βασίζεται σε ένα πίνακα χωρικών συγκρούσεων για κάθε συνδυασμό θαλάσσιων δραστηριοτήτων ή υποδομών ανά ζεύγη. Πολλά εργαλεία έχουν βασιστεί σε πίνακες που είτε αφορούν διαδίκους πίνακες συγκρούσεων είτε βαθμολογίας συνύπαρξης των χρήσεων για τον εντοπισμό των χωρικών συγκρούσεων (Ehler and Douvere, 2009; Gimpel et al., 2013; Kannen, 2014a; Moore et al., 2017; Muñoz et al., 2018; Patera et al., 2022). Οι Bonnevie et al. το 2019 παρουσίασαν τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες χρήσης του πίνακα συγκρούσεων και συμβατοτήτων για την δημιουργία εργαλείων, επισημαίνοντας ότι τα

εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται στον εντοπισμό, στην αποφυγή και ελαχιστοποίηση των συγκρούσεων βελτιώνοντας τις συμβατότητες των χρήσεων.

Σημαντική θεωρείται η διαθεσιμότητα και η χρήση ποιοτικών και επικαιροποιημένων χωρικών δεδομένων με τους φορείς που ασχολούνται με το ΘΧΣ. Όπως υποστηρίζουν οι Tuda et al., (2014), η επιτυχής εφαρμογή του ΘΧΣ για την επίλυση συγκρούσεων εξαρτάται από το επίπεδο συμμετοχής των ενδιαφερόμενων μερών, τη διαθεσιμότητα δεδομένων και την υπάρχουσα βάση γνώσεων.

Εστιάζοντας στη διαθεσιμότητα δεδομένων, στην Κύπρο ψηφίστηκε ο νόμος «Ο περί της Δημιουργίας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων (INSPIRE)»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2010c) ο οποίος βασίστηκε από την οδηγία "INSPIRE" (INfrastructure for SPatial Information in Europe) της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Η οδηγία η οποία τέθηκε σε ισχύ στις 15 Μαΐου 2007 και απαιτήθηκε να είναι σε πλήρη εφαρμογή έως το 2021, στόχευε στην δημιουργία υποδομής χωρικών δεδομένων έτσι ώστε να επιτραπεί η ανταλλαγή των δεδομένων αυτών μεταξύ των οργανισμών δημοσίου τομέα και της δημόσιας πρόσβασης από όλη την Ευρώπη. Συντονιστικό ρόλο για την υλοποίηση της οδηγίας έχει αναλάβει το Υπουργείο Εσωτερικών της Κυπριακής Δημοκρατίας ενώ το Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας (TKX), το Τμήμα Υπηρεσιών Πληροφορικής και το Τμήμα Περιβάλλοντος έχουν αναλάβει πρωταγωνιστικό ρόλο στην οργάνωση και την υλοποίηση της (Υπουργείο Εσωτερικών, 2019). Επίσης, το TKX ορίστηκε υπεύθυνο για την οργάνωση και την εκτέλεση υδρογραφικών δραστηριοτήτων με την ψήφιση του νόμου «Ο περί Οργάνωσης και Εκτέλεσης Υδρογραφικών Δραστηριοτήτων και Έκδοσης Ναυτικών Χαρτών Νόμος» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2014e). Μερικές από τις βασικές αρμοδιότητες του TKX είναι υδρογραφικές αποτυπώσεις σύμφωνα με τα πρότυπα της ΙΗΟ, η δημιουργία και συντήρηση της βάσης για τα υδρογραφικά δεδομένα και η έκδοση υδρογραφικών χαρτών μικρής και μεγάλης κλίμακας κτλ.

Στο στάδιο αυτό τα επικαιροποιημένα δεδομένα δόθηκαν από το TKX όπου κατά την αξιολόγηση των γεωχωρικών δεδομένων, διαπιστώθηκε ότι καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό τη θαλάσσια χωρική πληροφορία, που απορρέουν από ευρωπαϊκές οδηγίες, πρωτοβουλίες και πολιτικές. Όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν είναι διανυσματικά και αποθηκεύτηκαν σε μια γεωβάση δεδομένων που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με σκοπό την δημιουργία του εργαλείου. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την δημιουργία του εργαλείου για την ανάλυση των δεδομένων είναι το ArcGIS Pro. Επίσης, το λογισμικό

έχει την δυνατότητα να οπτικοποίηση σε δισδιάστατη, σε τρισδιάστατη μορφή αλλά και στην τέταρτη διάσταση τα αποτελέσματα του εργαλείου (Environmental Systems Research Institute (Esri), 2023b). Ο αριθμός των δεδομένων που δόθηκαν από το TKX είναι εξήντα οχτώ (68) και αφορούν διοικητικά όρια, δραστηριότητες, χρήσεις, υποδομές και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά. Η καταγραφή του συνολικού αυτού πακέτου δεδομένων αποτελεί σημαντικό βήμα στον προσδιορισμό των συγκρούσεων και συμβατοτήτων καθώς αποτελεί οδηγό στην υλοποίηση των επόμενων βημάτων.

Έτσι αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η μελέτη του θεσμικού πλαισίου αλλά και της διεθνής εμπειρίας που υπάρχει στο παρόν στάδιο για την δημιουργία ενός πίνακα που παρουσιάζει τις συγκρούσεις και τις συμβατότητες μεταξύ των δραστηριοτήτων και υποδομών. Οι συγκρούσεις και οι συμβατότητες μπορούν να παρουσιαστούν ύστερα από εκτίμηση με επιστημονικές μεθόδους, σε πολιτισμικό, κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο με στόχο τη βιώσιμη και αειφόρο ανάπτυξη.

Η δημιουργία του πίνακα των συγκρούσεων είχε ως βάση τον πρώτο πίνακα που δημιουργήθηκε και παρουσίαζε τις συγκρούσεις και τις συμβατότητες των δραστηριοτήτων και υποδομών στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου ο οποίος προτάθηκε από το Hadjimitsis et al., το (2016b). Αυτός ο πίνακας αφορούσε εξήντα (60) θαλάσσιες και χερσαίες δραστηριότητες όπου για κάθε μία από αυτές τις δραστηριότητες υλοποιήθηκε σύγκριση με τις υπόλοιπες, προκειμένου να προσδιοριστούν οι πιθανές συγκρούσεις ή συμβατότητες μεταξύ τους. Δημιουργήθηκε μελετώντας την εθνική, κοινοτική και διεθνής νομοθεσία που ίσχυε τότε στην παράκτια ζώνη και τις θαλάσσιες ζώνες της Κύπρου καθορίζοντας αρκετές από τις επιδράσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων. Για την συμπλήρωση των κενών που εντοπίστηκαν από την εθνική, κοινοτική και διεθνής νομοθεσία ελήφθησαν υπόψη βέλτιστες πρακτικές από άλλες εφαρμογές ΘΧΣ.

Ο πιο πάνω πίνακας αναθεωρήθηκε με βάση την υφιστάμενη κατάσταση, τα αναθεωρημένα δεδομένα, το θεσμικό πλαίσιο και την συνεχή επικοινωνία με το Υφυπουργείο Ναυτιλίας. Το πρώτο βήμα αναθεώρησης του πίνακα ήταν η μείωση του πίνακα από εξήντα σε τριάντα καθώς κατηγορίες του παλιού πίνακα όπως τα Χωρικά ύδατα, ΑΟΖ, ισοβαθείς κτλ. διαγράφηκαν αφού χρησιμοποιήθηκαν μόνο κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των τελικών χαρτών και όχι και κατά τον εντοπισμό των συγκρούσεων, ενώ αρκετές κατηγορίες συγχωνεύθηκαν όπως για παράδειγμα οι

κατηγορίες «Λιμένες» και «Λιμενικές εγκαταστάσεις» σε μια κατηγορία «Λιμένες – Λιμενικές εγκαταστάσεις».

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος και αναθεώρηση των επιδράσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων (ασύμβατες, συμβατές ή ουδέτερες) με βάση την εθνική/διεθνής νομοθεσία και των καλών πρακτικών την συγκεκριμένη στιγμή. Η νομοθεσίες και οι καλές πρακτικές που χρησιμοποιήθηκαν για την αναθεώρηση του Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων καθώς επίσης και τα αποτελέσματα στην μελέτη αυτή παρουσιάζονται στο Πίνακα 3. Επιπρόσθετα, κατά την αναθεώρηση του Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων σημειώθηκε μια επιπρόσθετη στήλη η οποία καθόρισε αν η δραστηριότητα/χρήση/υποδομή πραγματοποιείται στη στεριά, επιφάνια της θάλασσας, στο βυθό ή στη στήλη του ύδατος. Αυτή η πληροφορία βοήθησε σημαντικά στην δημιουργία του εργαλείου για την ανάλυση των δεδομένων και τη σωστή εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Τέλος, λήφθηκε υπόψη η ακτίνα επιρροής/ ζώνη προστασίας για τις δραστηριότητες/ χρήσεις /υποδομές λαμβάνοντας υπόψη το θεσμικό πλαίσιο αλλά και άλλους ΘΧΣ που έχουν εφαρμοστεί τόσο σε εθνικό όσο και σε υπό-εθνικό από άλλες ΕΕ χώρες. Για τον καθορισμό της ζώνης προστασίας μελετήθηκε πρώτα το θεσμικό πλαίσιο και στην συνέχεια, για τις εναπομείναντες κατηγορίες δεδομένων που δεν βρέθηκαν πληροφορίες, καθορίστηκε με βάση ΘΧΣ που έχουν εφαρμοστεί σε άλλες ΕΕ χώρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ακτίνες της ζώνης προστασίας που έχουν εφαρμοστεί σε άλλες μελέτες ΘΧΣ Ευρωπαϊκών χωρών μπορούσαν να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Πίνακας 3: Δεδομένα και πληροφορίες ανά κατηγορία (συγκρούσεις, συμβατότητες, ακτίνα της ζώνης προστασίας)

1. Ακτογραμμή – κατασκευές
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Η ακτογραμμή είναι κρίσιμος παράγοντας κατά το σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων, ενώ οι ίδιες οι γεωγραφικές πληροφορίες είναι απαραίτητες για την προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων, καθώς και άλλων πόρων (Καραμοντάνη Άννα et al., 2017)</p> <p>Σύμφωνα με μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί, η ακτογραμμή της Κύπρου έχει υποστεί κατά την περίοδο 1963-2008 μέση διάβρωση 14,0 μέτρων (μέγιστη διάβρωση 260 μέτρα και ελάχιστη 3,5 μέτρα (Ελεγκτική Υπηρεσία της Δημοκρατίας, 2014). Η ζώνη τεχνητών</p>

κατασκευών στην ακτογραμμή η ζώνη ασφαλείας καθορίστηκε στα 100 και της ακτογραμμής στα 20 μέτρα.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: κυματοθραύστες
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές απόρριψης άλμης
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Φυσική ακτογραμμή: 20 μέτρα Τεχνητή ακτογραμμή: 100 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
2. Βράχοι- Νησίδες
<u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους κανονισμούς των ζωνών ασφαλείας (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013a) και «Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας» νόμος (Κυπριακή Δημοκρατία, 2014f) που αφορούν την προστασία της ναυσιπλοΐας και την ασφάλεια των εγκαταστάσεων, κατασκευασμάτων και τεχνητών νήσων, μόνιμων ή προσωρινών, εντός αυτών των θαλασσιών ζωνών.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: κυματοθραύστες, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, περιοχές οικολογικής σημασίας
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), μαρίνες-χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 100 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
3. Ναυάγια
<u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τον περί Ναυαγίων Νόμος (Κυπριακή Δημοκρατία, 1959a) καθώς επίσης και από καλές πρακτικές άλλων ΘΧΣ (Matczak et al., 2019), αναφέρεται ότι τα ναυάγια τα οποία βρίσκονται στη Χωρική Θάλασσα ή σε παλιρροιακά ύδατα ή στις ακτές, η ζώνη προστασίας καθορίζεται στα 500 μέτρα από οποιαδήποτε εγκατάσταση. Επίσης απαγορεύεται η αλιεία σε απόσταση μικρότερη των 500 μέτρων.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι

<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγκυροβόλια, προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυματοθραύστες, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλασσιά πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Εσωτερικά ύδατα, Βυθός
<p>4. Αγωγοί</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Βιομηχανικές μονάδες που έχουν μεγάλη εξάρτηση σε αγωγούς καλώδια και δίκτυα αγωγοί αερίου καθορίζεται η ακτίνα προστασίας στα 500 μέτρα και οι άλλοι αγωγοί με ακτίνα προστασίας 50 μέτρα. Η ζώνη προστασίας για τις συμβατότητες / ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων /υποδομών μεταξύ των αγωγών συλλέχθηκαν από το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους νόμους (Κυπριακή Δημοκρατία, 2014c, 2014f). Κατά την πόντιση των αγωγών απαιτείται μελέτη εκτίμησης επιπτώσεων στο περιβάλλον (Κυπριακή Δημοκρατία, 2018). Επίσης συλλέχθηκαν πληροφορίες από καλές πρακτικές (Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: περιοχές απόρριψης άλμης
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: ναυάγια, αγκυροβόλια, κυματοθραύστες, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλασσιά πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 50 μέτρα. 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Βυθός
<p>5. Καλώδια - Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας, οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων /υποδομών μεταξύ των καλωδίων συλλέχθηκαν από το εθνικό θεσμικό πλαίσιο (Κυπριακή Δημοκρατία, 2014b, 2014f). Κατά την πόντιση των καλωδίων απαιτείται μελέτη εκτίμησης επιπτώσεων στο περιβάλλον (Κυπριακή Δημοκρατία, 2018). Επίσης συλλέχθηκαν πληροφορίες από καλές πρακτικές (Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005)</p>

<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: /
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: βράχοι- νησίδες, ναυάγια, αγκυροβόλια, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων κυματοθραύστες, τεχνητοί ύφαλοι, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλασσιά πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 50 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Βυθός
<p>6. Περιοχές Λουόμενων</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας των λουόμενων και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες μεταξύ των άλλων δραστηριοτήτων καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο που αφορά την Προστασία των Λουομένων (Κυπριακή Δημοκρατία, 2017b).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: κυματοθραύστες, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, αγκυροβόλια, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: καθορισμένες περιοχές από το Διάταγμα Περί Προστασίας των Λουομένων στη θάλασσα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
<p>7. Εκβολές ποταμών</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τις εκβολές των ποταμών και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες μεταξύ των άλλων δραστηριοτήτων/υποδομών καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το περί Προστασίας και Διαχείρισης των Υδάτων Νόμος (Κυπριακή Δημοκρατία, 2004b) και ο περί της Ενιαίας Διαχείρισης των Υδάτων νόμου (Κυπριακή Δημοκρατία, 2010d)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: ιχθυογεννητικοί σταθμοί

<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: βιομηχανικές περιοχές, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων/περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 100 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
<p>8. Λιμένες - Λιμενικές εγκαταστάσεις</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες για τους Λιμένες και τις Λιμενικές εγκαταστάσεις μεταξύ των άλλων δραστηριοτήτων/υποδομών καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τον νόμο «Οι περί αρχής λιμένων Κύπρου του 1973 έως το 2016» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2010d)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: αγκυροβόλια, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: περιοχές λουόμενων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, περιοχές δικτύου φύση 2000, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
<p>9. Αγκυροβόλια</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τα Αγκυροβόλια και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των αγκυροβολίων καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Ο περί Εμπορικής Ναυτιλίας» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2011c).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, προβλήτες - αποβάθρες - λιμενοβραχίονες, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: περιοχές λουόμενων, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυματοθραύστες, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία

βολής, ναυάγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνίων, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
ο Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
10. Δίοδοι - Διαδρομές πλοίων (Ναυσιπλοΐα)
Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των διαδρομών των πλοίων καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και με τους νόμους «Ο περί Εμπορικής Ναυτιλίας» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2011c), « Ο περί της ρύθμισης αβλαβούς διέλευσης πλοίων από τα χωρικά ύδατα» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2011d) και «Ο περί Εμπορικής Ναυτιλίας (Κανόνες και Πρότυπα Ασφάλειας Επιβατηγών Πλοίων) Νόμος του 2002» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2002h)
ο Χωρικές συμβατότητες: λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, προβλήτες - αποβάθρες - λιμενοβραχίονες, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής
ο Χωρικές συγκρούσεις: ακτογραμμή - κατασκευές, βράχοι- νησίδες, περιοχές λουόμενων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυματοθραύστες, αλιευτικά καταφύγια, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Καθορίστηκε βάση τα στίγματα πλοίων για το έτος 2018 - 2019 με βάση τις πυκνότητες της κυκλοφορίας επιβατικών πλοίων/εμπορικών/φορτηγών πλοίων.
ο Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
11. Προβλήτες - Αποβάθρες - Λιμενοβραχίονες
Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι ζώνες προστασίας για τις προβλήτες / αποβάθρες / λιμενοβραχίονες και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και «Ο περί Αποβαθρών Νόμος»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2002g).
ο Χωρικές συμβατότητες: λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, αγκυροβολία, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια, υδατοκαλλιέργειες

<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής, ναυάγια, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 100 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
12. Περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τις περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους «Περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση)» νόμους (Κυπριακή Δημοκρατία, 2007c) και κανονισμούς (Κυπριακή Δημοκρατία, 2007b, 2009b, 2014d, 2014a, 2019a).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: /
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: ναυάγια, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγκυροβόλια, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
13. Περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Δεν υπάρχει υποδομή / δραστηριότητες στα θαλάσσια ύδατα της Κύπρου που να αφορά την συγκεκριμένη κατηγορία. Επίσης δεν υπάρχει νόμος για τις περιοχές εγκατάστασης συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο. Έτσι για την μελέτη αυτή δεν συμπεριλήφθηκε η κατηγορία αυτή στον Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων. Παρόλα αυτά η ανάλυση της συγκεκριμένης κατηγορίας υλοποιήθηκε έτσι ώστε να μπορεί να ληφθεί υπόψη σε μελλοντικές μελέτες και στην αναθεώρηση του Πίνακα των Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων.</p>

Παρόλα αυτά μελέτη για όλη την Μεσόγειο παρουσιάζει περιορισμούς για κάθε τεχνολογία παραγωγής ΑΠΕ στη θάλασσα (πχ. οι πλωτές ανεμογεννήτριες τοποθετούνται τουλάχιστο 22,2 χιλιόμετρα (12ναυτικά μίλια – χωρικά ύδατα) από τις ακτές και μέχρι τα 200 χιλιόμετρα και σε βάθος μέχρι 1,000 μέτρα). Επίσης παρουσιάζονται οι διαθέσιμες περιοχές στη Μεσόγειο (γεωγραφικοί περιορισμοί) για εγκατάσταση πλωτών ανεμογεννητριών, στις οποίες φαίνονται και περιοχές στην ΑΟΖ της Κύπρου, όπως επίσης το αιολικό δυναμικό και το κυματικό δυναμικό στη Μεσόγειο. Βάσει τον πιο πάνω αποτελεσμάτων παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες θα μπορούσαν να εγκατασταθούν πλωτές ανεμογεννήτριες, λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς που έχουν να κάνουν με το αιολικό δυναμικό (Staschus et al., 2020).

Λαμβάνοντας υπόψη την πιο πάνω μελέτη, τις τεχνολογίες και προκλήσεις εγκατάστασης μια τέτοιας υποδομής καθώς επίσης το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους κανονισμούς των ζωνών ασφαλείας (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013a) και «Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας» νόμος (Κυπριακή Δημοκρατία, 2014f), μπορεί να προταθεί μελλοντική περιοχή ΑΠΕ προς διερεύνηση. Οι συμβατότητες και οι ασυμβατότητες αυτής της περιοχής με τους προαναφερθέν υφιστάμενους νόμους και κανονισμούς καθώς επίσης και με άλλες καλές πρακτικές άλλων ΘΧΣ (Kannen, 2014b; Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005) μπορούν να προσδιοριστούν με την ακτίνα ζώνης προστασίας να καθορίζεται στα 500 μέτρα.

○ **Χωρικές συμβατότητες:** /

○ **Χωρικές συγκρούσεις:** ναυάγια, αγκυροβόλια, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια, περιοχές λουόμενων, λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια

○ **Ακτίνα της ζώνης προστασίας:** 500 μέτρα

○ **Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων:** Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός

14. Μαρίνες - χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής

Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι ζώνες προστασίας για τις μαρίνες - χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους νόμους «Περί ρυθμίσεως των μαρίνων νόμος του 1977 - 1999» (Κυπριακή Δημοκρατία,

1999) , «Περί Διαχείρισης Χώρων Ελλιμενισμού Σκαφών Αναψυχής»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2013b).
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συμβατότητες: αγκυροβόλια, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, κυματοθραύστες, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συγκρούσεις: βράχοι- νησίδες, περιοχές λουόμενων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής
<ul style="list-style-type: none"> ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ο Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
15. Βιομηχανικές περιοχές
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των βιομηχανικών περιοχών καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο λαμβάνοντας υπόψη κανονισμούς που ρυθμίζουν τη λειτουργία των Βιομηχανικών Περιοχών και οι οποίοι παρατίθενται πιο κάτω:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ο περί Ρυθμίσεως Οδών και Οικοδομών Νόμος (Κυπριακή Δημοκρατία, 2023b) - Οι περί Ακινήτου Ιδιοκτησίας της Δημοκρατίας (Μίσθωση Ιδιοκτησίας μέσα σε Κυβερνητικές Βιομηχανικές Περιοχές) Κανονισμοί του 1990 έως 2017 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2017a) - Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμος του 2002, (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013c) - Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Υδραργύρου από το Βιομηχανικό Τομέα της Ηλεκτρόλυσης των Χλωριούχων Αλάτων Αλκαλίων) Κανονισμοί του 2002 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2002b) - Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Υδράργυρου από Τομείς Εκτός του Βιομηχανικού Τομέα της Ηλεκτρόλυσης των Χλωριούχων Αλάτων Αλκαλίων (Κυπριακή Δημοκρατία, 2002c) - Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Αστικών Λυμάτων) Κανονισμοί του 2002 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2003) - Κ.Δ.Π. 505/2002 – Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόβλητα από τη Βιομηχανία του Διοξειδίου του Τιτανίου) Κανονισμοί του 2002 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2002a)

<p>Οι ζώνες των Βιομηχανικών περιοχών καθορίστηκαν από το Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως λαμβάνοντας υπόψη το νόμο «Ο περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας» Νόμος του 1972» λαμβάνοντας υπόψη και τους 28 τροποποιητικούς νόμους (Κυπριακή Δημοκρατία, 2021d)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων/ περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: εκβολές ποταμών, παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι, παράκτιες τουριστικές περιοχές, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι ζώνες των βιομηχανικών ζωνών καθορίζονται από το Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
<p>16. Ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / Ενεργειακά κέντρα</p>
<p>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών και τα ενεργειακά κέντρα καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το κανονισμό «Περί Αντιμετώπισης των Κινδύνων Ατυχημάτων Μεγάλης Κλίμακας Σχετιζόμενων με Επικίνδυνες Ουσίες Κανονισμοί (Κυπριακή Δημοκρατία, 2015a) και ο περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία Νόμος (Κυπριακή Δημοκρατία, 2021b). Οι εν λόγω κανονισμοί εναρμονίζουν την Κυπριακή Νομοθεσία με την Οδηγία 2012/18/ΕΕ που αφορά την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες (European Parliament and Council of the European Union, 2012).</p> <p>Επίσης για το ενεργειακό κέντρο της Κύπρου, λήφθηκε υπόψη ο νόμος «Ο περί Παροχής Αντισταθμιστικών Ωφελημάτων σε Κοινότητες που γειτνιάζουν με το Ενεργειακό Κέντρο Βασιλικού Νόμος του 2021» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2021c)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: βιομηχανικές περιοχές, αποθήκες καυσίμων
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: εκβολές ποταμών, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι, παράκτιες τουριστικές περιοχές, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 1000 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά

17. Αποθήκες καυσίμων
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασία, οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των αποθηκών καυσίμων καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το κανονισμό «Περί Αντιμετώπισης των Κινδύνων Ατυχημάτων Μεγάλης Κλίμακας Σχετιζόμενων με Επικίνδυνες Ουσίες Κανονισμοί του 2015 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2015a), περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία Νόμου. Οι εν λόγω κανονισμοί εναρμονίζουν την Κυπριακή Νομοθεσία με την Οδηγία 2012/18/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου που αφορά την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες (European Parliament and Council of the European Union, 2012).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: βιομηχανικές περιοχές, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: εκβολές ποταμών, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι, παράκτιες τουριστικές περιοχές
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 200 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
18. Περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τις περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο « Ρύθμιση Μεταλλείων και Λατομείων Νόμος» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2022c)</p> <p>Επίσης για τον προσδιορισμό της ζώνης προστασίας για τις περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων καθορίστηκε με βάση καλών πρακτικών άλλων ΘΧΣ θέτοντας σαν ζώνη προστασίας τα 1000 μέτρα (Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: /
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: εκβολές ποταμών, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού, παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι, παράκτιες τουριστικές περιοχές
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 1000 μέτρα

<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
19. Κυματοθραύστες
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Το πλάτος των ζωνών ασφαλείας καθορίζεται από το παράκτιο κράτος, λαμβανομένων υπόψη των εφαρμοστέων διεθνών προτύπων και η ζώνη προστασίας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 500 μέτρα σύμφωνα με το Άρθρο 60 της Διεθνής σύμβασης για το Δίκαιο της Θάλασσας (Ηνωμένα Έθνη, 1998).</p> <p>Επίσης σύμφωνα με το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους κανονισμούς των ζωνών ασφαλείας (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013a) και «Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2014f) που αφορούν την προστασία της ναυσιπλοΐας και την ασφάλεια των εγκαταστάσεων, κατασκευασμάτων και τεχνητών νήσων, μόνιμων ή προσωρινών, εντός αυτών των θαλασσιών ζωνών η ακτίνα καθορίστηκε στα 500 μέτρα.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: ακτογραμμή – κατασκευές, βράχοι- νησίδες, περιοχές λουόμενων, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια, υδατοκαλλιέργειες
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: αγκυροβόλια, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), περιοχές δικτύου φύση 2000, θαλάσσια πεδία βολής, ναυάγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 100 μέτρα – 500 μέτρα (ναυσιπλοΐα)
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
20. Αλιευτικά καταφύγια
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τα αλιευτικά καταφύγια και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Ο περί αλιευτικών καταφυγίων Νόμος του 1990» (Κυπριακή Δημοκρατία, 1990b) και το κανονισμό «Ο περί Ρύθμισης, Διαχείρισης και Λειτουργίας Αλιευτικών Καταφυγίων Κανονισμοί του 1994» (Κυπριακή Δημοκρατία, 1994).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, κυματοθραύστες, υδατοκαλλιέργειες

<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: περιοχές λουόμενων, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τεχνητοί ύφαλοι, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
<p>21. Προστατευόμενες / Απαγορευμένες περιοχές αλιείας</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Σύμφωνα με το Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1967/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου περί των μέτρων διαχείρισης για τη βιώσιμη εκμετάλλευση των αλιευτικών πόρων στη Μεσόγειο Θάλασσα, θα πρέπει να ορίζεται μια γεωγραφικώς καθορισμένη θαλάσσια περιοχή, στην οποία απαγορεύονται ή περιορίζονται σε προσωρινή ή μόνιμη βάση όλες ή ορισμένες αλιευτικές δραστηριότητες. Οι ζώνες προστασίας για τις προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας έχουν τεθεί από πληθώρα κανονισμών (Κυπριακή Δημοκρατία, 1990a, 1991, 2008d, 2009a, 2011a, 2012, 2019b, 1994, 2000, 2004a, 2005b, 2005a, 2007a, 2008b, 2008c) και η οποίες οροθετηθήκαν από το υπεύθυνο τμήμα είναι το Τμήμα Αλιείας και Θαλασσιών Ερευνών. Οι συμβατότητες / ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Ο περί Αλιείας Νόμος»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2022b) και καλών πρακτικών (European MSP Platform, 2018)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: βράχοι- νησίδες, ναυάγια, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές λουόμενων
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: αγωγοί, αγκυροβόλια, προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι ζώνες των Προστατευόμενων / Απαγορευμένων περιοχών αλιείας καθορίζονται από το Τμήμα Αλιείας και Θαλασσιών Ερευνών
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός

22. Τεχνητοί ύφαλοι
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τους τεχνητούς υφάλους και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο (Κυπριακή Δημοκρατία, 2022b) και το κανονισμό Κ.Δ.Π. 385/2009 δυνάμει του άρθρου 5Α του περί Αλιείας Νόμου(Κυπριακή Δημοκρατία, 2009a).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: περιοχές λουόμενων, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, ναύαγια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: αγκυροβόλια, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλιευτικά καταφύγια, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναύαγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
23. Υδατοκαλλιέργειες
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τις Υδατοκαλλιέργειες και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Περί Υδατοκαλλιέργειας Νόμος του 2000»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2010ε) και καθώς και οι κανονισμοί «Περί υδατοκαλλιέργειας (Γενικοί) Κανονισμοί»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2002f, 2010a). Επίσης λήφθηκαν υπόψη και δυο στρατηγικές μελέτες που αφορούν τις υδατοκαλλιέργειες στην Κύπρο (AP Marine Environmental Consulting LTD and Atlantis Consulting, 2017; Marine and Environmental Research Lab Ltd, 2014).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: προβλήτες - αποβάθρες - λιμενοβραχίονες, κυματοθραύστες, αλιευτικά καταφύγια, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: περιοχές λουόμενων, λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές

<p>απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, ναύαγια, αγωγοί, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναύαγια/ αρχαία λιμάνια</p>
<ul style="list-style-type: none"> ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 100 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ο Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
<p>24. Ιχθυογεννητικοί σταθμοί</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας για τους Ιχθυογεννητικούς σταθμούς και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό και τις δυο στρατηγικές μελέτες οι οποίες είναι οι ίδιες με την κατηγορία των Υδατοκαλλιεργειών.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συμβατότητες: εκβολές ποταμών, βιομηχανικές περιοχές
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συγκρούσεις: ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι, παράκτιες τουριστικές περιοχές, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ο Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
<p>25. Περιοχές βυθοκόρησης</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των περιοχών βυθοκόρησης καθορίστηκαν με βάση το διεθνές θεσμικό πλαίσιο και την «Οδηγία-πλαίσιο για τη Θαλάσσια Στρατηγική (2008/56/EK)» (European Parliament and Council of the European Union, 2008) και τον Κανονισμό (ΕΕ) 2017/352 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου(European Parliament and Council of the European Union, 2017). Επίσης λήφθηκε υπόψη το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και ο νόμος «Ο περί της Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον από Ορισμένα Έργα Νόμος του 2018» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2018).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συμβατότητες: /
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συγκρούσεις: ναύαγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυματοθραύστες, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής

σημασίας, θαλασσιά πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι περιοχές βυθοκόρησης έχουν χρησιμοποιηθεί από τα Υδρογραφικά Δεδομένα του ΤΚΧ
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Βυθός
26. Περιοχές Δικτύου Φύση 2000
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας των δικτύων Natura βασίζεται στην υλοποίηση και εφαρμογή των Οδηγιών 92/43/ΕΟΚ για τη Διατήρηση των Φυσικών Οικοτόπων (The Council of the European Union, 1992) και η οδηγία 2009/147/ΕΚ για την Προστασία των Άγριων Πτηνών (European Parliament and Council of the European Union, 2009). Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες με την κατηγορία αυτή καθορίστηκαν επίσης με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους νόμους «Ο περί Προστασίας και Διαχείρισης της Φύσης και της Άγριας Ζωής Νόμος του 2003» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2015b) και «Ο περί ελέγχου της ρύπανσης των νερών νόμος του 2002»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2013c).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, περιοχές οικολογικής σημασίας
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: ακτογραμμή – κατασκευές, λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια, ναυάγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγκυροβόλια, προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυματοθραύστες, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Μέσα στα πλαίσια της εφαρμογής της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ(The Council of the European Union, 1992) για τη Διατήρηση των Φυσικών Οικοτόπων και της Οδηγίας 2009/147/ΕΚ για την Προστασία των Άγριων Πτηνών (European Parliament and Council of the European Union, 2009), πολλές περιοχές της Κύπρου εντάχθηκαν στο δίκτυο αυτό από το Τμήμα Περιβάλλοντος, με σκοπό την προστασία και διατήρησή τους.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός

27. Περιοχές οικολογικής σημασίας
Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες καθορίστηκαν με τους ίδιους κανονισμούς και νόμους όπως της κατηγορίας «Περιοχές Δικτύου Φύση 2000».
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: βράχοι- νησίδες, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, περιοχές δικτύου φύση 2000
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: ακτογραμμή – κατασκευές, λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, αλιευτικά καταφύγια, ναυάγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγκυροβόλια, προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
28. Μονάδες αφαλάτωσης
Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι ζώνες προστασίας για τις Μονάδες αφαλάτωσης και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Ο περί Κυβερνητικών Υδατικών Έργων Νόμος» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2010b).
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: /
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: παράκτιες τουριστικές περιοχές, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
29. Περιοχές απόρριψης άλμης
Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι ζώνες προστασίας για τις Υδατοκαλλιέργειες και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους νόμους «Ο περί Κυβερνητικών Υδατικών Έργων Νόμος» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2010b) και ο «Ο Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών

<p>Νόμος του 2002» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013c) και λήφθηκε υπόψη και ο κανονισμός «Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Επικίνδυνων Ουσιών) Κανονισμοί του 2002» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2002e).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: αγωγοί
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: ακτογραμμή – κατασκευές, περιοχές λουόμενων, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής, ναυάγια, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι περιοχές απόρριψης άλμης έχουν χρησιμοποιηθεί από τα Υδρογραφικά Δεδομένα του TKX. Η ζώνη προστασίας καθορίστηκε στα 1000 μέτρα.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
<p>30. Σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων/ Περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες προστασίας και οι συμβατότητες /ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ τους καθορίστηκαν με βάση το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και τους νόμους «Ο περί Αποχετευτικών Συστημάτων Νόμος του 1971»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2020), «Ο Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμος του 2002» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013c) και το κανονισμό «Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Αστικών Λυμάτων) Κανονισμοί του 2002»(Κυπριακή Δημοκρατία, 2003).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: βιομηχανικές περιοχές
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: εκβολές ποταμών, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, παράκτιες τουριστικές περιοχές, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 1000 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
<p>31. Θαλάσσια πεδία βολής</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο «Ο περί Περιοχών Πεδίου Βολής Νόμος»(Κυπριακή Δημοκρατία, 1959b) έχει καταργηθεί (Κυπριακή Δημοκρατία, 1997). Οι ζώνες προστασίας από των θαλάσσιων πεδίων βολής έχουν καθοριστεί</p>

<p>από την Εθνική Φρουρά σε συνεργασία με το ΤΚΧ. Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των Θαλάσσιων πεδίων βολής καθορίστηκαν με βάση τις καλές πρακτικές (Ehler and Douvere, 2009; European MSP Platform, 2019; Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: περιοχές λουόμενων, λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, αγκυροβόλια, δίοδοι - διαδρομές πλοίων (ναυσιπλοΐα), προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής, κυματοθραύστες, αλιευτικά καταφύγια, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές απόρριψης άλμης, παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις, ναυάγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, περιοχές βυθοκόρησης, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι περιοχές των θαλάσσιων πεδίων βολής έχουν χρησιμοποιηθεί από τα δεδομένα του ΤΚΧ.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος, βυθός
<p>32. Περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού</p>
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι ζώνες περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού στη Κύπρο αφορούν περιοχές που απορρίφθηκαν πυρομαχικά στο παρελθόν αλλά οι περιοχές αυτές δεν προορίζονται για περαιτέρω απόρριψη στο μέλλον. Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες των δραστηριοτήτων/υποδομών μεταξύ των περιοχών απόθεσης στρατιωτικού υλικού καθορίστηκαν με βάση των καλών πρακτικών (Ehler and Douvere, 2009; European MSP Platform, 2019; Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: θαλασσιά πεδία βολής
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: βράχοι- νησίδες, ναυάγια, αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγκυροβόλια, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προστατευόμενες / απαγορευμένες περιοχές αλιείας, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, περιοχές απόρριψης άλμης, ενάλιες αρχαιότητες/αρχαία ναυάγια/ αρχαία λιμάνια

<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού έχουν χρησιμοποιηθεί από τα Υδρογραφικά Δεδομένα του ΤΚΧ
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Βυθός
33. Παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Η κατηγορία αυτή αφορά τις ναυτικές βάσεις της Κύπρου και οι ζώνες προστασίας της κατηγορίας καθώς και οι συμβατότητες και ασυμβατότητες στη Κύπρο καθορίστηκαν με βάση των καλών πρακτικών (Ehler and Douvere, 2009; European MSP Platform, 2019; Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: λιμένες - λιμενικές εγκαταστάσεις, μαρίνες χώροι ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: βράχοι- νησίδες, αλιευτικά καταφύγια, περιοχές δικτύου φύση 2000, περιοχές οικολογικής σημασίας, θαλάσσια πεδία βολής
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: 500 μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Επιφάνεια της θάλασσας
34. Ενάλιες αρχαιότητες/Αρχαία ναυάγια/ Αρχαία λιμάνια
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες για τις ενάλιες αρχαιότητες καθορίστηκαν από το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Ο περί Αρχαιοτήτων Νόμος» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2023a) και των κανονισμών «Ο Περί της Προστασίας Ενάλιων Αρχαιοτήτων Κανονισμοί» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2016) όπου λήφθηκε υπόψιν το Παράρτημα της Σύμβασης UNESCO για την Προστασία Ενάλιων Αρχαιοτήτων του 2001(Κυπριακή Δημοκρατία, 2001).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: /
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: αγωγοί, καλώδια - δίκτυα τηλεπικοινωνιών, αγκυροβόλια, προβλήτες - αποβάθρες – λιμενοβραχίονες, περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων, περιοχές εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυματοθραύστες, τεχνητοί ύφαλοι, υδατοκαλλιέργειες, περιοχές βυθοκόρησης, περιοχές απόρριψης άλμης, θαλάσσια πεδία βολής, περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι περιοχές και ζώνες ενάλιων αρχαιοτήτων/αρχαίων ναυαγίων/ αρχαίων λιμανιών έχουν δοθεί από το ΤΚΧ
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Βυθός

35. Παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι
<p>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι συμβατότητες και ασυμβατότητες για τους παράκτιους αρχαιολογικούς χώρους καθορίστηκαν από το εθνικό θεσμικό πλαίσιο και το νόμο «Ο περί Αρχαιοτήτων Νόμος» (Κυπριακή Δημοκρατία, 2023a).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συμβατότητες: παράκτιες τουριστικές περιοχές
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συγκρούσεις: βιομηχανικές περιοχές, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, μονάδες αφαλάτωσης, σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων/ περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι περιοχές και ζώνες παράκτιων αρχαιολογικών χώρων που έχουν χρησιμοποιηθεί δοθεί από το ΤΚΧ
<ul style="list-style-type: none"> ο Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
36. Παράκτιες τουριστικές περιοχές
<p>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές: Οι ζώνες των παράκτιων τουριστικών ζωνών καθορίστηκαν από το Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως λαμβάνοντας υπόψη το νόμο «Ο περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας» Νόμος του 1972» λαμβάνοντας υπόψη και τους 28 τροποποιητικούς νόμους (Κυπριακή Δημοκρατία, 2021d). Οι πολεοδομικές ζώνες που αφορούν τις τουριστικές περιοχές και χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη είναι T1α1, T1β, T1β1α, T3β, T3δ, T1δ, T1δ1, T2δ2, TK2, T5ε1, T5ε. Λεπτομέρειες για τις «Παράκτιες τουριστικές περιοχές» σχετικά με τις συμβατότητες και τις ασυμβατότητες λήφθηκαν από καλές πρακτικές (Alejandro González Domingo et al., 2018; Maes and Maritime Institute - University Gent, 2005).</p>
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συμβατότητες: παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι
<ul style="list-style-type: none"> ο Χωρικές συγκρούσεις: βιομηχανικές περιοχές, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, μονάδες αφαλάτωσης, σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων/ περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ο Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Οι παράκτιες τουριστικές ζώνες καθορίστηκαν από τις Πολεοδομικές Ζώνες της Κυπριακής Δημοκρατίας.

<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά
37. Περιοχές ευπρόσβλητες στη νιτρορύπανση
<p><u>Νόμοι/ Κανονισμοί/ Καλές πρακτικές:</u> Η Νιτρορύπανση των υπόγειων και των επιφανειακών νερών είναι η ρύπανση που δημιουργείται από την παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων. Με βάση τους περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμους του 2002 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2013c) και την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ για τη Νιτρορύπανση (Council of the European Communities, 1991) εκδόθηκαν σχετικοί Κανονισμοί (Κυπριακή Δημοκρατία, 2002d), οι οποίοι έχουν σκοπό την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης των νερών που προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης. Οι αρμόδιες αρχές για εφαρμογή της Οδηγίας για τη Νιτρορύπανση στην Κύπρο είναι το Τμήμα Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, Τμήμα Αλιείας και Θαλάσσιων Ερευνών, Τμήμα Γεωργίας (Τμήμα Περιβάλλοντος et al., 2020). Λεπτομέρειες για τις «Περιοχές ευπρόσβλητες στη νιτρορύπανση» σχετικά με τις συγκρούσεις/συμβατότητες λήφθηκαν από καλές πρακτικές και το θεσμικό πλαίσιο της Κύπρου.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συμβατότητες: παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι
<ul style="list-style-type: none"> ○ Χωρικές συγκρούσεις: βιομηχανικές περιοχές, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / ενεργειακά κέντρα, αποθήκες καυσίμων, περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων, ιχθυογεννητικοί σταθμοί, μονάδες αφαλάτωσης, σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων/ περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού, περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ακτίνα της ζώνης προστασίας: Διατάγματα του 2008 και 2011 (Κυπριακή Δημοκρατία, 2008a, 2011b) έχουν καθορισθεί οι περιοχές ευπρόσβλητες στη νιτρορύπανση
<ul style="list-style-type: none"> ○ Περιοχή εντοπισμός των συγκρούσεων/ συμβατοτήτων: Στεριά

3.2 Εκτίμηση Δορυφορικής βαθυμετρίας

Η σημασία της βαθυμετρίας είναι ιδιαίτερα ξεχωριστή και ενδιαφέρουσα στις περιοχές όπου υπάρχουν αβαθή νερά. Η βαθυμετρία θεωρείται πολύ σημαντική συνιστώσα για την παραγωγή των ΘΧΣχ καθώς στο θαλάσσιο χώρο λαμβάνουν χώρα αρκετές δραστηριότητες στον πυθμένα, τη στήλη και στην επιφάνεια του. Πολλές διαθέσιμες μέθοδοι και τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της τοπογραφίας του θαλασσινού νερού με μεγάλη ακρίβεια για τα ρηχά νερά. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η χρήση ποικίλων Πολυφασματικών αισθητήρων διαφορετικής χωρικής ανάλυσης καθώς και στην εφαρμογή εμπειρικών μοντέλων σε διαφορετικές περιοχές μελέτης, βοηθώντας στη κατανόηση καλύτερης ακρίβειας και τους ποικίλους παράγοντες που μπορεί να αντιμετωπιστούν κατά την εκτίμηση ΔΒ.

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκαν τέσσερα (4) βασικά βήματα τα οποία παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 5, για σκοπούς παρουσίασης των περιοχών μελέτης, των δεδομένων αλλά και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε. Στο πρώτο βήμα υλοποιήθηκε πολυχρονική ανάλυση με σκοπό τον προσδιορισμό καλύτερης περιόδου για την εκτίμηση ΔΒ στα παράκτια ύδατα της Κύπρου. Στο δεύτερο βήμα πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια εκτίμησης ΔΒ με την χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης προσδιορίζοντας την ακρίβεια των αποτελεσμάτων όπου δεν είναι διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα πεδίου. Στο τρίτο βήμα μελέτης της ΔΒ πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τις τρεις μεθόδους, τριών πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και της θολερότητας. Στο τέταρτο και τελευταίο βήμα της μελέτης χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα της GEE εφαρμόζοντας διαφορετικές εμπειρικές μεθόδους επιλέγοντας τα καλύτερα αποτελέσματα ΔΒ για όλο το νησί της Κύπρου. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εργασία αυτή μελετήθηκαν τέσσερις περιοχές μελέτης (Διάγραμμα 5 - Βήμα 1,2,4) στο νησί της Κύπρου και μια περιοχή μελέτης στη Κρήτη, Ελλάδα (Διάγραμμα 5– Βήμα 3).



Διάγραμμα 5: Μελέτες ΔΒ για όλο το νησί της Κύπρου

3.2.1 Βήματα εκτίμησης της Δορυφορικής βαθυμετρίας

3.2.1.1 Προ-επεξεργασία

Η ποιότητα των δεδομένων και τα βήματα προ-επεξεργασίας αποτελούν ένα κρίσιμο μέρος της εκτίμησης ΔΒ. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται σχετικά με τις ατμοσφαιρικές διορθώσεις, όπου μελέτες έχουν δείξει ότι μια ακριβής ατμοσφαιρική διόρθωση αύξησε την ακρίβεια του εκτιμώμενου βάθους της ΔΒ (Pori and Knudby, 2020; Warren et al., 2019). Ένας επιπλέον παράγοντας αφορά την αντανάκλαση του ήλιου και τον κυματισμό στην επιφάνεια της θάλασσας, μπερδεύοντας τις ιδιότητες της στήλης του νερού και του βυθού της θάλασσας. Ένα περαιτέρω βήμα προ-επεξεργασίας για την εκτίμηση της ΔΒ είναι οι διορθώσεις της λάμψης του ήλιου, όπου πολλές μελέτες αξιολόγησαν τεχνικές και αποτελέσματα βαθυμετρίας, δείχνοντας σημαντική βελτίωση στην ακρίβεια με τη διόρθωση της λάμψης του ήλιου (Hedley et al., 2005; Kay et al., 2009). Έτσι σημαντικό βήμα στην εκτίμηση της βαθυμετρίας με παθητικούς δέκτες είναι μια σειρά βημάτων προ-επεξεργασίας των εικόνων τα οποία διορθώνουν τους περισσότερους από αυτούς τους παράγοντες για πιο ακριβή αποτελέσματα. Για την εξαγωγή ποσοτικών δεδομένων από δορυφορικές εικόνες, η προ-επεξεργασία πρέπει να εφαρμόζεται σε όλα τα σύνολα δεδομένων εικόνας. Στα πιο κάτω κεφάλαια περιγράφεται η ροή επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων που αφορούν τα βήματα προ-επεξεργασίας.

3.2.1.1.1 Γεωμετρικές και ραδιομετρικές / ατμοσφαιρικές διορθώσεις

Τα ψηφιακά δεδομένα που καταγράφονται από παθητικούς δέκτες ενδέχεται να έχουν σφάλματα τόσο γεωμετρικά όσο και στις τιμές φωτεινότητας (ραδιομετρικές τιμές των εικονοστοιχείων τους). Η γεωαναφορά και οι γεωμετρικές διορθώσεις που υλοποιούνται για να αφαιρέσουν γεωμετρικές παραμορφώσεις του εδάφους από δεδομένα παθητικών δεκτών, δίνουν μια εικόνα ορθά κατανεμημένη στο επιλέξιμο σύστημα αναφοράς. Σημαντικό βήμα στην διόρθωση των δορυφορικών εικόνων είναι οι ραδιομετρικές διορθώσεις που αποτελούν μια αναγκαία και πολύπλοκη διαδικασία προ-επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων, για την βελτίωση της ποιότητας των δορυφορικών εικόνων για την ασφαλή εξαγωγή ποιοτικών και ποσοτικών συμπερασμάτων.

Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις είναι ένα κρίσιμο βήμα στην παραγωγή της δορυφορικής βαθυμετρίας. Η ατμοσφαιρική διόρθωση μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια των βαθυμετρικών χαρτών με παθητικούς δέκτες, ωστόσο, απαιτούν συνεπή ανάκτηση της ανακλαστικότητας του νερού. Ο θόρυβος που προκαλείται μεταξύ του αέρα-νερού μπορεί να μειώσει την απόδοση εάν δεν διορθωθεί πλήρως. Το σφάλμα των ατμοσφαιρικών διορθώσεων γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές μελέτης με διαφορετική ημερομηνία λήψης επειδή οι εικόνες πρέπει να είναι άμεσα συγκρίσιμες και να αποφευχθεί η αλλοίωση τους (Casal et al., 2018). Πολλά ατμοσφαιρικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί σε διαφορετικούς δορυφορικούς αισθητήρες όπου η επίδραση των μεθόδων ατμοσφαιρικής διόρθωσης έχει σημειωθεί (Caballero and Stumpf, 2020; König et al., 2019; Martins et al., 2017). Παρόλα αυτά, για την μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες οι οποίες ήταν γεωμετρικά, ατμοσφαιρικά και ραδιομετρικά διορθωμένες.

3.2.1.1.2 Διόρθωση λαμπυρίσματος από δορυφορικές εικόνες (Sun-glint)

Η γεωμετρική, ραδιομετρική, ατμοσφαιρική διόρθωση και η αφαίρεση των λαμπυρισμάτων έχουν αποδειχθεί ότι είναι κρίσιμα βήματα στην αλυσίδα προ-επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων για την εκτίμηση της βαθυμετρίας. Το φως του ήλιου μπορεί να αντανακλάται άμεσα στο αισθητήρα λόγω της επιφάνειας του νερού και της θέσης του ήλιου, με το λαμπύρισμα αυτό να εμφανίζεται συχνά στις δορυφορικές απεικονίσεις ως διάσπαρτα φωτεινά σημεία ή λευκές ρίγες κατά μήκος της άκρης του κύματος, το οποίο παρουσιάζει ένα σημαντικό εμπόδιο στην εκτίμηση ΔΒ.

Στη διόρθωση λάμψης από τον ήλιο (sun-glint) του πακέτου των δορυφορικών απεικονίσεων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος του Hedley et al., 2005. Αυτός όπως και άλλες τεχνικές βασίζονται στην απαλοιφή λαμπυρίσματος και υποθέτει ότι η ακτινοβολία υπέρυθρων ζωνών (NIR) σε βαθιά νερά είναι αμελητέα και κατά συνέπεια οι ζώνες NIR δίνουν μια ένδειξη της ποσότητας λάμψης στο λαμβανόμενο σήμα. Για να διορθωθεί αυτό επιλέγεται χειροκίνητα το φάσμα για ένα μέρος στα βαθιά νερά της εικόνας όπου εντοπίζεται λαμπύρισμα και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία της σχέσης μεταξύ του Min_{NIR} και R_{NIR} (λαμπύρισμα). Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε στην διατριβή αυτή παρουσιάζεται πιο κάτω:

$$R'_i = R_i - b_i(R_{NIR} - Min_{NIR}) \quad \text{Εξ. 1}$$

Όπου το R'_i είναι το διορθωμένο εικονοστοιχείο, R_i είναι η τιμή εικονοστοιχείου όλων των μπαντών, b_i είναι η κλίση παλινδρόμησης, και το $R_{NIR} - Min_{NIR}$ είναι η διαφορά μεταξύ της τιμής NIR του εικονοστοιχείου και της ελάχιστης τιμής εικονοστοιχείου στο υπέρυθρο.

3.2.1.1.3 Διαχωρισμός Στεριάς/Θάλασσας

Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα εικονοστοιχεία που υποβάλλονται σε επεξεργασία για ανάκτηση βάθους αφορούν εικονοστοιχεία θάλασσας, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός στεριάς θάλασσας. Για τον διαχωρισμό της στεριάς και της θάλασσας χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Νερού Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDWI) με τον οποίο μπορούν να οροθετηθούν τα χαρακτηριστικά νερού στις ψηφιακές εικόνες με τους παθητικούς δέκτες. Ο NDWI κάνει χρήση ανακλώμενης ακτινοβολίας NIR και ορατού πράσινου φωτός για να ενισχύσει την παρουσία τέτοιων χαρακτηριστικών, εξαλείφοντας παράλληλα την παρουσία εδάφους και χερσαίων χαρακτηριστικών βλάστησης (McFeeters, 1996, 2007). Η ακόλουθη εξίσωση δείχνει τον δείκτη NDWI που χρησιμοποιήθηκε:

$$NDWI = \frac{B_{green} - B_{NIR}}{B_{green} + B_{NIR}} \quad \text{Εξ. 2}$$

όπου, B_{green} είναι η πράσινη ζώνη και B_{NIR} αντιπροσωπεύει τις τιμές ζώνης της ακτινοβολίας στο εγγύς υπέρυθρο.

3.2.1.1.4 Median filter

Το διάμεσο φίλτρο (median filter) χρησιμοποιείται συχνά για την αφαίρεση θορύβου "λήψης", διακοπών εικονοστοιχείων και άλλων ψευδών χαρακτηριστικών έκτασης ενός εικονοστοιχείου, διατηρώντας παράλληλα τη συνολική ποιότητα. Αντιθέτως, τα φίλτρα χαμηλής διέλευσης θολώνουν μόνο τον θόρυβο αντί να τον αφαιρούν (Kopp and Purgathofer, 1994).

Ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος προσδιορισμού της μέσης τιμής στην εκτίμηση της ΔΒ είναι αρκετά βοηθητικός στο φιλτράρισμα μεγάλων εικόνων. Η επιλογή χρήσης των φίλτρων αυτών βοηθούν στην αφαίρεση θορύβου υψηλής συχνότητας που εμφανίζονται συχνά στις δορυφορικές απεικονίσεις.

Η ρύθμιση του μέσου φίλτρου σε μεγαλύτερα μεγέθη δημιουργεί πιο ομαλά αποτελέσματα έτσι κατά την υλοποίηση της εκτίμησης της βαθυμετρίας, το φίλτρο 3x3 εφαρμόστηκε στις δορυφορικές εικόνες για να επιτύχει την μείωση του θορύβου υψηλής συχνότητας. Το φίλτρο αυτό έχει εφαρμοστεί έτσι ώστε να επιτευχθεί η εξάλειψη θορύβου, όπως η θολότητα, τα κύματα, η λάμψη του ήλιου και η λάμψη του ουρανού ειδικά στις δορυφορικές απεικονίσεις όπου δεν ήταν εφικτή η εφαρμογή του φίλτρου λαμπυρίσματος (sun-glint). Με την ολοκλήρωση των πιο πάνω βημάτων, αρχίζει η διαδικασία εκτίμησης της βαθυμετρίας.

3.2.1.1.5 Θολότητα

Η θολότητα μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια της εκτιμώμενης βαθυμετρίας από δορυφορικές εικόνες, καθώς τα αιωρούμενα ιζήματα μπορούν να συμβάλλουν στην υψηλότερη ακτινοβολία του νερού κατά τη διάρκεια της ζώνης ορατού και NIR. Τα βάθη στα ρηγά νερά υπερεκτιμώνται και υποβαθμίζονται στις βαθύτερες περιοχές (Bramante et al., 2012; Casal et al., 2018). Το 2007 παρουσιάστηκε ο Κανονικός Δείκτης Θολότητας Διαφοράς (NDTI), ο οποίος μπορεί να ποσοτικοποιήσει τα επίπεδα θολότητας στα παράκτια ύδατα (Lacaux et al., 2007). Πιο κάτω παρουσιάζεται η εξίσωση του δείκτη NDTI που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη αυτή:

$$NDTI = \frac{B_{red} - B_{green}}{B_{red} + B_{green}} \quad \text{Εξ. 3}$$

όπου B_{green} και B_{red} αντιπροσωπεύουν τις τιμές ζώνης της ανακλώμενης πράσινης και κόκκινης ζώνης, αντίστοιχα.

3.2.1.2 Εφαρμογή εμπειρικών μεθόδων ΔΒ

Στη ΔΒ τα δεδομένα τα οποία αφορούν την ποσότητα του ανακλώμενου φωτός επηρεάζονται από την ατμόσφαιρα, τη διαύγεια του νερού, τη αύξηση του βάθους, την ανάκλαση του πυθμένα, το διάσπαρτο αιωρούμενο υλικό και ούτω καθεξής όπως έχει αναφερθεί στο πιο πάνω κεφάλαιο. Σε ιδανικές συνθήκες και υποθέτοντας μια ομοιογενή ατμόσφαιρα, παρόμοια κατάσταση κύματος, παρόμοια πυκνότητα νερού και ομοιογενής και ίδιου τύπου πυθμένα, το βάθος του νερού μπορεί να υπολογιστεί μέσω δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

Στις αναλυτικές και εμπειρικές μεθόδους, ο υπολογισμός των τιμών ανακλαστικότητας θεωρείται σημαντικό βήμα για την εκτίμηση της ΔΒ (Vanhellemont, 2019). Η εξίσωση υπολογισμού της ανακλαστικότητας της επιφάνειας του μωσαϊκού παρουσιάζεται πιο κάτω:

$$R_{rs}(\lambda) = R'_i / \pi \quad \text{Εξ. 4}$$

Όπου R'_i είναι οι τιμές εικονοστοιχείου μετά την διόρθωση του λαμπυρίσματος και το $R_{rs}(\lambda)$ είναι οι τιμές ανακλαστικότητας πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας,

Στην συνέχεια υπολογίζεται η ανακλαστικότητα κάτω από την επιφάνεια $r_{rs}(\lambda)$, από το $R_{rs}(\lambda)$ για να αφαιρεθεί το φαινόμενο της επιφάνειας-αέρα-νερού (Lee, 2006; Lee et al., 2002; Li et al., 2019):

$$r_{rs}(\lambda) = \frac{R_{rs}(\lambda)}{0,52 + 1,7R_{rs}(\lambda)} \quad \text{Εξ. 5}$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο δορυφορικός αισθητήρας ανιχνεύει το ορατό φως που ανακλάται από το κάτω μέρος του πυθμένα και το φως εξασθενεί εκθετικά με το βάθος με βάση τον νόμο της Beer -Lambert, η σχέση της παρατηρούμενης ανάκλασης με το βάθος στο κάτω μέρος του υποστρώματος μπορεί να οριστεί από την εξίσωση:

$$R = (A_b - R_\infty) \exp(-gz) + R_\infty \quad \text{Εξ. 6}$$

όπου R_∞ είναι η ανάκλαση στα βαθιά νερά, A_b είναι η ανάκλαση ακτινοβολίας του βυθού, το z είναι το βάθος και g είναι συνάρτηση των συντελεστών διάχυσης εξασθένησης τόσο για το φως προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω.

Λύνοντας την πιο πάνω εξίσωση σε σχέση με το βάθος παίρνουμε την πιο κάτω εξίσωση:

$$z = \frac{1}{g} [\ln(A_b - R_\infty) - \ln(R - R_\infty)] \quad \text{Εξ. 7}$$

Ο αλγόριθμος γραμμικής ζώνης αναπτύχθηκε από τον Lyzenga (Lyzenga, 1980, 1978) ο οποίος ενημερώθηκε σε μεταγενέστερες μελέτες. Σε αυτή τη μέθοδο, ο Lyzenga καθόρισε μια σχέση για τον προσδιορισμό του βάθους του νερού λαμβάνοντας υπόψη τη συσχέτιση μεταξύ του βάθους του νερού και της ακτινοβολίας μεμονωμένης φασματικής ζώνης.

$$z = b * X_i + c_o \quad \text{Εξ. 8}$$

Όπου z είναι το εκτιμώμενο βάθος από οπτικές εικόνες, b και c_o είναι σταθερά, και $X_i = \ln[R(\lambda_i) - R_\infty(\lambda_i)]$ και λ το μήκος κύματος.

Ωστόσο, η εξαγωγή βάθους από μία μόνο ζώνη εξαρτάται από το τύπο του πυθμένα με αποτέλεσμα την ενίσχυση του εκτιμώμενου βάθους. Έτσι, ο Lyzenga προχώρησε στη πρόταση της γραμμικής συσχέτισης δυο ζωνών για να μπορέσει να επιτευχθεί η διόρθωση τόσο της εξασθένησης του νερού όσο και στην ανάκλαση του πυθμένα χρησιμοποιώντας το μπλε και πράσινο κανάλι. Η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε είναι:

$$z = a_0 + a_1 X_i + a_2 X_j \quad \text{Εξ. 9}$$

Το μοντέλο αυτό του Lyzenga επιχειρούσε στην ουσία να απαλείψει τις απρόβλεπτες τιμές που συναντάμε σε μια ζώνη υποστρώματος. Για κάθε ζώνη διαφορετικού υποστρώματος, η τιμή X_j μπορεί να οριστεί ως εξής:

$$X_j = \ln(L_j - L_{wj}) \quad \text{Εξ. 10}$$

όπου, L_j είναι η τιμή ανακλαστικότητας μιας ζώνης (j) επιφάνειας του πυθμένα και L_{wj} είναι η μέση ανακλαστικότητα του πυθμένα σε βαθιά νερά

Οι τιμές ανάκλασης μετατράπηκαν στο αρχείο καταγραφής για να δημιουργηθεί μια γραμμική σχέση μεταξύ της ανακλαστικότητας εισόδου και του βάθους. Η τιμή L_{wj} χρησιμοποιείται έτσι να εξαλειφθούν φαινόμενα που συμβαίνουν στην επιφάνεια της θάλασσας όπως είναι η λάμψη του ήλιου κτλ. Έτσι ο Lyzenga (Lyzenga, 1985; Lyzenga et al., 2006) βελτίωσε τον τύπο ο οποίος φαίνεται στην πιο κάτω εξίσωση:

$$h = h_0 - \sum_{j=1}^N h_j X_j \quad \text{Εξ. 11}$$

όπου h_0 και h_j είναι σταθερές της γραμμική σχέση μεταξύ X_j και βάθους. Το h_0 και το h_1 έως h_j προσδιορίζονται μέσω πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ ενός συνόλου γνωστών βαθών και των λογαριθμικών τιμών ανάκλασης που βρίσκονται σε αυτά τα βάθη

Στη συνέχεια ο Stumpf et al., (2003a) πρότεινε μια νέα μέθοδο, την μέθοδο μετασχηματισμού λόγου. Η μέθοδος μετασχηματισμού λόγου έχει αρκετά πλεονεκτήματα για τη χρήση παθητικών εικόνων πολυφασματικών εικόνων για τη χαρτογράφηση βαθυμετρίας ρηχού νερού σε σχέση με άλλες μεθόδους. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι δεν απαιτεί αφαίρεση εικονοστοιχείων σκοτεινού νερού, απαιτούνται λιγότεροι εμπειρικοί συντελεστές που για την εκτίμηση βαθυμετρίας είναι γεγονός που καθιστά την μέθοδο ευκολότερη στη χρήση και πιο σταθερή σε ευρείες γεωγραφικές περιοχές και τέλος μπορεί να συντονιστεί χρησιμοποιώντας διαθέσιμα αξιόπιστα δεδομένα πεδίου. Όπως και στο γραμμικό αλγόριθμο του Lyzenga, έτσι και το μοντέλο αυτό βασίζεται στη θεωρία του φωτός που εξασθενεί εκθετικά με το βάθος (Εξ. 7). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί δυο ζώνες όπου η αναλογία μεταξύ δύο ζωνών παραμένει συγκρίσιμη σε διαφορετικά υποστρώματα στο ίδιο βάθος. Ο αλγόριθμος μετατροπής αναλογίας που προτάθηκε από τον Stumpf μπορεί να εφαρμοστεί σε ζώνες με διαφορετική απορρόφηση στο νερό και να εφαρμοστούν κατάλληλα σε μήκη κύματος οποιουδήποτε αισθητήρα. Επειδή οι μπλε και πράσινες ζώνες έχουν χαμηλότερη απορρόφηση, ο λόγος των δυο ζωνών παραμένει ο ίδιος παρά τη διαφορετική σκίαση του πυθμένα σε σταθερό βάθος. Έτσι η μαθηματική εξίσωση του Stumpf έχει ως εξής:

$$Z = m_0 \frac{\ln(n * r_{rs}(li))}{\ln(n * r_{rs}(lj))} - m_1 \quad \text{Εξ. 12}$$

όπου Z είναι το βάθος, m_0 και m_1 είναι σταθερά για τον συντονισμό του μοντέλου με το πραγματικό βάθος, το n είναι μια σταθερά για να διασφαλιστεί ότι ο λόγος παραμένει θετικός κάτω από όλες τις τιμές και $r_{rs}(li)$ και $r_{rs}(lj)$ είναι οι ζώνες στο μπλε ορατό (li) και πράσινο (lj)

όπου Z είναι το βάθος, m_0 και m_1 είναι σταθερά για τον συντονισμό του μοντέλου με το πραγματικό βάθος, το n είναι μια σταθερά για να διασφαλιστεί ότι ο λόγος παραμένει

θετικός κάτω από όλες τις τιμές και $r_{rs}(li)$ και $r_{rs}(lj)$ είναι οι ζώνες στο μπλε ορατό (li) και πράσινο (lj).

Ένας τελευταίος προσαρμοσμένος αλγόριθμος έχει προταθεί από το Li et al., 2021 ο οποίος δεν βασίζεται σε σημεία βαθμονόμησης πεδίου ή στη σύνθετη φυσική μοντελοποίηση για να προσομοιώσουν ένα ευρύ φάσμα συνθηκών νερού. Αυτή η αυτόματη μέθοδος έδειξε ότι σε καθαρά νερά δηλ. σταθερός δείκτης κατάστασης εξασθένησης νερού, η εκτίμηση βαθυμετρίας σχετίζεται από παραμέτρους που υπολογίζονται από τις τιμές συγκέντρωσης χλωροφύλλης (Chl-a). Η εξίσωση που προτάθηκε από το Li είναι η ακόλουθη:

$$Z = m_0 \frac{\ln(1000 * r_{rs}(li))}{\ln(1000 * r_{rs}(lj))} - m_1 \quad \text{Εξ. 13}$$

Οι παράμετροι εκτίμησης βαθυμετρίας (m_0 και m_1) υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τιμές συγκέντρωσης χλωροφύλλης-a (Chl-a) ως αντιπροσωπευτικές για καθαρά ύδατα (Li et al., 2019):

$$m_0 = 52,083 * e^{0,957 * Chl_a} \quad \text{Εξ. 14}$$

$$m_1 = 50,156 * e^{0,957 * Chl_a} \quad \text{Εξ. 15}$$

Όπου για οπτικές δορυφορικές εικόνες, οι τιμές φυτοπλαγκτόν υπολογίστηκε με βάση τα χαρακτηριστικά απορρόφησης της χλωροφύλλης-a, η οποία είναι η κυρίαρχη από τις IOPs στα καθαρά νερά των ωκεανών. Έτσι η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (mg m⁻³) προήλθε από μια εμπειρική εξίσωση (Hu et al., 2012; Li et al., 2019; Werdell and Bailey, 2005)όπως φαίνεται πιο κάτω:

$$\omega = R_{rs}(Green) - 0.46 * R_{rs}(Red) - 0.54 * R_{rs}(Blue) \quad \text{Εξ. 16}$$

$$Ch l_{\alpha} = 10^{(-0,4909+191,659*\omega)} \quad \text{Εξ. 17}$$

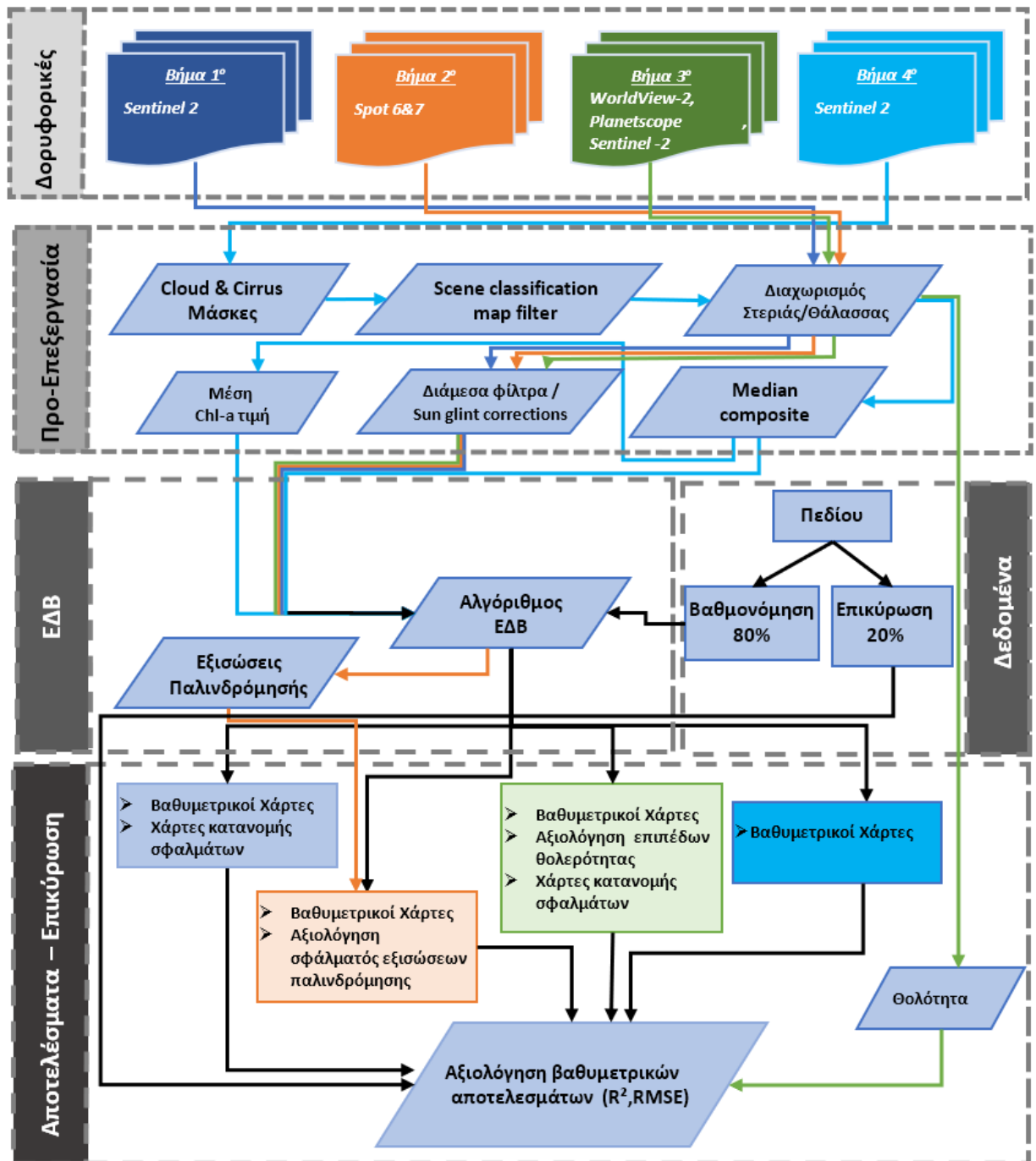
Προκειμένου να συγκριθούν οι ακρίβειες των αποτελεσμάτων της ΔΒ, λήφθηκε υπόψη η στατιστική παράμετρος RMSE, μαζί με το R². Η εξίσωση υπολογισμού της στατικής παραμέτρου φαίνεται πιο κάτω:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^1 (Z_{\Delta B} - Z_{\Delta \Pi})^2} \quad \text{Εξ. 18}$$

όπου n είναι ο αριθμός των σημείων πεδίου, $Z_{\Delta B}$ είναι το βάθος από την εκτιμώμενη ΔΒ και το $Z_{\Delta \Pi}$ είναι το βάθος από τις μετρήσεις πεδίου

3.2.2 Μεθοδολογία ΔΒ

Για τα τέσσερα βήματα εκτίμησης ΔΒ που υλοποιήθηκαν στην εργασία αυτή έως ότου καταλήξουμε στην εκτίμηση της ΔΒ για όλο το νησί της Κύπρου, η προ-επεξεργασία, οι αλγόριθμοι αλλά και οι δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διαφορετικοί. Παρόλα αυτά αρκετά από τα βήματα της μεθοδολογίας ήταν κοινά και παρουσιάζονται στο πιο κάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 6). Στο Διάγραμμα 6, τα μπλε βέλη παρουσιάζουν τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την μελέτη της πολυχρονικής ανάλυσης ΔΒ, τα πορτοκαλί βέλη παρουσιάζουν την μεθοδολογία εκτίμησης ΔΒ με την χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης, τα πράσινα βέλη παρουσιάζουν την μελέτη ΔΒ διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με βάση την τιμή θολερότητας και το γαλάζιο βέλος την μεθοδολογία εκτίμησης ΔΒ με την χρήση της πλατφόρμας της GEE. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε κάθε ένα από τα βήματα περιγράφεται πιο αναλυτικά στα κεφάλαια 3.2.2.1.4, 3.2.2.2.4, 3.2.2.3.4 και 3.2.2.4.4.



Διάγραμμα 6: Γενική μεθοδολογία ΔΒ

3.2.2.1 Πολυχρονική Ανάλυση

Το πρώτο σκέλος επικεντρώθηκε στην ανάλυση δορυφορικών απεικονίσεων πολυφασματικών δεκτών (Sentinel 2) σε διαφορετικές χρονικές περιόδους για δυο περιοχές της Κύπρου, χρησιμοποιώντας μια εμπειρική μέθοδο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ακρίβεια της ΔΒ τείνει να παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από περίοδο σε

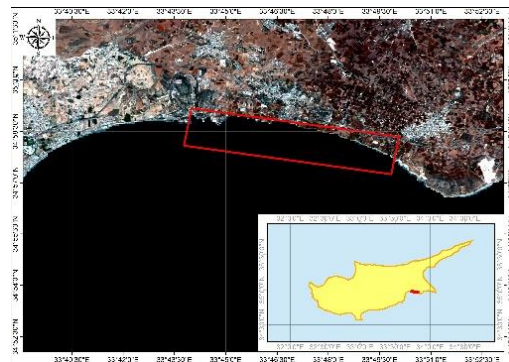
περίοδο οι οποίες οφείλονται κατά κύριο λόγο στις κακές καιρικές συνθήκες, στόχος ήταν ο εντοπισμός της καλύτερης περιόδου για την εκτίμηση ΔΒ.

3.2.2.1.1 Περιοχές Μελέτης

Στην παρούσα μελέτη, έχουν επιλεγθεί δυο περιοχές μελέτης στο νησί της Κύπρου. Η πρώτη περιοχή μελέτης (A1) βρίσκεται νοτιοδυτικά της πόλης της Λεμεσού στην Κύπρο και καλύπτει 19 χλμ. (Διάγραμμα 7). Η δεύτερη περιοχή μελέτης (A2) βρίσκεται νοτιοδυτικά της Λάρνακας και καλύπτει 9,5 χλμ. ακτογραμμή (Διάγραμμα 8). Η επιλογή των πιο κάτω περιοχών μελέτης έχει γίνει έτσι ώστε να καλύπτονται από την ίδια δορυφορική εικόνα. Στις ακτές των περιοχών μελέτης, το υπόστρωμα είναι μαλακό με αμμώδεις παραλίες στα ρηγά νερά (DoF -Department of Fisheries and Marine Research, 2012).



Διάγραμμα 7: Περιοχή μελέτης A1 (Λεμεσού)



Διάγραμμα 8: Περιοχή μελέτης A2 (Λάρνακα)

3.2.2.1.2 Δορυφορικά Δεδομένα

Τα δορυφορικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και την εκτίμηση της βαθυμετρίας, είναι του δορυφόρου Sentinel 2. Η αποστολή Sentinel 2 είναι μέρος της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας με υψηλής ανάλυσης πολυ-φασματικές εικόνες. Καθώς η τρέχουσα μελέτη στοχεύει στη σύγκριση των εκτιμώμενων αποτελεσμάτων της βαθυμετρίας για κάθε μήνα ξεχωριστά, δώδεκα δορυφορικές εικόνες, ατμοσφαιρικά και ραδιομετρικά διορθωμένες, αποκτήθηκαν μέσω της ιστοσελίδας του Copernicus (ESA, 2013), καλύπτοντας μια περίοδο από τον Απρίλιο του 2017 έως τον Μάρτιο του 2018. Αυτές οι πολυφασματικές εικόνες έχουν 12 ζώνες φασματικής κλίμακας με τρεις διαφορετικές αναλύσεις (10, 20, 60). Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τις λεπτομέρειες των

δώδεκα ανακτηθέντων δορυφορικών εικόνων οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης που χρησιμοποιήθηκαν στην εξαγωγή της βαθυμετρίας.

Πίνακας 4: Στοιχεία δορυφορικών εικόνων για τις περιοχές μελέτης

A/A	Name	Date Acquisition
<i>1</i>	S2A_MSIL2A_20180119T083251_N0206_R021_T36SWD_20180119T121735	19/01/2018 (08:32)
<i>2</i>	S2A_MSIL2A_20180218T083011_N0206_R021_T36SWD_20180218T121430	18/02/2018 (08:30)
<i>3</i>	S2A_MSIL2A_20180320T082641_N0206_R021_T36SWD_20180320T103231	20/03/2018 (08:26)
<i>4</i>	S2A_MSIL2A_20170404T082601_N0204_R021_T36SWD_20170404T083829	04/04/2017 (08:26)
<i>5</i>	S2A_MSIL2A_20170504T083011_N0205_R021_T36SWD_20170504T083011	04/05/2017 (08:30)
<i>6</i>	S2A_MSIL2A_20170613T083011_N0205_R021_T36SWD_20170613T083147	13/06/2017 (08:30)
<i>7</i>	S2A_MSIL2A_20170713T082601_N0205_R021_T36SWD_20170713T083829	13/07/2017 (08:26)
<i>8</i>	S2A_MSIL2A_20170802T082601_N0205_R021_T36SWD_20170802T083801	02/08/2017 (08:26)
<i>9</i>	S2A_MSIL2A_20170901T083011_N0205_R021_T36SWD_20170901T083009	01/09/2017 (08:30)
<i>10</i>	S2A_MSIL2A_20171001T082741_N0205_R021_T36SWD_20171001T083943	01/10/2017 (08:27)
<i>11</i>	S2A_MSIL2A_20171110T083151_N0206_R021_T36SWD_20171110T121309	10/11/2017 (08:32)
<i>12</i>	S2A_MSIL2A_20171230T083341_N0206_R021_T36SWD_20171230T105851	30/12/2017 (08:34)

3.2.2.1.3 Δεδομένα πεδίου

Τα βαθυμετρικά δεδομένα πεδίου δόθηκαν από το TKX της Κύπρου. Η ανάκτηση των δεδομένων από το TKX πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις εφαρμόζοντας δυο μεθόδους βαθυμετρικών αποτυπώσεων. Οι μέθοδοι βαθυμετρικών ερευνών/αποτυπώσεων που θεωρούνται αποδεκτές ώστε να επιτρέπουν στα υδρογραφικά γραφεία/οργανισμούς να παράγουν προϊόντα πλοήγησης ασφαλές για την ναυσιπλοΐα είναι στο σύνολο τέσσερις

(Special Order, Order 1a, Order 1b, Order 2). Ο σχεδιασμός του κάθε τύπου καλύπτει μια σειρά αναγκών όπως το μέγιστο βάθος, των κατηγοριών πλοίων κτλ. (*International Hydrographic Organization, 2008*).

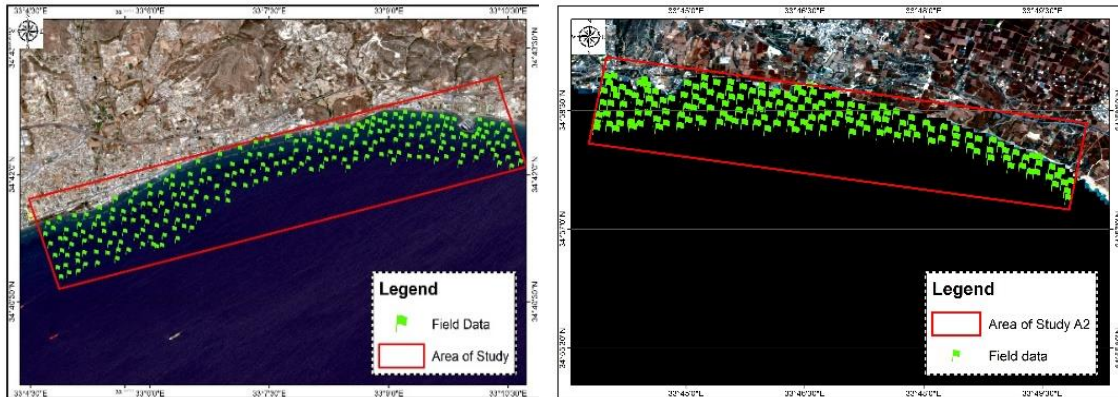
Τα δεδομένα αποκτήθηκαν από το ΤΚΧ σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση διεξήχθη το 2012 με ηχοβολιστικές συσκευές πολλαπλών ακτινών χρησιμοποιώντας ένα συμβατικό σκάφος εφαρμόζοντας τη μέθοδο βαθυμετρικών αποτυπώσεων Order 1b και συλλέγοντας βαθυμετρικά δεδομένα έκτασης 238 km². Η δεύτερη φάση διεξήχθη το 2014 με τη χρήση της μεθόδου LIDAR εγκατεστημένο σε αεροσκάφος εφαρμόζοντας τη μέθοδο βαθυμετρικών αποτυπώσεων Order 1b και συλλέγοντας βαθυμετρικά δεδομένα έκτασης 270 km². Η τρίτη φάση διεξήχθη το 2018 εφαρμόζοντας τη μέθοδο Order 1a καλύπτοντας την εναπομείναντα έκταση. Τα βασικά χαρακτηριστικά των σημείων καθώς η οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια των βαθυμετρικών μετρήσεων δίνονται στο Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά δεδομένων βαθυμετρικών σημείων ΤΚΧ.

Υδρογραφική Αποτύπωση (ΥΑ) / Βάθος	Αριθμός βαθυμετρικών Σημείων	Μέθοδοι βαθυμετρικών αποτυπώσεων	Οριζοντιογραφική Ακρίβεια (μέτρα)	Υψομετρική Ακρίβεια (μέτρα)
ΥΑ 2012 / γενική	1654	Order 1b	0.6 - 0.8	0.5
ΥΑ 2014 / 0-20 m	2135	Order 1b	0.4	0.2
ΥΑ 2014 / 20-50 m	1017	Order 1b	0.4	0.6
ΥΑ 2018	476	Order 1a	0.1 - 0.8	0.1 - 0.8

Για την μελέτη αυτή, χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο 244 τυχαίων σημείων βάθους από 0 έως 22 μέτρα για την περιοχή μελέτης Α1 και 126 σημεία για την περιοχή μελέτης Α2, τα οποία ήταν απαραίτητα για: (α) την εφαρμογή στον αλγόριθμο μετατροπής αναλογίας (β) και στην επικύρωση των αποτελεσμάτων και την εκτίμηση σφαλμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την εκτίμηση των σφαλμάτων, ένα 20% των σημείων που έχουν δοθεί από το ΤΚΧ κρατήθηκαν και δεν χρησιμοποιήθηκαν στον αλγόριθμο μετατροπής αναλογίας έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν σαν σημεία επικύρωσης. Το Διάγραμμα 9 &

Διάγραμμα 10 δείχνουν τη συνολική γεωγραφική κατανομή των σημείων που έχουν δοθεί από το ΤΚΧ στις περιοχές ενδιαφέροντος.



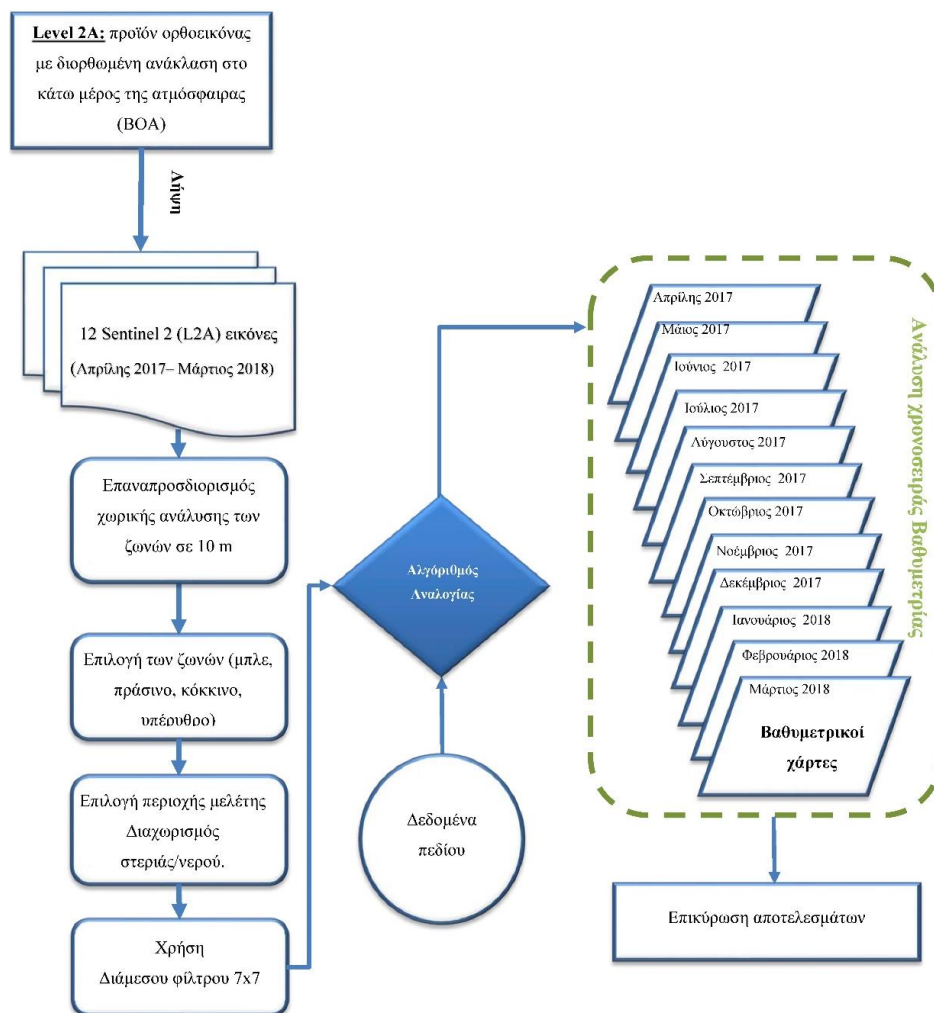
Διάγραμμα 9: Δεδομένα πεδίου περιοχής A1 **Διάγραμμα 10: Δεδομένα πεδίου περιοχής A2**

3.2.2.1.4 Μεθοδολογία πολυχρονικής ανάλυσης

Αυτή η έρευνα δίνει έμφαση σε μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους (αλγόριθμος αναλογίας) για την παραγωγή βάθους χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες (Stumpf *et al.*, 2003).

Όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η διείσδυση στο νερό από το μπλε και πράσινο φάσμα είναι υψηλότερη, ενώ η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αυξάνεται στο κόκκινο μέρος του φάσματος. Ο αλγόριθμος αναλογίας μπορεί να εφαρμοστεί με ζώνες που έχουν διαφορετική απορρόφηση νερού και μπορεί να εφαρμοστεί σε κατάλληλα μήκη κύματος οποιουδήποτε αισθητήρα. Επειδή οι μπλε και πράσινες ζώνες έχουν χαμηλότερη απορρόφηση, ο λόγος των δυο ζωνών παραμένει ο ίδιος παρά τη διαφορετική σκίαση του πυθμένα σε σταθερό βάθος. Στο στάδιο της μελέτης αυτής, οι τιμές αυτών των ζωνών εφαρμόστηκαν στην Εξ. 12 για να εκτιμηθεί η βαθυμετρία, εφαρμόζοντας την εξίσωση στις πολυφασματικές εικόνες που φαίνονται στον Πίνακα 4. Αρχικά, η χωρική ανάλυση των πολυφασματικών εικόνων έχει επαναπροσδιοριστεί σε ανάλυση των 10 μέτρων, χρησιμοποιώντας το λογισμικό SNAP. Για τον προσδιορισμό της περιοχής ενδιαφέροντος, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS όπου δημιουργήθηκε το πολύγωνο και φορτώθηκε στο λογισμικό SNAP. Στη συνέχεια από τις 12 ζώνες των πολυφασματικών εικόνων έχουν επιλεγεί η μπλε, η πράσινη, η κόκκινη και η υπέρυθρη ζώνη και έγινε χρήση μιας νέας πολυφασματικής εικόνας με αυτές τις τέσσερις ζώνες. Μετά την προ-επεξεργασία των δορυφορικών

δεδομένων, οι εικόνες φορτώθηκαν στο λογισμικό ENVI 5.3 για την εκτίμηση της βαθυμετρίας χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο μετασχηματισμού του λογισμικού. Κατά την υλοποίηση της εκτίμησης της βαθυμετρίας, το φίλτρο 7x7 εφαρμόστηκε στις δορυφορικές εικόνες για να επιτευχθεί η μείωση του θορύβου υψηλής συχνότητας. Το φίλτρο αυτό έχει εφαρμοστεί έτσι ώστε να επιτευχθεί η εξάλειψη θορύβου, όπως η θολότητα, τα κύματα, η λάμψη του ήλιου και η λάμψη του ουρανού. Προκειμένου να συγκριθούν οι ακρίβειες των αποτελεσμάτων της εκτιμώμενης βαθυμετρίας ανά μήνα, λήφθηκαν υπόψη δύο στατιστικές παράμετροι, του RMSE μαζί με το R². Τα βήματα επεξεργασίας για την εκτίμηση της βαθυμετρίας παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 11.

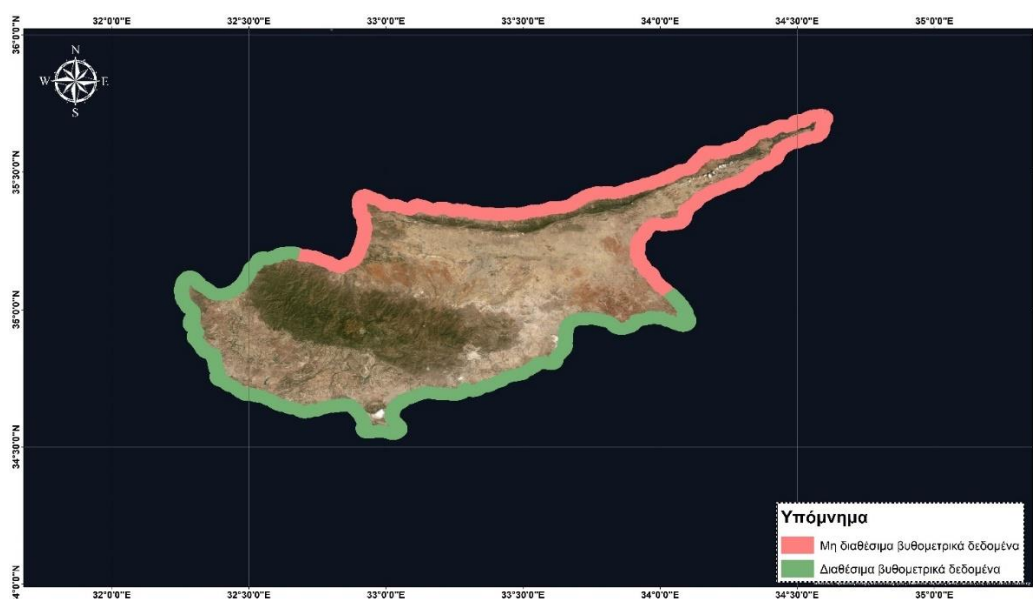


Διάγραμμα 11: Μεθοδολογία πολυχρονικής ανάλυσης ΔΒ

3.2.2.2 Μελέτη χρήσης εξισώσεων παλινδρόμησης για την εκτίμηση ΔΒ όπου δεν είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων πεδίου

3.2.2.2.1 Περιοχή Μελέτης

Στο κεφάλαιο αυτό η περιοχή μελέτης είναι όλη η παράκτια περιοχή της Κύπρου μέχρι και πέντε χιλιόμετρα από την ακτογραμμή προς την θάλασσα. Η επιλογή της ακτίνας αυτής προϋποθέτει την κάλυψη όλης περιοχής όπου η εκτίμηση της βαθυμετρίας με δορυφορικά δεδομένα είναι εφικτή (βάθος < 50 μέτρων). Στην παρούσα μελέτη, η περιοχή μελέτης στο νησί της Κύπρου χωρίζεται σε δύο περιοχές. Η περιοχή όπου είναι διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα (Διάγραμμα 12- πράσινο χρώμα) και περιοχή όπου δεν υπάρχουν βαθυμετρικά δεδομένα (Διάγραμμα 12- κόκκινη περιοχή).



Διάγραμμα 12: Περιοχή μελέτης εκτίμησης βαθυμετρίας με την χρήση δορυφορικών εικόνων

3.2.2.2.2 Δορυφορικά Δεδομένα

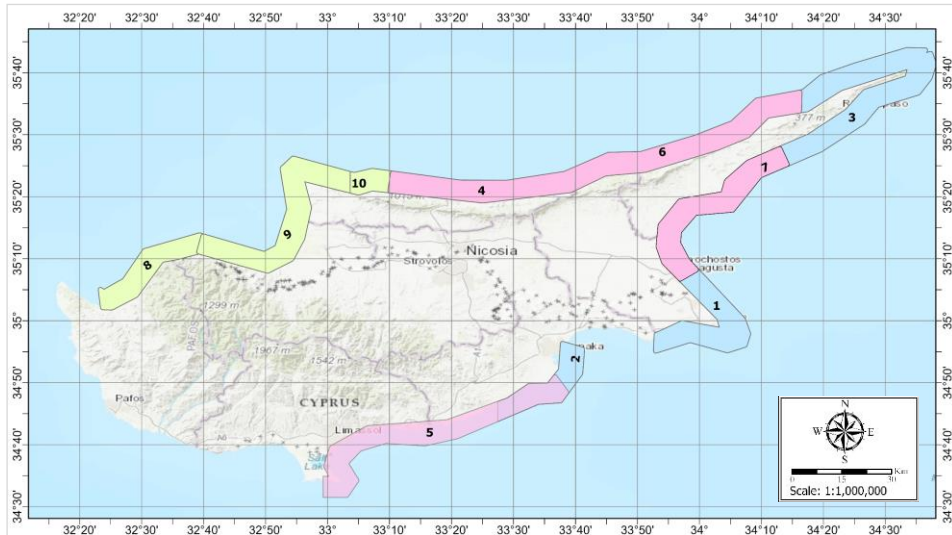
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση ΔΒ έως και τα 50 μέτρα. Για κάθε πολυφασματική εικόνα της κόκκινης περιοχής (Διάγραμμα 12), μια πρόσθετη πολυφασματική εικόνα από την πράσινη περιοχή (Διάγραμμα 12) ήταν απαραίτητη με την ίδια ημερομηνία απόκτησης και ελάχιστη κάλυψη 30% (σε σύγκριση με την αντίστοιχη έκταση).

Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, απαιτούνται πολυφασματικές εικόνες του SPOT 6/7, που καλύπτουν όλη την περιοχή όπου δεν διατίθενται δεδομένα βάθους πεδίου.

Απαιτούνται πρόσθετες πολυφασματικές εικόνες για κάθε πολυφασματική εικόνα όπου τα δεδομένα πεδίου βάθους ήταν διαθέσιμα με την ίδια ημερομηνία ανίχνευσης. Επίσης, αυτές οι εικόνες είχαν ελάχιστη κάλυψη 30% (σε σύγκριση με την αντίστοιχη περιοχή) για σκοπούς βαθμονόμησης. Κατά την επιλογή αγοράς των δορυφορικών απεικονίσεων, λήφθηκαν υπόψη τα αποτελέσματα της πολυχρονικής ανάλυσης για την αποφυγή μεγάλων αποκλίσεων. Στο Διάγραμμα 13 παρουσιάζεται η σχεδίαση των δορυφορικών εικόνων με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6) να φαίνεται ο σειριακός αριθμός (ID) που αντιστοιχεί σε κάθε δορυφορική εικόνα.

Πίνακας 6: Πληροφορίες των Δορυφορικών εικόνων SPOT

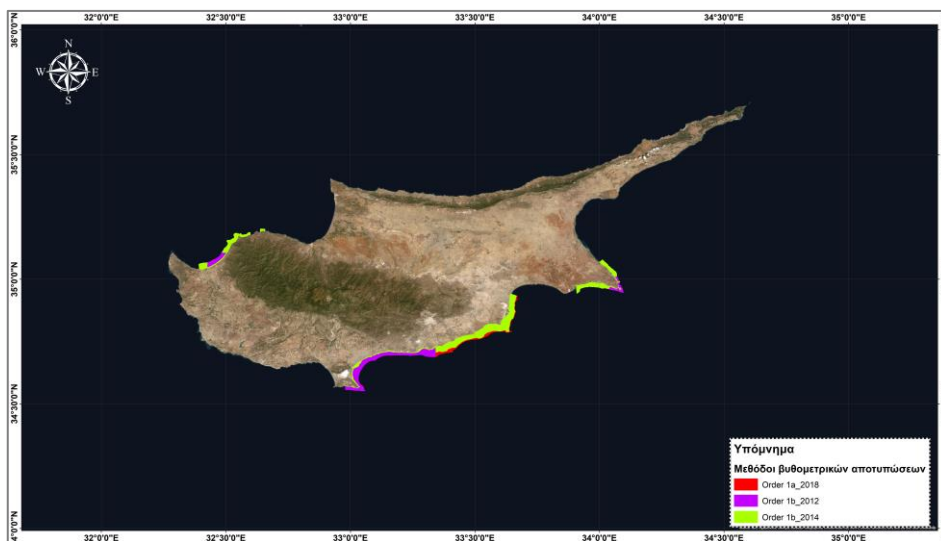
<i>ID</i>	<i>Ονομασία</i>	<i>Ημερομηνία λήψης</i>
1	<i>DIM_SPOT7_MS_201611180801272_PRJ_4232653101</i>	18/11/2016 (08:01)
2	<i>DIM_SPOT7_MS_201611180801272_PRJ_4232683101</i>	18/11/2016 (08:01)
3	<i>DIM_SPOT7_MS_201611180801127_PRJ_4232684101</i>	18/11/2016 (08:01)
4	<i>DIM_SPOT7_MS_201712250807529_PRJ_4232646101</i>	25/12/2017 (08:08)
5	<i>DIM_SPOT7_MS_201712250808581_PRJ_4232647101</i>	25/12/2017 (08:09)
6	<i>DIM_SPOT7_MS_201712250807529_PRJ_4232645101</i>	25/12/2017 (08:08)
7	<i>DIM_SPOT7_MS_201712250808581_PRJ_4232644101</i>	25/12/2017 (08:09)
8	<i>DIM_SPOT6_MS_201804140813259_PRJ_4232691101</i>	14/04/2018 (08:13)
9	<i>DIM_SPOT6_MS_201804140813259_PRJ_4232689101</i>	14/04/2018 (08:13)
10	<i>DIM_SPOT6_MS_201804140813089_PRJ_4232690101</i>	14/04/2018 (08:13)



Διάγραμμα 13: Κωδικοί Δορυφορικών εικόνων

3.2.2.2.3 Δεδομένα πεδίου

Τα δεδομένα πεδίου αφορούν βαθυμετρικά δεδομένα τα οποία έχουν χορηγηθεί από το ΤΚΧ. Χρησιμοποιήθηκαν 5282 βαθυμετρικά σημεία από 0 έως 50 μέτρα για την εκπόνηση της μελέτης αυτής. Ο τρόπος συλλογής των δεδομένων καθώς και για την ακρίβεια των βαθυμετρικών δεδομένων που δόθηκαν από το ΤΚΧ, περιεγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.2.2.1.3. Το Διάγραμμα 14 δείχνει τη συνολική γεωγραφική κατανομή των σημείων που έχουν δοθεί από το ΤΚΧ στις περιοχές ενδιαφέροντος με βάση τις μεθόδους βαθυμετρικών αποτυπώσεων που εφαρμόστηκαν.



Διάγραμμα 14: Μέθοδοι βαθυμετρικών αποτυπώσεων των δεδομένων που χορηγήθηκαν από το ΤΚΧ

3.2.2.2.4 Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση ΔΒ με τη χρήση δορυφορικών εικόνων και βαθυμετρικών δεδομένων για ολόκληρο το νησί της Κύπρου. Στο πρώτο στάδιο έχουν συλλεχθεί και διαχωριστεί τα βαθυμετρικά δεδομένα από το ΤΚΧ. Αυτά τα δεδομένα έχουν διαχωριστεί σε δυο πακέτα, στα δεδομένα για σκοπούς βαθμονόμησης (80%) και στα δεδομένα για σκοπούς επικύρωσης των αποτελεσμάτων (20%). Στο δεύτερο στάδιο υλοποιήθηκε η έρευνα αγοράς των δορυφορικών εικόνων όπου οι πολυφασματικές εικόνες θα έπρεπε να καλύπτουν όλες τις περιοχές που δεν υπάρχουν βαθυμετρικά δεδομένα. Για κάθε πολυφασματική εικόνα που επιλεγόταν, μια πρόσθετη πολυφασματική εικόνα χρησιμοποιούταν για περιοχή όπου υπάρχουν βαθυμετρικά δεδομένα, με απαραίτητη προϋπόθεση την ίδια ημερομηνία λήψης και ελάχιστη κάλυψη 30% (σε σύγκριση με την αντίστοιχη έκταση χωρίς βαθυμετρικά δεδομένα), για σκοπούς βαθμονόμησης. Η αγορά του πακέτου των δορυφορικών εικόνων αφορούσε δέκα πολυφασματικές εικόνες, μεσαίας ανάλυσης (χωρική ανάλυση έξι μέτρα) του δορυφόρου SPOT 6/7 όπου το πακέτο αυτό ήταν ήδη γεωμετρικά, ραδιομετρικά και ατμοσφαιρικά διορθωμένο από τον παροχέα.

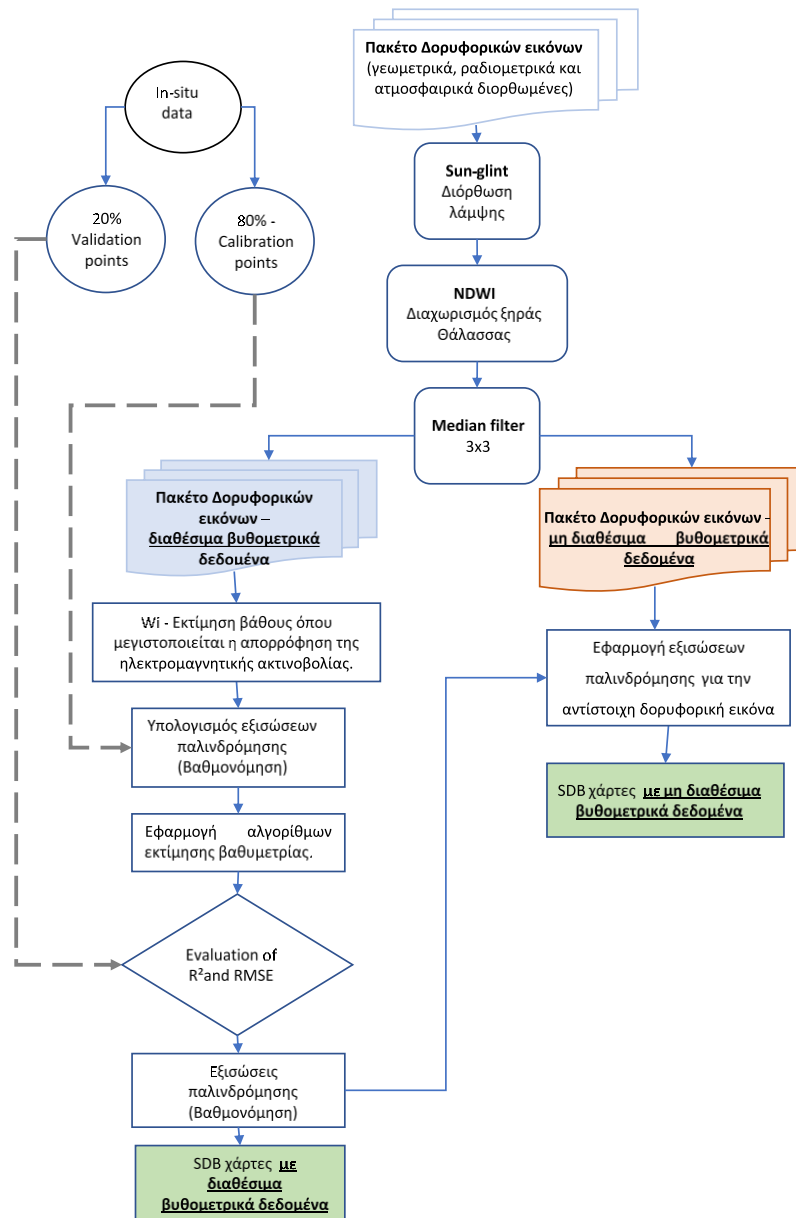
Στη μελέτη αυτή, η διόρθωση λάμψης από τον ήλιο (sun-glint) στις δορυφορικές εικόνες πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας την Εξ. 1 του Hedley et al., 2005. Στη συνέχεια υλοποιήθηκε εφαρμογή του δείκτη NDWI για τον διαχωρισμό στεριάς/θάλασσας. Το τελευταίο βήμα προ-επεξεργασίας των δορυφορικών απεικονίσεων ήταν η εφαρμογή του διάμεσου φίλτρου 3x3 για να επιτευχθεί η μείωση του θορύβου υψηλής συχνότητας.

Για την εκτίμηση της ΔΒ υπολογίζονται οι τιμές της τιμής αναλογίας δύο ζωνών σε κάθε δορυφορική εικόνα (όπου αρχίζει η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας), για τον καθορισμό των ορίων των χαρτών ΔΒ. Όπως δήλωσε ο Stumpf et al., το 2003, η αντανάκλαση κάθε ζώνης δορυφορικών εικόνων έχει διαφορετικές απορροφήσεις νερού, ως αποτέλεσμα, η αναλογία θα αλλάξει με το βάθος. Ο λογαριθμικός μετασχηματισμός αντιπροσωπεύει την εκθετική μείωση της διείσδυσης του φωτός με βάθος σύμφωνα με το Νόμο Beer (Gao, 2009). Διαφορετικοί τύποι υποστρωμάτων βυθού στο ίδιο βάθος έχουν περίπου τις ίδιες τιμές αναλογίας. Ως εκ τούτου, για να αφαιρεθεί η μεταβλητότητα του υποστρώματος, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει την αναλογία δύο διαφορετικών μηκών κύματος (Dierssen et al., 2003). Λαμβάνοντας υπόψη ότι το υπόστρωμα δεν επηρεάζει την αναλογία δύο διαφορετικών μηκών κύματος για κάθε βάθος, το πρώτο

στάδιο ήταν ο προσδιορισμός των τιμών αναλογίας των καναλιών μπλε και πράσινου (W_i) όπου η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας μειώνεται και μεταβάλλει τα αποτελέσματα βάθους.

Το επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή αλγορίθμου γραμμικής αναλογίας, χρησιμοποιώντας μόνο τα σημεία με εκτιμώμενο μέγιστο W_i . Ο αλγόριθμος γραμμικής αναλογίας παρέχει τις εξισώσεις βαθμονόμησης που πρέπει να εφαρμόζονται στις περιοχές χωρίς δεδομένα πεδίου.

Ακολούθησε η αξιολόγηση της στατιστικής παραμέτρου του RMSE και η εκτίμηση του R^2 για κάθε περιοχή μελέτης. Στο τελευταίο βήμα πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση της ΔB για τις περιοχές χωρίς δεδομένα πεδίου, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις βαθμονόμησης στις αντίστοιχες δορυφορικές εικόνες με την ίδια ημερομηνία ανίχνευσης. Για την επικύρωση των αποτελεσμάτων αυτών χρησιμοποιήθηκαν δυο εικόνες ίδιας ημερομηνίας λήψης (ID 2 και ID 5) όπου υπάρχουν βαθυμετρικά δεδομένα. Στην επικαλυπτόμενη περιοχή των δυο εικόνων, υπολογίστηκε η ΔB για μία εικόνα με την χρήση των βαθυμετρικών δεδομένων και τον αλγόριθμό αναλογίας ενώ στην δεύτερη εικόνα, με την εξίσωση βαθμονόμησης που υπολογίστηκε από την πρώτη εικόνα. Το Διάγραμμα 15 παρουσιάζει τα βήματα που ακολουθήθηκαν για το στάδιο αυτό.



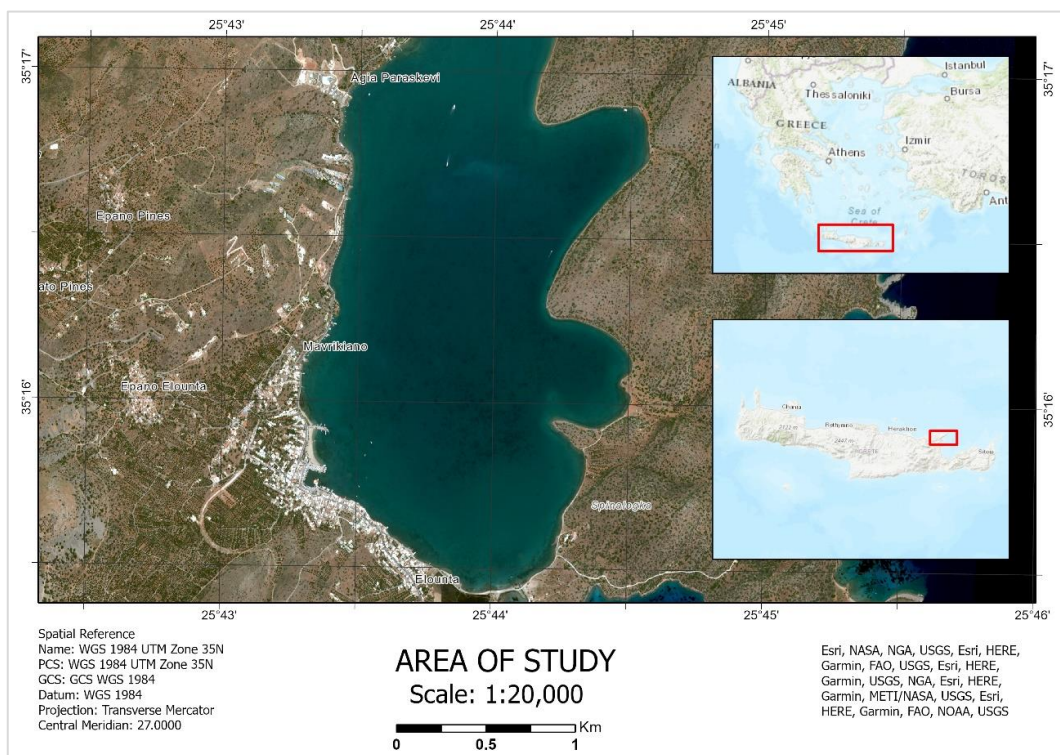
Διάγραμμα 15: Μεθοδολογία εκτίμησης ΔB με τη χρήση του αλγόριθμου αναλογίας και των εξισώσεων παλινδρόμησης

3.2.2.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων ΔB διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν τρεις εμπειρικές μέθοδοι σε τρεις διαφορετικές πολυφασματικές εικόνες διαφορετικής χωρικής ανάλυσης για την αξιολόγηση των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων και την στατιστική ανάλυση των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων σε σχέση με τη θολερότητα.

3.2.2.3.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι ο κόλπος της Ελούντας, που βρίσκεται βορειοανατολικά του νησιού της Κρήτης στην Ελλάδα. Η τοποθεσία βρίσκεται μεταξύ $35^{\circ}15'25''$ – $35^{\circ}17'7''$ Β και $25^{\circ}43'17''$ – $25^{\circ}44'35''$ Ανατολικά (WGS 84) όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 16. Η περιοχή επιλέχθηκε αφού υπάρχουν αρκετές προκλήσεις καθώς ο κόλπος χαρακτηρίζεται για τα θολά νερά λόγω των λεπτόκοκκων ιζημάτων, υδροδυναμικών συνθηκών και θαλάσσιας κυκλοφορίας.



Διάγραμμα 16: Κλειστός κόλπος στο χωριό Ελούντα, Κρήτη, Ελλάδα.

3.2.2.3.2 Δορυφορικά δεδομένα

Τρεις οπτικές δορυφορικές εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και την εκτίμηση της βαθυμετρίας. Οι τρεις δορυφορικές που χρησιμοποιήθηκαν είναι του WorldView 2 και PlanetScope που θεωρούνται υψηλής ανάλυσης εικόνες και μία δορυφορική εικόνα του Sentinel 2 μέσης ανάλυσης.

Οι πολυφασματικές εικόνες του WorldView 2 έχουν οκτώ φασματικές ζώνες με χωρική ανάλυση 2 μέτρων. Ο αισθητήρας υψηλής ανάλυσης PlanetScope έχει τέσσερις ζώνες με χωρική ανάλυση 3 μέτρων. Οι πολυφασματικές εικόνες μέσης χωρικής ανάλυσης του Sentinel 2 έχουν 12 φασματικές ζώνες με τρεις διαφορετικές αναλύσεις (10, 20, 60 μ). Ο

Πίνακας 7 δείχνει τις γενικές πληροφορίες των δορυφορικών εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι τρεις δορυφορικές εικόνες ήταν γεωμετρικά, ατμοσφαιρικά και ραδιομετρικά διορθωμένες από τον παροχέα.

Πίνακας 7: Πληροφορίες των Δορυφορικών εικόνων *WorldView 2*, *PlanetScope*, *Sentinel 2*

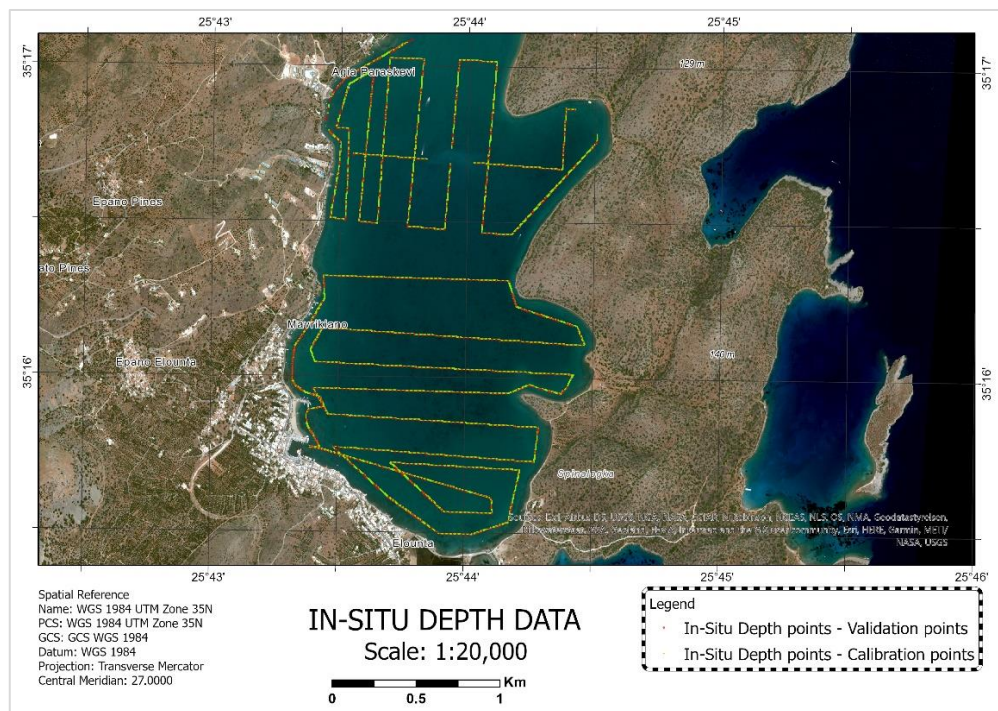
<i>ID</i>	<i>Δορυφόρος</i>	<i>Ονομασία</i>	<i>Ημερομηνία λήψης</i>
1	<i>WorldView 2</i>	<i>19MAY25091947-M2AS-012814699010_01_P001</i>	<i>19/05/2019 (09:19)</i>
2	<i>PlanetScope</i>	<i>20190518_074518_1048_3B_udm2</i>	<i>18/05/2019 (07:45)</i>
3	<i>Sentinel 2</i>	<i>S2A_MSIL2A_20190513T085601_N0212_R007_T35 SLV_20190513T112941</i>	<i>13/05/2019 (08:56)</i>

3.2.2.3.3 Δεδομένα Πεδίου

Τα βαθυμετρικά δεδομένα συλλέχθηκαν από το Εργαστήριο Παράκτιας & Θαλάσσιας Έρευνας ανήκει στο Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μαθηματικών (I.Y.M.) του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (I.T.E.). Τα βαθυμετρικά δεδομένα, λήφθηκαν με τη χρήση ηχοβολιστικής συσκευής μονής δέσμης (Hi-target hd370) σε συνδυασμό και την τεχνική εντοπισμού θέσης μέσω δορυφόρου GPS/RTK. Για να αυξηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων πεδίου, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές παραμέτρων νερού για τον προσδιορισμό της ταχύτητας διάδοσης του ήχου στο νερό με τη χρήση αισθητήρα ONSER HOBO, οι οποίες περιλάμβαναν αγωγιμότητα και θερμοκρασία. Για τις διορθώσεις της στάθμης της θάλασσας, δημιουργήθηκε ένας σταθμός βάσης μετρήσεων της στάθμης του νερού με την ανάπτυξη ενός άλλου αισθητήρα ONSER HOBO που ήταν σε θέση να μετρήσει τη στάθμη του νερού, συμπεριλαμβανομένων των ταλαντώσεων της παλίρροιας και της θερμοκρασίας ανά λεπτό. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραπάνω πληροφορίες στη μετεπεξεργασία των μετρήσεων πεδίου, ολοκληρώθηκε η ανάπτυξη της βαθυμετρίας του κόλπου της Ελούντας.

Για αυτήν τη μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν 7500 μετρήσεις βάρους που κυμαίνονται από 0 έως 8,50 μέτρα βάθος. Μετά το φιλτράρισμα και την απαλοιφή θορύβου των δεδομένων, ο αριθμός αυτός υπολογίστηκε σε 5665 μετρήσεις. Το σφάλμα των μετρήσεων πεδίου είναι μικρότερο από 0,1 μέτρα για τη θέση (x, y), ενώ για το βάθος (z) το σφάλμα κυμαίνεται από 0,1 μέτρα σε ρηγά έως 0,2 μέτρα σε βαθιά νερά. Δεδομένου ότι οι

δορυφορικοί αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή έχουν χωρική ανάλυση 2, 3, και 10 μέτρων, υπολογίστηκε μια προεκβολή των σημείων, με βάση τη μέση τιμή τους ανά εικονοστοιχείο. Μια τέτοια προσέγγιση έχει ήδη αναφερθεί στη βιβλιογραφία (Cahalane et al., 2019; Ilori and Knudby, 2020). Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για στην βαθμονόμηση και την εκτίμηση των σφαλμάτων. Για να υλοποιηθεί η εκτίμηση των σφαλμάτων, το 20% των βαθμετρικών μετρήσεων (δηλαδή τα 1145) διατηρήθηκαν ως σημεία επικύρωσης. Το Διάγραμμα 17 δείχνει την κατανομή των βαθμετρικών μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση (πράσινο χρώμα) και επικύρωσης (κόκκινο χρώμα) στην περιοχή μελέτης.



Διάγραμμα 17: Κατανομή των μετρήσεων βάθους στο πεδίο για βαθμονόμηση (πράσινα σημεία) και για επικύρωση (κόκκινα σημεία).

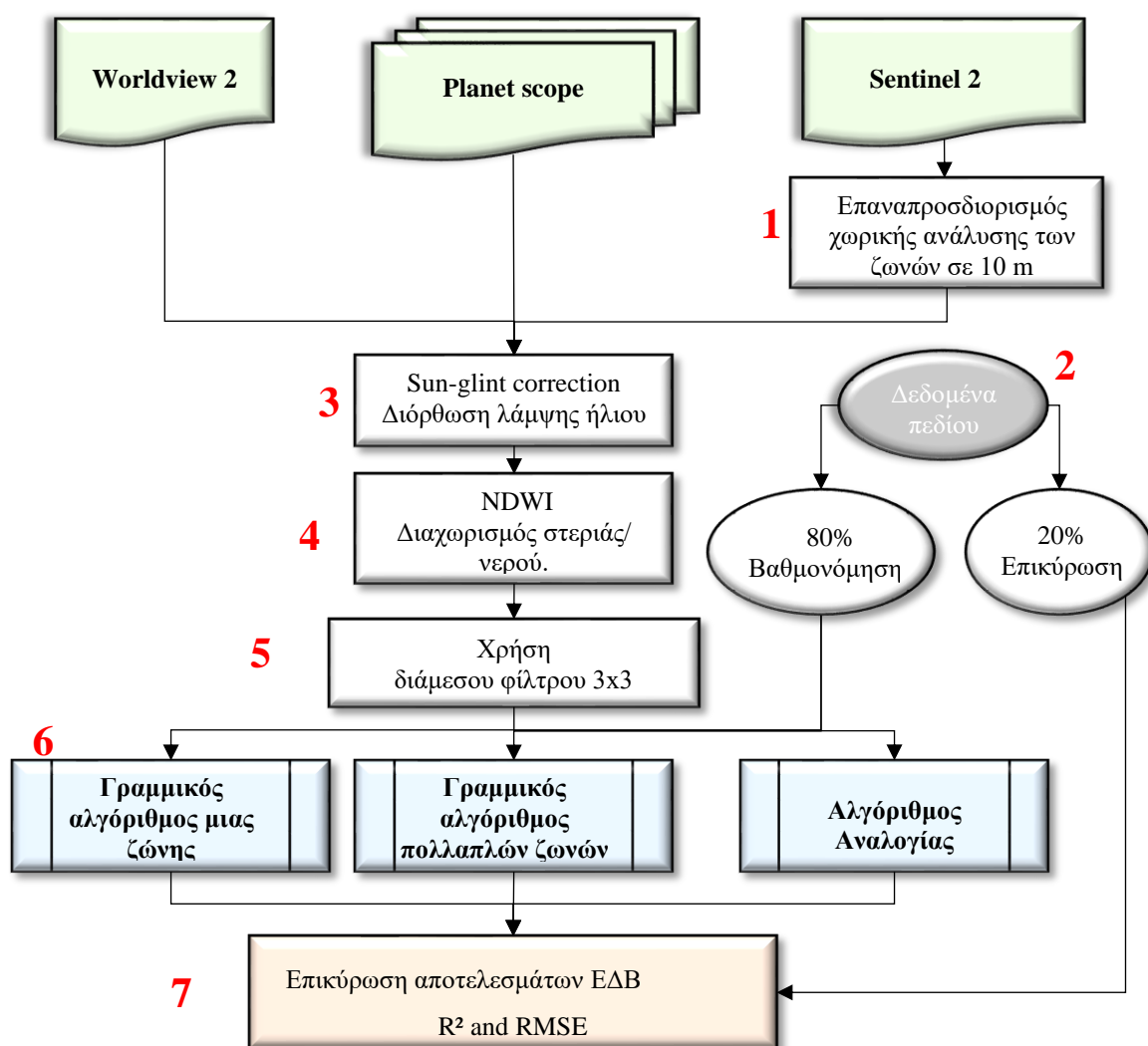
3.2.2.3.4 Μεθοδολογία

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει την μεθοδολογία την ΔΒ με τη χρήση διαφορετικών δορυφορικών εικόνων και βαθμετρικών δεδομένων. Επτά βασικά βήματα εκτίμησης ΔΒ στο κόλπο της Ελούντας υλοποιήθηκαν. Τα βήματα προ-επεξεργασίας είναι ένα κρίσιμο συστατικό της μεθοδολογίας για την εκτίμηση της βαθμετρίας. Το πρώτο βήμα προ-επεξεργασίας αφορά τον επαναπροσδιορισμό όλων των καναλιών του Sentinel 2 σε χωρική ανάλυση 10 μέτρα χρησιμοποιώντας το λογισμικό Sentinel Application Platform (SNAP).

Το δεύτερο βήμα αφορά τη σωστή κατανομή των σημείων βαθμονόμησης/επικύρωσης των δεδομένων πεδίου και τον διαχωρισμό τους σε σημεία βαθμονόμησης (80%) και σε σημεία επικύρωσης (20%). Στο τρίτο βήμα υλοποιήθηκε η διόρθωση της λάμψης του ήλιου σε όλες τις εικόνες χρησιμοποιώντας την (Εξ. 1). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός ξηράς/θάλασσας χρησιμοποιώντας το δείκτη NDWI (Εξ. 2) και τον υπολογισμό των επιπέδων θολερότητας με τον δείκτη NTDI (Εξ. 3). Στο πέμπτο βήμα εφαρμόστηκε ένα διάμεσο φίλτρο 3×3 για τη μείωση του θορύβου.

Αυτή η έρευνα χρησιμοποίησε τις πιο κοινές μεθόδους για την εκτίμηση ΔΒ. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν τρεις εμπειρικές μέθοδοι στην έρευνα αυτή οι οποίες είναι ο Γραμμικός Αλγόριθμός μιας ζώνης (Εξ. 8), ο Γραμμικός Αλγόριθμός Πολλαπλών ζωνών (Εξ. 11) και ο Αλγόριθμός Αναλογίας (Εξ. 12).

Στο επόμενο στάδιο της μεθοδολογίας δημιουργήθηκαν χάρτες κατανομής σφαλμάτων χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης και τα εξαγόμενα αποτελέσματα βαθυμετρίας. Οι χάρτες κατανομής σφαλμάτων βοήθησαν στην αξιολόγηση των σφαλμάτων που προέκυψαν από την εκτίμηση ΔΒ, συσχετίζοντάς τα με τις τιμές θολερότητας που παράχθηκαν από το δείκτη NDTI (Εξ. 3). Το τελικό στάδιο της μεθοδολογίας αυτής αφορούσε την αξιολόγηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων ΔΒ και για τις τρεις εμπειρικές μεθόδους αλλά και για τους τρεις δορυφορικούς αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 18: Στάδια επεξεργασίας ΔΒ με τη χρήση τριών οπτικών εικόνων και τριών εμπειρικών μεθόδων.

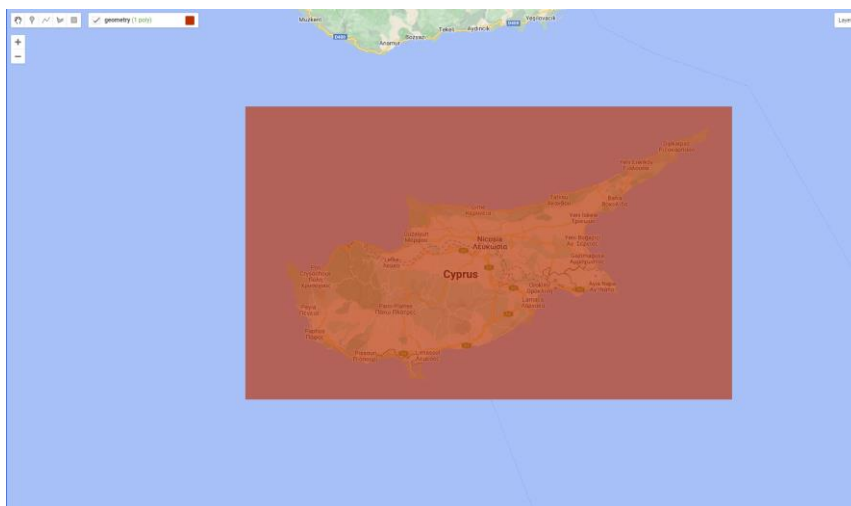
3.2.2.4 Εκτίμηση ΔΒ για τα ρηγά νερά της Κύπρου με την χρήση τριών εμπειρικών μεθόδων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια ροή εργασίας ΔΒ χρησιμοποιώντας τη γεωχωρική πλατφόρμα του Google Earth Engine (GEE) για τα ρηγά νερά όλου του νησιού της Κύπρου. Στη πλατφόρμα αυτή μπορεί πολύ γρήγορα να ανιχνευθούν αλλαγές και να ποσοτικοποιηθούν οι διαφορές χρήσεις στην επιφάνεια της Γης. Η πλατφόρμα της GEE μας βοήθησε στο να αποφευχθούν αρκετές από τις προκλήσεις που παρουσιάζονται στην εκτίμηση της ΔΒ στα ρηγά νερά αφού αυτή η ισχυρή υπολογιστική πλατφόρμα νέφους παρέχει εύκολη πρόσβαση σε υψηλής κάλυψης δορυφορικών δεδομένων. Επίσης

σημαντικό πλεονέκτημα θεωρείται η σημαντική μείωση του όγκου των δεδομένων. Η πλατφόρμα του GEE μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για τη εκτίμηση της βαθυμετρίας είτε με την χρήση σημείων βαθμονόμησης (Εξ. 11, Εξ. 12) είτε χωρίς (Εξ. 13).

3.2.2.4.1 Περιοχή μελέτης

Η χρήση των εργαλείων ΔΒ με την πλατφόρμα της GEE παρέχει τη δυνατότητα της επιλογής της περιοχής προς επεξεργασία. Έτσι, καθορίζοντας ένα πολύγωνα που ορίζει τη θέση της ανάλυσης των δορυφορικών εικόνων, η επεξεργασία για την εκτίμηση της ΔΒ επικεντρώνεται μόνο στην περιοχή αυτή όπου. Στο στάδιο της μελέτης, η περιοχή αυτή αφορά όλο το νησί της Κύπρου (Διάγραμμα 19). Αξίζει να σημειωθεί ότι για να τρέξει το εργαλείο και να εκτιμηθεί η ΔΒ, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται περιοχή όπου είναι διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα.



Διάγραμμα 19: Καθορισμός περιοχής μελέτης για την εκτίμηση ΔΒ μέσω της πλατφόρμας GEE

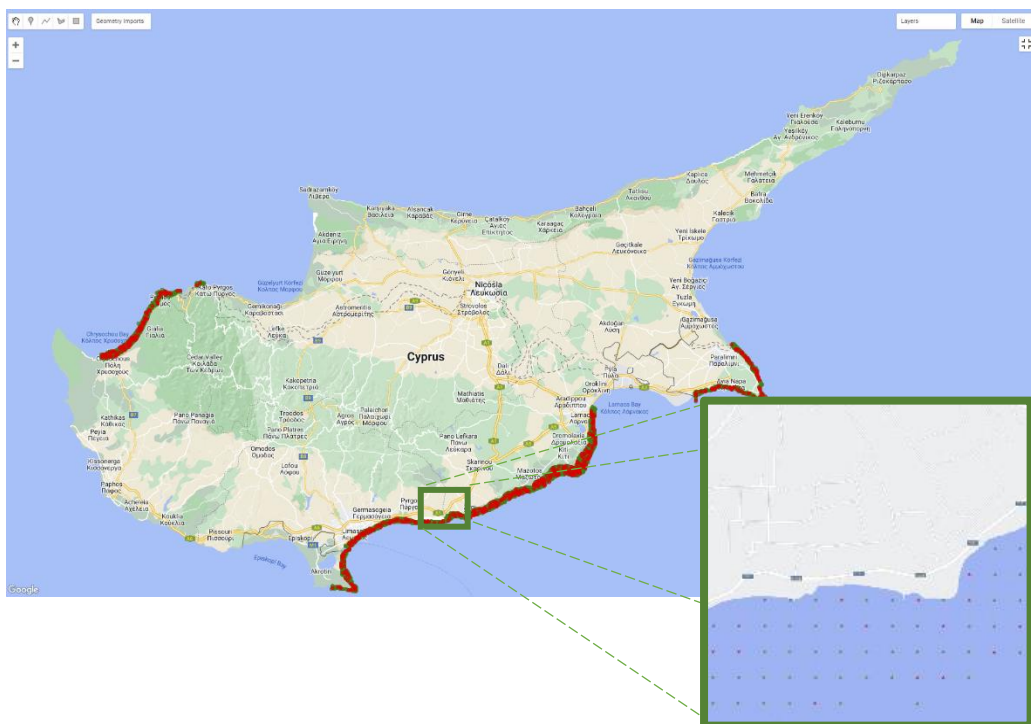
3.2.2.4.2 Δορυφορικά Δεδομένα

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω η χρήση της πλατφόρμας της GEE έχει αρκετά πλεονεκτήματα όπως το πλήθος των δορυφορικών εικόνων που είναι διαθέσιμες καθώς η διαθεσιμότητα δορυφορικών δεδομένων ανά 5 ή 6 ημέρες, εξυπηρετεί σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό τη μελέτη αυτή. Η χρονική διάρκεια συλλογής των δορυφορικών εικόνων μπορεί να καθοριστεί από τον χρήστη πολύ εύκολα καθορίζοντας ποιες

ημερομηνίες θέλει να πραγματοποιηθεί η συλλογή. Για τους σκοπούς υλοποίησης αυτού του βήματος πραγματοποιήθηκε η συλλογή για ολόκληρο το έτος του 2021.

3.2.2.4.3 Δεδομένα πεδίου

Τα δεδομένα πεδίου αφορούν βαθυμετρικά δεδομένα τα οποία έχουν χορηγηθεί από το ΤΚΧ. Χρησιμοποιήθηκαν 2342 βαθυμετρικά σημεία βάθους από 0 έως 15 μέτρων για την εκπόνηση της μελέτης αυτής. Ο τρόπος συλλογής των δεδομένων και οι ακρίβειες των βαθυμετρικών δεδομένων που δόθηκαν από το ΤΚΧ, περιεγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.2.2.1.3. Τα βαθυμετρικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην πλατφόρμα της GEE παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 20 με πράσινο χρώμα τα σημεία που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση (80%) και τα κόκκινα σημεία για την επικύρωση των αποτελεσμάτων.



Διάγραμμα 20: Χρήση βαθυμετρικών δεδομένων πεδίου στη πλατφόρμα της GEE

3.2.2.4.4 Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η ροή εργασίας για την εκτίμηση ΔB μέσω της πλατφόρμας της GEE. Η ροή εργασίας χωρίζεται σε τρία σκέλη, τη συλλογή των δορυφορικών εικόνων, την προ επεξεργασία και την εφαρμογή αλγορίθμων και της επικύρωσης των αποτελεσμάτων. Το πρώτο σκέλος αφορά τη συλλογή μιας χρονοσειράς δορυφορικών εικόνων καθορίζοντας την περιοχή μελέτης, το χρονικό εύρος και το

ποσοστό συνεφοκάλυψης που χρειάζεται για την υλοποίηση των επόμενων βημάτων. Οι δορυφορικές εικόνες που παρέχονται στο βήμα αυτό είναι επιπέδου 2A, δηλαδή οι δορυφορικές εικόνες υποβλήθηκαν σε ραδιομετρικές, γεωμετρικές και ατμοσφαιρικές διορθώσεις. Κάθε δορυφορική εικόνα Level-2A αποτελείται από πλακίδια $100 \times 100 \text{ km}^2$ με χαρτογραφική προβολή UTM/WGS84.

Το δεύτερο σκέλος αφορά την προ επεξεργασία με τη χρήση του GEE για τη δημιουργία ενός μωσαϊκού «καθαρού νερού» που ελαχιστοποιεί την κάλυψη νέφους, τη σκιά των νεφών, τη λάμψη του ήλιου και άλλες διαταραχές, με ένα σύνολο δεδομένων επιφανειακής ανάκλασης Sentinel 2. Η ροή εργασιών της προ-επεξεργασίας αποτελείται από πέντε βασικά βήματα:

1. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η ζώνη μάσκας δυαδικών ψηφίων QA60 που περιέχει πληροφορίες σύννεφων έτσι ώστε να εξαιρέσουμε τα εικονοστοιχεία με σύννεφα
2. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η ζώνη του χάρτη ταξινόμησης σκηνής (SCL) για να καλυφθούν η μη υδάτινες περιοχές, όπως σκιές νεφών, βλάστηση, έδαφος, σύννεφα μέτριας πιθανότητας, σύννεφα υψηλής πιθανότητας. Στο σημείο αυτό χρησιμοποιήθηκαν κατώτατες τιμές της ζώνης για να καλυφθούν φαινόμενα όπως τη λάμψη του ήλιου και των κυματισμών μετά από δοκιμές. Οι κατώτατες τιμές που καθορίστηκαν είναι η πράσινη ζώνη ($b3 > 0,01$), η ζώνη εγγύς υπέρυθρου ($b7 < 0,1$), η ζώνη NIR ($b8 < 0,1$) και η ζώνη Water vapour ($0,005 < b9 < 0,03$)
3. Ακολούθως διαχωρίστηκε η στεριά με την θάλασσα χρησιμοποιώντας τον δείκτη NDWI, επιλέγοντας εικονοστοιχεία με θετικές τιμές NDWI στα σύνολα δεδομένων εισόδου (Εξ. 2)
4. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε πολύγωνο (περιοχή η οποία καλύπτει πέραν των 15 μέτρων βάθους σε όλο το νησί) για τον περιορισμό συλλογής δεδομένων έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος δεδομένων
5. Τέλος πραγματοποιήθηκε η σύνθεση της εικόνας όπου δημιουργείται μια νέα εικόνα με τις διάμεσες τιμές της στοίβας εικονοστοιχείων σε κάθε κανάλι των ήδη προ-επεξεργασμένων εικόνων Sentinel 2 για την απαλοιφή του θορύβου. Τα πλεονεκτήματα χρήσης του διάμεσου φίλτρου μπορείτε να τα βρείτε στο Διάγραμμα 21.
6. Ακολούθησε ο υπολογισμός της ανακλαστικότητας του μωσαϊκού κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας για να αφαιρεθεί το φαινόμενο της επιφάνειας αέρα-νερού

(Εξ. 5)

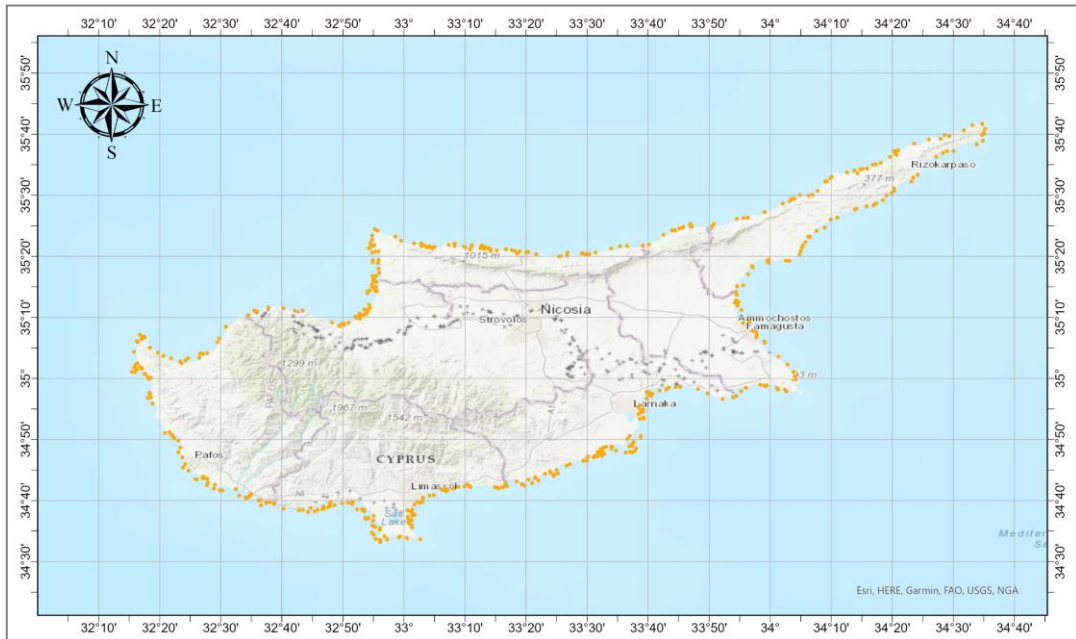


Διάγραμμα 21: Σύνθεση εικόνας με τη χρήση μέσου και διάμεσου φίλτρου

Στο Διάγραμμα 21 φαίνονται τρεις διαφορετικές σκηνές που αφορούν την συλλογή των δορυφορικών εικόνων για την περίοδο από 01/06/2021 μέχρι 01/09/2021, έχοντας θέση τη μέγιστη συννεφοκάλυψη στο 20%. Η περιοχή ενδιαφέροντος επιλέχθηκε στη περιοχή Αμαθούντος της Λεμεσού όπου παρατηρείται σημαντικός θόρυβος λόγο αγκυροβολίων των πλοίων στην περιοχή. Η πρώτη εικόνα αφορά μια δορυφορική εικόνα που πάρθηκε στις 12 Ιουνίου το 2021, η δεύτερη αφορά μωσαϊκό χρονοσειράς της περιόδου που προαναφέρθηκε, χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές, ενώ στην τελευταία εικόνα αφορά μωσαϊκό από την χρονοσειρά χρησιμοποιώντας τη διάμεσο των τιμών των εικονοστοιχείων. Συγκρίνοντας τις πιο πάνω εικόνες, φαίνεται ότι με το φίλτρο του μέσου δεν απαλείφεται πλήρως ο θόρυβος, ενώ τα αποτελέσματα με τη χρήση του φίλτρου της διαμέσου είναι εμφανές πιο βελτιωμένα.

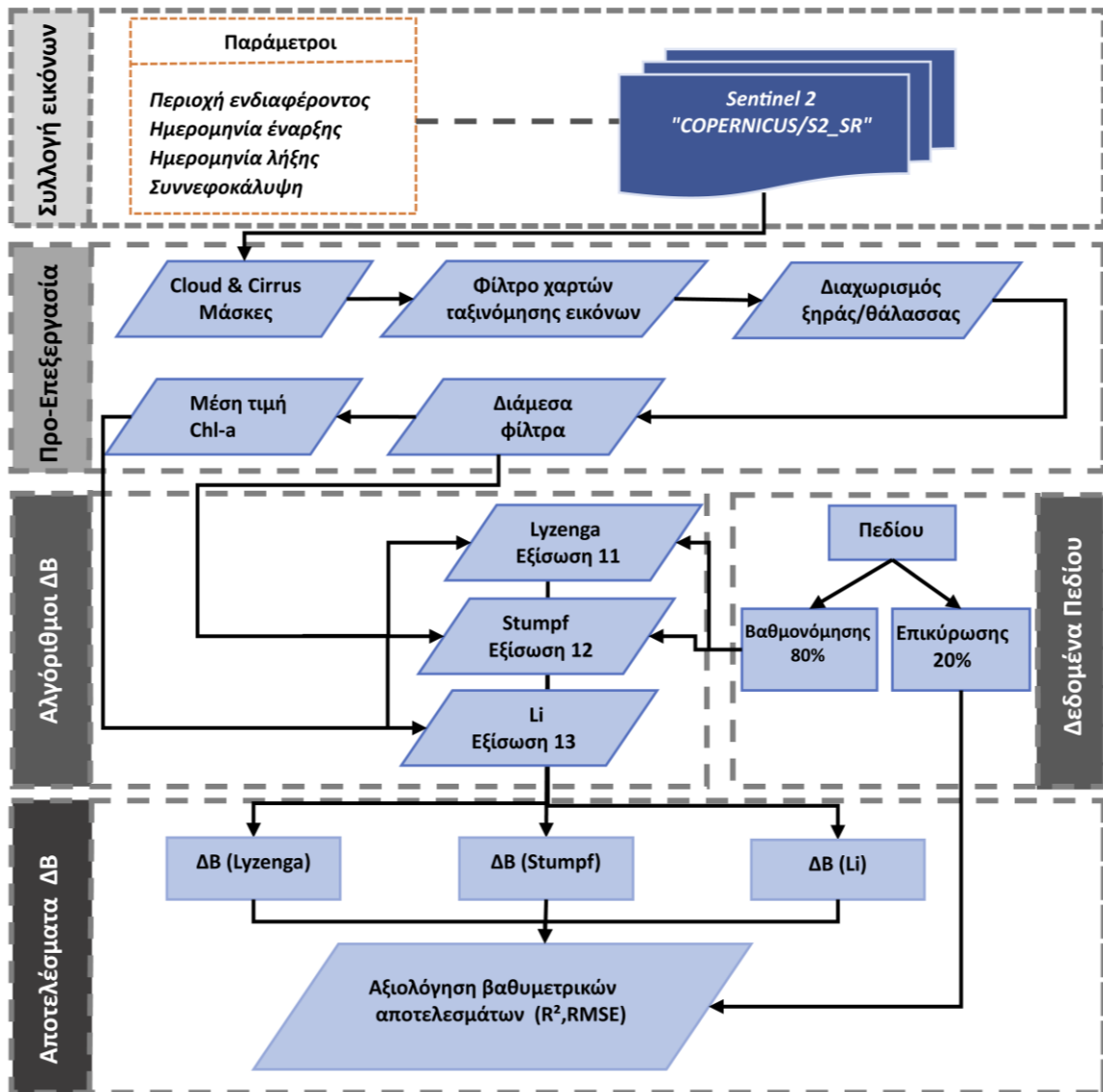
Το τρίτο σκέλος αφορά την εκτίμηση ΔΒ με την εφαρμογή αλγορίθμων και την επικύρωση των αποτελεσμάτων. Το πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή των βαθμετρικών σημείων που μας δόθηκαν από το TKX (Κεφάλαιο 3.2.2.2.3) και ο διαχωρισμός τους σε σημεία βαθμονόμησης (80%) και σημεία επικύρωσης (20%). Ακολούθως εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι. Οι τρεις αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στο εργαλείο αφορούν τον γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών του Lyzenga – Εξ. 11, του αλγόριθμου αναλογίας του Stumpf – Εξ. 12 και του Li – Εξ. 13. Αξίζει να σημειωθεί ότι για να χρησιμοποιηθεί η Εξ. 13, αναγκαίο είναι να εκτιμηθεί η μέση τιμή του φυτοπλαγκτόν – χλωροφύλλης (Chl-a) χρησιμοποιώντας την Εξ. 17. Για να υπολογιστεί

η μέση τιμή χλωροφύλλης, δημιουργήθηκαν 500 τυχαία σημεία σε όλο το νησί της Κύπρου για βάθος μικρότερο των εικοσιπέντε μέτρων.



Διάγραμμα 22: Κατανομή σημείων υπολογισμού μέσης τιμής χλωροφύλλης

Το τελευταίο βήμα της μεθοδολογίας αφορά την εκτίμηση του R^2 και την αξιολόγηση της στατιστικής παραμέτρου του RMSE χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης. Στο Διάγραμμα 23 παρουσιάζονται τα στάδια επεξεργασίας για την παραγωγή βαθυμετρικών χαρτών μέσω της πλατφόρμα GEE.



Διάγραμμα 23: ΔΒ με την χρήση του GEE και τριών εμπειρικών μεθόδων

3.3 Δημιουργία Αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού συγκρούσεων και συμβατοτήτων στα χωρικά ύδατα της Κύπρου

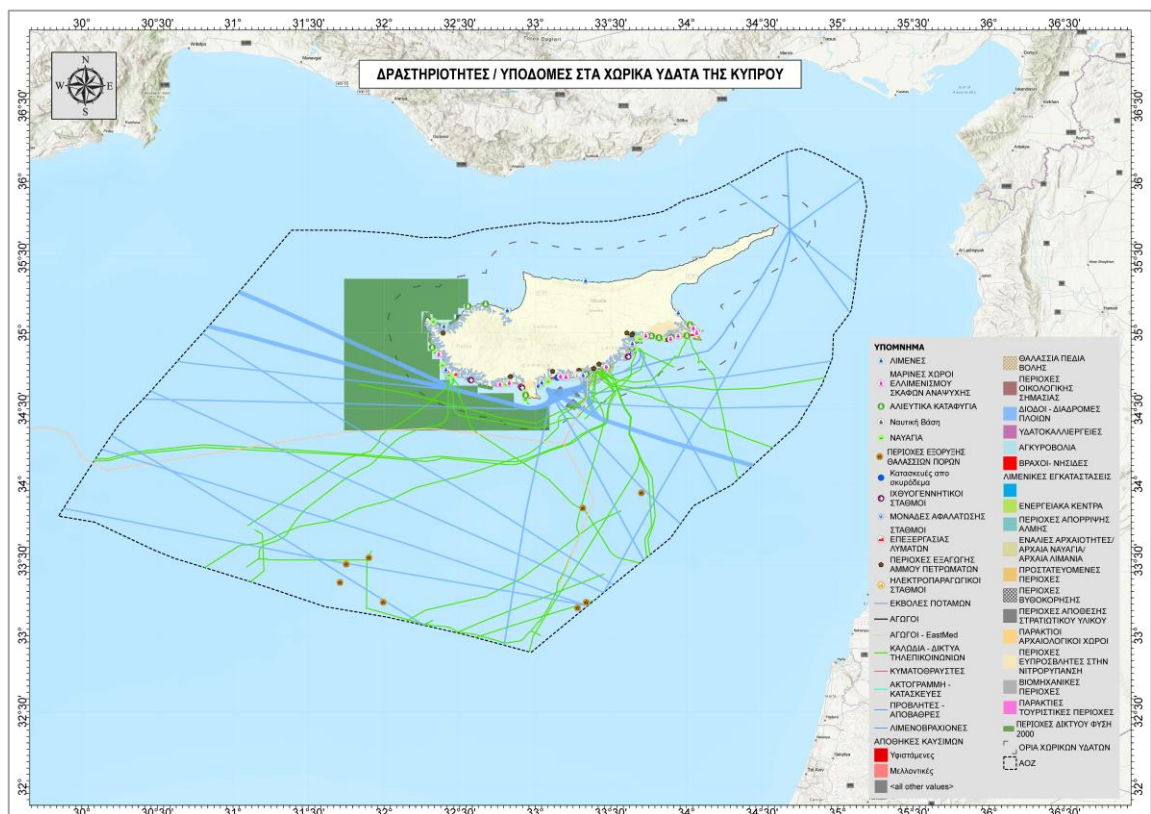
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία δημιουργίας του αυτοματοποιημένου εργαλείου για τον εντοπισμό των συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου. Το αυτοματοποιημένο εργαλείο θα είναι πολύ χρήσιμο στην παρακολούθηση του ΘΧΣ της Κύπρου και την αναθεώρηση των χαρτών Συγκρούσεων και Πυκνοτήτων. Κατά την αναθεώρηση των σχεδίων ενδέχεται να προταθούν καινούργιες δραστηριότητες στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου ή ακόμη να προταθούν αλλαγές στις ακτίνες προστασίας οποιασδήποτε υφιστάμενης δραστηριότητας. Η χρήση του αυτοματοποιημένου εργαλείου μπορεί να δώσει τα αποτελέσματα των συγκρούσεων και των πυκνοτήτων σε πολύ γρήγορο χρονικό διάστημα. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα γεωχωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε κατηγορία (Κεφάλαιο 3.3.1) και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία του αυτοματοποιημένου εργαλείου εκτίμησης πιθανών συγκρούσεων των δραστηριοτήτων στο θαλάσσιο χώρο 3.3.3.

3.3.1 Εισαγωγή γεωχωρικών δεδομένων στο εργαλείο

Βασική προϋπόθεση για την λειτουργία αλλά και τον σωστό εντοπισμό των γεωχωρικών συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου είναι η εισαγωγή των αναθεωρημένων γεωχωρικών δεδομένων στο παράκτιο και θαλάσσιο χώρο. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα βήματα που υλοποιήθηκαν για την σωστή χρήση των γεωχωρικών δεδομένων στο εργαλείο. Το πρώτο βήμα ήταν η συλλογή από το ΤΚΧ και η ταξινόμηση των δεδομένων αυτών, τοποθετώντας τα στην σωστή κατηγορία του Πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων. Το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκαν ήταν στο γνωστό μορφότυπο Shapefile. Κατά την συλλογή των γεωχωρικών δεδομένων υλοποιήθηκε η καταγραφή της γεωμετρίας για κάθε δεδομένο το οποίο βοήθησε στο σχεδιασμό του αυτοματοποιημένου εργαλείου. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την καλύτερη προσέγγιση της υφιστάμενης κατάστασης, τα γεωχωρικά δεδομένα αυτά έτυχαν επεξεργασίας περιλαμβάνοντας μεθόδους της ενοποίησης, γενίκευσης ή αφαίρεσης χαρακτηριστικών πριν την εισαγωγή τους στην βάση δεδομένων. Για παράδειγμα τα δεδομένα των λιμανιών δόθηκαν σαν ένα αρχείο με τις μαρίνες, τα αλιευτικά καταφύγια κτλ. τα οποία έπρεπε να διαχωριστούν. Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις δόθηκαν δεδομένα με τις ακτίνες προστασίας όπως πχ. δεδομένα της κατηγορίας των «Ενάλιων

Αρχαιοτήτων». Η πληροφορία είναι σημαντική κατά την δημιουργία του αυτοματοποιημένου εργαλείου καθώς το εργαλείο το οποίο θα δημιουργεί την ακτίνα προστασίας των δεδομένων, θα πρέπει να αγνοεί δεδομένα τα οποία εισήχθησαν με την ακτίνα προστασίας.




Ολοκληρώνοντας τα πιο πάνω βήματα υλοποιήθηκε η βελτίωση των τελικών δεδομένων για την σωστή οπτικοποίηση τους κατά την παραγωγή χαρτών και αφορούσαν κυρίως την ταξινόμηση των δεδομένων σε κλάσεις και την επιλογή των σωστών συμβόλων, χρωματισμών και γραμματοσειρών. Το Διάγραμμα 24 παρουσιάζει το γενικό χάρτη με όλα τα δεδομένα των δραστηριοτήτων και υποδομών που χρησιμοποιούνται από το εργαλείο και στο Πίνακα 8 παρουσιάζονται τα γεωχωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε κατηγορία και το σχήμα των δεδομένων της κάθε κατηγορίας.



Διάγραμμα 24: Δραστηριότητες/ Υποδομές στην ΑΟΖ της Κύπρου

Πίνακας 8: Κατηγορίες, δεδομένα, σχήμα




A/A	Δραστηριότητες/ χρήσεις/ υποδομές	Δεδομένα	Σχήμα
1.	Ακτογραμμή - Κατασκευές	Coastline ArtificialCoastline	
2.	Βράχοι- Νησίδες	Islets	
3.	Ναυάγια	WrecksAsPoints	
4.	Αγωγοί	Pipelines EastMed	
5.	Καλώδια - Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών	SubmarineCables UnderPermissionSubmarineCables	
6.	Περιοχές Λουομένων	SwimmingAreaLimit	
7.	Εκβολές Ποταμών	HydroLine	
8.	Λιμένες - Λιμενικές Εγκαταστάσεις	PortAreas Ports	
9.	Αγκυροβολιά	AncoragesAsAreas	
10.	Δίοδοι - Διαδρομές Πλοίων (Ναυσιπλοΐα)	AreaofShipRoutes	
11.	Προβλήτες - Αποβάθρες - Λιμενοβραχίονες	ArtificialCoastline	
12.	Περιοχές εξόρυξης θαλάσσιων πόρων	HydrocarbonDrills	
13.	Μαρίνες Χώροι Ελλιμενισμού Σκαφών Αναψυχής	Ports	
14.	Βιομηχανικές Περιοχές	Planning Zones	
15.	Ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί / Ενεργειακά κέντρα	PowerStations EnergyCenters	
16.	Αποθήκες καυσίμων	FuelStorages	
17.	Περιοχές εξαγωγής άμμου πετρωμάτων	QuarryingLeasesPt	

18.	Κυματοθραύστες	MSPBreakwaters	
19.	Αλιευτικά καταφύγια	Ports	
20.	Προστατευόμενες / Απαγορευμένες περιοχές αλιείας	SpatialFisheryRestrictions MarineProtectedAreas CetaceanProtectedAreas	
21.	Τεχνητοί ύφαλοι	ArtificialReefs	
22.	Υδατοκαλλιέργειες	Aquaculture	
23.	Ιχθυογεννητικοί σταθμοί	FishNurseryStation	
24.	Περιοχές βυθοκόρησης	DredgedAreas	
25.	Περιοχές Δικτύου Φύση 2000	NaturaAreas	
26.	Περιοχές οικολογικής σημασίας	Areas_ecological_importance	
27.	Μονάδες αφαλάτωσης	DesalinationPlants	
28.	Περιοχές απόρριψης άλμης	DesalinationDisposalArea	
29.	Σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων Περιοχές απόθεσης επεξεργασμένου νερού	WasteTreatmentPlants WastePumpingStations	
30.	Θαλασσιά πεδία βολής	FiringAreas	
31.	Περιοχές απόθεσης στρατιωτικού υλικού	DumpingSiteArea	
32.	Παράκτιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις	Ports	
33.	Ενάλιες αρχαιότητες/Αρχαία ναυάγια/ Αρχαία λιμάνια	MaritimeAntiquitiesAreas	
34.	Παράκτιοι αρχαιολογικοί χώροι	DOA_ControlledAreas UNESCO_Monuments	
35.	Παράκτιες τουριστικές περιοχές	Planning Zones	
36.	Περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση	NitrateVulnerableZones	

3.3.2 Δημιουργία βαθυμετρικού Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους για την ΑΟΖ της Κύπρου

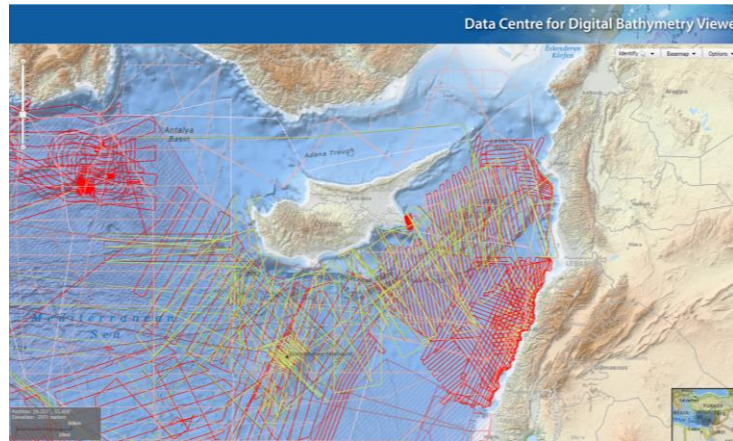
Για το σκοπό της μελέτης αυτής, ένα από τα βασικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθεί στο αυτοματοποιημένο εργαλείο είναι το βαθυμετρικό Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (βΨΜΕ) για όλη την ΑΟΖ της Κύπρου. Η παροχή ανοιχτών βαθυμετρικών δεδομένων από διάφορες υπηρεσίες όπως την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ (NOAA), τον Γενικό Βαθυμετρικός Χάρτης των Ωκεανών (GEBCO) είτε από το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Θαλάσσιων Παρατηρήσεων και Δεδομένων (EMODnet) είναι μια λύση για την χρήση τους στο αυτοματοποιημένο εργαλείο. Παρόλα αυτά οι *Cesbron et al.*, το 2021 παρουσίασαν τον Πίνακα 9 με λεπτομέρειες σχετικά με την ανάλυση του πλέγματος των ανοιχτών βαθυμετρικών υπόβαθρων, επισημαίνοντας ότι τα παγκόσμια βαθυμετρικά δεδομένα είναι λιγότερο ακριβή σε ρηγά νερά αφού η κατακόρυφη και χωρική ανάλυση είναι ανεπαρκής.

Πίνακας 9: Ανοικτά ψηφιακά βαθυμετρικά υπόβαθρα

Οργανισμός	Ανάλυση πλέγματος	Κάλυψη
NOAA – ETOPO 1	 1 arcmin ~ (1.85 km)	Παγκόσμια
GEBCO	 1/4 arc min ~ (463 m)	Παγκόσμια
EMODnet	 1/16 arc min ~ (115m)	Ευρώπη

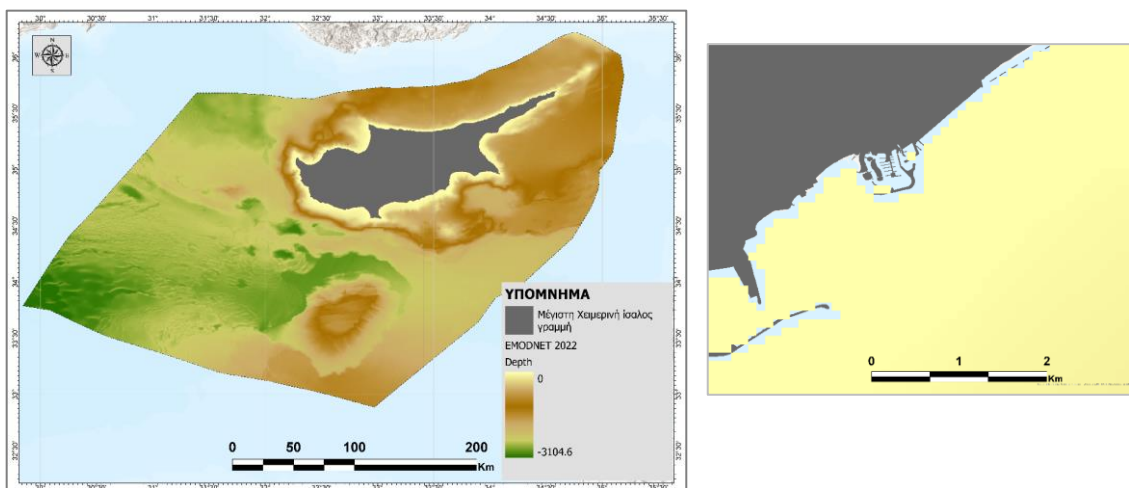
Για τις ανάγκες της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκε το βΨΜΕ της EMODnet για τα βαθιά νερά καθώς έχει την καλύτερη ανάλυση πλέγματος. Στο Διάγραμμα 25 παρουσιάζονται οι Βαθυμετρικές έρευνες πολλαπλής δέσμης που αρχειοθετήθηκαν από την EMODnet και οι βαθυμετρικές έρευνες μονής δέσμης που αρχειοθετήθηκαν στο NOAA NCEI / IHO DCDB και δίνονται από το Κέντρο Δεδομένων Ψηφιακής Βαθυμετρίας (Data Center for Digital Bathymetry - DCDB) της IHO. Η IHO DCDB η ιδρύθηκε το 1990 για τη διαχείριση της παγκόσμιας συλλογής βαθυμετρικών δεδομένων και παρουσιάζει μέσω της πλατφόρμα IHO DCDB Data Viewer βαθυμετρικά δεδομένα από υπηρεσίες του NOAA, της ENODnet και άλλων υπηρεσιών. Πέραν αυτών των

βαθυμετρικών δεδομένων, το βΨΜΕ της EMODnet χρησιμοποιεί δεδομένα και τα υδρογραφικά γραφεία κάθε κράτους, την βιομηχανία και ερευνητικά ινστιτούτα, τα οποία δεν είναι διαθέσιμα προς το κοινό για λόγους ασφαλείας και εμπιστευτικότητας (EMODnet, 2023; Wöfl et al., 2019).



Διάγραμμα 25: Βαθυμετρικές έρευνες στην ΑΟΖ της Κύπρου (πλατφόρμα DCDB Data Viewer – Πηγή: https://www.ncei.noaa.gov/maps/iho_dcdb/)

Για την δημιουργία του βΨΜΕ στην μελέτη αυτή, χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά αρχεία από τα πλακίδια του κανάβου της EMODnet (G7,G8,F7,F8) τα οποία ενοποιήθηκαν για την δημιουργία ενός ενιαίου ψηφιδωτού. Παρατηρώντας το ψηφιδωτό της EMODnet, η χωρική ανάλυση δεν είναι ικανοποιητική και αρκετή πληροφορία στις παράκτιες περιοχές δεν είναι διαθέσιμη (Διάγραμμα 26).



Διάγραμμα 26: Βαθυμετρικό ΨΜΕ της EMODnet

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα που δόθηκαν από το ΤΚΧ είναι ισοβαθείς, στην μελέτη αυτή θα παραχθούν ισοβαθείς από τις άλλες δυο πηγές δεδομένων για να

δημιουργηθεί ένα νέο βΨΜΕ υψηλότερης χωρικής ανάλυσης. Από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την δημιουργία ενός βΨΜΕ με την χρήση ισοβαθών, έδειξαν ότι η ακρίβεια εξαρτάται από το κατακόρυφο διάστημα μεταξύ των γραμμών αλλά και από το μέγεθος του κελιού του βΨΜΕ που προκύπτει από την ανάλυση. Επίσης με την χρήση ισοβαθών με μεγάλο κατακόρυφο διάστημα παρατηρήθηκε ότι χάνεται αρκετή χωρική πληροφορία (Li et al., 2017; Taud et al., 1999; Ziadat, 2007). Έτσι στόχος στην μελέτη αυτή είναι η δημιουργία ενός βΨΜΕ υψηλής χωρικής ανάλυσης με όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, δίνοντας έμφαση στην γενική κατανόηση του ανάγλυφου του βυθού και όχι τόσο στην ακριβή εκτίμηση των υψομέτρων.

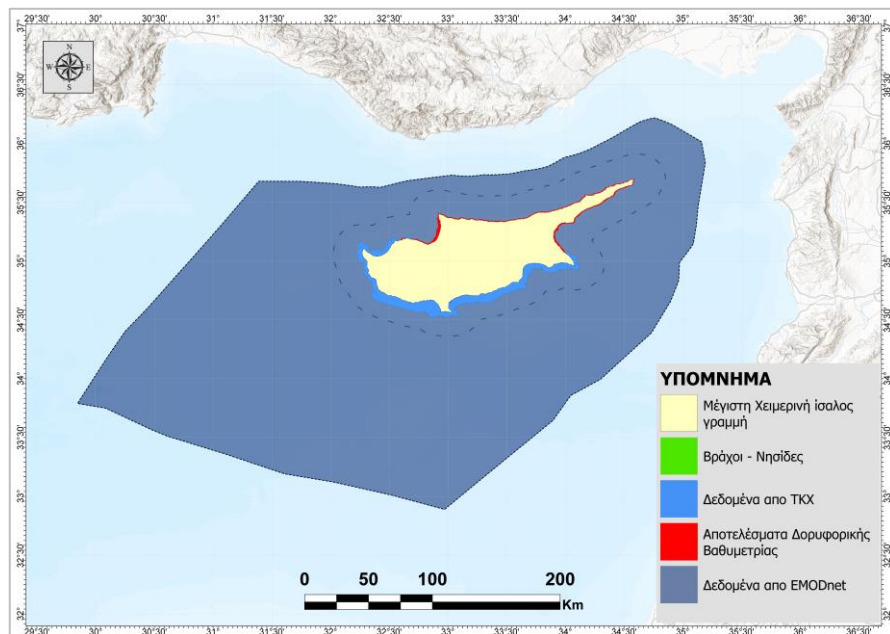
Πέραν των βαθυμετρικών δεδομένων της EMODnet, χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα που δόθηκαν από το TKX έως τα διακόσια εξήντα μέτρα βάθος και τα αποτελέσματα της ΔΒ για τις περιοχές όπου δεν ήταν διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο βΨΜΕ της EMODnet έχει αναθεωρηθεί το 2021 για την κάλυψη παράκτιων ζωνών γύρω από την Κύπρο με ΔΒ και την χρήση των δορυφόρων Sentinel 2 και Landsat (EMODnet, 2023). Παρόλα αυτά και λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη ενός βΨΜΕ μικρότερης ανάλυσης για μελέτη αυτή, δημιουργήθηκε ένα νέο ΨΜΕ χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που δόθηκαν από το TKX, από την πλατφόρμα της EMODnet και τα αποτελέσματα της ΔΒ που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4.2.4. Για την υλοποίηση των παρακάτω βημάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS Pro . Τα βασικά βήματα δημιουργίας του βΨΜΕ είναι τα ακόλουθα: α) η δημιουργία ισοβαθών από τα αποτελέσματα της ΔΒ ορίζοντας το κατακόρυφο διάστημα στα πέντε μέτρα για να συμβαδίζουν με τις ισοβαθείς του TKX και η δημιουργία ισοβαθών από το ψηφιδωτό της EMODnet, β) αποκοπή ισοβαθών EMODnet και ΔΒ, γ) δημιουργία ψηφιδωτού υψηλής χωρικής ανάλυσης.

Ξεκινώντας από τα διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα που δόθηκαν από το TKX, πέραν των σημειακών δεδομένων μέχρι πενήντα μέτρα βάθος (Διάγραμμα 14), δόθηκαν και ισοβαθείς που καλύπτουν μέχρι και διακόσια εξήντα μέτρα βάθος. Για την δημιουργία του βΨΜΕ της ΑΟΖ της Κύπρου, χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα δεδομένα των ισοβαθών. Οι ισοβαθείς αυτές έχουν κατακόρυφο διάστημα πέντε μέτρων μέχρι τα εξήντα μέτρα βάθος ενώ οι υπόλοιπες έχουν κατακόρυφο διάστημα είκοσι μέτρων βάθους.

Για τα αποτελέσματα της ΔΒ, απομονώθηκε το ψηφιδωτό για τις περιοχές στα ρηχά νερά όπου δεν ήταν εφικτές οι μετρήσεις πεδίου χρησιμοποιώντας το πολύγωνο με κόκκινο

χρώμα (Διάγραμμα 27). Στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι ισοβαθείς, καθορίζοντας το διάστημα των ισοβαθών στα πέντε μέτρα, όσο διάστημα έχουν και οι ισοβαθείς του ΤΚΧ στις παράκτιες περιοχές.

Για τα δεδομένα της EMODnet, χρησιμοποιήθηκε το ενοποιημένο ψηφιδωτό για την δημιουργία ισοβαθών ανά πενήντα μέτρα έως τα διακόσια πενήντα μέτρα βάθος και ανά εκατό για τα πιο βαθιά. Για τις περιοχές όπου υπήρχαν δεδομένα από το ΤΚΧ, αφαιρέθηκαν τα δεδομένα της EMODnet. Εδώ να επισημανθεί ότι κατά την μετατροπή του ψηφιδωτού σε ισοβαθείς, χάνεται χωρική πληροφορία.



Διάγραμμα 27: Περιοχές δεδομένων

Αφού ετοιμάστηκαν οι ισοβαθείς, με την χρήση του λογισμικού ArcGIS Pro, πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Create TIN» και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4.3 παρακάτω.

3.3.3 Μεθοδολογία δημιουργίας εργαλείου

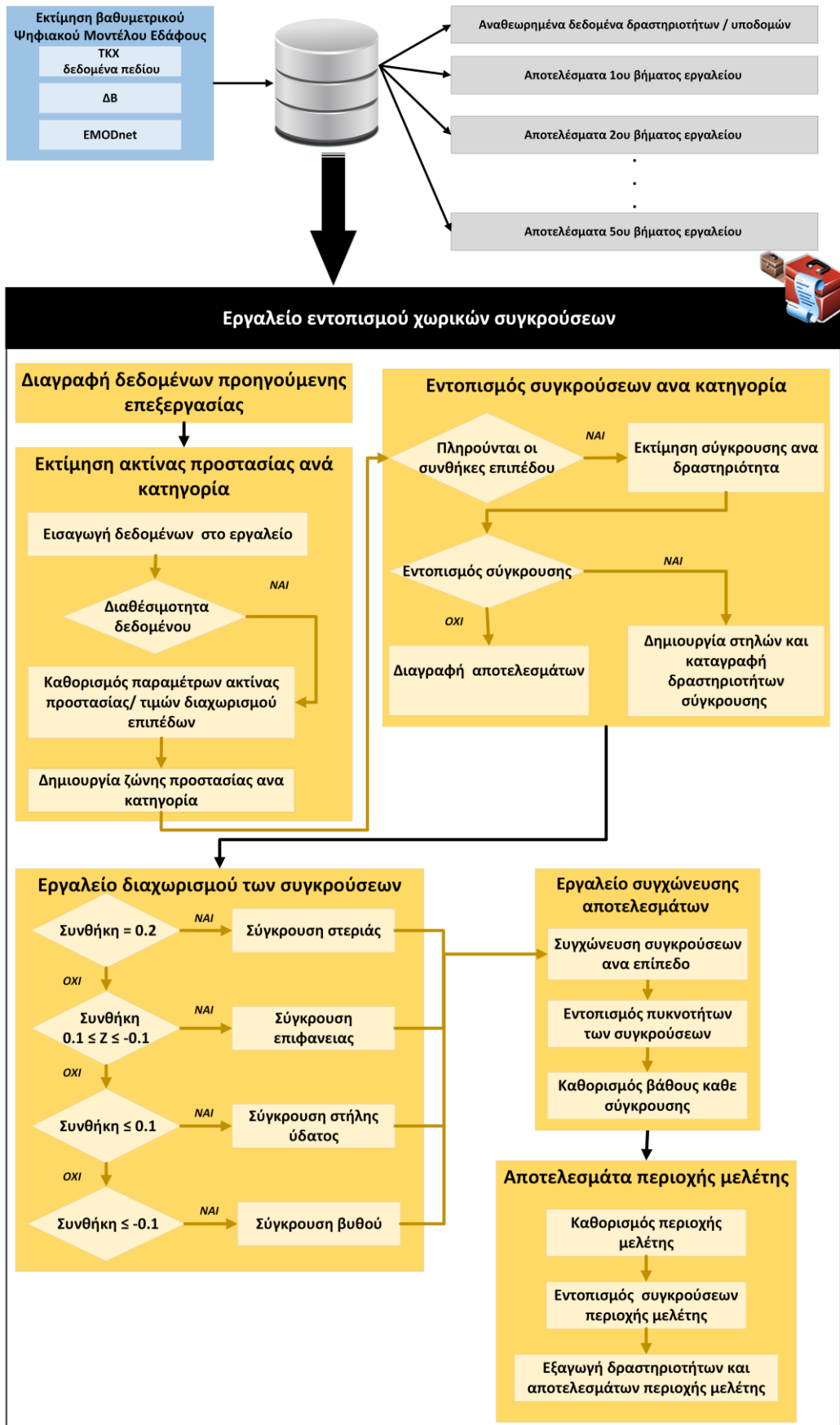
Στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας για την δημιουργία του εργαλείου περιγράφεται ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων και μιας εργαλειοθήκης η οποία έχει την δυνατότητα υπολογισμού των θαλάσσιων συγκρούσεων των δραστηριοτήτων στα θαλάσσια χωρικά ύδατα της Κύπρου.

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS Pro για την αυτοματοποίηση των βημάτων που πρέπει να υλοποιηθούν ούτως ώστε να παρέχεται ένα χρήσιμο

εργαλείο, εύκολο στο χειρισμό και εξοικονόμησης χρόνου στην εκτίμηση πιθανών συγκρούσεων. Το λογισμικό ArcGIS Pro προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών μοντέλων με βάση τις απαιτήσεις της έρευνας. Για την δημιουργία του αυτοματοποιημένου εργαλείου χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή του ArcGIS Pro, η οποία ονομάζεται Model builder και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, την επεξεργασία και τη διαχείριση μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά είναι ροές εργασίας συνδυάζοντας τα εργαλεία γεωεπεξεργασίας με τα δεδομένα εισόδου και τα δεδομένα εξόδου άλλου εργαλείου γεωεπεξεργασίας. Το μοντέλο που δημιουργείται από την εφαρμογή Model builder θεωρείται ως μια οπτική γλώσσα προγραμματισμού δημιουργίας ροών εργασίας έχοντας την δυνατότητα με την χρήση των δεδομένων εισόδου να εκτελεί μια σειρά από εργαλεία έως ότου δημιουργηθεί το τελικό δεδομένο εξόδου (Environmental Systems Research Institute (Esri), 2023c).

Για την δημιουργία του αυτοματοποιημένου εργαλείου υλοποιήθηκαν τα πιο κάτω βήματα και παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 28:

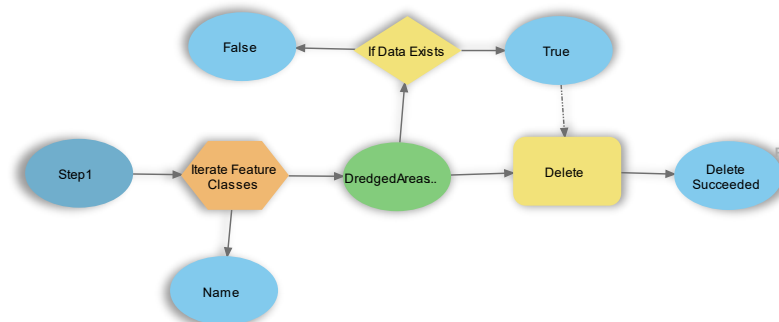
- Εισαγωγή βΨΜΕ
- Διαγραφή αποτελεσμάτων προηγούμενης επεξεργασίας
- Δημιουργία της ακτίνας ζώνης προστασίας ανά δραστηριότητα/ χρήση/ υποδομή
- Εντοπισμός συγκρούσεων μεταξύ όλων των δραστηριοτήτων
- Διαχωρισμός συγκρούσεων ανά κατηγορία
- Συγχώνευση δεδομένων ανά περιοχή (στεριά, επιφάνεια της θάλασσας και βυθό) των συγκρούσεων - Υπολογισμός των πυκνοτήτων των συγκρούσεων -Συσχέτιση βαθυμετρίας με δραστηριότητες/υποδομές που παρατηρούνται στο βυθό της θάλασσας
- Καθορισμός περιοχής μελέτης και εξαγωγή αποτελεσμάτων συγκρούσεων και πυκνοτήτων



Διάγραμμα 28: Βήματα υλοποίησης αυτοματοποιημένου εργαλείου

Αρχικά, βασικό βήμα πριν τον σχεδιασμό και υλοποίηση του εργαλείου, ήταν ο σχεδιασμός και η δημιουργία μιας γεωβάσης, στην οποία θα αποθηκεύονται όλα τα διαθέσιμα γεωχωρικά δεδομένα που χρειάζονται για την δημιουργία του εργαλείου αλλά και τα αποτελέσματα που θα εξαγάγει το τελικό μοντέλο. Στην συνέχεια εισήχθησαν στην βάση δεδομένων τα γεωχωρικά δεδομένα που συλλέχθηκαν (κεφάλαιο 3.3.1) και το βΨΜΕ ακολουθώντας την μεθοδολογία που περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 3.3.2.

Αφού ολοκληρώθηκε η δημιουργία και η εισαγωγή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε η δημιουργία εννέα κατηγοριών δεδομένων (feature datasets), ένα για κάθε μοντέλο που θα τρέχει ξεχωριστά και όπου θα αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα. Το πρώτο εργαλείο που δημιουργήθηκε χρησιμοποιείται για την διαγραφή των αποτελεσμάτων των εννέα «feature datasets» της προηγούμενης επεξεργασίας. Αυτό πραγματοποιείται ούτως ώστε τα αποτελέσματα της παλιάς επεξεργασίας να μην χρησιμοποιηθούν στη νέα επεξεργασία και να δοθούν λανθασμένα αποτελέσματα. Έτσι δημιουργήθηκαν εννέα μικρά εργαλεία, ένα για κάθε «feature dataset» που το κάθε ένα διαγράφει τα δεδομένα της προηγούμενης επεξεργασίας.



Διάγραμμα 29: Εργαλείο διαγραφής δεδομένων προηγούμενης επεξεργασίας

Το δεύτερο βήμα αφορά την δημιουργία ενός εργαλείου που δημιουργεί τις ακτίνες προστασίας. Στο εργαλείο αυτό εισήχθησαν τα δεδομένα που δόθηκαν από το ΤΚΧ (δεδομένα εισόδου) και αφορούν τις κατηγορίες των δραστηριοτήτων από το Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων. Έχουν χρησιμοποιηθεί σαράντα ένα (41) δεδομένα από την βάση δεδομένων για τις τριάντα έξι (36) κατηγορίες του πίνακα. Η διαφορά στον αριθμό των δεδομένων από τις κατηγορίες του Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων που παρατηρείται είναι γιατί σε μερικές κατηγορίες έχουν δυο δεδομένα με διαφορετική ζώνη προστασίας όπως για παράδειγμα οι υποβρύχιοι αγωγοί με τον προτεινόμενο αγωγό φυσικού αερίου «EASTMed» που θα συνδέει την Ανατολική Μεσόγειο με την

ηπειρωτική Ελλάδα μέσω της Κύπρου και της Κρήτης. Λόγω του ότι τα γεωχωρικά δεδομένα στο μέλλον μπορεί να αλλάξουν ή κάποια από αυτά μπορεί να συγχωνευθούν με κάποια άλλη δραστηριότητα/υποδομή, πριν οποιαδήποτε επεξεργασία των δεδομένων, πραγματοποιείται έλεγχος για το εάν υπάρχουν στην βάση δεδομένων όλα τα δεδομένα με την εντολή «If Data Exist». Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμο κάποιο από τα δεδομένα, το εργαλείο αυτόματα δεν θα το λάβει υπόψη στα επόμενα βήματα.

Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν οι ακτίνες ζώνης προστασίας για κάθε κατηγορία ξεχωριστά καθορίζοντας τις ακτίνες ως παραμέτρους του μοντέλου. Αυτές οι παράμετροι αφορούν τις ακτίνες ζώνης προστασίας που παρουσιάζονται κατά την εκκίνηση του εργαλείου και επιτρέπει στον χρήστη να καθορίσει διαφορετικές τιμές κάθε φορά που θα τρέχει το εργαλείο. Οι παράμετροι που ορίστηκαν για τις ακτίνες της ζώνης προστασίας έχουν δημιουργηθεί με βάση τον Πίνακα 3 και την χρήση του εργαλείου «Buffer». Λαμβάνοντας υπόψη ότι κάποιες συγκρούσεις των δραστηριοτήτων ή υποδομών αφορούν μόνο συγκρούσεις στεριάς ή θάλασσας, αφαιρέθηκε η ακτίνα ζώνης προστασίας αναλόγως που εμπίπτει η δραστηριότητα/υποδομή. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για να υλοποιηθεί αυτό το βήμα είναι το πολύγωνο της Γραμμής αιγιαλού και τα εργαλεία «Erase» εάν αφορούσαν δεδομένα που πραγματοποιούνται στη θάλασσα ή το εργαλείο «Clip» για δεδομένα που πραγματοποιούνται στη στεριά. Στην συνέχεια, με την χρήση των εντολών «Add Field» και «Calculate Field», προστίθενται και συμπληρώνονται αυτόματα δυο στήλες. Στην πρώτη στήλη συμπληρώνεται η ονομασία του δεδομένου όπως δίνεται στον πίνακα συγκρούσεων και συμβατοτήτων και η δεύτερη στήλη με τις τιμές ανάλογα που βρίσκεται η κάθε μια από τις δραστηριότητες (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Τιμές διαχωρισμού των δεδομένων

Περιοχή δραστηριότητας / υποδομής	Τιμές
Στεριάς	0,2
Επιφάνειας	0,1
Στήλη Ύδατος	-0,1
Βυθού	-100

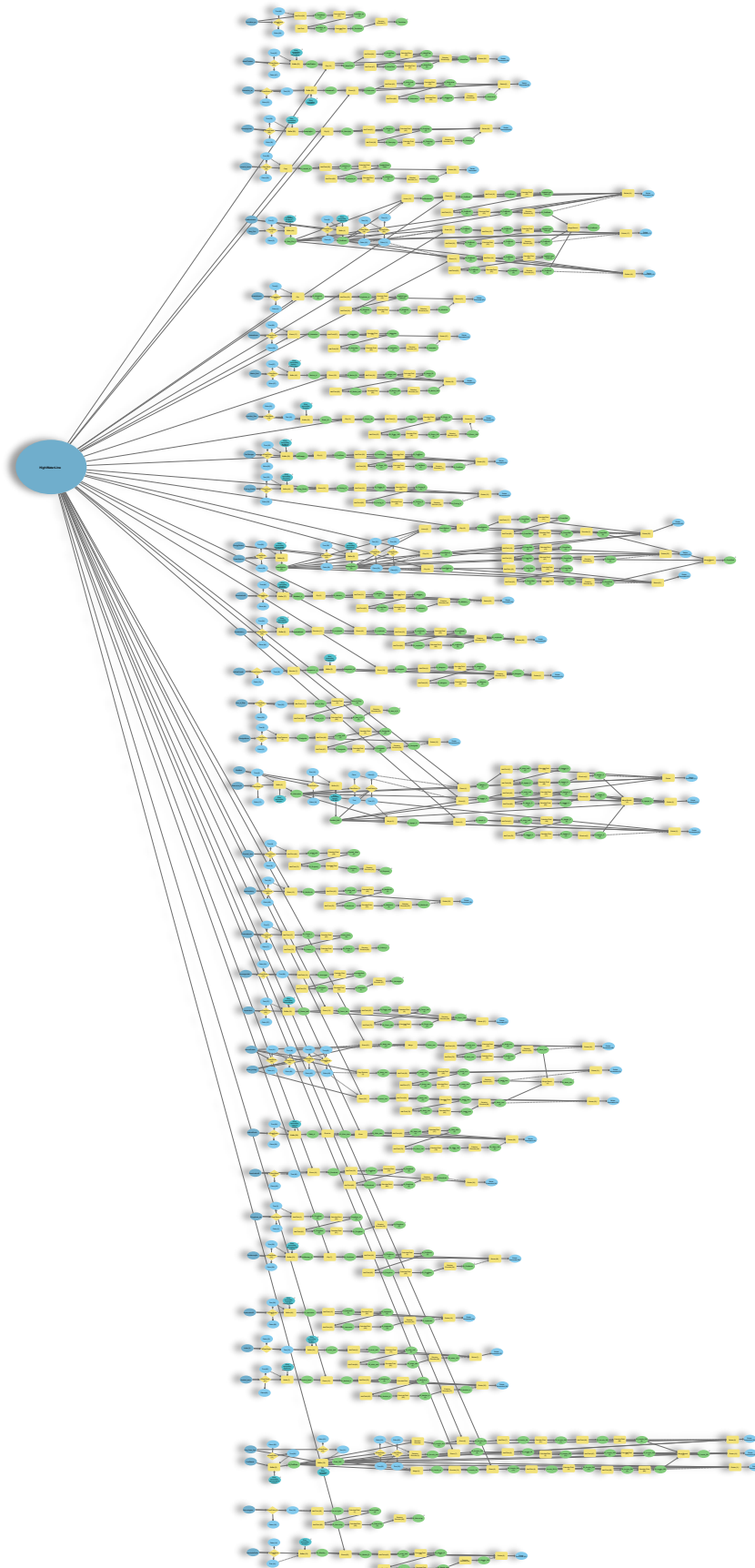
Στο Διάγραμμα 31 παρουσιάζεται το διάγραμμα του εργαλείου δημιουργίας των ακτινών ζώνης προστασίας όπως παρουσιάζεται στο Model Builder. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, υπάρχουν κύκλοι τριών διαφορετικών χρωμάτων και κίτρινα ορθογώνια. Οι κύκλοι με μπλε χρώμα είναι τα δεδομένα εισόδου στο εργαλείο (δεδομένα της βάσης δεδομένων) ενώ με γαλάζιο χρώμα είναι οι παράμετροι που καθορίζονται για κάθε εντολή. Στο μοντέλο αυτό, οι παράμετροι που καθορίστηκαν είναι η ακτίνα ζώνης προστασίας σε μέτρα χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Buffer». Οι κύκλοι με πράσινο χρώμα αφορούν τα δεδομένα που εξήχθησαν από κάθε επεξεργασία. Τα κίτρινα ορθογώνια αφορούν τα εργαλεία που καθορίστηκαν για τον υπολογισμό των ζωνών προστασίας.

Αναπαράγοντας το εργαλείο αυτό ανοίγει ένα παράθυρο όπως φαίνεται στην Διάγραμμα 30. Κατά την επιλογή του εργαλείου αυτού, απεικονίζονται οι προκαθορισμένοι παράμετροι οι οποίοι έχουν ρυθμιστεί από τον Πίνακα 8. Ο αριθμός των παραμέτρων του εργαλείου αυτού είναι είκοσι πέντε (25) και μπορούν να αλλάξουν από το χρήστη αν τυχόν χρειαστεί.

The screenshot shows the 'Geoprocessing' window with the title 'Final Step 0000 - RUN ALL STEPS'. It features a 'Parameters' tab and a list of input parameters for buffer zones. Each parameter includes a text input field, a numerical value, and a unit dropdown menu set to 'Meters'.

Parameter Name	Value	Unit
Ζώνη προστασίας βράχων - νησίδων	100	Meters
Ζώνη προστασίας ναυαγίων	500	Meters
Ζώνη προστασίας λιμανιών	500	Meters
Ζώνη προστασίας παράκτιων στρατιωτικών εγκαταστάσεων	500	Meters
Ζώνη προστασίας Μονάδων αφαλάτωσης	500	Meters
Ζώνη προστασίας σταθμών επεξεργασίας λυμάτων	1000	Meters
Ζώνη προστασίας εγκαταστάσεων λιμανιού	500	Meters

Διάγραμμα 30: Παράθυρο εργαλείου καθορισμού ακτίνας επιρροής



Διάγραμμα 31: Δημιουργία της ακτίνας ζώνης προστασίας

Το επόμενο μοντέλο αφορά τον εντοπισμό όλων των συγκρούσεων στο οποίο δημιουργήθηκαν τριάντα πέντε (35) υπο-μοντέλα έχοντας σαν οδηγό τον Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων για κάθε μια από τις δραστηριότητες. Σε κάθε ένα από τα υπο-μοντέλα, το πρώτο βήμα είναι η χρήση του εργαλείου «If Data Exist» για έλεγχο ύπαρξης δεδομένων στην βάση δεδομένων. Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος των τιμών που καθορίστηκαν στον Πίνακα 10 χρησιμοποιώντας το εργαλείο «If Field Value is». Ανάλογα με τις θέσεις των δραστηριοτήτων / υποδομών και τις τιμές που δόθηκαν, καθορίστηκαν οι πιο κάτω συνθήκες (Πίνακας 11) έτσι ώστε το εργαλείο ελέγξει εάν υπάρχει πραγματική σύγκρουση μεταξύ των δραστηριοτήτων στο χώρο.

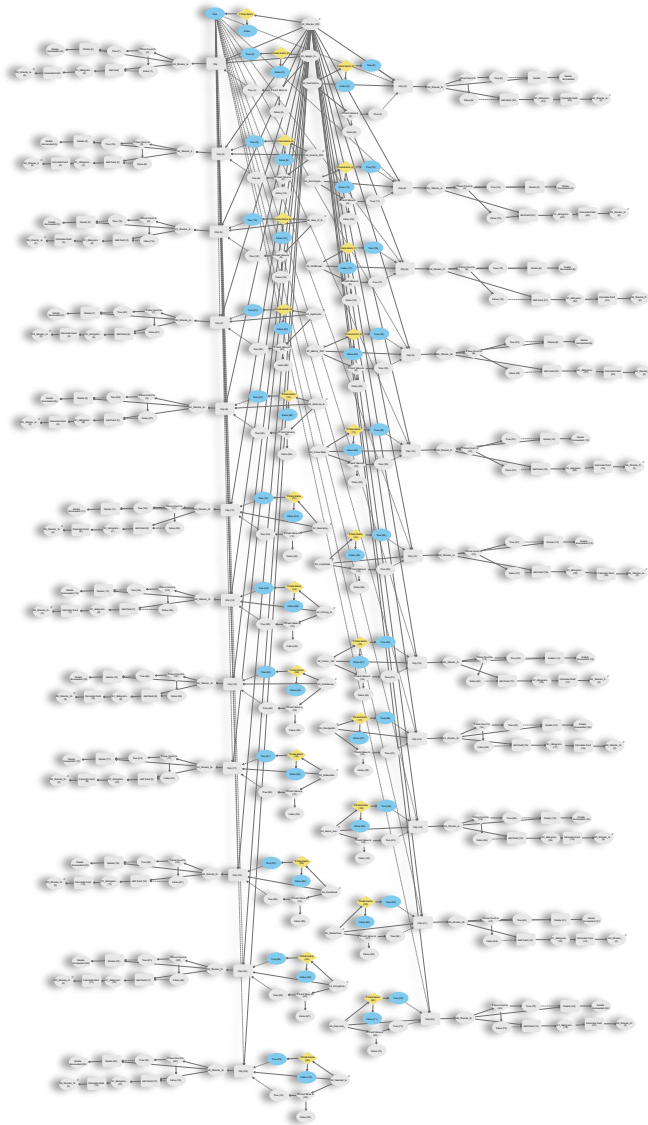
Πίνακας 11: Συνθήκες σύγκρουσης δραστηριοτήτων / υποδομών

Δραστηριότητα / υποδομή	Σύγκρουση εάν ισχύουν οι πιο κάτω συνθήκες
Στεριάς	$Z = 0.2$
Επιφάνειας	$0.1 \leq Z \leq -0.1$
Στήλη Ύδατος	$Z \leq 0.1$
Βυθού	$Z \leq -0.1$

Μετά τον έλεγχο των πιο πάνω συνθηκών, το μοντέλο προχωρά με τον εντοπισμό των χωρικών συγκρούσεων χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Clip» για όλα τα κόκκινα κελιά του Πίνακα Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων. Σε περίπτωση που το δεδομένο εξόδου της εντολής έχει κενό πίνακα χαρακτηριστικών, δηλαδή δεν εντοπίζει κάποια σύγκρουση μεταξύ των δραστηριοτήτων, διαγράφει το αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας την εντολή «If Row Count is» και «Delete». Σε αντίθετη περίπτωση, όταν το εργαλείο εντοπίζει σύγκρουση, δημιουργείται μια στήλη με το εργαλείο «Add Field» και συμπληρώνεται η δραστηριότητα/υποδομή που έρχεται σε σύγκρουση. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα υπο-μοντέλα αυτά μπορούν να προστεθούν εργαλεία ή ακόμη να αφαιρεθούν σε περίπτωση που ο Πίνακας των Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων αναθεωρηθεί.

Το τελικό αποτέλεσμα που δίνει το υπο-μοντέλο είναι δυο στήλες με την ονομασία των δραστηριοτήτων / υποδομών που εντοπίζεται η σύγκρουση καθώς επίσης και η τιμή που καθορίζει το επίπεδο που εντοπίστηκε η σύγκρουση. Στο Διάγραμμα 32 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα με το εργαλείο που υπολογίζει τις συγκρούσεις των ναυαγίων με τις

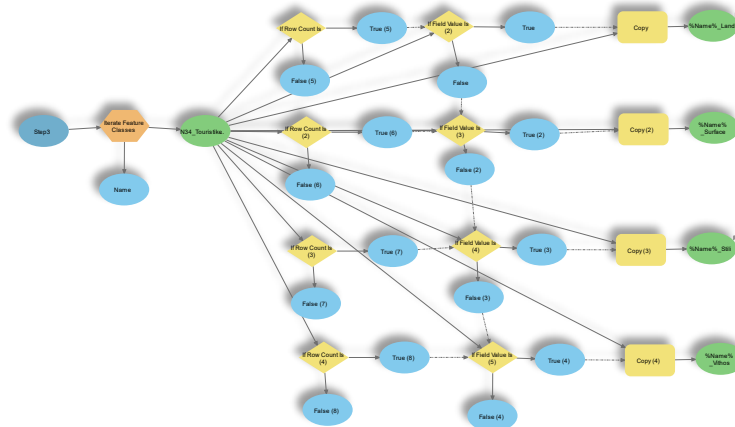
υπόλοιπες δραστηριότητες. Όπως παρατηρείται, όλα τα εργαλεία φαίνονται με γκρίζο χρώμα που υποδεικνύει ότι το εργαλείο δεν είναι έτοιμο να τρέξει. Αυτό συμβαίνει γιατί όλα τα υπο-μοντέλα υπολογισμού των συγκρούσεων, συμπεριλαμβανομένου και των ναυαγίων, δεν χρησιμοποιούν στατικές εισόδους αλλά δυναμικές οι οποίες ορίστηκαν ως παράμετροι (Environmental Systems Research Institute (Esri), 2023a). Έτσι για να μπορούν να τρέξουν αυτά τριανταπέντε υπο-μοντέλα, υπάρχει η προϋπόθεση ενοποίησης τους με το προηγούμενο μοντέλο δημιουργίας των ζωνών προστασίας χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εξόδου σαν δεδομένα εισόδου.



Διάγραμμα 32: Εντοπισμός συγκρούσεων των δραστηριοτήτων / χρήσεων / υποδομών

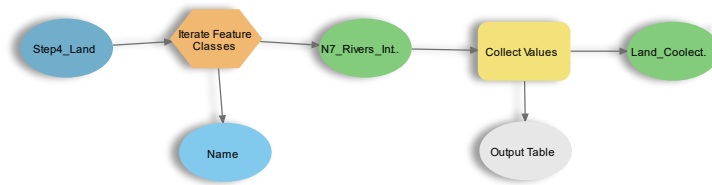
Το επόμενο μοντέλο που δημιουργήθηκε διαχωρίζει τα αποτελέσματα της προηγούμενης επεξεργασίας και αποθηκεύονται ανά κατηγορία σε ένα νέο «Feature Dataset» ανάλογα με την συνθήκη που ισχύει (στεριά, επιφάνεια, στήλη ύδατος, βυθός). Το πρώτο εργαλείο

που χρησιμοποιήθηκε στο βήμα εδώ είναι το «Iterate Feature Classes» το οποίο χρησιμοποιείται έτσι ώστε όλα τα δεδομένα που βρίσκονται στο καθορισμένο Dataset να χρησιμοποιηθούν και στις επόμενες εντολές. Στο μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται η εντολή «If Field value is» και ανάλογα των συνθηκών των δεδομένων που καθορίστηκαν, αποθηκεύονται σε διαφορετικό «Feature Dataset» ανάλογα της συνθήκης που πραγματοποιείται. Η ροή εργασίας του τέταρτου μοντέλου παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 33.



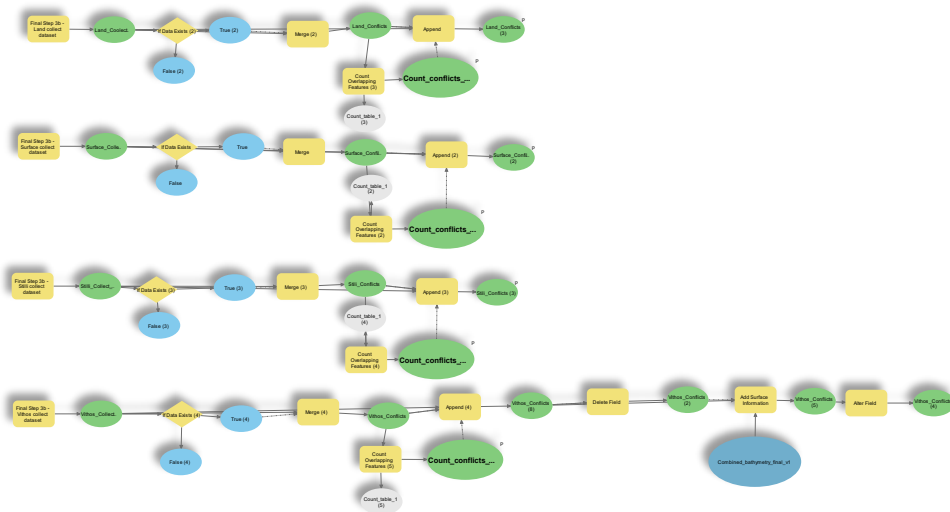
Διάγραμμα 33: Διαχωρισμός των συγκρούσεων ανά περιοχή (στεριά, επιφάνειας, στήλης ύδατος, βυθού)

Στην συνέχεια ακολουθεί το μοντέλο που συγχωνεύει τα δεδομένα ανά περιοχή. Για να μπορέσει να υλοποιηθεί το βήμα αυτό δημιουργήθηκαν τέσσερα υπο-μοντέλα με τα οποία υλοποιείται η συλλογή των δεδομένων από τα τέσσερα «Feature Datasets» που είναι διαχωρισμένα τα δεδομένα εξόδου της στεριάς, επιφάνειας, στήλης ύδατος και βυθού. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι το «Iterate Feature Classes» και το «Collect Values». Αυτά τα δυο εργαλεία δίνουν την δυνατότητα μετατροπής μιας λίστας τιμών σε μια έξοδο με πολλαπλές τιμές έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος στο κύριο μοντέλο.



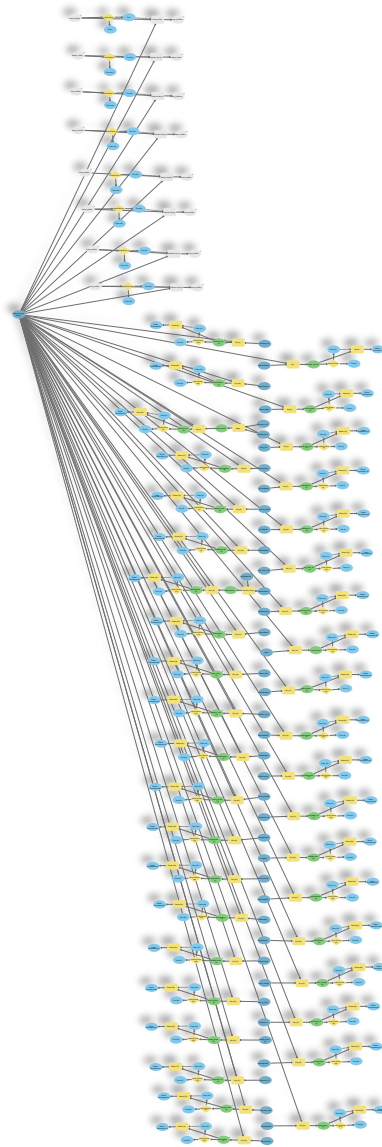
Διάγραμμα 34: Υπομοντέλο Στεριάς - Συλλογή δεδομένων απο Feature Dataset στεριάς

Στην συνέχεια αυτά τα τέσσερα υπό-μοντέλα χρησιμοποιούνται στο κύριο μοντέλο για να επιτευχθεί η συγχώνευση των δεδομένων με την εντολή «Merge» για κάθε κατηγορία. Κατά την συγχώνευση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι οι πληροφορίες από τις στήλες των δεδομένων συγχώνευσης στον πίνακα χάνονται και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται το εργαλείο «Append» για ενημέρωση των αποτελεσμάτων της συγχώνευσης με την πληροφορία των πολλαπλών συνόλων δεδομένων εισόδου. Επιπρόσθετα βήματα υλοποιούνται για την κατηγορία του βυθού για τον υπολογισμό του βάθους που συναντάται η σύγκρουση των δραστηριοτήτων/υποδομών. Τα επιπρόσθετα βήματα είναι η διαγραφή της στήλης που αφορά την τιμή της συνθήκης που καθορίστηκε στα προηγούμενα βήματα χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Delete Field». Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το βΨΜΕ που περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.3.2 ούτως ώστε να συσχετίσουμε τις δραστηριότητες / υποδομές που συναντάμε στο βυθό της θάλασσας. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιήθηκε η εντολή «Add Surface Information» όπου προστίθενται τρεις νέες στήλες στο πίνακα με το μέσο, ελάχιστο και μέγιστο βάθος της περιοχής που εντοπίζεται η σύγκρουση. Στην συνέχεια χρησιμοποιείται το εργαλείο «Alter» για να μετονομαστεί η στήλη (Z_mean) όπως με τις άλλες κατηγορίες της στεριάς, στήλης ύδατος, και επιφάνειας (Z). Αφού υπολογιστεί το βάθος της σύγκρουσης, πραγματοποιείται για κάθε κατηγορία το τελικό εργαλείο «Count Overlapping Features» του μοντέλου για τον υπολογισμό των πυκνοτήτων των χωρικών συγκρούσεων ανά κατηγορία. Το κύριο μοντέλο που χρησιμοποιείται για την συγχώνευση των δεδομένων παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 35.



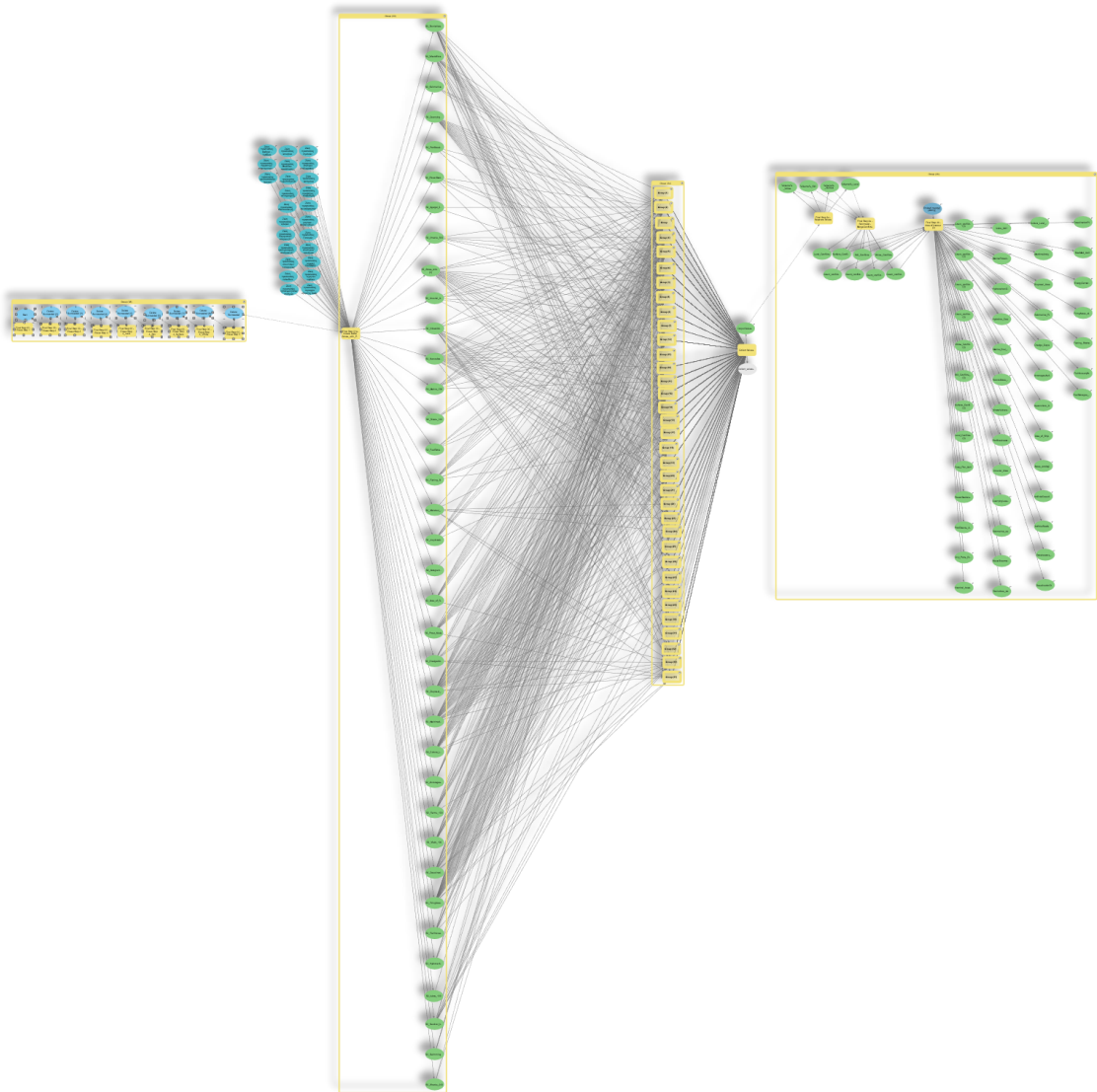
Διάγραμμα 35: Συγχώνευση δεδομένων ανά περιοχή (στεριά, επιφάνεια της θάλασσας και βυθό)

Το τελευταίο μοντέλο δημιουργήθηκε έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να επιλέγει την περιοχή μελέτης και το μοντέλο να εισαγάγει στον χάρτη τις δραστηριότητες και τις συγκρούσεις της περιοχής μελέτης στον χάρτη. Το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι το εργαλείο «Clip» με όλες τις δραστηριότητες και τις συγκρούσεις μαζί με το πολύγωνο που θα καθορίσει ο χρήστης. Το τελευταίο μοντέλο παρουσιάζεται στο πιο κάτω Διάγραμμα 36. Όπως παρατηρείται οι εντολές που αφορούν την απομόνωση των χωρικών συγκρούσεων και συμβατοτήτων παρουσιάζονται με γκρίζο χρώμα μιας και τα δεδομένα εισόδου είναι δυναμικά και εξαρτώνται από το προηγούμενο μοντέλο.



Διάγραμμα 36: Εργαλείο εξαγωγής αποτελεσμάτων με την επιλογή της περιοχής μελέτης

Ολοκληρώνοντας τα πιο πάνω μοντέλα, δημιουργήθηκε το τελικό εργαλείο στο οποίο εισήχθησαν τα ολοκληρωμένα μοντέλα, καθορίζοντας τη σωστή ροή επεξεργασίας έτσι ώστε να παραχθούν οι τελικοί χάρτες συγκρούσεων και πυκνοτήτων στην ΑΟΖ της Κύπρου. Το τελικό εργαλείο της εκτίμησης των συγκρούσεων παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 37.



Διάγραμμα 37: Τελικό εργαλείο υπολογισμού συγκρούσεων στο χώρο

4 Αποτελέσματα

4.1 Προσδιορισμός συγκρούσεων με την χρήση του Πίνακα συγκρούσεων και συμβατοτήτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα βάση της ανάλυσης που υλοποιήθηκε στο κεφάλαιο 3.1 και τον Πίνακα 3. Δημιουργήθηκε ένας νέος αναθεωρημένος πίνακας (Διάγραμμα 38) που σχετίζεται με τον εντοπισμό πιθανών συγκρούσεων και συμβατοτήτων μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων / υποδομών που λαμβάνουν χώρα στις παράκτιες και θαλάσσιες ζώνες της Κύπρου. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τριάντα έξι (36) κατηγορίες δραστηριοτήτων / υποδομών οι οποίες συγκρίθηκαν με τις υπόλοιπες, προκειμένου να προσδιοριστούν οι πιθανές συγκρούσεις. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν χίλιες διακόσιες ενενήντα έξι συγκρίσεις (1296). Ο νέος αυτός πίνακας χρησιμοποιήθηκε σαν οδηγός στην δημιουργία του αυτόματου εργαλείου εκτίμησης των συγκρούσεων στα θαλάσσια ύδατα της Κύπρου. Η οπτικοποίηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κατηγοριών του πίνακα πραγματοποιείται με πέντε διαφορετικά χρώματα. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι δραστηριότητες / χρήσεις / υποδομές οι οποίες έχουν αρνητική αλληλεπίδραση μεταξύ τους, με πράσινο χρώμα αυτές με θετική αλληλεπίδραση και με γκριζό αυτές που έχουν και θετική αλλά και αρνητική αλληλεπίδραση. Τα κελιά με κίτρινο χρώμα αφορούν δραστηριότητες ή υποδομές όπου έχουν ουδέτερη αλληλεπίδραση και τα άσπρα κελιά αφορούν δραστηριότητες όπου δεν μπορούν να έρθουν σε σύγκρουση. Επιπλέον έχει προστεθεί μια επιπρόσθετη στήλη και γραμμή η οποία καθορίζει σε ποιο επίπεδο βρίσκεται κάθε δραστηριότητα / υποδομή (στεριά, επιφάνεια της θάλασσας, στήλη ύδατος και βυθό).

ΔΑ		Δομησιότητα (Υποδομή / Χρήση)
1	Εμφάνεια	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
2	Στηλή Υδάτος	ΒΡΑΧΟΙ- ΝΗΣΙΔΕΣ
3	Βυθός	ΝΑΥΑΓΙΑ
4	Βυθός	ΑΓΓΟΙ
5	Βυθός	ΚΑΘΩΔΙΑ - ΔΙΚΤΥΑ ΘΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
6	Εμφάνεια	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΥΜΟΝΩΝ
7	Στεριά	ΕΚΒΟΔΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ
8	Εμφάνεια	ΛΙΜΕΝΕΣ - ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
9	Στηλή Υδάτος	ΑΓΚΥΡΩΘΙΑ
10	Εμφάνεια	ΔΙΟΔΟΙ - ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΠΛΟΙΩΝ
11	Στηλή Υδάτος	ΠΡΩΒΗΤΕΣ - ΑΠΟΒΑΦΕΣ - ΛΙΜΕΝΟΒΡΑΧΙΟΝΕΣ
12	Στηλή Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΣΟΡΓΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΟΡΩΝ
13	Εμφάνεια	ΜΑΡΙΝΕΣ ΧΩΡΟΙ ΕΛΙΜΙΝΙΣΜΟΥ ΣΚΑΦΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ
14	Στεριά	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
15	Στεριά	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ / ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΕΝΤΡΑ
16	Στεριά	ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ
17	Στεριά	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΑΓΟΡΗΣ ΑΜΜΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ
18	Στηλή Υδάτος	ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ
19	Εμφάνεια	ΑΛΙΕΥΤΙΚΑ ΚΑΤΑΦΥΓΙΑ
20	Στηλή Υδάτος	ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ / ΑΠΑΓΟΡΕΥΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΛΙΕΙΑΣ
21	Στηλή Υδάτος	ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΦΑΛΟΙ
22	Στηλή Υδάτος	ΥΔΑΤΟΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
23	Στεριά	ΙΧΘΥΟΓΕΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ
24	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΒΥΘΟΚΟΡΗΘΗΣ
25	Στηλή Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΗ 2000
26	Στηλή Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ
27	Στεριά	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ
28	Στηλή Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΛΑΜΗΣ
29	Στεριά	ΣΤΑΘΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
30	Στηλή Υδάτος	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΔΙΑ ΒΟΗΘΗΣ
31	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
32	Εμφάνεια	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
33	Βυθός	ΕΝΔΙΑΜΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΗΨΕΩΣ ΑΡΧΑΙΑ ΝΑΥΑΓΙΑ/ ΑΡΧΑΙΑ ΛΙΜΑΝΙΑ
34	Στεριά	ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ
35	Στεριά	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
36	Στεριά	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΥΠΡΟΣΒΑΤΗΣ ΣΤΗΝ ΝΗΣΙΟΤΗΤΑ

Διάγραμμα 38: Πίνακας Συγκρούσεων και Συμβατοτήτων με βάση τις καλές πρακτικές και το Θεσμικό Πλαίσιο της Κύπρου

4.2 Αποτελέσματα ΔΒ

4.2.1 Πολυχρονική Ανάλυση

Ακολουθώντας την μεθοδολογία που περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 3.2.2.1, εκτιμήθηκαν είκοσι τέσσερις χάρτες βαθυμετρίας, ένας για κάθε μήνα, και δώδεκα για κάθε περιοχή μελέτης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν εφαρμόζοντας την συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι είκοσι τέσσερις αναλύσεις παλινδρόμησης, είκοσι τέσσερις βαθυμετρικοί χάρτες και δώδεκα χάρτες κατανομής σφάλματος στην περιοχή μελέτης Α1. Μετά από αναλύσεις παλινδρόμησης χρονοσειρών, υπολογίστηκε το RMSE.

4.2.1.1 Ανάλυση χρονοσειρών των βαθυμετρικών δεδομένων.

Για να εκτιμηθεί η αντιστοιχία της ΔΒ με τα δεδομένων LIDAR έγινε μια ανάλυση παλινδρόμησης ανά περιοχή, μία για κάθε μήνα. Δώδεκα διαγράμματα διασποράς έχουν δημιουργηθεί ανά περιοχή μελέτης, στα οποία ο άξονας x αντιπροσωπεύει τις μετρήσεις από την συσκευή LIDAR, ενώ ο άξονας y αντιπροσωπεύει τα εκτιμώμενα σημεία βαθυμετρίας που προέρχονται από τις εικόνες Sentinel 2. Τα διαγράμματα της παλινδρόμησης φαίνονται στο Διάγραμμα 39. Με βάση την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίστηκε επίσης ο συντελεστής συσχέτισης R^2 για κάθε περίοδο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, παρατηρείται έντονη συσχέτιση στα ρηχά νερά (κάτω των 12 μέτρων) σε σχέση με τις βαθύτερες περιοχές.

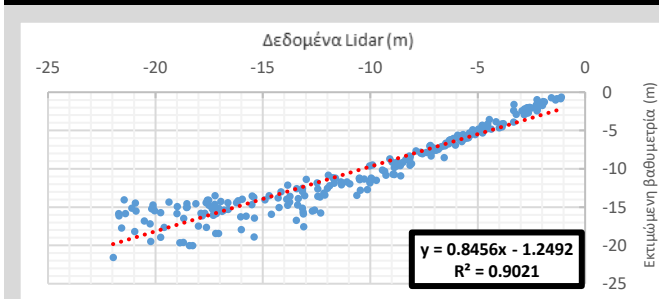
Για την περιοχή μελέτης Α1, τα διαγράμματα διασποράς του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου δείχνουν ότι το R^2 είναι σχετικά υψηλό μέχρι το 0,90 ενώ το R^2 για τους επόμενους δύο μήνες εκτιμάται ότι είναι μεταξύ 0,85 και 0,88. Κατά τη θερινή περίοδο η τιμή R^2 αυξάνεται εντοπίζοντας την καλύτερη γραμμική συσχέτιση το μήνα Ιούνιο στο 0,95. Τέλος, η τιμή R^2 για το φθινόπωρο φαίνεται ότι έχει πτωτική τάση και είναι η ίδια με εκείνη του χειμώνα. Αυτό αντικατοπτρίζεται στην τιμή R^2 που είναι ίση με το 0,81, η χαμηλότερη τιμή στην περιοχή Α1.

Στην περιοχή μελέτης Α2, τα διαγράμματα διασποράς παρουσιάζουν πολύ υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης σε σχέση με την περιοχή Α1 όπου και αναμένεται να παρουσιαστούν βαθυμετρικοί χάρτες με μικρότερα σφάλματα. Όπως και στην περιοχή Α1, στους καλοκαιρινούς μήνες εντοπίζεται υψηλή συσχέτιση με το R^2 να φθάνει το 0,97. Αξίζει να σημειωθεί ότι υψηλή συσχέτιση με τα βαθυμετρικά δεδομένα πεδίου

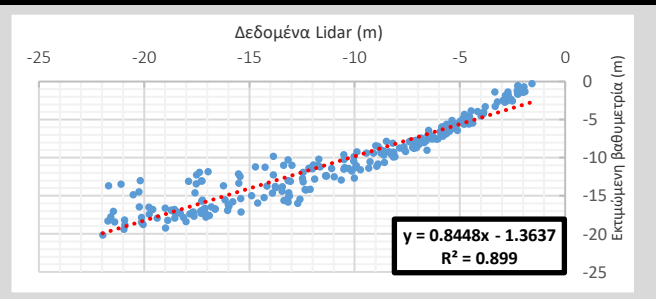
εντοπίστηκε και τον μήνα Οκτώβριο ενώ η πιο χαμηλή συσχέτιση των αποτελεσμάτων εντοπίστηκε τον Απρίλιο με το R^2 να φθάνει το 0,9.

Διαγράμματα διασποράς για την Περιοχή Μελέτης Α1

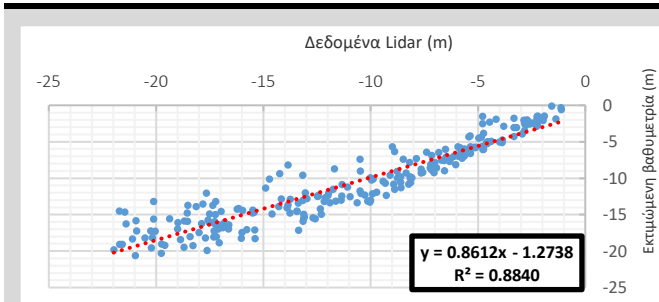
Ιανουάριος 2018



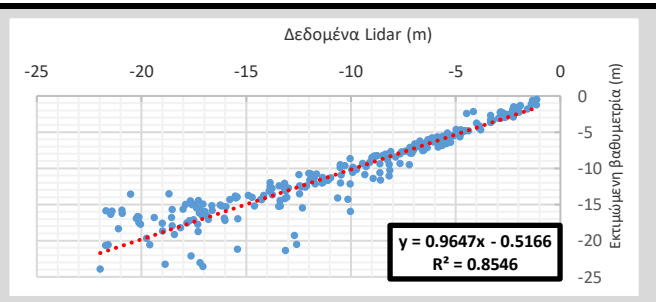
Φεβρουάριος 2018



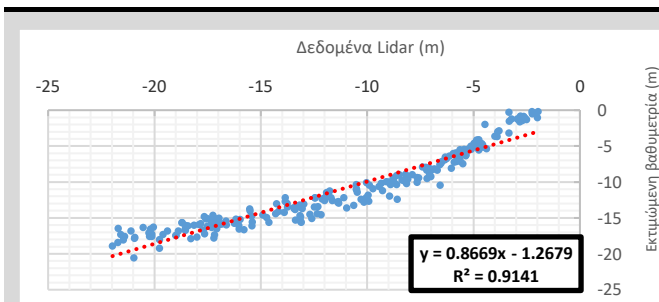
Μάρτης 2018



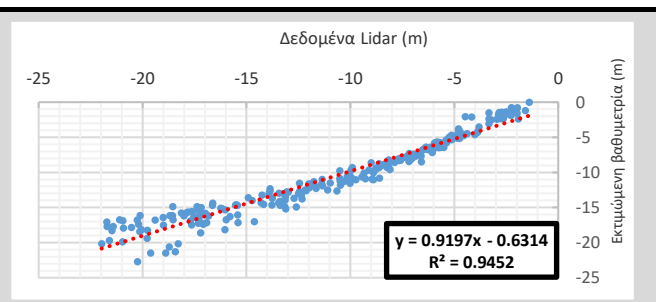
Απρίλιος 2017



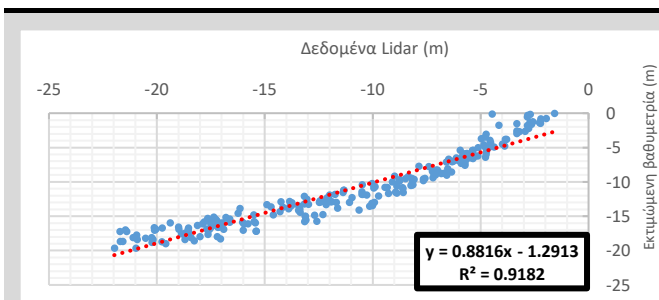
Μάης 2017



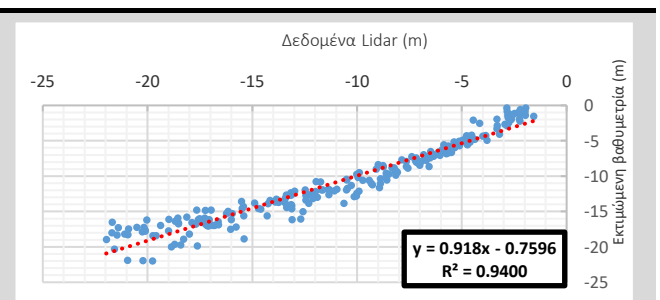
Ιούνιος 2017



Ιούλης 2017

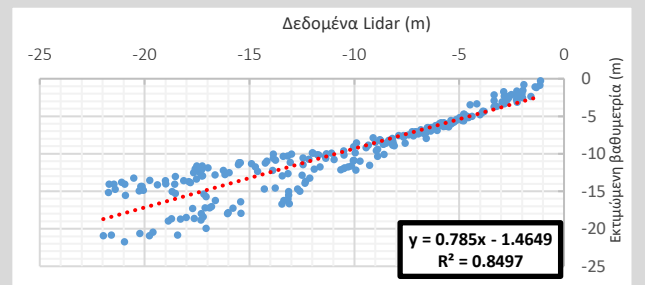
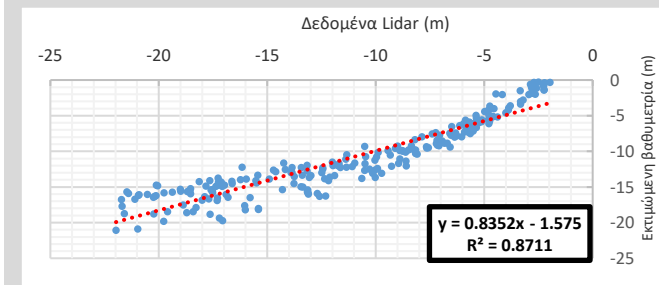


Αύγουστος 2017



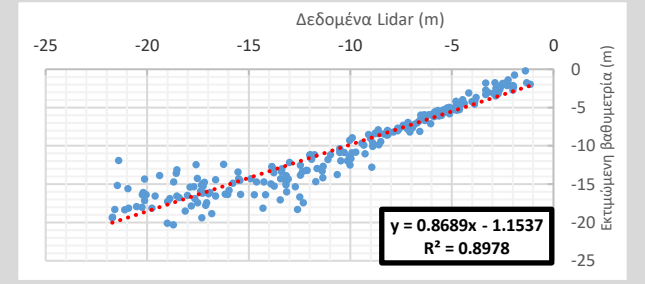
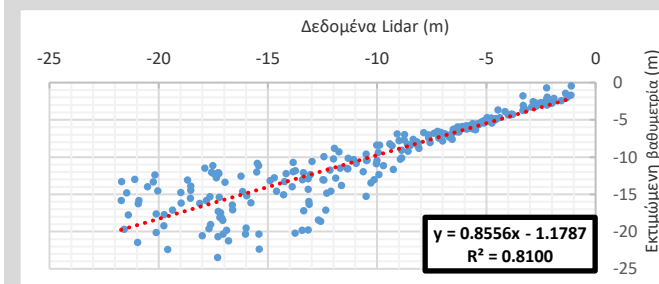
Σεπτέμβριος 2017

Οκτώβριος 2017



Νοέμβριος 2017

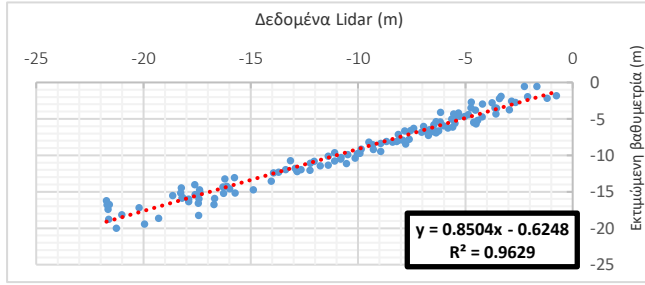
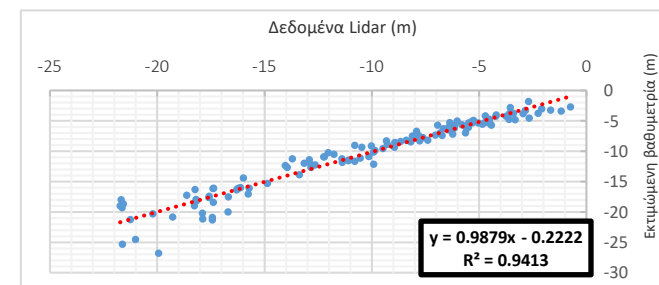
Δεκέμβριος 2017



Διαγράμματα διασποράς για την Περιοχή Μελέτης A2

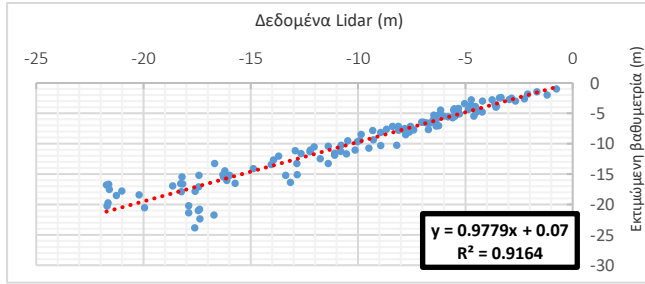
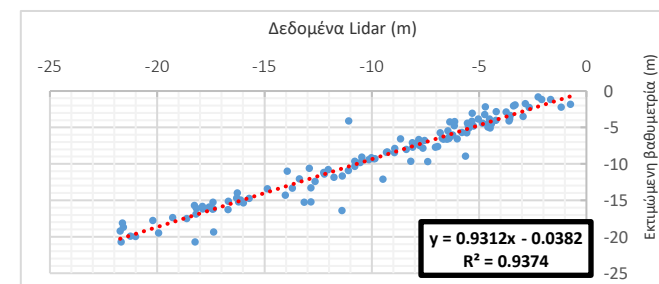
Ιανουάριος 2018

Φεβρουάριος 2018



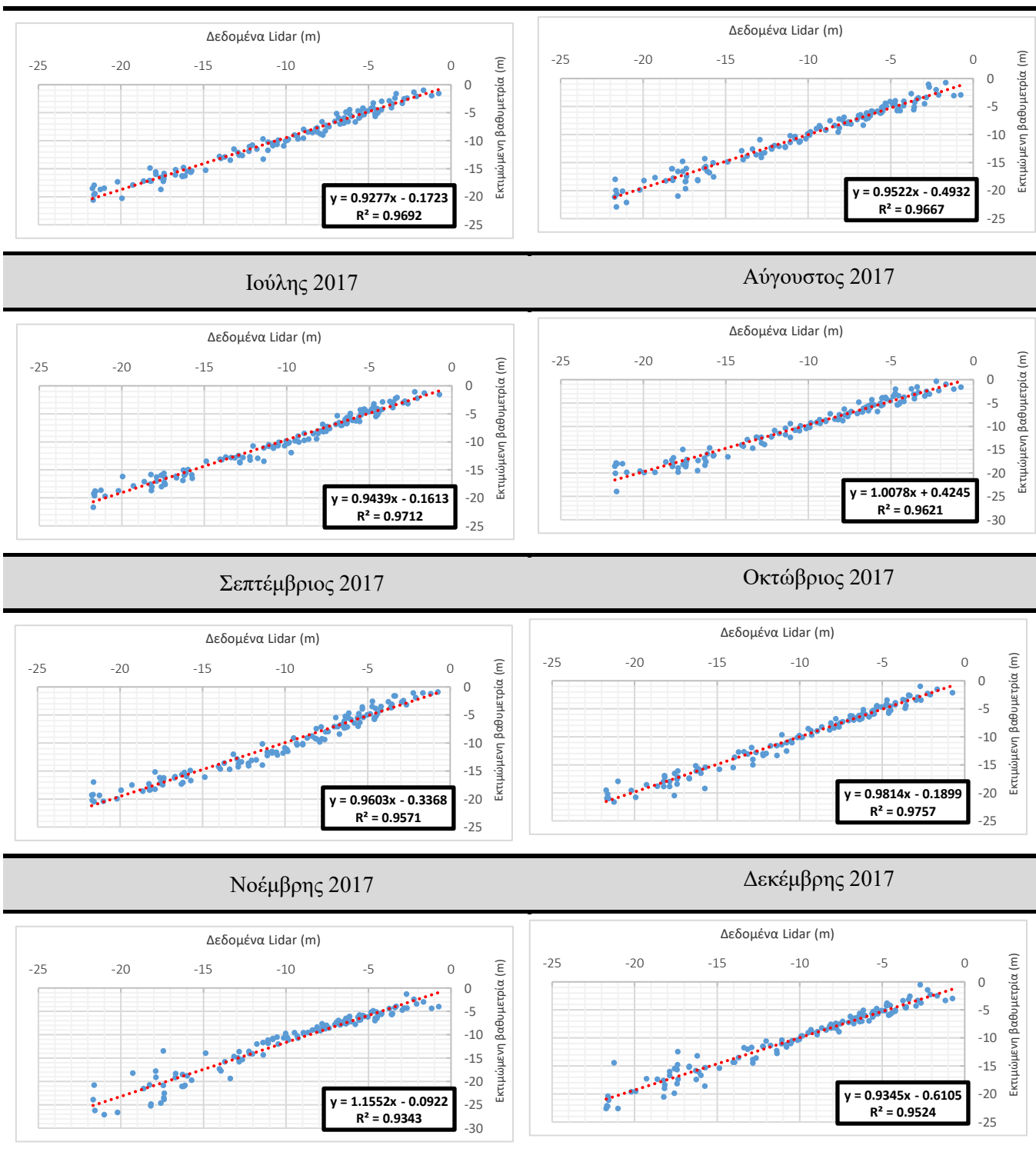
Μάρτης 2018

Απρίλιος 2017



Μάης 2017

Ιούνιος 2017

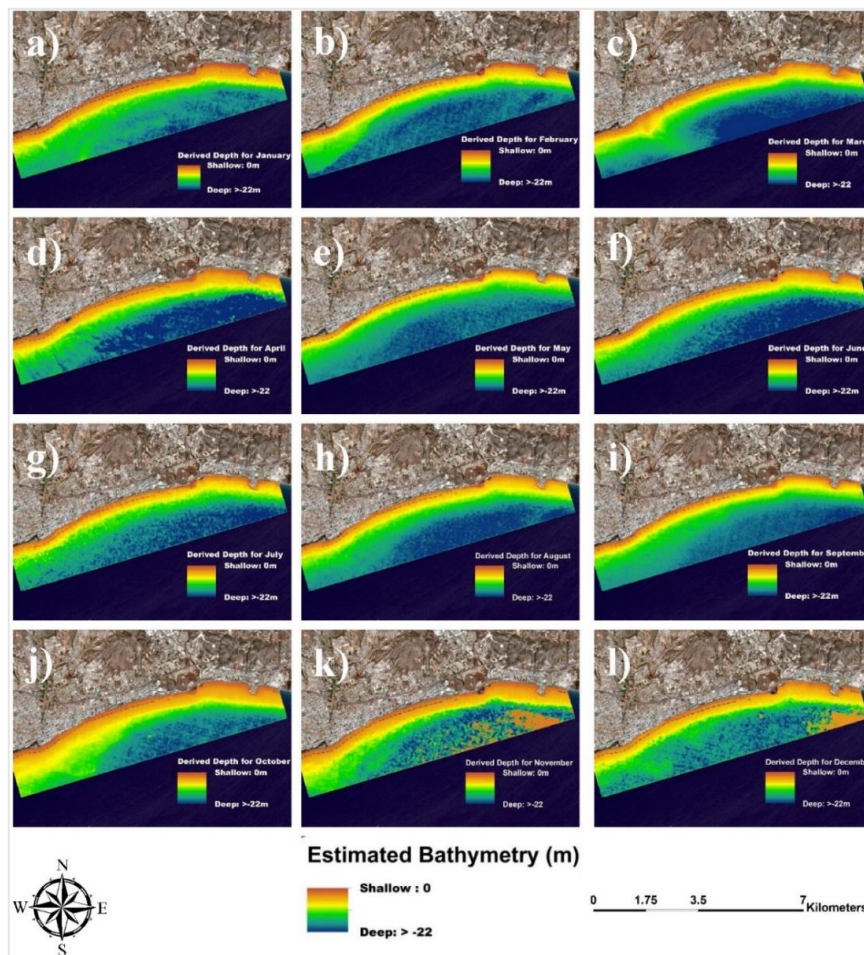


Διάγραμμα 39: Μηνιαία διαγράμματα διασποράς γραμμικής συσχέτισης των περιοχών μελέτης

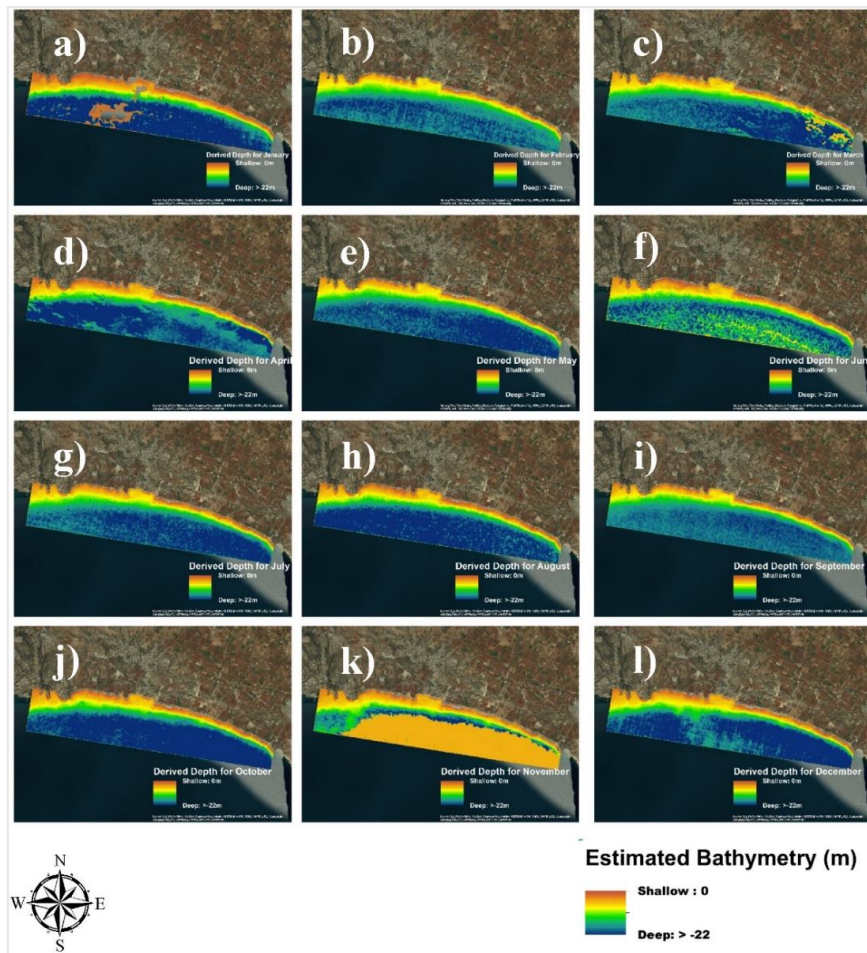
4.2.1.2 Αποτελέσματα εκτιμώμενης Βαθυμετρίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα και οι χάρτες της ΔΒ που έχουν εξαχθεί από τις εικόνες Sentinel 2 και των βαθυμετρικών δεδομένων πεδίου. Για την δημιουργία των βαθυμετρικών χαρτών, εφαρμόστηκε η εμπειρική μέθοδος του Stumpf σε κάθε κελί της δορυφορικής εικόνας χρησιμοποιώντας τα κανάλια μπλε και πράσινο. Το Διάγραμμα 40 και Διάγραμμα 41 δείχνουν τα βαθυμετρικά αποτελέσματα της περιοχής μελέτης A1 και A2 αντίστοιχα για κάθε μήνα. Οι κακές καιρικές συνθήκες φαίνεται ότι έχουν επηρεάσει στη μείωση της ακρίβειας της εκτιμώμενης βαθυμετρίας τον μήνα Νοέμβριο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι βαθυμετρικοί χάρτες του μήνα Νοεμβρίου και Δεκεμβρίου παρουσίασαν σφάλμα στο νοτιοανατολικό τμήμα της χώρας. Αυτά τα σφάλματα σχετίζονται με την εμφάνιση σύννεφων στις δορυφορικές εικόνες και την απαλοιφή τους από τις προ-επεξεργασμένες εικόνες.



Διάγραμμα 40: Βαθυμετρικοί χάρτες για την περιοχή μελέτης A1



Διάγραμμα 41:Βαθυμετρικοί χάρτες για την περιοχή μελέτης A2

Για την εκτίμηση των σφαλμάτων, ένα 20% των σημείων που έχουν δοθεί από το TKX, χρησιμοποιήθηκαν ως σημεία επικύρωσης. Τα συνολικά σφάλματα τις εκτιμώμενης βαθυμετρίας έχουν συγκριθεί με τα σημεία επικύρωσης και τα αποτελέσματα φαίνονται από το δείκτη RMSE για τις δυο περιοχές μελέτης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Εκτιμώμενα σφάλματα των περιοχών μελέτης

ΜΗΝΑΣ	RMSE (μέτρα)	RMSE (μέτρα)
	Περιοχή μελέτης A1	Περιοχή μελέτης A2
Ιανουάριος (2018)	1,91	1.43
Φεβρουάριος (2018)	1,90	1.57
Μάρτης(2018)	2,01	1.56
Απρίλης (2017)	2,35	1.71
Μάιος (2017)	1,70	1.18

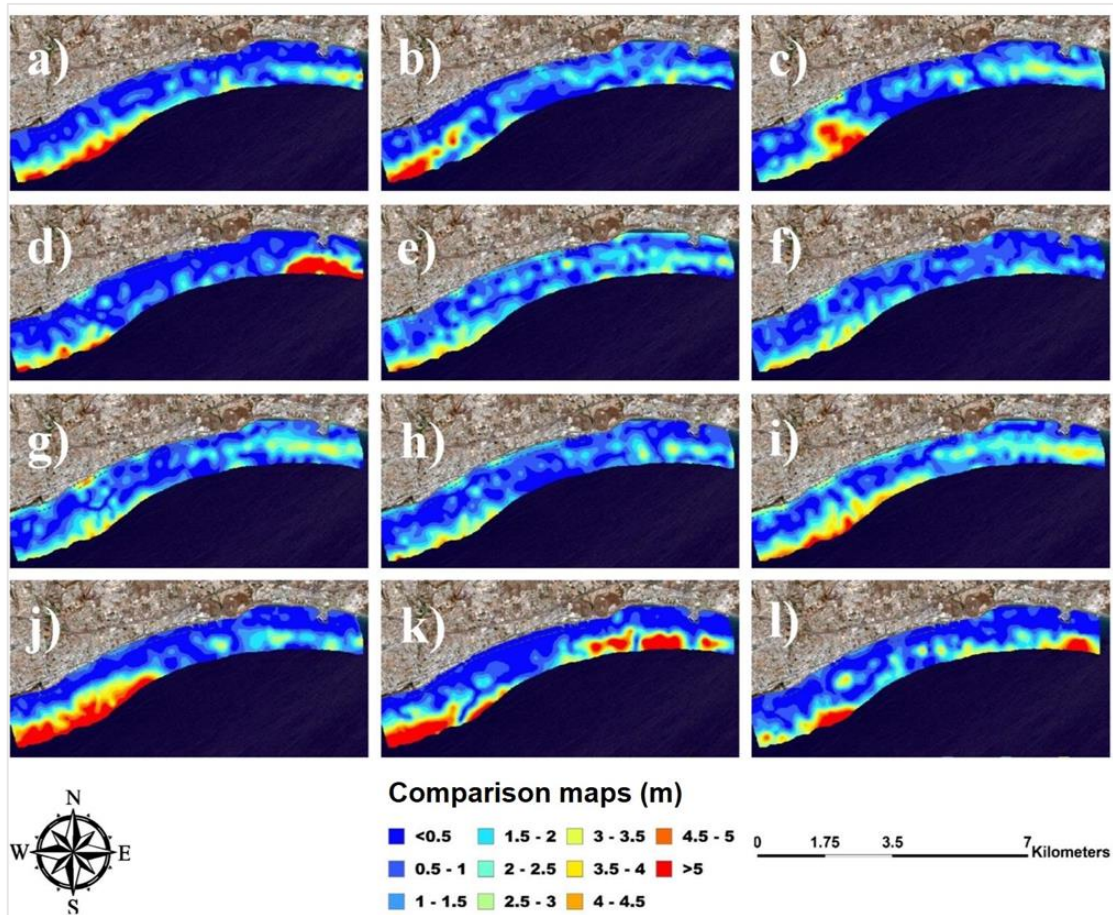
Ιούνιος (2017)	1,39	1.05
Ιούλιος(2017)	1,64	1.07
Αύγουστος (2017)	1,43	1.20
Σεπτέμβριος (2017)	2,07	1.19
Οκτώβριος (2017)	2,46	0.89
Νοέμβριος(2017)	2,56	1.88
Δεκέμβριος(2017)	1,86	1.26

Όπως προκύπτει από τον πιο πάνω πίνακα, τα καλύτερα αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης A1 ήταν αυτά που προέκυψαν για τον μήνα Ιούνιο όπου το σφάλμα RMSE είναι 1,39 μέτρα. Από την άλλη πλευρά, τα λιγότερο ακριβή αποτελέσματα που έχουν RMSE 2,56 μέτρα φαίνεται να παρουσιάζονται τον μήνα Νοέμβριο. Για την περιοχή μελέτης A2 τα καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν τον μήνα Οκτώβριο όπου η βαθυμετρία είχε ως αποτέλεσμα το RMSE να φθάνει το 0.89 μέτρα, με τα σφάλματα τους καλοκαιρινούς μήνες να είναι κοντά με αυτά του Οκτωβρίου. Τα λιγότερο ακριβή αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης A2, παρουσιάζονται τον μήνα Νοέμβριο με το RMSE να είναι ίσο με 2,56 μέτρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι για τον μήνα Νοέμβριο, πέραν του 50% από την περιοχή μελέτης A2 έχει αφαιρεθεί από τη δορυφορική εικόνα λόγω της σύννεφοκάλυψης. Η περιοχή η οποία έχει αφαιρεθεί είναι σε βάθη πέραν των 10 μέτρων και έτσι οι ακρίβειες θα έπρεπε να είναι καλύτερες. Ο κυρίως λόγος που πιθανόν υπάρχουν αυτές οι αποκλίσεις είναι οι κακές καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή μελέτης.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, η περίοδος λήψης της δορυφορικής απεικόνισης που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της βαθυμετρίας επηρεάζει την συνολική απόδοση των αποτελεσμάτων.

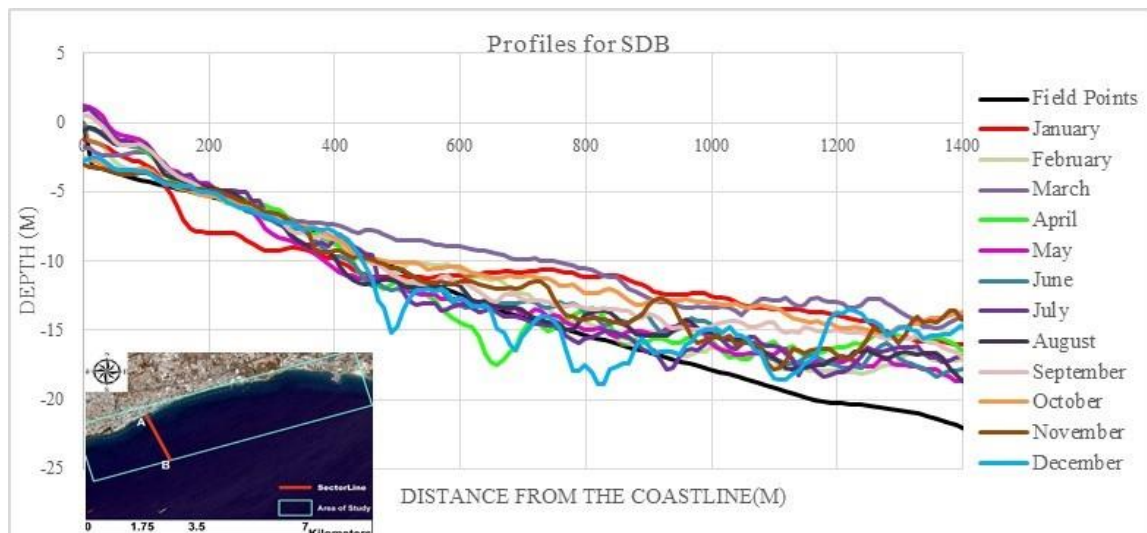
Για την σύγκριση της εκτιμώμενης βαθυμετρίας με τα δεδομένα πεδίου, δημιουργήθηκαν χάρτες κατανομής σφάλματος μεταξύ των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων και των δεδομένων πεδίου για την περιοχή μελέτης A1. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι τα αρχεία που δόθηκαν από το TKX έχουν διαφορά 5 ετών από τη λήψη των δορυφορικών εικόνων, περίοδος η οποία μπορεί να είχαμε μεταβολές στην επιφάνεια του βυθού.

Για την δημιουργία των χαρτών κατανομής σφάλματος, δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό μοντέλο του βυθού με την χρήση των δεδομένων πεδίου. Τα αποτελέσματα σύγκρισης των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων ΔΒ με το ψηφιακό μοντέλο του βυθού, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 42.



Διάγραμμα 42: Χάρτες σύγκρισης της εκτιμώμενης βαθυμετρίας και των δεδομένων LIDAR της περιοχής μελέτης A1 για τους μήνες: a) Ιανουάριο, b) Φεβρουάριο, c) Μάρτιο, d) Απρίλιο, e) Μάιο, f) Ιούνιο, g) Ιούλιο, h) Αύγουστο, i) Σεπτέμβριο, j) Οκτώβριο, k) Νοέμβριο, l) Δεκέμβριο

Όπως έχουν δείξει τα αποτελέσματα των χαρτών κατανομής σφαλμάτων, παρουσιάζονται σφάλματα μεγαλύτερα των 5 μέτρων σε βάθος πέραν των 15 μέτρων κυρίως τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Επίσης συστηματικός θόρυβος παρατηρήθηκε στις ακτογραμμές και στις περιοχές των κυματοθραυστών που οφείλεται κατά κύριο λόγο στη πρόσκρουση των κυμάτων είτε στην ακτογραμμή είτε στους κυματοθραύστες. Για τον λόγο αυτό, μια τομή έχει δημιουργηθεί σε κάθε αποτέλεσμα της περιοχής μελέτης A1 και των δεδομένων πεδίου που έχουν δοθεί από το TKX, με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS v 10.2 όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 43.



Διάγραμμα 43: Τομή βαθυμετρικών αποτελεσμάτων της περιοχής μελέτης Α1

Στα αποτελέσματα της πιο πάνω εικόνας παρατηρήθηκε θόρυβος μεταξύ των αποτελεσμάτων της ΔΒ με τα δεδομένα πεδίου σε βάθη μέχρι των 5 μέτρων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην πρόσκρουση των κυμάτων στην ακτογραμμή και στους κυματοθραύστες που βρίσκονται 120 μέτρα από την ακτογραμμή. Στα 200 με 400 μέτρα από την ακτογραμμή και σε βάθος 5 μέχρι και τα 10 μέτρα, υπάρχει η καλύτερη συσχέτιση των αποτελεσμάτων. Παρατηρείται επίσης καλή συσχέτιση των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων στους καλοκαιρινούς μήνες σε απόσταση 400-800 μέτρα από την ακτογραμμή και με βάθος 10 μέχρι και τα 15 μέτρα. Η απόσταση που κυμαίνεται από 800-1200 μέτρα και βάθος πέραν των 20 μέτρων, εντοπίζεται μια σταδιακή μετατόπιση προς τα πάνω από την επιφάνεια των σημείων των πεδίων η οποία οφείλεται από στην εξασθένηση του φωτός.

Συνοψίζοντας, κατά την μελέτη της τομής, παρατηρείται υψηλή ακρίβεια των εκτιμώμενων βαθών στα ρηγά νερά ενώ στα βαθύτερα νερά οι αποκλίσεις μεγαλώνουν. Επίσης, η καλύτερη συσχέτιση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκαν σε βάθη από 5 μέχρι και τα 12 μέτρα. Η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων πεδίου και των αποτελεσμάτων σε ρηγά νερά παρουσιάστηκαν και σε άλλες μελέτες (*Ehse and Rooney, 2015; Pushparaj and Hegde, 2017*).

4.2.2 Αποτελέσματα ΔΒ με τη χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης

Για την εκτίμηση βαθυμετρίας σε περιοχές με άγνωστα βαθυμετρικά δεδομένα, θα πρέπει να υπολογιστούν οι τιμές της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ή η τιμή αναλογίας δυο

μπαντών σε κάθε δορυφορική εικόνα, όπου η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ξεκινάει να μειώνεται και να αλλοιώνει τα αποτελέσματα βαθυμετρίας. Παίρνοντας την περιοχή 1, υπάρχουν δυο περιοχές ίδιας ημερομηνίας λήψης και διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα. Όπως έχει αναφέρει ο Stumpf et al., (2003) η ανακλαστικότητα κάθε καναλιού των δορυφορικών εικόνων διαφέρει όσο αυξάνεται το βάθος νερού. Παρόλα αυτά διαφορετικοί τύποι πυθμένα (υποστρώματα) στο ίδιο βάθος έχουν περίπου τις ίδιες τιμές αναλογίας. Επομένως, για να αφαιρεθεί η επίδραση της μεταβλητότητας του υποστρώματος, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει την αναλογία δύο διαφορετικών μηκών κύματος (Dierssen et al., 2003; Stumpf et al., 2003).

Το κεφάλαιο αυτό έχει στόχο την εκτίμηση βαθυμετρίας σε περιοχές όπου ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν βαθυμετρικές αποτυπώσεις. Οι περιοχές αυτές είναι αρκετά μεγάλες κατά μήκος της ακτογραμμής, πράγμα που κάνει την μελέτη δύσκολη. Έτσι αφού στόχος της μελέτης είναι η εκτίμηση της ΔΒ χωρίς γνωστά βαθυμετρικά δεδομένα πεδίου, πρώτο βήμα είναι ο εντοπισμός των τιμών (W_i) όπου η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ξεκινάει να μειώνεται και να αλλοιώνει τα αποτελέσματα βαθυμετρίας. Η εξίσωση για τον προσδιορισμό των τιμών αυτών είναι:

$$W_i = \frac{\log(b_i)}{\log(b_{i+1})} \quad \text{Εξ. 19}$$

όπου W_i τιμή αναλογίας, b_i και b_{i+1} είναι η διορθωμένες τιμές της κάθε μπάντας.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα σχετικά με την εκτίμηση της μέγιστης τιμής του W_i , εντοπίστηκε το βάθος όπου μεγιστοποιήθηκε η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε με τα δεδομένα πεδίου.

Ένα σημαντικό βήμα της επεξεργασίας ήταν η δημιουργία της γραμμής W_i . Η γραμμή W_i δημιουργήθηκε με παρεμβολή με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS Pro χρησιμοποιώντας τις τιμές W_i κάθε δορυφορικής εικόνας. Η γραμμή W_i έχει ως στόχο να προσδιορίσει τον αριθμό των σημείων κάτω από τα δεκαπέντε μέτρα που δεν εμπίπτουν σε αυτή τη γραμμή. Η γραμμή W_i έθεσε το όριο των χαρτών ΔΒ για περιοχές όπου δεν υπάρχουν δεδομένα βάθους.

Ο Πίνακας 13 εμφανίζει τέσσερα διαγράμματα διασποράς των τιμών W_i σε σημεία πεδίου. Αυτά τα διαγράμματα αποκαλύπτουν ότι το μέγιστο εκτιμώμενο βάθος είναι 15 μέτρα. Στην τρίτη στήλη του πίνακα, φαίνονται οι χάρτες με τα τελικά δεδομένα βάθους

που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση με πράσινο χρώμα ($Z \geq -15$ μέτρα) και τα δεδομένα βάθους που δεν χρησιμοποιούνται με κίτρινο χρώμα ($Z < -15$ μέτρα). Η τέταρτη στήλη εμφανίζει τα αποτελέσματα των τιμών επεξεργασίας W_i .

Πίνακας 13: Εκτίμηση της μέγιστης τιμής W_i και του μέγιστου βάθους για τα σημεία βαθμονόμησης

ID	Διαγράμματα W_i / Σημεία Βάθους	Διαχωρισμός σημείων πεδίου με βάση τις τιμές W_i	Αποτελέσματα επεξεργασίας
1			$W_i = 1.108$
			Αριθμός σημείων βάθους που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση = 188
2			$W_i = 1.108$
			Αριθμός σημείων βάθους που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση = 622
5			$W_i = 1.094$
			Αριθμός σημείων βάθους που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση = 1039
8			$W_i = 1.062$
			Αριθμός σημείων βάθους που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση = 326
			Αριθμός σημείων βάθους που αφαιρέθηκαν = 328


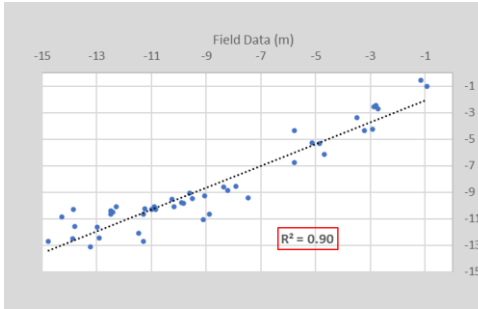
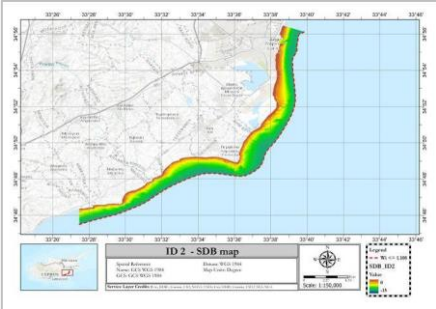
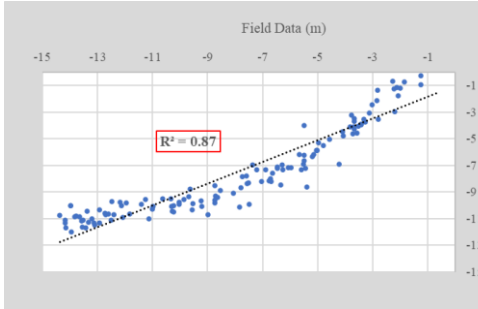
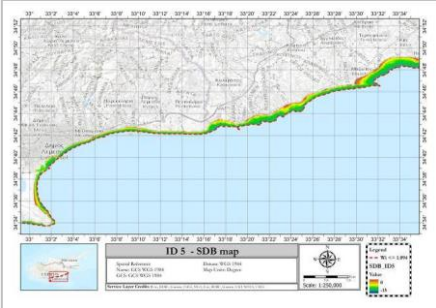
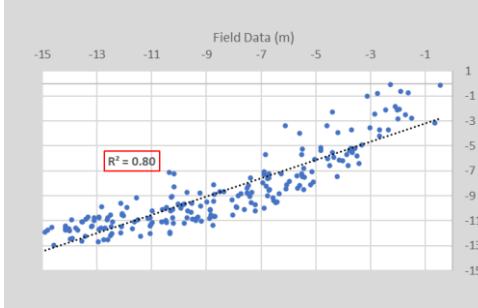

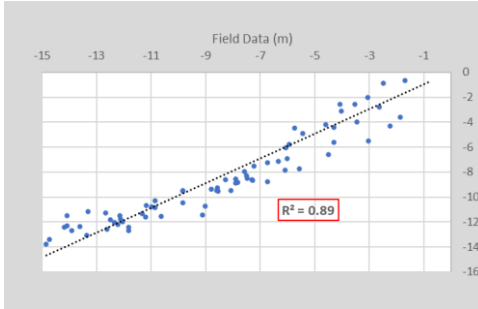
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 13, οι δορυφορικές εικόνες με την ίδια ημερομηνία ανίχνευσης σε διαφορετικές περιοχές έχουν την ίδια τιμή W_i (ID 1 και ID 2). Επίσης, ο αριθμός των σημείων βαθμονόμησης και επικύρωσης μειώθηκε σημαντικά. Επίσης, σημειώθηκε πολύ καλή συνέπεια των γραμμών W_i με διαφορετικές ημερομηνίες ανίχνευσης. Αυτή η κατάσταση βοήθησε στον προσδιορισμό των ορίων των βαθμετρικών χαρτών που εξάχθηκαν μέσω εξισώσεων παλινδρόμησης. Ωστόσο, ορισμένα εικονοστοιχεία που παρατηρούνται στη γραμμή ορίου έχουν υψηλότερες τιμές από την καθορισμένη μέγιστη τιμή και αυτό πιθανώς σημειώνεται λόγω της παρεμβολής και της ομαλής μεθόδου που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση της γραμμής W_i .

Από τον πιο πάνω πίνακα και τις τιμές αναλογίας (W_i) χρησιμοποιώντας τα κανάλια 1 και 2 (μπλε, πράσινο) συμπεραίνεται ότι η ίδια τιμή W_i εντοπίζεται στις δυο περιοχές για τις δορυφορικές απεικονίσεις με ίδια ημερομηνία λήψης. επίσης, το μέγιστο βάθος κυμαίνεται από 15 μέχρι 17 μέτρα για την βέλτιστη βαθμονόμηση των δορυφορικών απεικονίσεων.

4.2.2.1 Εκτίμηση Βαθμετρίας με τη χρήση σημείων πεδίου

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει τους βαθμετρικούς χάρτες χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες και δεδομένα πεδίου. Οι βαθμετρικοί χάρτες δημιουργήθηκαν με τις εμπειρικές μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος γραμμικής αναλογίας του Stumpf και τα σημεία βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Κατά την εκτίμηση του βάθους, σημειώθηκαν οι εξισώσεις βαθμονόμησης για κάθε δορυφορική εικόνα. Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης για κάθε δορυφορική εικόνα, υπολογίστηκαν ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) και RMSE για κάθε δορυφορική εικόνα. Στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 14 παρουσιάζονται οι βαθμετρικοί χάρτες, ενώ στην τρίτη στήλη εντοπίζονται τα διαγράμματα διασποράς.

Πίνακας 14: Βαθυμετρικοί χάρτες και ανάλυση παλινδρόμησης με τη χρήση των δεδομένων επικύρωση βάθους

ID	Βαθυμετρικοί Χάρτες	Διαγράμματα διασποράς
1		
2		
5		
8		

Το τελικό βήμα αφορά την εκτίμηση του σφάλματος χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης για κάθε περιοχή. Τα συνολικά αποτελέσματα σχετικά με τα σφάλματα

RMSE μπορούν να βρεθούν στον Πίνακα 15. Όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα, τα καλύτερα αποτελέσματα μπορούν να βρεθούν στις δορυφορικές εικόνες με το ID 8, όπου η Βαθυμετρία είχε ως αποτέλεσμα το RMSE να φτάνει στο 1,15 μέτρα. Από την άλλη, τα λιγότερο ακριβή αποτελέσματα με RMSE 1,70 μέτρα φαίνεται να είναι για τις δορυφορικές εικόνες με το κωδικό 5.

Πίνακας 15: R², RMSE και εξισώσεις βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε Βαθυμετρικό χάρτη

ID	Ημερομηνία Λήψης	Αριθμός σημείων βαθμονόμησης	Εξίσωση βαθμονόμησης ΔB	R ²	Αριθμός σημείων επικύρωσης	RMSE (μέτρα)
1	18/11/2016	188	$Y = -88.83x + 86.87$	0.90	54	1.34
2	18/11/2016	622	$y = -146.28x + 151.01$	0.87	134	1.53
5	25/12/2017	1039	$y = -164.53x + 168.82$	0.80	200	1.70
8	18/04/2018	326	$y = -206.28x + 208.06$	0.89	77	1.15

4.2.2.2 ΔB με τη χρήση των εξισώσεων παλινδρόμησης σε περιοχές όπου δεν είναι διαθέσιμα βαθυμετρικά δεδομένα

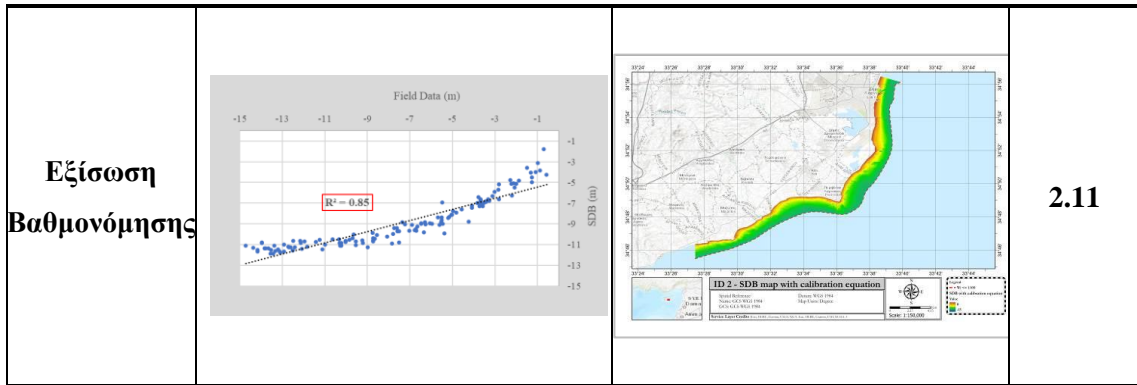
Η παρούσα ενότητα καθορίζει την εκτίμηση της ΔB για τις περιοχές χωρίς δεδομένα πεδίου χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις βαθμονόμησης ΔB στις αντίστοιχες δορυφορικές εικόνες με την ίδια ημερομηνία λήψης. Το πρώτο βήμα που υλοποιήθηκε ήταν ο καθορισμός των ορίων χρησιμοποιώντας τη γραμμή W_i έτσι ώστε να καθοριστεί η επίδραση της εξίσωσης βαθμονόμησης στην εκτίμηση ΔB. Οι ίδιες μέγιστες τιμές W_i χρησιμοποιήθηκαν στις εικόνες με την ίδια ημερομηνία ανίχνευσης για κάθε δορυφορική εικόνα.

Πριν την εφαρμογή των εξισώσεων παλινδρόμησης, εφαρμόστηκαν οι εξισώσεις βαθμονόμησης σε περιοχές όπου υπάρχουν δεδομένα πεδίου και δορυφορικές με ίδια ημερομηνία λήψης. Πιο συγκεκριμένα, έχουν επιλεγεί οι δορυφορικές εικόνες με κωδικό

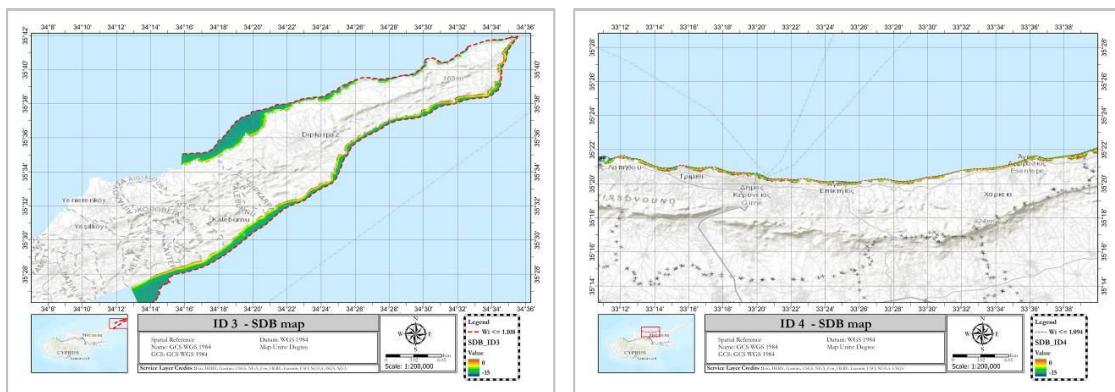
1 και 2 οι οποίες έχουν την ίδια ημερομηνία λήψης και διαθέσιμα δεδομένα πεδίου. Σε αυτή την ενότητα, θεωρήθηκε ότι στην εικόνα με κωδικό 2 τα δεδομένα πεδίου δεν είναι διαθέσιμα. Έτσι η βαθυμετρία υπολογίστηκε με την εξίσωση βαθμονόμησης που υπολογίστηκε από την δορυφορική εικόνα με κωδικό 1. Τα αποτελέσματα ΔΒ συγκρίθηκαν χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης της περιοχής καθώς και με τα αποτελέσματα βαθυμετρίας χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο μετασχηματισμού αναλογίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές W_i ορίστηκαν και στις δύο δορυφορικές εικόνες σε 1.108 όπως φαίνεται στον Πίνακα 13. Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με το διάγραμμα ανάλυσης παλινδρόμησης που εμφανίζεται στην στήλη 2, τους χάρτες ΔΒ στην στήλη 3 και το RMSE στην στήλη 4. Όπως φαίνεται στους βαθυμετρικούς χάρτες της στήλης 3, υπάρχει απόκλιση στα ρηχά νερά. Επιπλέον, το RMSE χρησιμοποιώντας την εξίσωση βαθμονόμησης είναι 38% μεγαλύτερο από την ΔΒ χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αναλογίας, με τη διαφορά μεταξύ των δύο να είναι 0,58 μέτρα.

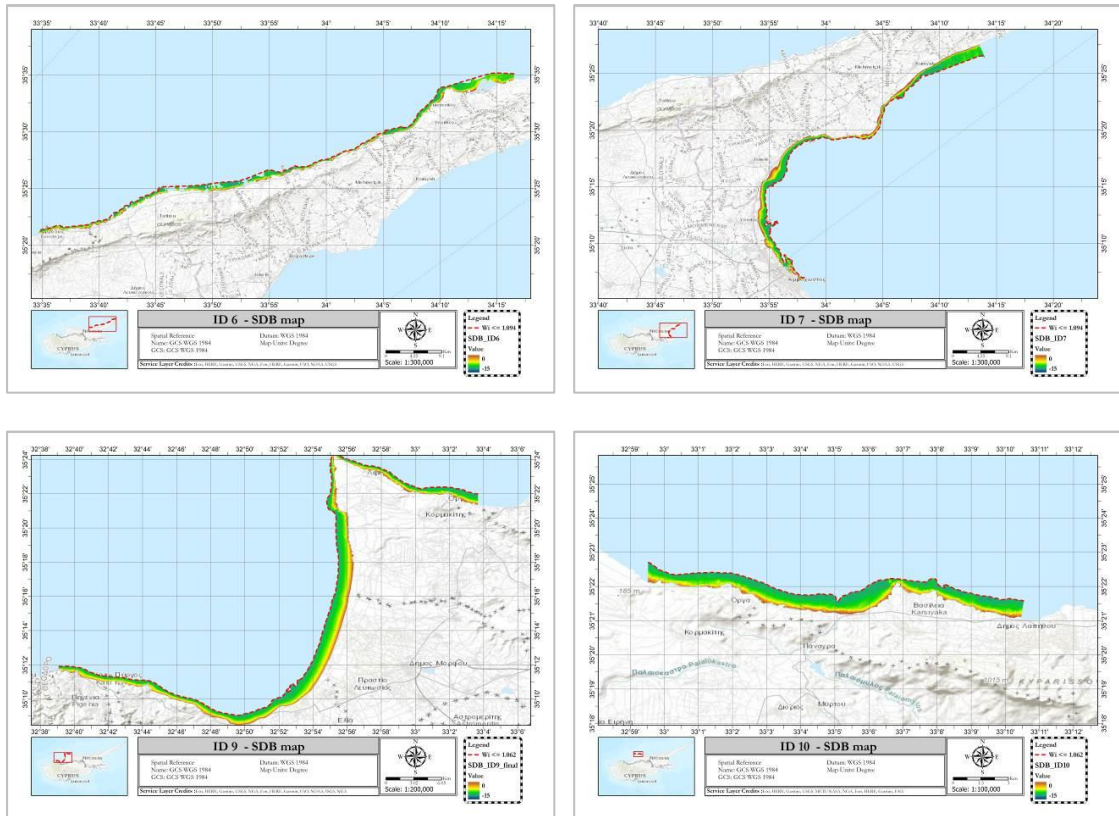
Πίνακας 16: Σύγκριση αποτελεσμάτων με χρήση αλγορίθμων μετασχηματισμού αναλογίας (RTA) και εξισώσεων παλινδρόμησης

Μέθοδος	Διαγράμματα διασποράς Δεδομένα πεδίου / Εκτιμώμενη Βαθυμετρία	Βαθυμετρικοί Χάρτες	RMSE (μέτρα)
RTA			1.53



Όπως φαίνεται στα πιο πάνω αποτελέσματα υπάρχουν αποκλίσεις με την εφαρμογή των εξισώσεων παλινδρόμησης. Παρόλα αυτά προχωρήσαμε στην εκτίμηση βαθμετρίας με την χρήση των εξισώσεων βαθμονόμησης σημειώνοντας την απόκλιση που βρήκαμε για τα αποτελέσματα μας. Έτσι ακολουθήσε εκτίμηση βαθμετρίας χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις βαθμονόμησης σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν δεδομένα πεδίου. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 13, οι εικόνες ID 3 έχουν την ίδια ημερομηνία λήψης με τις εικόνες με ID 1 και 2, οι εικόνες με ID 4,6 και 7 αντιστοιχούν με τις εικόνες ID 5 και οι εικόνες με ID 9 και 10 αντιστοιχούν με τις εικόνες με ID 8. Σε αυτό το σύνολο δορυφορικών εικόνων όπου δεν υπάρχουν δεδομένα πεδίου, χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις βαθμονόμησης και οι τιμές W_i των αντίστοιχων δορυφορικών εικόνων του Πίνακα 15. Δεδομένου ότι τα δεδομένα πεδίου δεν ήταν διαθέσιμα, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να εκτιμηθεί. Τα αποτελέσματα βαθμετρίας που χρησιμοποιούν την εξίσωση βαθμονόμησης μπορούν να βρεθούν στο Διάγραμμα 45





Διάγραμμα 44: Βαθυμετρικοί χάρτες με χρήση της εξίσωσης βαθμονόμησης από τις αντίστοιχες δορυφορικές εικόνες

4.2.3 Αποτελέσματα ΔB διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους και σύνολα δεδομένων που περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.2.2.3. Όπως περιεγράφηκε και στην μεθοδολογία του κεφαλαίου χρησιμοποιήθηκαν τρεις πολυφασματικοί αισθητήρες διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές εμπειρικές μέθοδοι για την εκτίμηση ΔB . Λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής μελέτης, αναλύθηκαν όλοι οι συνδυασμοί όλων των καναλιών για κάθε αισθητήρα και με τρεις διαφορετικές εμπειρικές μεθόδους. Αυτό το επιπρόσθετο βήμα υλοποιήθηκε επειδή, όπως δήλωσαν οι Vahtmäe και Kutser (2016), σε θολά νερά οι βέλτιστες ζώνες κατά την εκτίμηση ΔB μετατοπίζονται σε υψηλότερα μήκη κύματος δηλαδή στις πράσινες ή κίτρινες φασματικές ζώνες και όχι στην μπλε ζώνη καθώς έχουν μεγαλύτερη διείσδυση στην στήλη νερού.

Έτσι δημιουργήθηκαν πίνακες με τους συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ του γραμμικού αλγορίθμου μίας ζώνης (Εξ. 8), του γραμμικού αλγορίθμου πολλαπλών ζωνών (Εξ. 11) και του αλγορίθμου αναλογίας (Εξ. 12), χρησιμοποιώντας όλες τις ορατές ζώνες για κάθε οπτικό αισθητήρα. Η δημιουργία των Πινάκων 17, 18 και 19 στοχεύουν στην επιλογή των καλύτερων ζωνών για κάθε αλγόριθμο για τα καλύτερα αποτελέσματα βαθυμετρικών αποτελεσμάτων.

Πίνακας 17: Συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ των τριών εμπειρικών μεθόδων, χρησιμοποιώντας το κυανό (B1), μπλε (B2), πράσινο (B3) και κίτρινο (B4) του WorldView 2

Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης		Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών		Αλγόριθμος αναλογίας	
<i>Κανάλια</i>	R^2 (%)	<i>Κανάλια</i>	R^2 (%)	<i>Κανάλια</i>	R^2 (%)
<i>B1</i>	0.13	<i>B 1,2</i>	0.27	<i>B 1,2</i>	0.38
<i>B2</i>	0.32	<i>B 1,3</i>	0.6	<i>B 1,3</i>	0.69
<i>B3</i>	0.65	<i>B 1,4</i>	0.64	<i>B 1,4</i>	0.67
<i>B4</i>	0.65	<i>B 1,2,3</i>	0.54	<i>B 2,3</i>	0.74
		<i>B 1,2,4</i>	0.61	<i>B 2,4</i>	0.61
		<i>B 1,3,4</i>	0.67	<i>B 3,4</i>	0.12
		<i>B 1,2,3,4</i>	0.64		
		<i>B 2,3</i>	0.57		
		<i>B 2,4</i>	0.64		
		<i>B 2,3,4</i>	0.66		
		<i>B 3,4</i>	0.69		

Πίνακας 18: Συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ των τριών εμπειρικών μεθόδων, χρησιμοποιώντας το κυανό (B1), μπλε (B2) και πράσινο (B3) του Sentinel 2

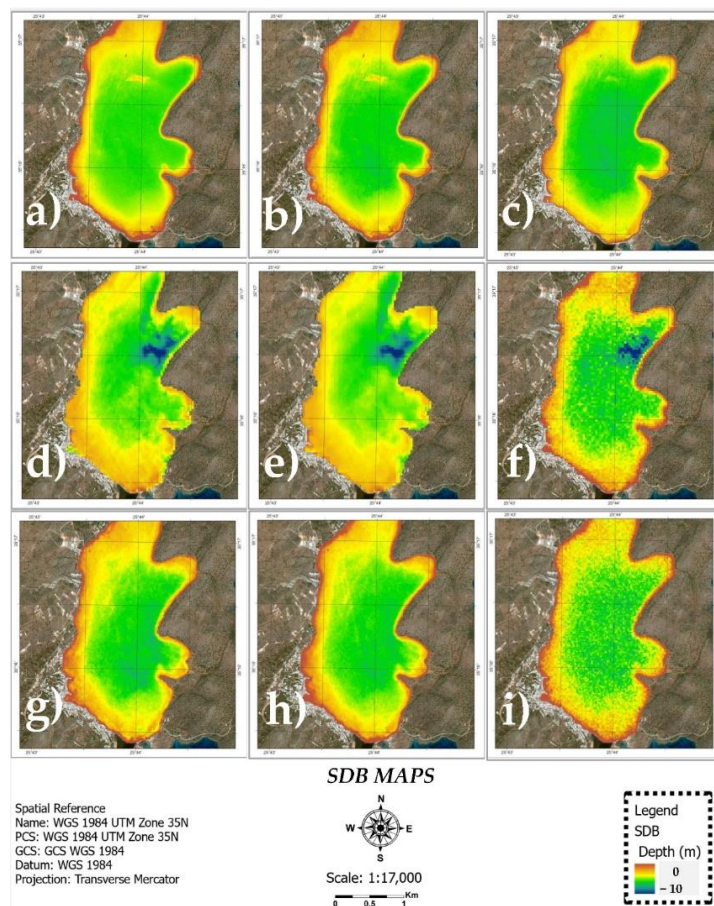
Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης		Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών		Αλγόριθμος αναλογίας	
Κανάλια	R^2 (%)	Κανάλια	R^2 (%)	Κανάλια	R^2 (%)
B1	0.30	B 1,2	0.31	B 1,2	0.00
B2	0.30	B 1,3	0.40	B 1,3	0.28
B3	0.45	B 1,2,3	0.37	B 2,3	0.66
		B 2,3	0.39		

Πίνακας 19: Συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων βάθους στο πεδίο μεταξύ των τριών εμπειρικών μεθόδων, χρησιμοποιώντας το μπλε (B1), πράσινο (B2) και κόκκινο (B3) του PlanetScope 2

Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης		Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών		Αλγόριθμος αναλογίας	
Κανάλια	R^2 (%)	Κανάλια	R^2 (%)	Κανάλια	R^2 (%)
B1	0.57	B 1,2	0.63	B 1,2	0.62
B2	0.68	B 1,3	0.67	B 1,3	0.60
B3	0.65	B 1,2,3	0.67	B 2,3	0.43
		B 2,3	0.69		

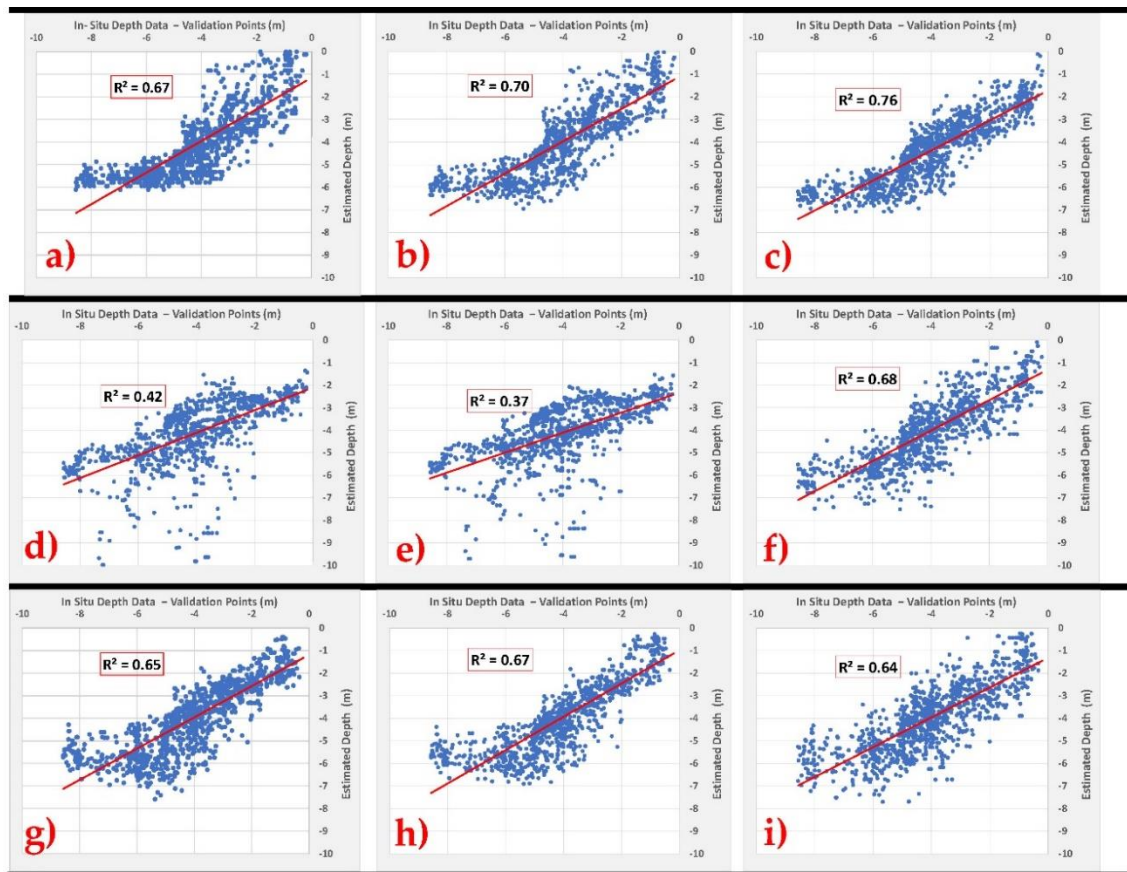
Συγκρίνοντας τους συντελεστές συσχέτισης για κάθε αλγόριθμο και δορυφορική εικόνα, σημειώθηκαν οι χαμηλές τιμές με κόκκινο χρώμα, τα μέσα επίπεδα με κίτρινο χρώμα και οι υψηλές τιμές με τα πράσινα. Όπως παρατηρείται στους Πίνακας 17,18 και 19, ο συντελεστής συσχέτισης με την υψηλότερη τιμή φτάνει μέχρι το 0,74. Η παρατήρηση αυτή οφείλεται κυρίως στις συνθήκες της περιοχής μελέτης (υψηλά αιωρούμενα ιζήματα), η οποία αποτελεί κρίσιμη παράμετρος για την ακρίβεια της ΔΒ. Η υψηλότερη τιμή συντελεστών συσχέτισης στο γραμμικό αλγόριθμο μίας ζώνης παρατηρήθηκε στην πράσινη ζώνη και για τους τρεις αισθητήρες. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας το γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών, οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης διαφέρουν για κάθε

εικόνα. Η καλύτερη τιμή του R^2 χρησιμοποιώντας το γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών σημειώθηκε στο άθροισμα του λογαρίθμου της πράσινης/κίτρινης ζώνης για τον αισθητήρα WorldView 2, κυανής / πράσινης εικόνας του Sentinel 2 και πράσινης / κόκκινης της εικόνας PlanetScope. Τέλος, η χρήση του αλγόριθμου αναλογίας είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη τιμή συντελεστών συσχέτισης σε πράσινες/μπλε ζώνες και για τους τρεις αισθητήρες. Στη συνέχεια, οι βαθυμετρικοί χάρτες δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τις Εξ. 8, Εξ. 11 και Εξ. 12 και ζώνες με τους υψηλότερους συντελεστές συσχέτισης, που σημειώνονται στους Πίνακες 17, 18 και 19. Στο Διάγραμμα 45 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ΔΒ.



Διάγραμμα 45: Δορυφορικοί βαθυμετρικοί χάρτες με τη χρήση: α) Γραμμικού αλγόριθμου μίας ζώνης /WorldView 2; β) Γραμμικού αλγόριθμου πολλαπλών ζωνών / WorldView 2; γ) Αλγόριθμου αναλογίας / Worldview 2; δ) Γραμμικού αλγόριθμου μίας ζώνης / Sentinel 2; ε) Γραμμικού αλγόριθμου πολλαπλών ζωνών / Sentinel 2; στ) Αλγόριθμου αναλογίας / Sentinel 2; ζ) Γραμμικού αλγόριθμου μίας ζώνης /PlanetScope; η) Γραμμικού αλγόριθμου πολλαπλών ζωνών / PlanetScope; (ι) Αλγόριθμου αναλογίας / PlanetScope.

Στο Διάγραμμα 46 παρουσιάζονται οι αναλύσεις παλινδρόμησης για την εκτίμηση της αντιστοιχίας των δορυφορικών βαθυμετρικών αποτελεσμάτων με τα επιτόπια δεδομένα. Το πιο κάτω γράφημα παρουσιάζει εννέα γραφήματα που αντιστοιχούν με τα πιο πάνω αποτελέσματα και τον άξονα x να αντιπροσωπεύει τα σημεία επικύρωσης, ενώ ο άξονας y αντιπροσωπεύει τα εκτιμώμενα σημεία ΔB που προέρχονται από τις εικόνες WorldView 2, Sentinel 2 και PlanetScope.



Διάγραμμα 46: Συσχέτιση μεταξύ παρατηρούμενων βαθών (σημεία επικύρωσης) και ΔB που λαμβάνονται από κάθε αλγόριθμο / αισθητήρα, που αναφέρονται ως: a) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης /WorldView 2; b) Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών / WorldView 2; c) Αλγόριθμος αναλογίας / WorldView 2; d) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης / Sentinel 2; e) Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών / Sentinel 2; f) Αλγόριθμος αναλογίας / Sentinel 2; g) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης /PlanetScope; h) Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών / PlanetScope; i) Αλγόριθμος αναλογίας / PlanetScope.

Επιπλέον, αφού υπολογίστηκε η ΔB, εκτιμήθηκε το σφάλμα, χρησιμοποιώντας την Εξ. 19. Τα συνολικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 20. Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, η υψηλότερη συσχέτιση παρατηρείται χρησιμοποιώντας το αλγόριθμο

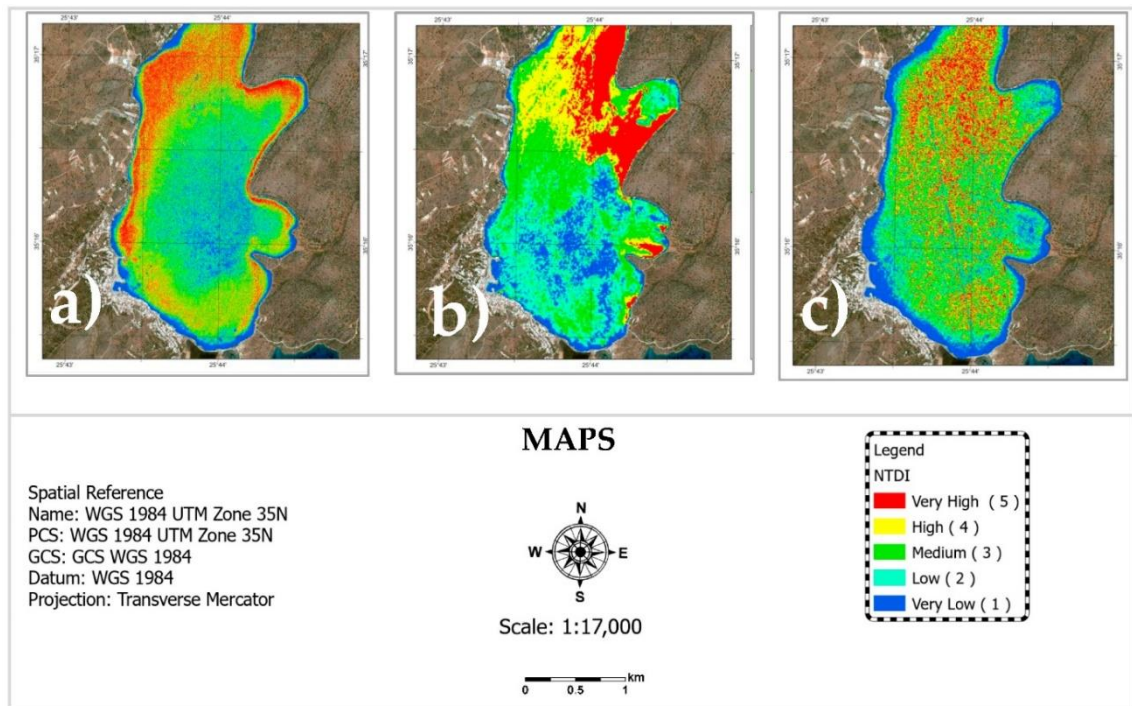
αναλογίας για το WorldView 2 και το Sentinel 2 και το γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών για το PlanetScope. Τα καλύτερα βαθμετρικά αποτελέσματα προέκυψαν με τη δορυφορική εικόνα WorldView 2 χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αναλογίας με το RMSE να είναι 1,01 μέτρα. Η υψηλότερη τιμή RMSE εντοπίζεται στις εικόνες του Sentinel 2 χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών. Για το PlanetScope, η διακύμανση του RMSE και στα τρία εμπειρικά μοντέλα είναι σχετικά μικρή και το RMSE κυμαίνεται από 1,08 έως 1,13 μέτρα και για τους τρεις αλγόριθμους, με τα καλύτερα αποτελέσματα να παρατηρούνται στο γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών.

Πίνακας 20: R² και RMSE της ΔB για κάθε αισθητήρα και αλγόριθμο

A/A	Αλγόριθμος	Δορυφορική εικόνα	Σημεία βαθμονόμησης	Σημεία επικύρωσης	RMSE (μέτρα)	R ²
1	Γραμμικός μιας ζώνης	WV2	4521	1145	1.08	0.67
2		S2A			1.46	0.42
3		PlanetScope			1.11	0.65
4	Γραμμικός πολλαπλών ζωνών	WV2			1.03	0.70
5		S2A			1.52	0.37
6		PlanetScope			1.08	0.67
7	Αναλογίας	WV2			1.01	0.76
8		S2A			1.06	0.68
9		PlanetScope			1.13	0.64

Οι περιοχές με ακραία επίπεδα θολερότητας μπορεί να έχουν μεγαλύτερη απόκριση ακτινοβολίας κόκκινου φωτός από το πράσινο φως. Η πρόβλεψη ενός δείκτη της ποιότητας του νερού προσδιορίστηκε με την ταξινόμηση των τιμών NDTI σε πέντε κατηγορίες ίσων διαστημάτων. Τα ακόλουθα αποτελέσματα παρουσιάζουν τις περιοχές θολερότητας του νερού και αξιολογούν τα βαθμετρικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης και τους χάρτες κατανομής σφαλμάτων. Κατά συνέπεια, οι περιοχές με θολερότητα για κάθε δορυφορική εικόνα προσδιορίστηκαν και ταξινομήθηκαν χρησιμοποιώντας τους δείκτες NDTI (Εξ. 3). Τα αποτελέσματα με την

εφαρμογή των δεικτών NDTI για κάθε δορυφορική εικόνα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 47.



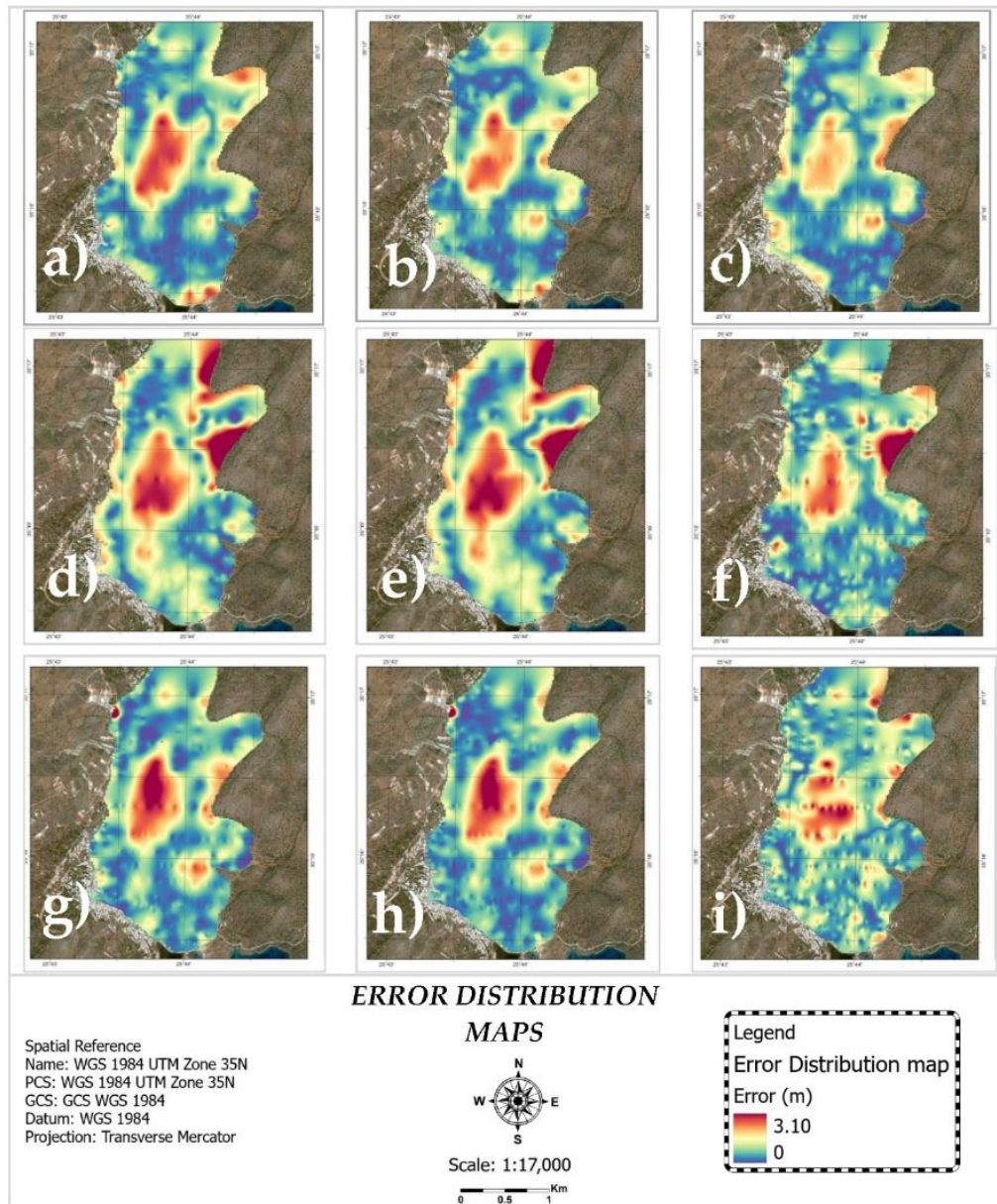
Διάγραμμα 47: Χάρτες της περιοχής μελέτης προσδιορισμού των επιπέδων θολερότητας για: α) WorldView 2; β) Sentinel 2; γ) PlanetScope.

Το κόκκινο χρώμα δείχνει τις περιοχές με τις υψηλότερες τιμές θολερότητας, τις κίτρινες περιοχές με υψηλές τιμές θολερότητας, τις πράσινες περιοχές για μέτριες τιμές θολερότητας, με ανοιχτό μπλε τις περιοχές με χαμηλές τιμές θολερότητας και τις μπλε περιοχές με τις χαμηλότερες τιμές.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο Διάγραμμα 47 τα αποτελέσματα της θολερότητας των υδάτων σε κάθε δορυφορική εικόνα διαφέρουν καθώς οι ημερομηνίες ανίχνευσης των δορυφορικών εικόνων είναι διαφορετικές. Για παράδειγμα, στη δορυφορική εικόνα του Sentinel 2, παρατηρήθηκε στα ρηχά νερά υψηλή θολερότητα βορειοανατολικά του κόλπου σε σύγκριση με τα άλλα δύο, τα οποία είχαν μεσαίο έως υψηλό επίπεδο θολερότητας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις συνθήκες που επικρατούν στον κόλπο της Ελούντας κατά την ημερομηνία λήψης.

Στην συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα ΔΒ, δημιουργήθηκαν χάρτες κατανομής σφαλμάτων για να μελετηθεί το βάθος και οι περιοχές με τα υψηλότερα σφάλματα που παρουσιάζονται στους βαθυμετρικούς χάρτες. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό ArcGIS Pro, δημιουργήθηκαν εννέα χάρτες κατανομής σφαλμάτων με γραμμική παρεμβολή της

διαφοράς των δεδομένων πεδίου βάθους και του βάθους της ΔΒ, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 48. Κάθε χάρτης κατανομής σφαλμάτων αναφέρεται στη χρήση διαφορετικού αλγορίθμου/αισθητήρα.



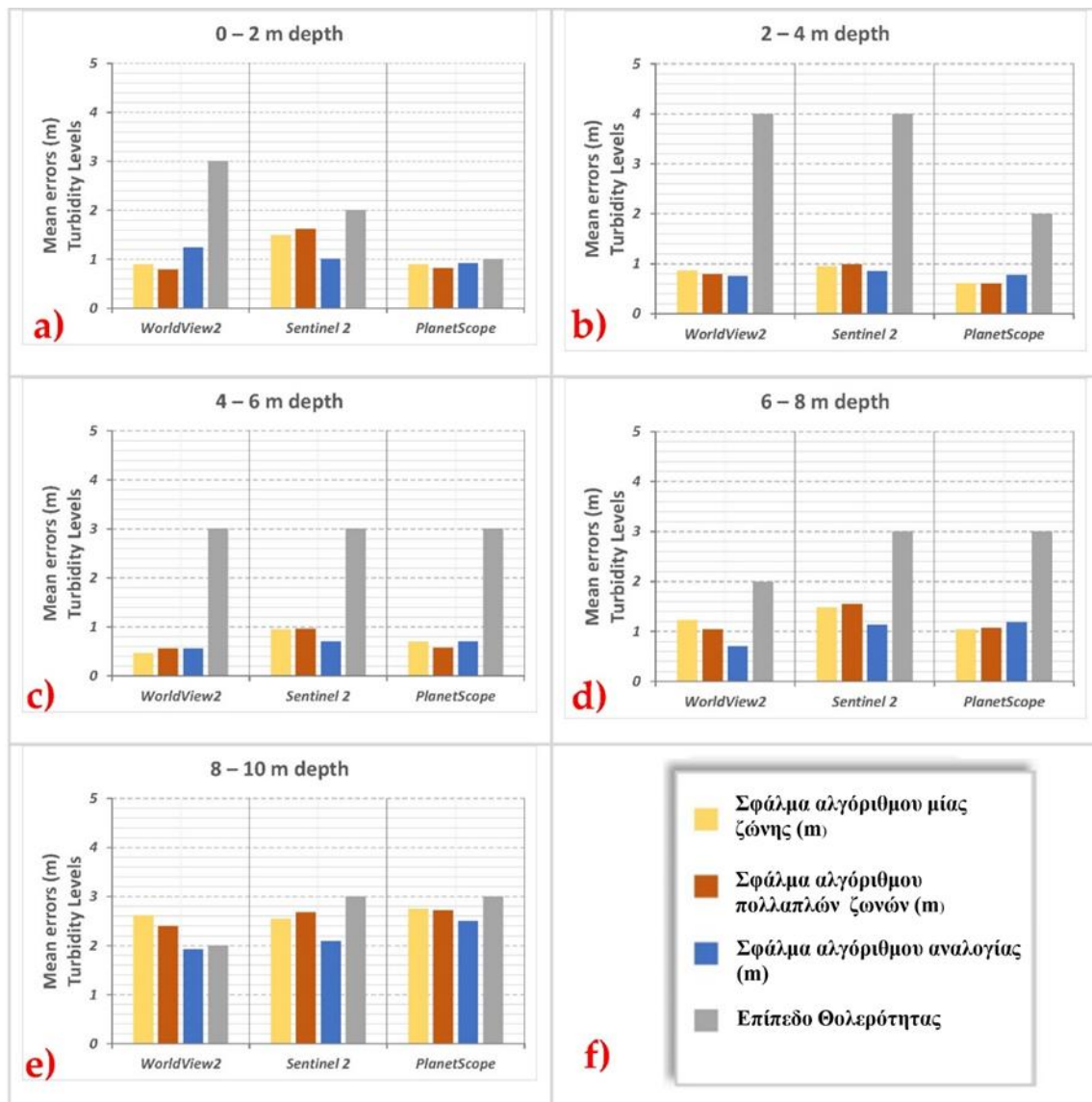
Διάγραμμα 48: Οι χάρτες κατανομής σφαλμάτων για: α) Γραμμικό αλγόριθμο μίας ζώνης / WorldView 2; β) Γραμμικό αλγόριθμο πολλαπλών ζωνών / WorldView 2; γ) Αλγόριθμος αναλογίας / WorldView 2; δ) Γραμμικός αλγόριθμος μίας ζώνης / Sentinel 2; ε) Γραμμικός αλγόριθμος

Εστιάζοντας στους χάρτες κατανομής σφαλμάτων φαίνονται σημαντικά συστηματικά σφάλματα που εμφανίζονται στο κέντρο, το βαθύτερο σημείο του νότιου τμήματος του

κόλπου, με βάθος 8,50 μέτρα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε συστηματικός θόρυβος στα ρηγά νερά σε όλα τα μοντέλα με όλους τους αισθητήρες. Όπως προσδιορίστηκε στα βαθυμετρικά αποτελέσματα με τον αλγόριθμο αναλογίας, παρατηρήθηκε ότι τα σφάλματα είναι λιγότερα σε ρηχές και βαθύτερες περιοχές του κόλπου. Αυτό μπορεί να συνδέεται με τις καιρικές συνθήκες ή την πλοήγηση που επικρατούσε στην περιοχή μελέτης την συγκεκριμένη χρονική στιγμή των δεδομένων δορυφορικής ανίχνευσης ή της ανάλυσης του αισθητήρα.

Όσον αφορά τις συνθήκες που επικρατούσαν στη περιοχή μελέτης κατά τη λήψη των δορυφορικών εικόνων, η απουσία σύννεφων και των ισχυρών ανέμων είναι το ιδανικό σενάριο κατά την εκτίμηση ΔΒ, για την αποφυγή φαινομένων των αντανακλάσεων της επιφάνειας της θάλασσας. Αυτά τα φαινόμενα όπου δεν μπορούσαν να αποφευχθούν, χρησιμοποιήθηκε ένα διάμεσο φίλτρο και η Εξ. 1 για την απαλοιφή της λάμψης ήλιου. Εκτός από την έντονη δραστηριότητα της περιοχής μελέτης, τα νερά του κόλπου δεν είναι καθαρά λόγω θολερότητας και αιωρούμενων λεπτόκοκκων ιζημάτων. Αυτά τα φαινόμενα μειώνουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της ΔΒ ανεξάρτητα της χωρικής ανάλυσης της δορυφορικής εικόνας.

Έτσι, στην συνέχεια της μελέτης αυτής, υλοποιήθηκε η αξιολόγηση των βαθυμετρικών αποτελεσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τις τρεις μεθόδους και τη θολερότητα. Έπειτα, επιτεύχθηκε σύγκριση του σφάλματος σχετικά με τη θολερότητα και του βάθους για κάθε μέθοδο και δορυφορική εικόνα, με τη δημιουργία γραφημάτων όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 49. Τα διαγράμματα δημιουργήθηκαν, κατανεμημένα κατά δύο μέτρα βάθος χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης και εξάγοντας τις τιμές των χαρτών κατανομής σφαλμάτων και των χαρτών θολότητας. Ο άξονας x του διαγράμματος παρουσιάζει τον τύπο της δορυφορικής εικόνας και ο άξονας y παρουσιάζει τις τιμές των μέσων σφαλμάτων με κάθε μέθοδο (μέτρα) και επίπεδο θολερότητας.



Διάγραμμα 49: Διαγράμματα που παρουσιάζουν την σχέση των επιπέδων θολότητας και σφάλματος για κάθε μέθοδο χρησιμοποιώντας τις δορυφορικές εικόνες του WorldView 2, Sentinel 2, PlanetScope για βάθη: a) 0-2 μέτρα, b) 2-4 μέτρα, c) 4-6 μέτρα, d) 6-8 μέτρα, e) 8-10 μέτρα. Το κελί f) απεικονίζει το υπόμνημα όλων των γραφικών του διαγράμματος

Οι γραφικές του Διάγραμμα 49 παρουσιάζουν τη διακύμανση των επιπέδων θολότητας σε σχέση με το βάθος των δορυφορικών εικόνων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις δραστηριότητες που μπορεί να λαμβάνουν χώρα κατά την στιγμή της ανίχνευσης, π.χ. διαδρομές πλοίων ή ακόμα του ανέμου και συνάμα των κυμάτων.

Ακολούθως έγινε ανάλυση των αποτελεσμάτων συγκρίνοντάς το κάθε γράφημα ξεχωριστά όπου εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές σχετικά με τη θολερότητα και τα σφάλματα για το βάθος ανά δύο μέτρα.

Το πρώτο γράφημα στο Διάγραμμα 49 α), αναφέρεται στο βάθος που κυμαίνεται μεταξύ 0-2 μέτρα. Το επίπεδο θολερότητας των εικόνων PlanetScore έχει τη χαμηλότερη τιμή, με τα σφάλματα να είναι μικρότερα σε αντίθεση με τους άλλους δύο δορυφόρους και τις τρεις μεθόδους. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του WorldView 2 και του Sentinel 2, τα αποτελέσματα με την δορυφορική εικόνα WorldView 2 έχει υψηλότερο επίπεδο θολότητας με μικρότερα σφάλματα χρησιμοποιώντας τους γραμμικούς αλγόριθμους, και υψηλότερο μέσο σφάλμα χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμό αναλογίας με το Sentinel 2. Επίσης, σε 0-2 μέτρα βάθος παρατηρήθηκαν καλύτερα αποτελέσματα, με χαμηλότερο επίπεδο θολότητας από τα αποτελέσματα που προέκυψαν με την εικόνα υψηλότερης ανάλυσης.

Το επόμενο γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα σε βάθος μεταξύ 2-4 μέτρα και παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 49 β). Εντοπίζεται μικρότερο μέσο σφάλμα στα αποτελέσματα της δορυφορικής εικόνας PlanetScore και για τις τρεις μεθόδους με το μικρότερο επίπεδο θολερότητας. Τα αποτελέσματα των άλλων δύο δορυφορικών εικόνων είναι παρόμοια καθώς το επίπεδο θολερότητας είναι το ίδιο. Στο γράφημα εντοπίζεται μικρότερο μέσο σφάλμα και για τις τρεις μεθόδους στο Wordview 2 ενώ το υψηλότερο μέσο σφάλμα εντοπίζεται στην δορυφορική εικόνα του Sentinel 2. Αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως στην ανάλυση της δορυφορικής εικόνας.

Το ίδιο επίπεδο θολερότητας εντοπίζεται και για τις τρεις δορυφορικές εικόνες σε βάθος 4-6 μέτρα (Διάγραμμα 49 γ). Στο γράφημα αυτό εντοπίζεται μικρότερο μέσο σφάλμα στα βαθυμετρικά αποτελέσματα σε όλες τις μεθόδους με εικόνες υψηλότερης ανάλυσης. Πιο συγκεκριμένα, το μέσο σφάλμα ΔB με το WorldView 2 είναι μικρότερο από αυτό του PlanetScore, ενώ το μέσο σφάλμα ΔB του PlanetScore είναι μικρότερο από το Sentinel 2 και με τις τρεις μεθόδους.

Στην συνέχεια, τα αποτελέσματα σε βάθος 6-8 μέτρα φαίνονται στο γράφημα (δ) του Διάγραμμα 49. Τα χαμηλότερο μέσο σφάλμα ΔB με όλες τις μεθόδους παρατηρείται με τη χρήση της εικόνας WorldView 2, σημειώνοντας επίσης το χαμηλότερο επίπεδο θολερότητας. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του PlanetScore και του Sentinel 2, εντοπίζεται το ίδιο επίπεδο θολότητας. Τα αποτελέσματα με τους γραμμικούς αλγόριθμους που προκύπτουν από την εικόνα του PlanetScore έχουν μικρότερο μέσο σφάλμα, ενώ τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον αλγόριθμό αναλογίας είναι ελαφρώς καλύτερα στον Sentinel 2.

Στο τελευταίο γράφημα (Διάγραμμα 49 e) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για βάθος 8-10 μέτρα, όπου και παρατηρείται το μεγαλύτερο μέσο σφάλμα για όλες τις μεθόδους για όλες τις δορυφορικές εικόνες. Ωστόσο, το χαμηλότερο επίπεδο θολότητας εντοπίζεται με τη χρήση της δορυφορικής εικόνας WorldView 2, δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα με το γραμμικό αλγόριθμό πολλαπλών ζωνών και αλγόριθμό αναλογίας, καθώς παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν με τον γραμμικό αλγόριθμό μιας ζώνης και για τις τρεις δορυφορικές εικόνες.

4.2.4 Αποτελέσματα ΔB για τα ρηγά νερά της Κύπρου με τη χρήση τριών εμπειρικών μοντέλων

Ακολουθώντας την μεθοδολογία που περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 3.2.2.4.4, τα αποτελέσματα που παίρνουμε τρέχοντας τον συγκεκριμένο κώδικα στο GEE είναι οι χάρτες θολερότητας, διαγράμματα μέσων τιμών θολερότητας, βαθυμετρικούς χάρτες, διαγράμματα γραμμικής παλινδρόμησης ΔB τα σημεία επικύρωσης και τέλος την εκτίμηση του σφάλματος (RMSE).

Με τη ανάλυση της χρονικής σειράς και τα αποτελέσματα του κεφαλαίου 4.2.1.1 φαίνεται ότι τα βέλτιστα αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης ήταν στους καλοκαιρινούς μήνες. Επειδή όμως η χρονική ανάλυση έχει πραγματοποιηθεί σε μια περιοχή μελέτης σε μία δορυφορική εικόνα για κάθε μήνα, θα υλοποιηθεί ακόμη μια χρονική ανάλυση χρησιμοποιώντας και τους τρεις αλγόριθμους για όλο το νησί της Κύπρου. Η περίοδος κάθε χρονικής ανάλυσης θα χωρίζεται ανά εποχή, θα συμπεριληφθούν δηλαδή τρεις μήνες, γιατί στη παραγωγή των χαρτών ανά μήνα μπορεί να παρουσιαστούν κενά. Αυτά τα κενά στην εικόνα με τις διάμεσες τιμές σε μερικούς μήνες του χρόνου εμφανίζονται λόγω των παραμέτρων που έχουν οριστεί στο κώδικα και της συννεφοκάλυψης.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.2.2.4.4 χρειάζεται να εκτιμηθεί η μέση τιμή του φυτοπλαγκτόν - χλωροφύλλης (Chl-a) και να χρησιμοποιηθεί στο τρίτο αλγόριθμο εκτίμησης βαθυμετρίας (Εξ. 13). Για να υπολογιστεί η μέση τιμή χλωροφύλλης, δημιουργήθηκαν 500 τυχαία σημεία σε όλο το νησί της Κύπρου για βάθος μικρότερο των 25 μέτρων. Στον πιο κάτω χάρτη (Διάγραμμα 50) μπορείτε να βρείτε την κατανομή σημείων που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των τιμών χλωροφύλλης.



Διάγραμμα 50: Χωρική κατανομή σημείων εξαγωγής τιμών χλωροφύλλης (Chl-a)

Με την βοήθεια των σημείων αυτών, και τον χάρτη χλωροφύλλης που υπολογίστηκε με την Εξ. 17, εξήχθησαν οι τιμές χλωροφύλλης όπου και υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές, έτσι ώστε να προσαρμοστεί στο αλγόριθμο. Ενδεικτικά, το έτος 2021 υπολογίστηκε η μέση τιμή χλωροφύλλης ($0,33 \text{ mg m}^{-3}$) για όλο το νησί της Κύπρου. Στο Διάγραμμα 51 φαίνεται η εκτίμηση χλωροφύλλης για το έτος 2021 για όλο το νησί της Κύπρου.



Διάγραμμα 51: Χάρτης εκτίμησης χλωροφύλλης για το έτος 2021

Ακολουθώντας την πιο πάνω μεθοδολογία, εκτιμήθηκαν έξι χάρτες βαθυμετρίας, δώδεκα αναλύσεις παλινδρόμησης υπολογίζοντας το RMSE για κάθε εποχή και αλγόριθμο ξεχωριστά σε όλο το νησί της Κύπρου.

Πίνακας 21: Επικύρωση βαθυμετρικών εποχιακών και ετήσιων αποτελεσμάτων τριών μεθόδων

Μήνας	(α)		(β)		(γ)	
	Γραμμικός αλγόριθμος πολλαπλών ζωνών (Εξ. 11)		Αλγόριθμος αναλογίας (Εξ. 12)		Αλγόριθμος αναλογίας με τη χρήση μέσης τιμής chl-a (Εξ. 13)	
	R ²	RMSE (μέτρα)	R ²	RMSE (μέτρα)	R ²	RMSE (μέτρα)
Χειμώνας (01/12/2020-28/02/2021)	0,70	2,12	0,74	2,13	0,59	2,57
Άνοιξη (01/03/2021-31/05/2021)	0,79	1,80	0,74	1,98	0,74	2,03
Καλοκαίρι (01/06/2021-31/08/2021)	0,79	1,76	0,73	2,03	0,68	2,27
Φθινόπωρο (01/09/2021-30/11/2021)	0,75	1,83	0,77	1,85	0,73	2,12
Έτος 2021	0,79	1,76	0,82	1,72	0,76	1,97

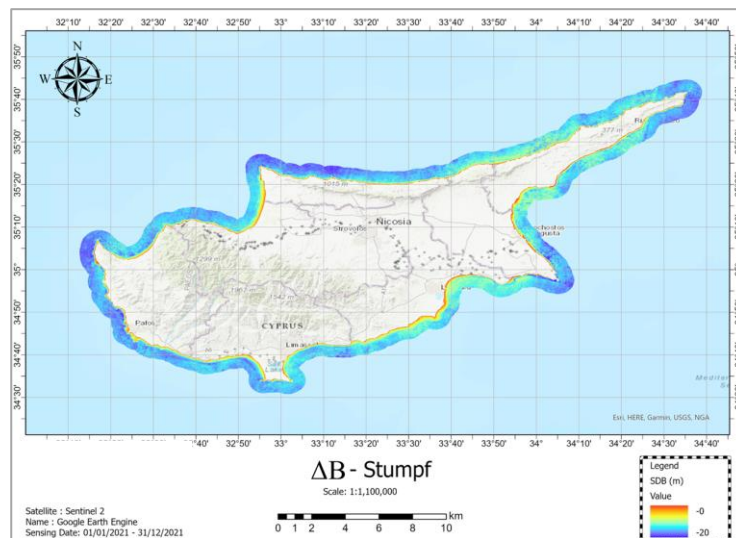
Οι τελικοί χάρτες βαθυμετρίας ανά αλγόριθμο που παράχθηκαν με τη πλατφόρμα της GEE και την ετήσια χρονική σειρά φαίνονται στον Πίνακα 22. Με βάση τις ακρίβειες της βαθυμετρίας που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 20 χρησιμοποιήθηκαν στο αυτόματο εργαλείο εντοπισμού χωρικών συγκρούσεων τα βαθυμετρικά αποτελέσματα του αλγόριθμου αναλογίας (β).

Πίνακας 22: Βαθυμετρικοί χάρτες για όλο το έτος του 2021 για Κύπρο με την χρήση των αλγορίθμων: α) Lyzenga, β) Stumpf, γ) Li με τη χρήση της πλατφόρμας GEE

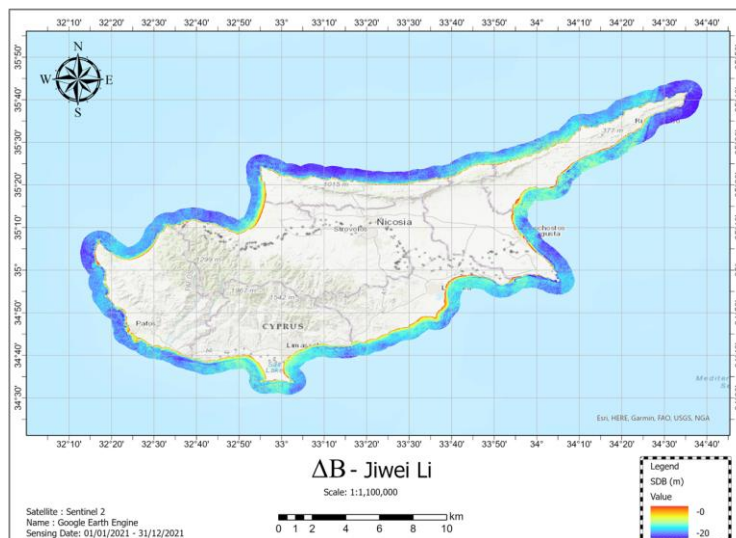
α)



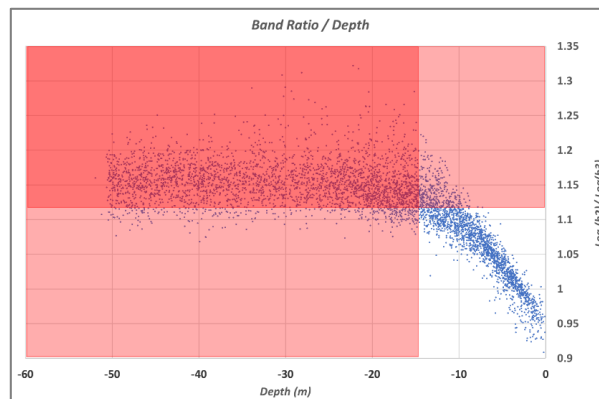
β)



γ)

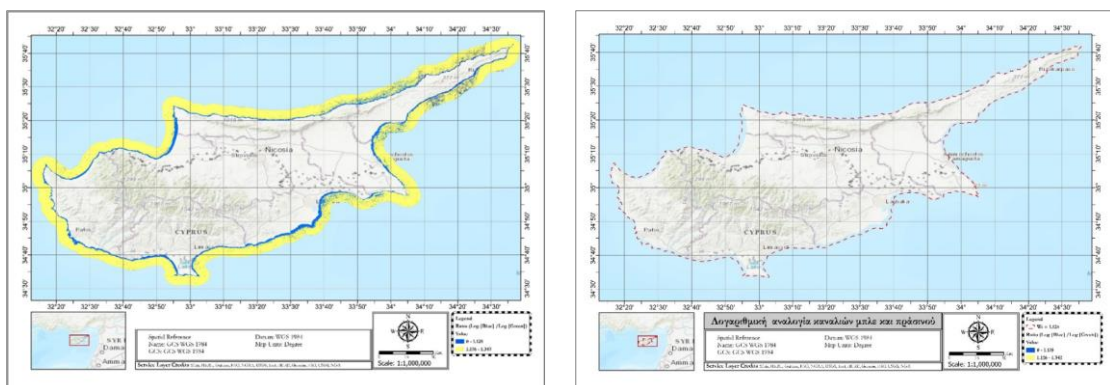


Από τα πιο πάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα μας τα δίνει η εμπειρική μέθοδος αναλογίας (b. Stumpf) με το σφάλμα RMSE να φθάνει το 1,72 μέτρα όπου τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν στα επόμενα βήματα. Στην συνέχεια για να προσδιοριστούν τα όρια που είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκε η Εξ. 12 για να βρεθεί η λογαριθμική αναλογία των καναλιών. Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν όλα τα σημεία που μας δόθηκαν από το TKX για τον προσδιορισμό της τιμής της αναλογίας για καθορισμό των ορίων της ΔΒ. Η τιμή που καθορίστηκε έτσι ώστε να οριστούν τα όρια είναι $Wi = 1.125$.



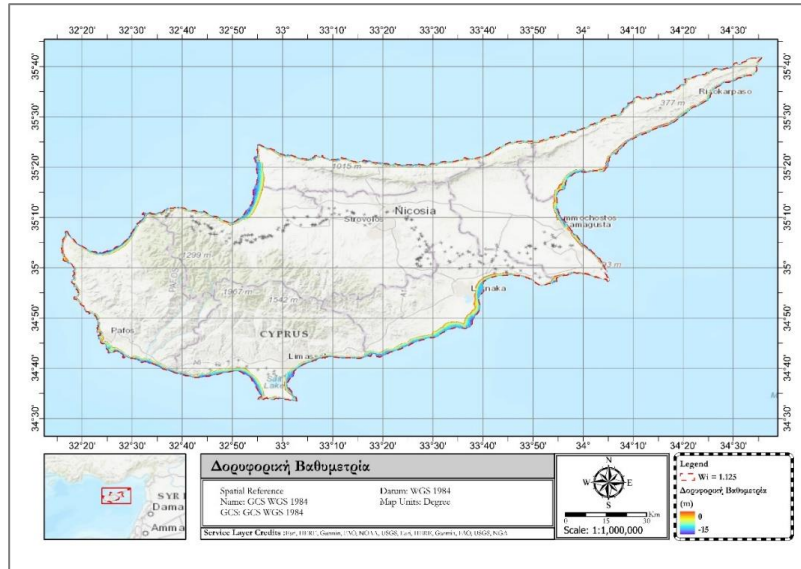
Διάγραμμα 52: Καθορισμός τιμής αναλογίας για βάθος 15 μέτρα

Ακολούθως παίρνοντας την τιμή Wi και διαχωρίζοντας τις τιμές που είναι μεγαλύτερες από 1,125 αναλογίας παίρνουμε τα αποτελέσματα στο Διάγραμμα 53 όπου με μπλε χρώμα είναι οι τιμές μικρότερες ή ίσες με την τιμή Wi που καθορίστηκε και με κίτρινο χρώμα οι μεγαλύτερες τιμές από την καθορισμένη τιμή Wi . Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε γραμμική παρεμβολή για να προσδιοριστούν τα όρια της περιοχής με βάθος μέχρι τα 15 μέτρα όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 53.



Διάγραμμα 53: Διαχωρισμός περιοχής μελέτης βάση της τιμής Wi

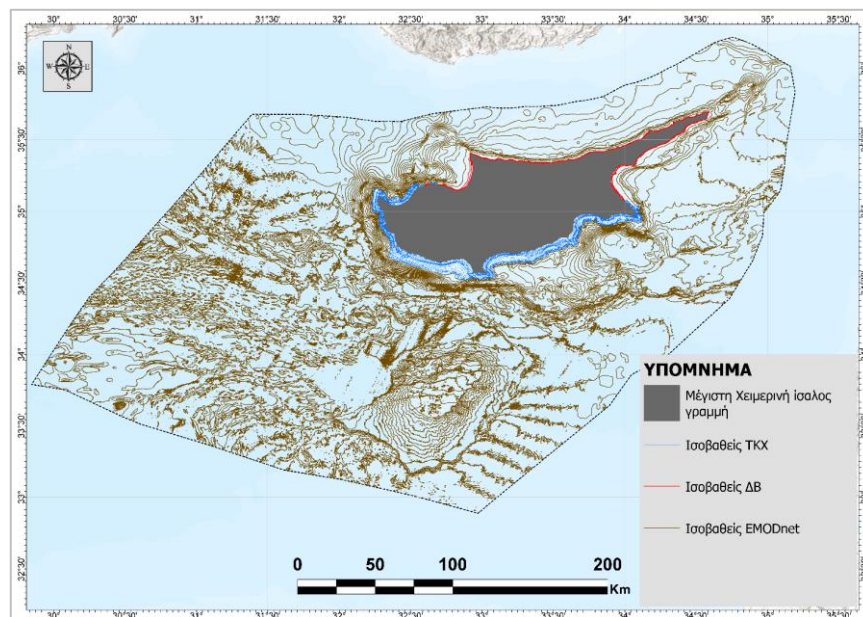
Αφού καθορίστηκε το όριο των 15 μέτρων, πραγματοποιήθηκε η δημιουργία ενός πολυγώνου το οποίο βοήθησε στην απομόνωση των τελικών χαρτών βαθυμετρίας και παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 54. Τα αποτελέσματα της ΔΒ χρησιμοποιήθηκαν στο επόμενο κεφάλαιο για την δημιουργία ενός βαθυμετρικού ΨΜΕ, όπου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα μόνο στις μη χαρτογραφημένες περιοχές της Κύπρου.



Διάγραμμα 54: Βαθυμετρικός χάρτης με την χρήση του αλγόριθμου αναλογίας

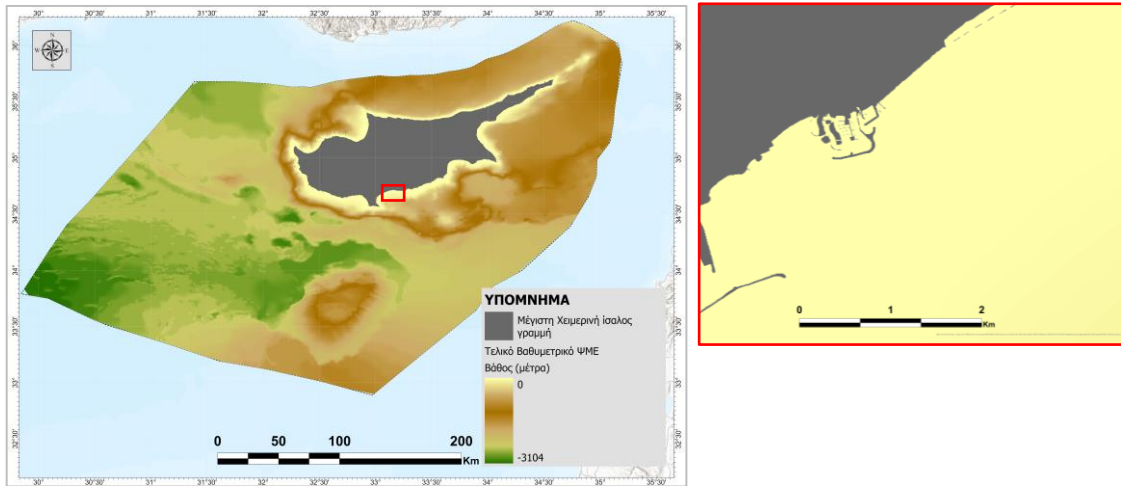
4.3 Αυτοματοποιημένο εργαλείου εντοπισμού συγκρούσεων στα χωρικά ύδατα της Κύπρου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του αυτοματοποιημένου εργαλείου. Τα παράγωγα του εργαλείου αυτού είναι χάρτες συγκρούσεων και πυκνοτήτων σε δισδιάστατη και τρισδιάστατη μορφή. Για την υλοποίηση του αυτοματοποιημένου εργαλείου η χρήση ενός βΨΜΕ βοήθησε στον υπολογισμό και την απεικόνιση των χωρικών συγκρούσεων στην ΑΟΖ στις τρεις διαστάσεις. Ακολουθώντας την μεθοδολογία που περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 3.3.2 παράχθηκαν οι ισοβαθείς από τα αποτελέσματα της ΔΒ και των δεδομένων της EMODnet. Για τον υπολογισμό ενός ψηφιδωτού υψηλότερης ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν και οι ισοβαθείς που δόθηκαν από το TKX.



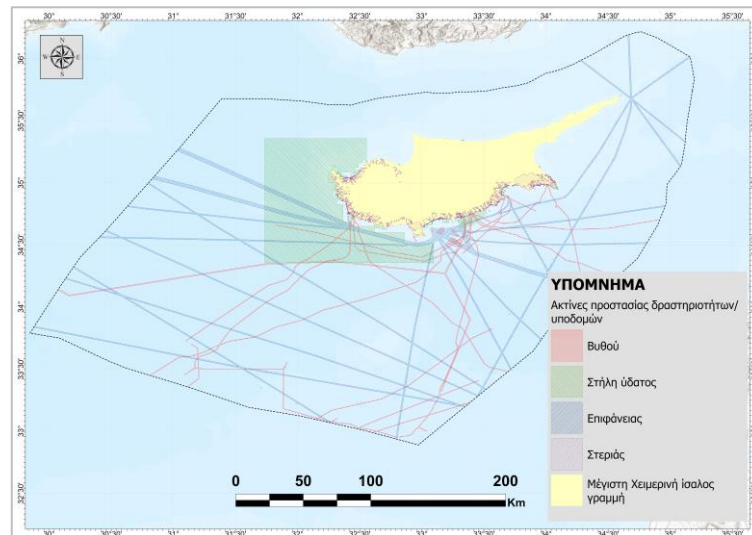
Διάγραμμα 55: Ισοβαθείς για την δημιουργία βαθυμετρικού ΨΜΕ

Αφού ετοιμάστηκαν οι ισοβαθείς, στην συνέχεια μέσω του λογισμικού ArcGIS Pro πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία με την χρήση του εργαλείου «Create TIN» το οποίο χρησιμοποιεί την μέθοδο παρεμβολής TIN. Το τελευταίο βήμα της επεξεργασίας ήταν η μετατροπή του TIN αρχείου σε ψηφιδωτό με την χρήση του εργαλείου TIN to Raster, ορίζοντας το μέγεθος του κελιού στα 10 μέτρα για την χρήση του στο αυτοματοποιημένο μοντέλο και την τρισδιάστατη απεικόνιση των αποτελεσμάτων Διάγραμμα 56.

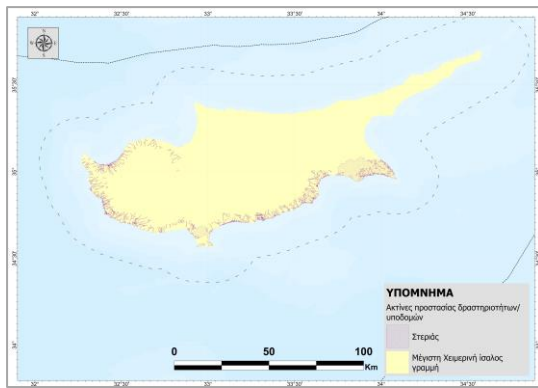


Διάγραμμα 56: Νέο βαθυμετρικό ΨΜΕ της Κύπρου

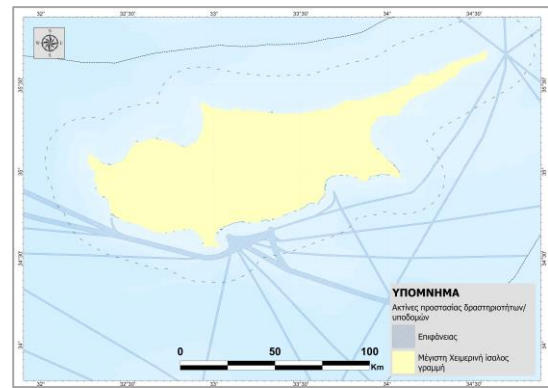
Τρέχοντας το αυτοματοποιημένο εργαλείο, τα πρώτα αρχεία που δίνονται στο χρήστη είναι οι ακτίνες προστασίας των δραστηριοτήτων και υποδομών που ορίστηκαν κατά την εκκίνηση του εργαλείου. Στο εργαλείο ορίστηκαν οι ακτίνες προστασίας που περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.1 και τα αποτελέσματα του εργαλείου παρουσιάζονται στα Διάγραμμα 57 - Διάγραμμα 61.



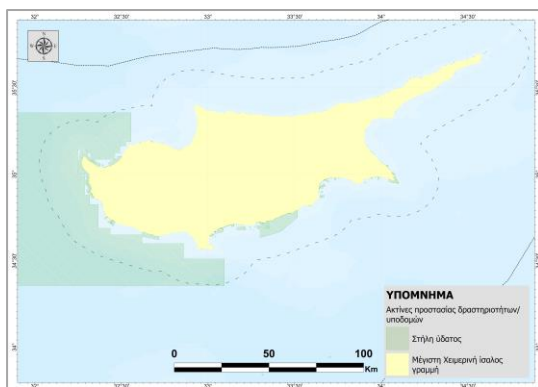
Διάγραμμα 57: Ακτίνες προστασίας των δραστηριοτήτων ανά κατηγορία στην ΑΟΖ της Κύπρου



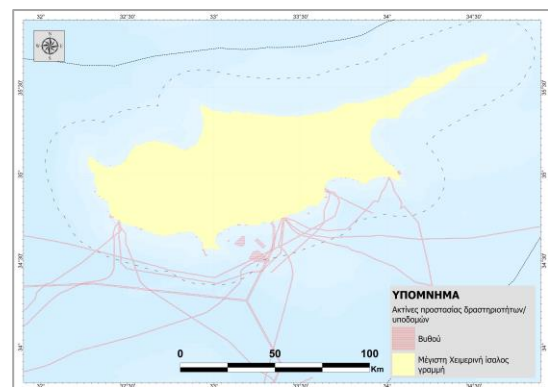
Διάγραμμα 58: Ακτίνες προστασίας στην στεριά



Διάγραμμα 59: Ακτίνες προστασίας στην επιφάνεια



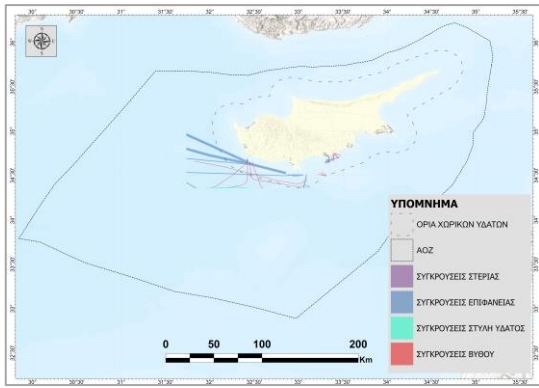
Διάγραμμα 60: Ακτίνες προστασίας στην στήλη ύδατος



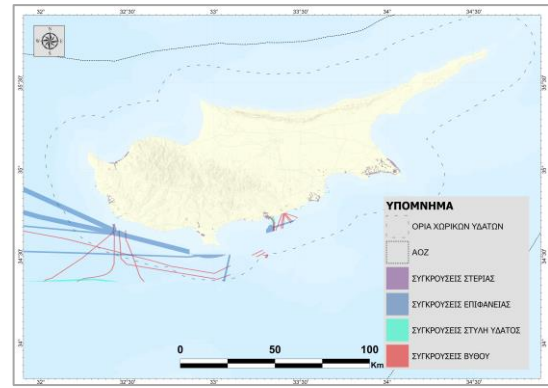
Διάγραμμα 61: Ακτίνες προστασίας στο βυθό

Με βάση τους πίνακες που εξήχθησαν από το εργαλείο, στο Διάγραμμα 38 παρουσιάζονται οι χωρικές συγκρούσεις στην ΑΟΖ της Κύπρου σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση στο θαλάσσιο χώρο.

Στην συνέχεια το εργαλείο εντοπίζει τις χωρικές συγκρούσεις στην ΑΟΖ της Κύπρου ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 3.3.3. Τα αποτελέσματα των χωρικών συγκρούσεων που εντοπίστηκαν από το εργαλείο παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 62 και Διάγραμμα 63 όπου παρουσιάζονται με μοβ χρώμα οι συγκρούσεις στην στεριά, με μπλε χρώμα οι συγκρούσεις στην επιφάνεια της θάλασσας, με γαλάζιο χρώμα οι συγκρούσεις στην στήλη ύδατος και με κόκκινο χρώμα οι συγκρούσεις στο βυθό.

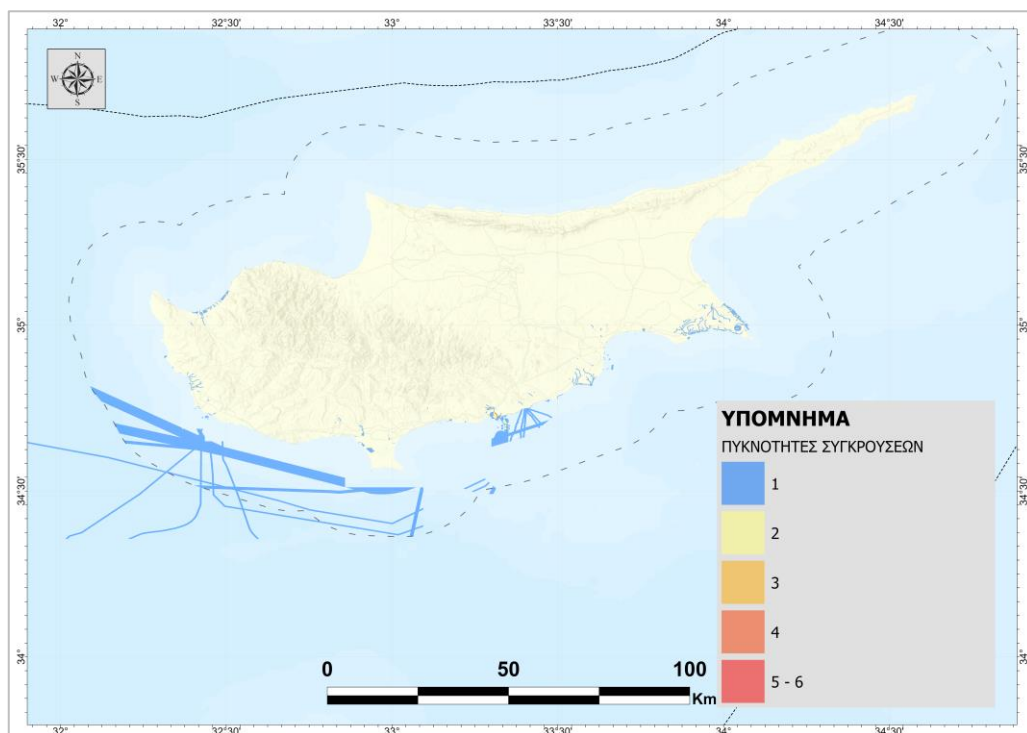


Διάγραμμα 62: Συγκρούσεις στην ΑΟΖ της Κύπρου



Διάγραμμα 63: Συγκρούσεις στα χωρικά ύδατα της Κύπρου

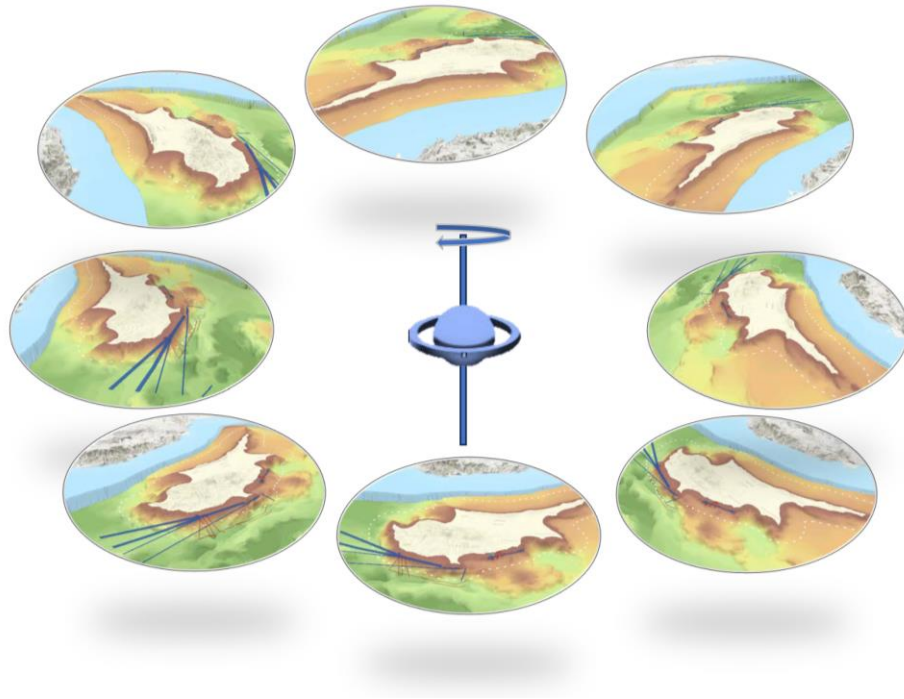
Επίσης το εργαλείο εντόπισε τις πυκνότητες των χωρικών συγκρούσεων που προκύπτουν από την επεξεργασία και παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 64. Αυτοί οι χάρτες βοηθούν στον εντοπισμό των περιοχών όπου παρατηρούνται οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις και θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στα ΘΧΣχ για να προταθούν λύσεις συνύπαρξης ή απομάκρυνσης των δραστηριοτήτων ή υποδομών. Ο μέγιστος αριθμός των συγκρούσεων των δραστηριοτήτων ή υποδομών που παρατηρούνται σε μια περιοχή είναι έξι (6) και εντοπίζονται στην περιοχή Βασιλικού.



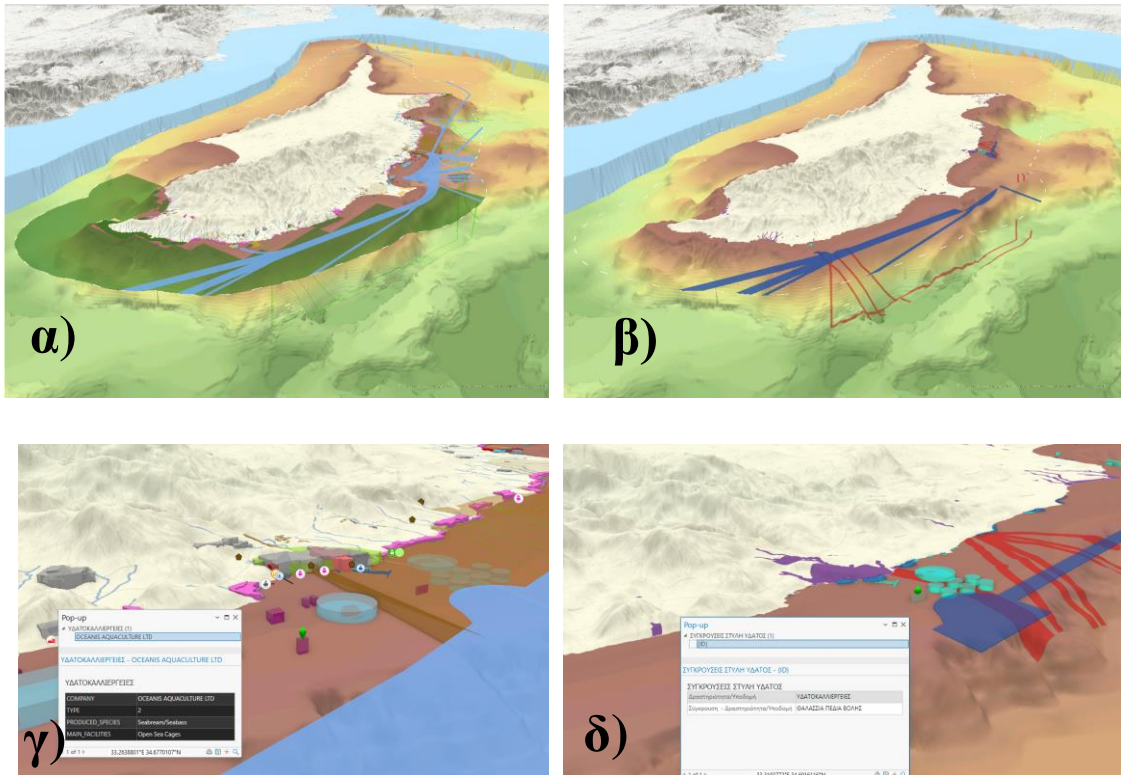
Διάγραμμα 64: Χάρτης κατανομής των πυκνοτήτων των συγκρούσεων των δραστηριοτήτων / υποδομών

Πέραν των δισδιάστατων χαρτών, με την χρήση του εργαλείου έχει σχεδιαστεί και ρυθμιστεί έτσι ώστε κατά την επιλογή της περιοχής μελέτης και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων να παρουσιάζονται σε τρισδιάστατη μορφή οι δραστηριότητες/ υποδομές και οι συγκρούσεις. Για τις επιφάνειες υψομέτρου ορίστηκε ο χάρτης Esri με το όνομα «WorldElevation3D/Terrain3D» για να αναπαραστήσει μια υψομετρική επιφάνεια εδάφους και για το βαθυμετρικό υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκε αυτό που υπολογίστηκε (Διάγραμμα 56). Έτσι για την τρισδιάστατη απεικόνιση της θέσης των δραστηριοτήτων και των συγκρούσεων στην στεριά χρησιμοποιείται η επιφάνεια υψομέτρου της ESRI, ρυθμίζοντας όλες τις κατηγορίες να απεικονίζονται στην ανάλογη επιφάνεια. Για τις άλλες κατηγορίες, η προσέγγιση για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων ήταν διαφορετική. Συγκεκριμένα, για τις δραστηριότητες της κατηγορίας της επιφάνειας και την σωστή προβολή τους, ορίστηκε το υψόμετρο που καθορίστηκε από την συνθήκες του εργαλείου (0,1 μέτρα) και για τα πολύγωνα καθορίστηκε μια μικρή τιμή ανύψωσης σε 0,3 μέτρα για σκοπούς οπτικοποίησης. Για τις δραστηριότητες της κατηγορίας της στήλης του ύδατος ορίστηκε το υψόμετρο που καθορίστηκε από την συνθήκη του εργαλείου η οποία είναι -0,1 και για την οπτικοποίηση επιλέχθηκε από την καρτέλα Εξώθησης (Extrusion), η εξώθηση των χαρακτηριστικών στο απόλυτο ύψος. Αφού ολοκληρώθηκαν οι ρυθμίσεις τα πρότυπα οπτικοποίησης έχουν αποθηκευτεί (.lyrx) και προστεθεί σε κάθε τελικό αρχείο τελικών δεδομένων εξόδου του εργαλείου έτσι ώστε όταν χρειαστεί να ξανά τρέξει το εργαλείο να παρουσιάζονται στην επιφάνεια εργασίας με τον ίδιο συμβολισμό.

Με την προβολή σε τρισδιάστατο περιβάλλον στο ArcGIS Pro, ο χρήστης μπορεί να μεγεθύνει και να περιστρέψει την Τρισδιάστατη Σκηνή για να δει τις δραστηριότητες / υποδομές και τις συγκρούσεις τους από όλες τις γωνίες εντός της ΑΟΖ της Κύπρου (Διάγραμμα 65). Επίσης, ο χρήστης μπορεί να κάνει κλικ στις δραστηριότητες / υποδομές για να δει τις βασικές πληροφορίες χαρακτηριστικών των δραστηριοτήτων αλλά και να εντοπίσει ποιες δραστηριότητες έρχονται σε σύγκρουση στο χώρο (Διάγραμμα 66).



Διάγραμμα 65: Τρισδιάστατη απεικόνιση των συγκρούσεων στην παράκτια ζώνη της Κύπρου



Διάγραμμα 66: Τρισδιάστατη απεικόνιση: α) των δραστηριοτήτων, β) των συγκρούσεων - Πίνακας χαρακτηριστικών γ) των δραστηριοτήτων, δ) των συγκρούσεων

5 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

5.1 Πίνακας των Συγκρούσεων με βάση τα αποτελέσματα του εργαλείου

Η δημιουργία του πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων υλοποιήθηκε με την μελέτη των εθνικών, ευρωπαϊκών νομοθεσιών αλλά και των καλών πρακτικών ΘΧΣ άλλων χωρών όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.1. Κατά την μελέτη του θεσμικού πλαισίου δεν εντοπίστηκαν σημαντικές παρεκκλίσεις των εθνικών με τις ευρωπαϊκές νομοθεσίες. Επίσης, επισημαίνεται ότι σε περίπτωση ασυμβατότητας ευρωπαϊκής με εθνική νομοθεσίας, υπερέχει η ευρωπαϊκή νομοθεσία σύμφωνα με το σύνταγμα της Κυπριακής δημοκρατίας. Κατά την μελέτη του θεσμικού πλαισίου εντοπίστηκαν μεμονωμένες παρεκκλίσεις των εθνικών νομοθεσιών από τις διεθνείς και ευρωπαϊκές νομοθεσίες επισημαίνοντας ότι αυτό κυρίως οφείλεται σε απαρχαιωμένες εθνικές νομοθεσίες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η αναθεώρηση του πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων, έλαβε υπόψη τις ευρωπαϊκές νομοθεσίες.

Η ολοκλήρωση του πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων και η χρήση των γεωχωρικών δεδομένων βοήθησε στη δημιουργία του αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού των γεωχωρικών συγκρούσεων. Τα αποτελέσματα του αυτοματοποιημένου εργαλείου μπορούν να παρουσιαστούν χρησιμοποιώντας σαν βάση τον πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων και να δώσουν μια πλήρη εικόνα για τον αριθμό των χωρικών συγκρούσεων σε μορφή πίνακα.

Στην συνέχεια περιγράφονται τα στάδια αναθεώρησης του πίνακα μέχρι τον τελικό πίνακα εντοπισμού των συγκρούσεων βάση των αποτελεσμάτων του εργαλείου. Ως πρώτο βήμα υλοποιήθηκε ο έλεγχος τριακόσιων είκοσι δυο (322) συγκρούσεων βάση των επιπέδων που ορίστηκε σε κάθε μια από τις κατηγορίες. Χρησιμοποιώντας τις συνθήκες που ορίστηκαν στο εργαλείο, ελέγχθηκαν οι χωρικές συγκρούσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων / υποδομών οι οποίες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ή σε επίπεδο το οποίο επηρεάζει η μια δραστηριότητα / υποδομή την άλλη. Στο Διάγραμμα 67 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή των συνθηκών από το εργαλείο, όπου από τις τριακόσιες είκοσι δυο (322) συγκρούσεις, οι εκατό ογδόντα τρεις (183) συγκρούσεις πληρούν τις συνθήκες και ενδέχεται να εντοπιστεί χωρική σύγκρουση (κόκκινο χρώμα)

ενώ στις υπόλοιπες εκατό τριάντα εννέα (139) δεν πληρούνται οι συνθήκες και παρουσιάζονται με μπλε.

Στην συνέχεια ο πίνακας του Διάγραμμα 67 αναθεωρήθηκε χρησιμοποιώντας τους πίνακες που εξήχθησαν από το εργαλείο. Οι πληροφορίες του πίνακα που δίνονται από το εργαλείο είναι η ονομασία των κατηγοριών για τις χωρικές συγκρούσεις που εντοπίστηκαν και οι συνθήκες του εργαλείου ή το μέσο, ελάχιστο και μέγιστο βάθος εάν αφορά κατηγορίες βυθού. Στο νέο πίνακα συγκρούσεων (Διάγραμμα 68) εμφανίζονται οι συγκρούσεις με κόκκινο χρώμα και ο αριθμός των συγκρούσεων που εντοπίστηκαν από το αυτοματοποιημένο εργαλείο. Όπως παρατηρείται, από τις εκατό ογδόντα τρεις (183) συγκρούσεις μεταξύ των κατηγοριών που αναζητά το εργαλείο (Διάγραμμα 67), εντοπίστηκαν εβδομήντα τέσσερις (74) συγκρούσεις μεταξύ των κατηγοριών στα θαλάσσια ύδατα της Κύπρου, με ένα ποσοστό μεγαλύτερο του σαράντα τοις εκατό (40,44%).

Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία του εργαλείου έδειξαν πεντακόσιες ενενήντα μια (591) χωρικές συγκρούσεις μεταξύ των εβδομήντα τεσσάρων (74) κατηγοριών των δραστηριοτήτων στην ΑΟΖ της Κύπρου με βάση τα δεδομένα που δόθηκαν για την υφιστάμενη κατάσταση.

ΑΔ	Επιφάνεια	ΚΑΤΑΧΕΥΣΕΙΣ	Δασοπροστασία (Υποδομή) / Χρήση																																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1	Επιφάνεια	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ - ΚΑΤΑΧΕΥΣΕΙΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
2	Στήλη Υδατος	ΒΡΑΧΟΙ-ΝΗΣΙΔΕΣ																																						
3	Βυθός	ΝΑΥΑΓΙΑ																																						
4	Βυθός	ΑΓΩΓΟΙ																																						
5	Βυθός	ΚΑΛΩΔΙΑ - ΔΙΚΤΥΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ																																						
6	Επιφάνεια	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΥΜΕΝΩΝ																																						
7	Στεριά	ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ																																						
8	Επιφάνεια	ΛΙΜΕΝΕΣ - ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ																																						
9	Στήλη Υδατος	ΑΓΚΥΡΩΘΙΑ																																						
10	Επιφάνεια	ΔΙΟΔΟΙ - ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΠΛΟΙΩΝ																																						
11	Στήλη Υδατος	ΠΡΟΒΛΗΤΕΣ - ΑΠΟΒΑΘΡΕΣ - ΛΙΜΕΝΟΒΡΑΧΙΟΝΕΣ																																						
12	Στήλη Υδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΟΡΩΝ																																						
13	Επιφάνεια	ΜΑΡΙΝΕΣ ΧΩΡΟΙ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΟΥ ΣΚΑΦΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ																																						
14	Στεριά	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ																																						
15	Στεριά	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ / ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΕΝΤΡΑ																																						
16	Στεριά	ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ																																						
17	Στεριά	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΜΜΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ																																						
18	Στήλη Υδατος	ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ																																						
19	Επιφάνεια	ΑΛΙΕΥΤΙΚΑ ΚΑΤΑΦΥΓΙΑ																																						
20	Στήλη Υδατος	ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ / ΑΝΑΓΕΝΩΣΙΜΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΙΜΕΝΑΣ																																						
21	Στήλη Υδατος	ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΦΑΛΟΙ																																						
22	Στήλη Υδατος	ΥΔΑΤΟΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ																																						
23	Στεριά	ΙΧΘΥΟΓΕΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ																																						
24	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΒΥΘΟΚΟΡΨΗΣ																																						
25	Στήλη Υδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΗ 2000																																						
26	Στήλη Υδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ																																						
27	Στεριά	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ																																						
28	Στήλη Υδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΛΙΜΝΗΣ																																						
29	Στεριά	ΣΤΑΘΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ																																						
30	Στήλη Υδατος	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΛΙΑ ΒΟΛΗΣ																																						
31	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ																																						
32	Επιφάνεια	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ																																						
33	Βυθός	ΕΝΔΙΑΜΕΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΕΣ/ΑΡΧΑΙΑ ΝΑΥΑΓΙΑ/ ΑΡΧΑΙΑ ΑΙΜΑΝΙΑ																																						
34	Στεριά	ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ																																						
35	Στεριά	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ																																						
36	Στεριά	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΥΠΡΟΣΒΑΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΝΗΤΡΟΠΥΛΑΝΣΗ																																						

Διάγραμμα 67 Έλεγχος συγκρούσεων με βάση το επίπεδο που βρίσκονται οι δραστηριότητες / υποδομές

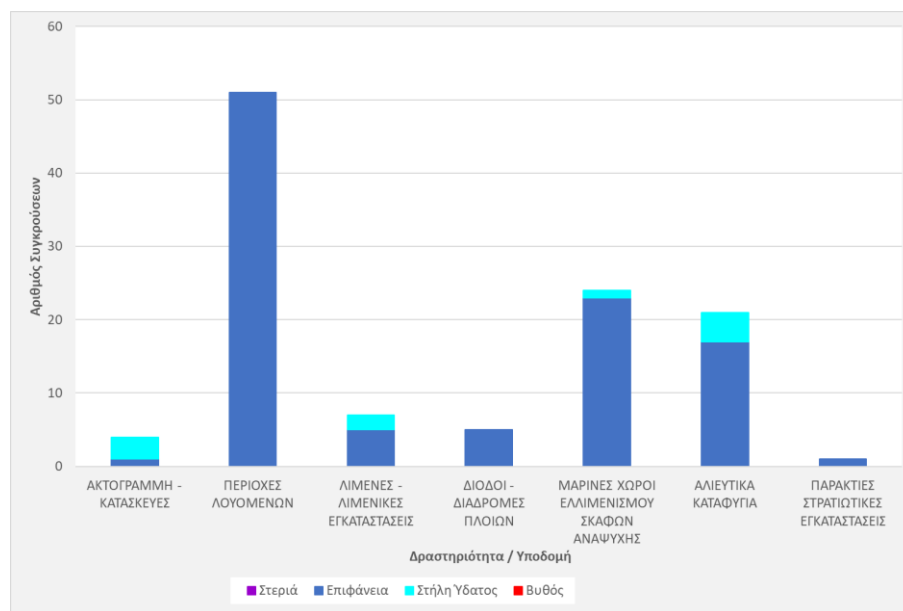
		Αποσπρόβλητες Υδροβιή / Χρησι																																				
ΑΑ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	Επιφάνεια	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ																																				
2	Στήλη Ύδατος	ΒΡΑΧΟΙ-ΝΗΣΙΔΕΣ																																				
3	Βυθός	ΝΑΥΑΓΙΑ																																				
4	Βυθός	ΑΓΩΓΟΙ																																				
5	Βυθός	ΚΑΛΩΔΙΑ - ΔΙΚΤΥΑ ΘΗΛΗΚΟΙΚΟΝΙΩΝ																																				
6	Επιφάνεια	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΥΜΟΜΕΝΩΝ																																				
7	Στερίδι	ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ																																				
8	Επιφάνεια	ΛΙΜΕΝΕΣ - ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ																																				
9	Στήλη Ύδατος	ΑΓΚΥΡΩΘΙΑ																																				
10	Επιφάνεια	ΔΙΟΔΟΙ - ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΠΛΟΙΩΝ																																				
11	Στήλη Ύδατος	ΠΡΟΒΛΗΤΕΣ - ΑΠΟΒΑΘΡΕΣ - ΛΙΜΕΝΟΒΡΑΧΙΟΝΕΣ																																				
12	Στήλη Ύδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΟΡΩΝ																																				
13	Επιφάνεια	ΜΑΡΙΝΕΣ ΧΩΡΟΙ ΕΜΜΙΣΧΕΜΟΥ ΣΚΑΦΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ																																				
14	Στερίδι	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ																																				
15	Στερίδι	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ / ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΕΝΤΡΑ																																				
16	Στερίδι	ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ																																				
17	Στερίδι	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΜΜΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ																																				
18	Στήλη Ύδατος	ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΣΥΣΤΕΣ																																				
19	Επιφάνεια	ΑΛΙΕΥΤΙΚΑ ΚΑΤΑΦΥΓΙΑ																																				
20	Στήλη Ύδατος	ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ / ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΙΜΕΝΙΑΣ																																				
21	Στήλη Ύδατος	ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΨΑΛΟΙ																																				
22	Στήλη Ύδατος	ΥΔΑΤΟΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ																																				
23	Στερίδι	ΙΧΘΥΟΓΕΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ																																				
24	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΒΥΘΟΚΟΡΨΗΣ																																				
25	Στήλη Ύδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΗ 2000																																				
26	Στήλη Ύδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ																																				
27	Στερίδι	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ																																				
28	Στήλη Ύδατος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΑΜΜΗΣ																																				
29	Στερίδι	ΣΤΑΘΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ																																				
30	Στήλη Ύδατος	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΔΙΑ ΒΟΛΗΣ																																				
31	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ																																				
32	Επιφάνεια	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ																																				
33	Βυθός	ΕΝΑΛΙΕΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΕΣ																																				
34	Στερίδι	ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ																																				
35	Στερίδι	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ																																				
36	Στερίδι	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΥΠΡΟΣΒΛΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΝΙΤΡΩΠΥΛΙΝΗ																																				

Διάγραμμα 68: Εντοπισμός αριθμού χωρικών συγκρούσεων

Παρόλα αυτά ο πίνακας υστερεί στον καθορισμό του επίπεδου όταν υπάρχει μια σύγκρουση της κατηγορίας στήλης ύδατος με συγκρούσεις της επιφάνειας ή του βυθού.

Για παράδειγμα η κατηγορία «Αγκυροβόλεια» η οποία ορίστηκε σαν δραστηριότητα στην στήλη ύδατος, επηρεάζει αλλά δεν επηρεάζεται από την κατηγορία «Αγωγοί» που εντοπίζεται στο βυθό της θάλασσας.

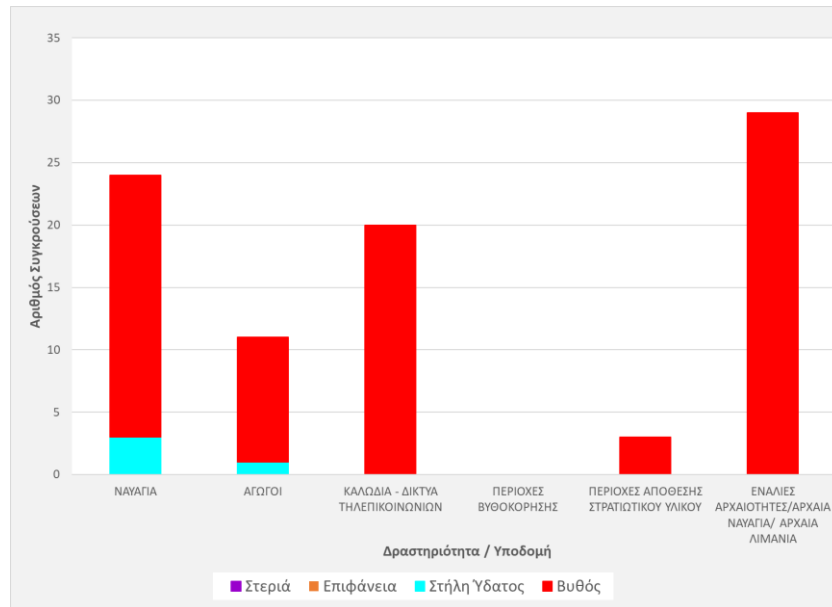
Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του εργαλείου, υλοποιήθηκε μια πιο ενδελεχής ανάλυση των συγκρούσεων για να καταλήξουμε στον τελικό πίνακα των συγκρούσεων. Ξεκινώντας με τις επτά (7) κατηγορίες της επιφάνειας της θάλασσας, εντοπίστηκαν εκατό δεκατρείς (113) συγκρούσεις από τις οποίες οι δέκα (10) αφορούν συγκρούσεις την στήλη ύδατος και οι υπόλοιπες εκατό τρεις (103) αφορούν συγκρούσεις στην επιφάνεια της θάλασσας και παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 69. Όπως φαίνεται από τα πιο κάτω αποτελέσματα οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις στην επιφάνεια της θάλασσας αφορούν την κατηγορία των λουόμενων ενώ παρατηρείται στις κατηγορίες της ακτογραμμής και των παράκτιων στρατιωτικών εγκαταστάσεων εντοπίστηκαν οι λιγότερες χωρικές συγκρούσεις.



Διάγραμμα 69: Αριθμός συγκρούσεων για τις κατηγορίες της επιφάνεια της θάλασσας

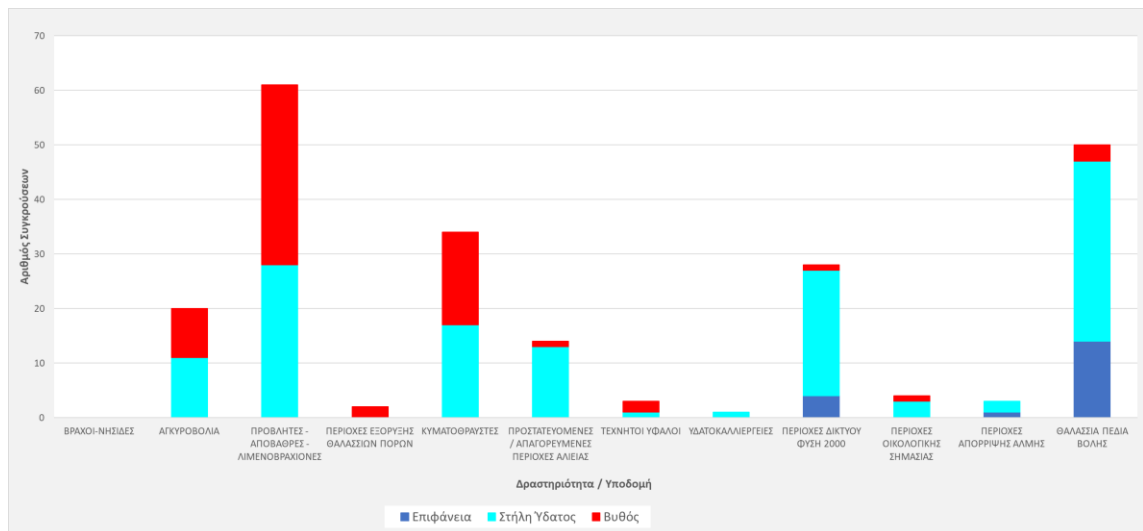
Συνεχίζοντας με την κατηγορία του βυθού εντοπίστηκαν ογδόντα επτά (87) συγκρούσεις για τις έξι κατηγορίες του βυθού από τις οποίες οι ογδόντα τρεις (83) αφορούν συγκρούσεις στο βυθό και οι υπόλοιπες τέσσερις (4) συγκρούσεις στην στήλη ύδατος. Οι συγκρούσεις που εντοπίστηκαν ανά κατηγορία στο βυθό της θάλασσας παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 70. Βάση των αποτελεσμάτων πιο κάτω, στην στήλη ύδατος οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις εντοπίστηκαν στην κατηγορία των ενάλιων

αρχαιοτήτων ενώ, από την άλλη, στην κατηγορία των περιοχών βυθοκόρησης δεν εντοπίστηκε καμία χωρική σύγκρουση.



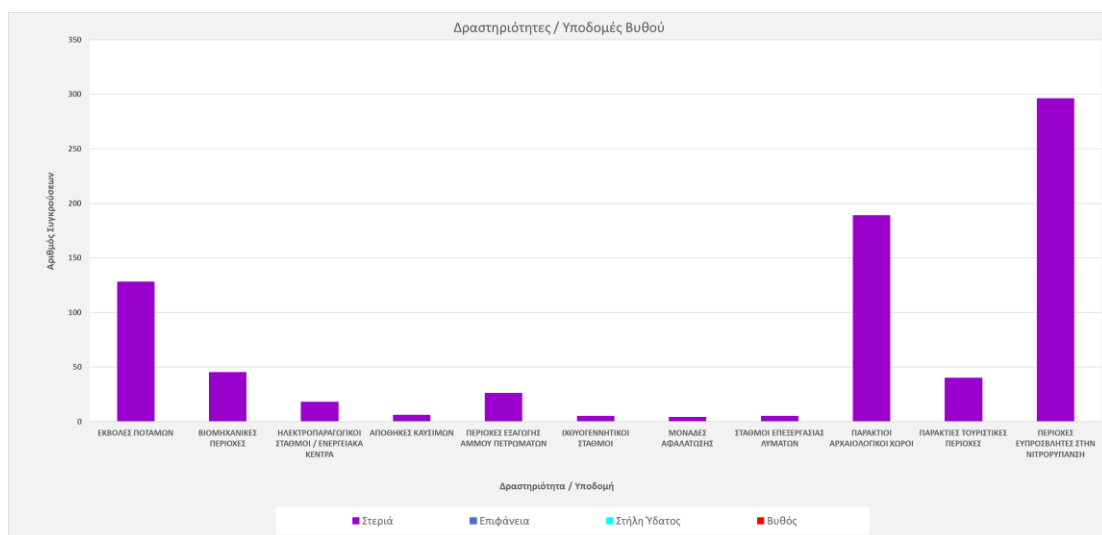
Διάγραμμα 70: Αριθμός συγκρούσεων για τις κατηγορίες του βυθού

Τέλος για τις δώδεκα κατηγορίες της στήλης ύδατος εντοπίστηκαν διακόσιες είκοσι (220) συγκρούσεις όπου οι εκατό τριάντα δυο (132) εντοπίστηκαν στην στήλη ύδατος, οι δεκαεννέα (19) στην επιφάνεια της θάλασσας και οι εξήντα εννέα (69) συγκρούσεις στο βυθό της θάλασσας και παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 71. Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις συγκρούσεις που επηρεάζουν την στήλη ύδατος, στην κατηγορία «Θαλάσσια πεδία βολής» εντοπίστηκαν οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις τριάντα τρεις, ενώ από την άλλη η κατηγορία «Βράχοι-Νησίδες» δεν εντοπίστηκε σύγκρουση με κάποια άλλη κατηγορία και με μια σύγκρουση εντοπίστηκε στις κατηγορίες «Υδατοκαλλιέργειες» και «Τεχνητοί ύφαλοι»



Διάγραμμα 71: Αριθμός συγκρούσεων των δραστηριοτήτων / υποδομών στη στήλη ύδατος

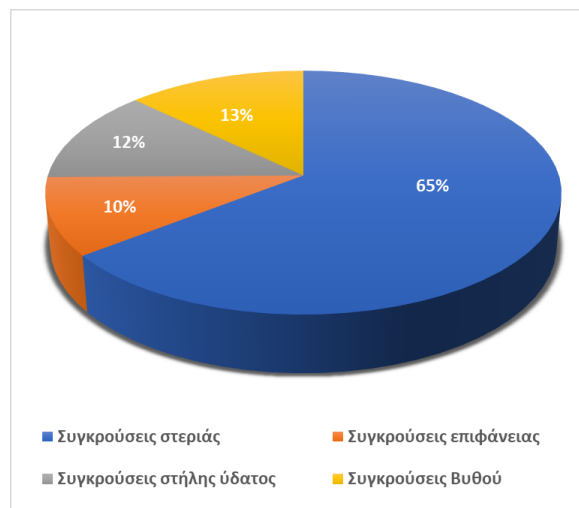
Τέλος, για τις έντεκα (11) κατηγορίες στην στεριά εντοπίστηκαν στο σύνολο επτακόσιες εξήντα δυο (762) συγκρούσεις με τις περισσότερες χωρικές συγκρούσεις να εντοπίζονται στην κατηγορία «Περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση» και τις λιγότερες χωρικές συγκρούσεις να εντοπίζονται στην κατηγορία της «Μονάδας αφαλάτωσης». Ο αριθμός των χωρικών συγκρούσεων για την κατηγορία «Περιοχές ευπρόσβλητες στην νιτρορύπανση» είναι μεγάλος καθώς οι περιοχές που καθορίστηκαν έχουν μεγάλη χωρική έκταση.



Διάγραμμα 72: Αριθμός συγκρούσεων των δραστηριοτήτων/υποδομών στη στεριά

Αξίζει να σημειωθεί, ότι για την μετέπειτα ανάλυση του πίνακα συγκρούσεων λήφθηκε υπόψη ότι στα πιο πάνω διαγράμματα μια σύγκρουση παρουσιάζεται και στις δυο κατηγορίες των συγκρούσεων. Έτσι χρησιμοποιώντας τα πιο πάνω αποτελέσματα, οι

συγκρούσεις διαχωρίστηκαν ανά επίπεδο, δημιουργώντας ένα νέο πίνακα (Διάγραμμα 74) όπου εντοπίζονται οι συγκρούσεις του βυθού με κόκκινο χρώμα, της στήλης ύδατος με γαλάζιο χρώμα, της επιφάνειας της θάλασσας με μπλε χρώμα και οι συγκρούσεις στην στεριά με μοβ χρώμα. Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα εντοπίστηκαν συγκρούσεις σε είκοσι μια (21) κατηγορίες του βυθού, δεκαεννέα (19) κατηγορίες στη στήλη ύδατος, έντεκα κατηγορίες (11) στην επιφάνεια της θάλασσας και είκοσι τρεις (23) κατηγορίες στην στεριά της θάλασσας. Από αυτές τις εβδομήντα τέσσερις κατηγορίες εντοπίστηκε ο αριθμός των πραγματικών συγκρούσεων. Έτσι ο συνολικός αριθμός των συγκρούσεων στο βυθό της θάλασσας είναι εβδομήντα έξι (76), εβδομήντα τρεις συγκρούσεις (73) στην στήλη ύδατος, εξήντα μια συγκρούσεις (61) στην επιφάνεια της θάλασσας και τριακόσιες ογδόντα μια (381) συγκρούσεις στην στεριά. Όπως παρατηρείται στο Διάγραμμα 73 το 65 % των συγκρούσεων αφορούν δραστηριότητες ή υποδομές στην στεριά και το 35% στην ΑΟΖ της Κύπρου.



Διάγραμμα 73: Ποσοστό χωρικών συγκρούσεων στην ΑΟΖ Κύπρου

ΑΑ	Επιφάνεια	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	Επιφάνεια	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	1																																				
2	Στήλη Υδάτος	ΒΡΑΧΟΙ-ΝΗΣΙΔΕΣ		2																																			
3	Βυθός	ΝΑΥΑΓΙΑ			3																																		
4	Βυθός	ΑΓΟΓΟΙ				4																																	
5	Βυθός	ΚΑΛΩΔΙΑ - ΔΙΚΤΥΑ ΘΥΛΕΠΙΚΟΝΙΣΜΩΝ					5																																
6	Επιφάνεια	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΥΟΜΕΝΩΝ						6																															
7	Στεριά	ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ							7																														
8	Επιφάνεια	ΑΙΜΕΝΕΣ - ΑΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ								8																													
9	Στήλη Υδάτος	ΑΓΚΥΡΟΒΟΛΙΑ									9																												
10	Επιφάνεια	ΔΙΟΔΟΙ - ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΠΛΟΙΩΝ										10																											
11	Στήλη Υδάτος	ΠΡΟΒΑΝΤΕΣ - ΑΠΟΒΑΡΕΣ - ΑΙΜΕΝΟΒΡΑΧΙΟΝΕΣ											11																										
12	Στήλη Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΟΥΡΕΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΟΡΩΝ												12																									
13	Επιφάνεια	ΜΑΡΙΝΕΣ ΧΩΡΟΙ ΕΛΑΙΜΕΝΙΣΜΟΥ ΣΚΑΦΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ													13																								
14	Στεριά	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ														14																							
15	Στεριά	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ / ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΚΕΝΤΡΑ															15																						
16	Στεριά	ΑΠΟΣΗΚΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ																16																					
17	Στεριά	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΗΜΙΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ																	17																				
18	Στήλη Υδάτος	ΚΥΜΑΤΟΣΡΑΥΣΤΕΣ																																					
19	Επιφάνεια	ΑΛΕΥΤΙΚΑ ΚΑΤΑΦΥΓΙΑ																																					
20	Στήλη Υδάτος	ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ / ΑΠΑΓΟΡΕΥΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΙΛΕΙΑΣ																																					
21	Στήλη Υδάτος	ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΦΑΛΟΙ																																					
22	Στήλη Υδάτος	ΥΔΑΤΟΚΑΛΙΜΕΡΕΙΕΣ																																					
23	Στεριά	ΙΧΘΥΟΓΕΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ																																					
24	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΒΥΘΟΚΟΡΗΣΗΣ																																					
25	Στήλη Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΗ 2000																																					
26	Στήλη Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ																																					
27	Στεριά	ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ																																					
28	Στήλη Υδάτος	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΡΡΗΞΗΣ ΛΙΜΝΗΣ																																					
29	Στεριά	ΣΤΑΘΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ																																					
30	Στήλη Υδάτος	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΔΙΑ ΒΟΛΗΣ																																					
31	Βυθός	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ																																					
32	Επιφάνεια	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ																																					
33	Βυθός	ΕΜΑΛΕΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΕΣ																																					
34	Στεριά	ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ																																					
35	Στεριά	ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ																																					
36	Στεριά	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΥΠΡΟΣΒΑΝΤΕΣ ΣΤΗΝ ΝΤΡΟΫΤΙΑΝΣΗ																																					

Διάγραμμα 74: Διαχωρισμός συγκρούσεων ανά επίπεδο - Τελικός πίνακας ανάλυσης συγκρούσεων στην ΑΟΖ της Κύπρου

5.2 Εκτίμηση Δορυφορικής Βαθυμετρίας

5.2.1 Πολυχρονική Ανάλυση ΔΒ

Κατά την Εκτίμηση της δορυφορικής Βαθυμετρίας, το πρώτο σκέλος αφορούσε την πολυχρονική ανάλυση ΔΒ. Στην παρούσα μελέτη, δώδεκα δορυφορικές εικόνες Sentinel 2, μία για κάθε μήνα, έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ΔΒ στη νότια περιοχή της Κύπρου. Κατά την ανάλυση, τα συνολικά αποτελέσματα δείχνουν ένα σφάλμα που κυμαίνεται από 1,39 έως 2,56 μέτρα. Συγκρίνοντας τα βαθυμετρικά δεδομένα, είναι προφανές ότι οι καλοκαιρινοί μήνες δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης. Στο κεφάλαιο αυτό εντοπίστηκε η καλύτερη ακρίβεια των δεδομένων βαθυμετρίας στην εικόνα Sentinel στον μήνα του Ιούνιο με $R^2 = 0,94$, $RMSE = 1,39$ μέτρα στην περιοχή μελέτης A1 ενώ στην περιοχή μελέτης A2 καλύτερα αποτελέσματα εντοπίστηκαν τον μήνα Οκτώβριο με $R^2 = 0,97$ και $RMSE = 0,89$ μέτρα. Παρόλο που στην περιοχή μελέτης A2 η καλύτερη ακρίβεια εντοπίστηκε τον μήνα Οκτώβριο παρατηρήθηκε καλή συσχέτιση μεταξύ των βαθυμετρικών χαρτών τους θερινούς μήνες (Μάιος - Αύγουστος) με τις ακρίβειες του $RMSE$ να κυμαίνονται από 1,39 έως 1,70 μέτρα (περιοχή μελέτης A1) και από 1,05 έως 1,20 μέτρα (περιοχή μελέτης A2).

Επίσης, παρουσιάστηκε υψηλότερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων στα ρηχά νερά η οποία ξεκινούσε να μειώνεται στα πιο βαθιά νερά. Σε μια τομή του βαθυμετρικού υποστρώματος των αποτελεσμάτων της ΔΒ που δημιουργήθηκε, παρουσιάζεται καλή συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων πεδίου και των αποτελεσμάτων ΔΒ από 5 έως 12 μέτρα ενώ υπήρχαν αποκλίσεις στα πιο βαθιά νερά.

Τέλος, δημιουργήθηκαν χάρτες σύγκρισης δεδομένων πεδίου και αποτελεσμάτων της ΔΒ. Αυτοί οι συγκριτικοί χάρτες δείχνουν καλή συσχέτιση στα ρηχά νερά, με τις διαφορές να κυμαίνονται από 0,5 έως 1,5 μέτρα. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι κυματοθραύστες στην περιοχή μελέτης ενδέχεται να έχουν επηρεάσει τα αποτελέσματα της ΔΒ.

5.2.2 Εκτίμηση ΔΒ με τη χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης

Στο κεφάλαιο αυτό, έγινε μια προσπάθεια εκτίμησης της ΔΒ χωρίς τη χρήση δεδομένων πεδίου. Για την πρώτη σειρά ανάλυσης δορυφορικών εικόνων SPOT 6/7 και τους αλγόριθμους αναλογίας, τα συνολικά αποτελέσματα έδειξαν ένα σφάλμα που κυμαίνεται από 1,15 έως 1,70 μέτρα. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση της ΔΒ με την εφαρμογή των εξισώσεων παλινδρόμησης στις οποίες δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα πεδίου, λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση δορυφορικών εικόνων με την ίδια ημερομηνία ανίχνευσης.

Πριν την εφαρμογή των εξισώσεων βαθμονόμησης στις περιοχές όπου δεν υπήρχαν δεδομένα πεδίου, χρησιμοποιήθηκε μια εξίσωση βαθμονόμηση σε περιοχή όπου υπάρχουν δεδομένα πεδίου και δορυφορικές με ίδια ημερομηνία λήψης για να τον υπολογισμό της ΔΒ της Κύπρου. Τα αποτελέσματα ΔΒ συγκρίθηκαν χρησιμοποιώντας τα σημεία επικύρωσης όπου εντοπίστηκε ένα σφάλμα κατά 38% (0,58 μέτρα) μεγαλύτερο από την πρώτη ΔΒ χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αναλογίας.

Παρόλα αυτά, η μέθοδος εκτίμησης της ΔΒ με εξισώσεις βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκαν έχει κάποιους περιορισμούς. Σημαντικό στην μελέτη αυτή είναι η απουσία μετρήσεων πεδίου για την επικύρωση των αποτελεσμάτων. Επίσης, οι καιρικές συνθήκες και τα θαλάσσια ρεύματα στις διάφορες περιοχές του νησιού είναι διαφορετικά. Η ποιότητα του καθαρού νερού έχει επίσης σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση του βάθους με εμπειρικές μεθόδους και τη χρήση πολυφασικών δορυφορικών εικόνων, καθώς αυξάνει σημαντικά την ακρίβεια της εκτίμησης του βάθους. Λόγω των μεγάλων περιοχών και αποστάσεων μεταξύ των περιοχών μελέτης, η ποιότητα του νερού και οι καιρικές συνθήκες μπορεί να είναι διαφορετικές.

5.2.3 ΔΒ διαφορετικής χωρικής ανάλυσης και διαφορετικών εμπειρικών μοντέλων

Η περιοχή μελέτης αφορά τον όρμο της Ελούντας, που βρίσκεται βορειοανατολικά του νησιού της Κρήτης στην Ελλάδα. Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της ΔΒ, τα συνολικά αποτελέσματα δείχνουν ένα σφάλμα που κυμαίνεται από 1,01 έως 1,52 μέτρα. Η καλύτερη ακρίβεια ΔΒ αποκτήθηκε χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αναλογίας (RTA) και τον οπτικό αισθητήρα του δορυφόρου Worldview 2. Ο συντελεστής συσχέτισης έφτασε στο 0,76 και ο RMSE στο 1,01 μέτρα. Ωστόσο, ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) με όλες τις εμπειρικές μεθόδους και όλες τις δορυφορικές εικόνες δεν είναι υψηλός και αυτό μπορεί να οφείλεται σε πολλές πηγές σφαλμάτων.

Αυτές οι πιθανές πηγές σφάλματος μπορεί να οδηγήσουν στην επίδραση των σημαντικών διαφορών στην ακρίβεια των βαθυμετρικών χαρτών. Η πηγή του σφάλματος αφορά τις καιρικές συνθήκες και τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στην περιοχή μελέτης. Ωστόσο, η υψηλή αιώρηση των λεπτόκοκκων ιζημάτων του βυθού της θάλασσας και η θολότητα που παρατηρείται εποχιακά ανάλογα με τις υδροδυναμικές συνθήκες αλλά και η θαλάσσια κυκλοφορία αυξάνει το σφάλμα στην εκτίμηση της ΔΒ. Επιπλέον, μια άλλη πιθανή πηγή λάθους είναι οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις που έγιναν στις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν. Η ακριβής ατμοσφαιρική διόρθωση είναι απαραίτητη και έχει σημαντικό αντίκτυπο στα αποτελέσματα της βαθυμετρίας

Επίσης τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν ότι η θολρότητα θα μπορούσε να επηρεάσει τα βαθυμετρικά αποτελέσματα ανεξάρτητα από την ανάλυση της δορυφορικής εικόνας. Επιπροσθέτως στην μελέτη αυτή παρατηρήθηκαν μικρότερα σφάλματα στους βαθυμετρικούς χάρτες που προέκυψαν με εικόνες υψηλότερης ανάλυσης, συγκρίνοντας περιοχές με το ίδιο επίπεδο θολότητας. Επιπλέον, όσον αφορά τη χωρική ανάλυση των αισθητήρων, παρόμοιες μελέτες δείχνουν καλύτερα αποτελέσματα βαθυμετρίας με αισθητήρες υψηλής ανάλυσης. Ο κύριος λόγος είναι ότι η δορυφορική εικόνα χαμηλής ανάλυσης προκαλεί μικτά εικονοστοιχεία, μειώνοντας την ακρίβεια των βαθυμετρικών χαρτών, κυρίως στα παράκτια ύδατα. Αυτό εξηγεί το υψηλότερο RMSE που εμφανίζεται στις εικόνες του Sentinel 2 από τις δορυφορικές εικόνες WorldView 2 και PlanetScope.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δορυφορικές εικόνες με υψηλότερη ανάλυση έχουν καλύτερη ακρίβεια στους βαθυμετρικούς χάρτες σε περιοχές με το ίδιο

βάθος και το ίδιο επίπεδο θολότητας. Ωστόσο, σημαντικά σφάλματα στους βαθυμετρικούς χάρτες παρατηρήθηκαν στις ίδιες περιοχές με διαφορετικά επίπεδα θολότητας, ανεξάρτητα από την ανάλυση της εικόνας και για τις τρεις μεθόδους. Αυτή η αξιολόγηση και σύγκριση των χαρτών ΔΒ δείχνει ότι η ποιότητα του νερού παίζει ουσιαστικό ρόλο των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας εμπειρικές μεθόδους και πολυφασματικές εικόνες διαφορετικών χωρικών αναλύσεων.

5.2.4 Εκτίμηση ΔΒ για τα ρηγά νερά της Κύπρου με τη χρήση τριών εμπειρικών μοντέλων

Στο κεφάλαιο αυτό, λήφθηκαν υπόψη όλα τα πιο πάνω αποτελέσματα και αναπτύχθηκε ένα εργαλείο αυτόματου υπολογισμού ΔΒ στην πλατφόρμας GEE. Το εργαλείο αυτό έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί νέα μωσαϊκά καθαρού νερού καθορίζοντας την ημερομηνίες συλλογής δορυφορικών εικόνων και με την κατάλληλη προ-επεξεργασία δημιουργείται ένα μωσαϊκό απαλλαγμένο από την κάλυψη και σκίαση των νεφών, την λάμψη, την θολερότητα κτλ. Τα αποτελέσματα του εργαλείου δείχνουν ότι καλύτερες ακρίβειες ανά εποχή διαφέρουν ανά αλγόριθμό ενώ τα χειρότερα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους χειμερινούς μήνες. Υλοποιώντας ετήσια ανάλυση του 2021 εντοπίστηκε μια βελτίωση των αποτελεσμάτων με τα καλύτερα αποτελέσματα να παρατηρούνται με την εμπειρική μέθοδο αναλογίας με το R^2 να είναι 0,82 και το RMSE 1,72 μέτρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της τρίτης μεθόδου είναι αρκετά ικανοποιητικά λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα πεδίου χρησιμοποιούνται μόνο για επικύρωση των αποτελεσμάτων και όχι για βαθμονόμηση.

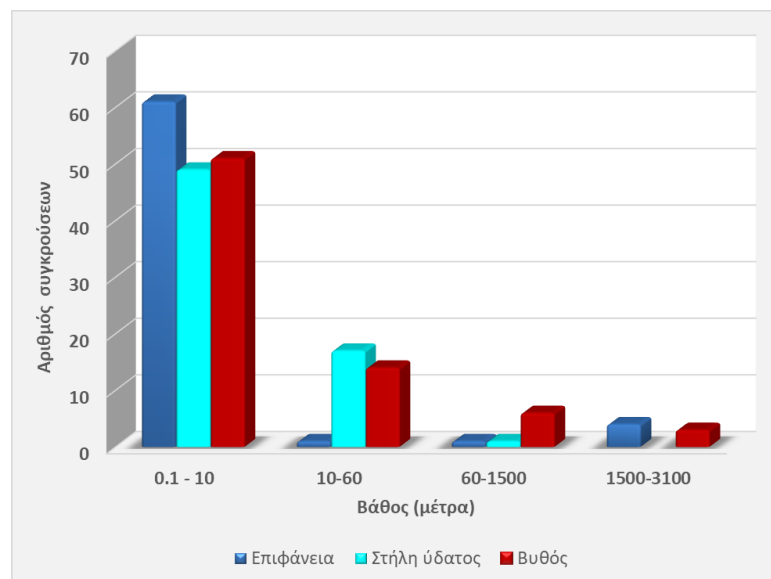
5.3 Αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού συγκρούσεων στα χωρικά ύδατα της Κύπρου

Με την χρήση του αυτοματοποιημένου εργαλείου, δόθηκαν πίνακες και γεωχωρικά δεδομένα που αφορούν τις συγκρούσεις των δραστηριοτήτων στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου. Το εργαλείο δίνει πληροφορία σε μορφή πίνακα (Διάγραμμα 74) και να παρουσιαστούν οι κατηγορίες και ο αριθμός των χερσαίων και θαλάσσιων συγκρούσεων για την υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί στην ΑΟΖ του νησιού, σε τρισδιάστατη μορφή. Τα αποτελέσματα του τελικού πίνακα των συγκρούσεων έδωσαν τον αριθμό των συγκρούσεων που εντοπίστηκαν κατά την ανάλυση και παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 5.1. Πέραν του πίνακα που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.3, το εργαλείο μπορεί να παρουσιάσει χωρικά τις ακτίνες προστασίας όλων των δραστηριοτήτων, τις χωρικές συγκρούσεις που εντοπίστηκαν στην στεριά, επιφάνεια, στήλη ύδατος και του βυθού καθώς επίσης και τις περιοχές όπου ασκούνται οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις στην ΑΟΖ στην Κύπρο. Όλα τα αποτελέσματα του εργαλείου μπορούν να οπτικοποιηθούν και να παρουσιαστούν με την χρήση λογισμικού ΣΓΠ σε δυσδιάστατη ή τρισδιάστατη μορφή.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των χωρικών συγκρούσεων το εργαλείο εντόπισε στο σύνολο πεντακόσιες ενενήντα μια ασυμβατότητές. Ο μεγάλος αριθμός των χωρικών συγκρούσεων δικαιολογείται καθώς στην παράκτια ζώνη του νησιού εντοπίζεται το μεγαλύτερο μέρος της τουριστικής δραστηριότητας υποδομών εξυπηρέτησης τουρισμού όπως ξενοδοχεία, μαρίνες ελλιμενισμού, λιμάνια σε συνδυασμό των συγκρούσεων των κατηγοριών που αφορούν την ναυτιλία, ενέργεια, και αλιεία. Στο θαλάσσιο χώρο, οι περισσότερες συγκρούσεις εντοπίστηκαν στην κατηγορία που αφορά το θαλάσσιο πεδίο βολής και οι περιοχές λουομένων. Το θαλάσσιο πεδίο βολής βρίσκεται στην περιοχή του βασιλικού όπου έρχεται με αρκετές συγκρούσεις που αφορούν υποδομές της ενέργειας, της αλιείας – υδατοκαλλιέργειών αλλά και θαλάσσιων υποδομών όπως αγωγούς υποβρύχια καλώδια αλλά και των διαδρομών των πλοίων.

Στην συνέχεια όλες οι συγκρούσεις ταξινομήθηκαν με βάση το βάθος έτσι ώστε να εντοπιστούν που υπάρχουν οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις. Η πρώτη κατηγορία της ταξινόμησης καθορίστηκε με βάση την συχνότητα που συναντώνται οι δραστηριότητες καθορίζοντας την πρώτη κατηγορία στα 10 μέτρα, η δεύτερη κατηγορία

καθορίστηκε από τα 10 μέτρα στα εξήντα 60 μέτρα βάθους. Η τρίτη κατηγορία καθορίστηκε από τα 60 μέχρι τα 1500 μέτρα βάθος το οποίο είναι το μέσο βάθος των χωρικών υδάτων και η τέταρτη και τελευταία κατηγορία ορίστηκε από τα 1500 μέτρα μέχρι τα 3100 μέτρα όπου και είναι το μέγιστο βάθος της ΑΟΖ της Κύπρου βάση του βΨΜΕ που δημιουργήθηκε. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 75, το 78% των χωρικών συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο εντοπίζονται από τα 0-10 μέτρα βάθος, από τα 10 – 60 μέτρα βάθος εντοπίζεται το 15%, ενώ μειώνονται αρκετά από τα 50-1500 και 1000 -3100 μέτρα βάθους σε 4% και 3% αντίστοιχα. Όπως παρουσιάζουν τα αποτελέσματα οι περισσότερες χωρικές εντοπίζονται στις παράκτιες περιοχές του νησιού και αυτό οφείλεται κυρίως στις αλληλεπιδράσεις των δραστηριοτήτων και υποδομών της στεριάς με τα θαλάσσια ύδατα.



Διάγραμμα 75: Ταξινόμηση χωρικών συγκρούσεων με σχέση το βάθος

Στην συνέχεια, για σκοπούς παρουσίασης των δυνατοτήτων του εργαλείου, η πρώτη επεξεργασία που παρουσιάστηκε χρησιμοποιήθηκε το παλιό θαλάσσιο πεδίο βολής. Επίσης δεν λήφθηκαν υπόψη τα προτεινόμενα καλώδια ενέργειας που αφορούν τα έργα «EuroAsia Interconnector» και «EuroAfrica Interconnector». Αντικαθιστώντας το παλιό με το νέο πεδίο βολής και λαμβάνοντας υπόψη τα νέα καλώδια EuroAsia και EuroAfrica, έτρεξε το εργαλείο εντοπίζοντας τις χωρικές συγκρούσεις με βάση τα αναθεωρημένα δεδομένα. Στο Διάγραμμα 76 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας με την μορφή του πίνακα όπου με πράσινο φόντο είναι οι συγκρούσεις που δεν υφίστανται με την μετακίνηση του πεδίου βολής ενώ με πράσινο φόντο και κόκκινο περίγραμμα είναι

οι συγκρούσεις που προκύπτουν με την μετακίνηση του. Πιο συγκεκριμένα με την μετακίνηση του θαλάσσιου πεδίου βολής οι χωρικές συγκρούσεις μειώθηκαν κατά 36% καταργώντας συγκρούσεις που εντοπίζονταν από την προηγούμενη επεξεργασία όπως με τους αγωγούς, τους λιμένες, τα αγκυροβόλια και τα αλιευτικά καταφύγια. Παρόλα αυτά εντοπίστηκε μια νέα σύγκρουση που αφορούσε την κατηγορία των ενάλιων αρχαιοτήτων. Για τις συγκρούσεις της κατηγορίας των υποβρύχιων καλωδίων, η εγκατάσταση των καλωδίων EuroAsia και EuroAfrica θα αυξήσουν τις χωρικές συγκρούσεις κατά 20% προσθέτοντας τέσσερις περισσότερες συγκρούσεις με τις άλλες κατηγορίες. Παρόλα αυτά στην κατηγορία των καλωδίων δεν εντοπίστηκε νέα σύγκρουση με κάποια άλλη κατηγορία και ο βασικός λόγος είναι ότι η κατάληξη των νέων καλωδίων στην στεριά είναι σε πολύ κοντινή απόσταση από την περιοχή ένωσης των υφιστάμενων καλωδίων.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 76 φαίνεται ότι το εργαλείο μπορεί να εντοπίσει τον αριθμό των συγκρούσεων και τις περιοχές που ασκούνται οι περισσότερες χωρικές συγκρούσεις στο χώρο. Επίσης το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση πρότασης νέας δραστηριότητας ή υποδομής η οποία εμπίπτει στον πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων και τα αποτελέσματα να οπτικοποιηθούν χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό ΣΓΠ ή να παρουσιαστούν σε μορφή πίνακα όπως τους πιο πάνω. Η οπτικοποίηση των δραστηριοτήτων και των αποτελεσμάτων στην τρίτη διάσταση δίνει μια επιπρόσθετη πληροφορία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις αρμόδιες αρχές για την πρόταση λύσεων ή ακόμη την μελέτη για τον συνδυασμό πολλαπλών χρήσεων σε μια περιοχή με σκοπό την μείωση των συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο.

Συνοψίζοντας, με την χρήση του εργαλείου μπορεί να αυτοματοποιηθούν οι διαδικασίες εντοπισμού των χωρικών συγκρούσεων στην θάλασσα με μειωμένο χρόνο επεξεργασίας. Το εργαλείο παραγάγει δυσδιάστατους χάρτες, όπου τα αποτελέσματα μπορεί να παρουσιαστούν στο τρισδιάστατο χώρο. Επίσης τα αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν σε μορφή πίνακα οι οποίοι μπορεί να φανούν χρήσιμοι στους θεσμικούς φορείς του κράτους κατά την παρακολούθηση του ΘΧΣ.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η διατριβή αυτή ασχολήθηκε με τον ΘΧΣ και την ανάγκη εντοπισμού των πιθανών συγκρούσεων των χερσαίων και θαλάσσιων δραστηριοτήτων κατά τον σχεδιασμό, παρακολούθηση, την αναθεώρηση των ΘΧΣχ καθώς και της διαδικασίας εντοπισμού των χωρικών συγκρούσεων όταν εξετάζεται η χωρική κατανομή μιας νέας δραστηριότητας. Δημιουργήθηκε ένα καινοτόμο αυτοματοποιημένο εργαλείο ΣΓΠ το οποίο μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις δραστηριότητες και να εντοπίζει τις χωρικές συγκρούσεις στο θαλάσσιο χώρο λαμβάνοντας υπόψη και την τρίτη διάσταση. Στα πλαίσια της διατριβής αυτής περιγράφεται η μεθοδολογία η οποία καταλήγει στην δημιουργία ενός εργαλείου με το οποίο να μπορεί να εντοπίζει τις χωρικές συγκρούσεις στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου. Για την δημιουργία του εργαλείου υλοποιήθηκαν σημαντικά βήματα για να επιτευχθεί ο σχεδιασμός του. Η συλλογή των γεωχωρικών δεδομένων ήταν το πρώτο βήμα της διατριβής αυτής. Τα πλείστα γεωχωρικά δεδομένα δόθηκαν από ΤΚΧ ο οποίος είναι ο επίσημος χαρτογραφικός οργανισμός του νησιού. Βασικά βήματα και έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν πριν την εισαγωγή τους στην βάση δεδομένων.

Η μελέτη εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας καθώς επίσης και των καλών πρακτικών άλλων ΘΧΣ ευρωπαϊκών χωρών ήταν μια βασική ενέργεια της διατριβής αυτής. Αυτό οδήγησε στον καθορισμό της ακτίνας προστασίας για κάθε δραστηριότητα ή υποδομή και τον εντοπισμό των συγκρούσεων στον χερσαίο ή θαλάσσιο χώρο της Κύπρου μεταξύ των κατηγοριών. Κατά την μελέτη εντοπισμού των συγκρούσεων, παρατηρήθηκαν κενά ως προς τον καθορισμό της συμβατότητας ή ασυμβατότητας μεταξύ των κατηγοριών καλύπτοντας τα κενά αυτά με καλές πρακτικές άλλων χωρών για την υλοποίηση του ΘΧΣ τους. Το αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν η δημιουργία ενός πίνακα ο οποίος χρησιμοποιήθηκε σαν οδηγός στον σχεδιασμό του εργαλείου.

Θεωρώντας την τρίτη διάσταση σαν μια σημαντική μεταβλητή του εργαλείου και λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη πληροφορίας στις μη χαρτογραφημένες περιοχές, ειδικά στις παράκτιες περιοχές που εντοπίζονται πληθώρα δραστηριοτήτων και υποδομών, οδήγησαν στην μελέτη και την εκτίμηση βαθυμετρικού υποστρώματος με την χρήση ΔΒ για τις παράκτιες περιοχές της Κύπρου. Αρκετά βήματα υλοποιήθηκαν κατά την μελέτη της ΔΒ έως ότου υπολογισθεί η βαθυμετρία στα παράκτια ύδατα για όλο το νησί. Τα

γενικά συμπεράσματα από την μελέτη της ΔΒ είναι ότι η χωρική ανάλυση της δορυφορικής εικόνας, η περίοδος λήψης και συνάμα οι συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, έχουν καθοριστικό ρόλο στις ακρίβειες των αποτελεσμάτων της ΔΒ.

Το τελικό στάδιο της διατριβής αυτής αφορούσε τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός εργαλείου το οποίο να μπορεί να εντοπίσει τις χωρικές συγκρούσεις και να τις παρουσιάσει τρισδιάστατα, προσφέροντας στις αρμόδιες αρχές ένα επιπρόσθετο βοήθημα για την παρακολούθηση και την αναθεώρηση των ΘΧΣχ. Τα αποτελέσματα του εργαλείου έδειξαν την περιοχή με τις περισσότερες χωρικές συγκρούσεις στην περιοχή Βασιλικού όπου εντοπίζονται πληθώρα δραστηριοτήτων και υποδομών. Στην περιοχή αυτή εντοπίζεται ο κύριος ηλεκτροπαραγωγός σταθμός της χώρας, ενεργειακό κέντρο, αποθήκες καυσίμων, μεγάλος αριθμός μονάδων υδατοκαλλιέργειας, το θαλάσσιο πεδίο βολής, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, θαλάσσια καλώδια και αγωγοί, αγκυροβόλια και τουριστικές ζώνες διάσπαρτες στην περιοχή. Οι δυνατότητες του εργαλείου παρουσιάστηκαν με την δημιουργία ενός σεναρίου και με την χρήση μελλοντικών δραστηριοτήτων/υποδομών στο θαλάσσιο χώρο της Κύπρου εντοπίζοντας τις διαφορές εφαρμογές τους με την υφιστάμενη κατάσταση. Επίσης η σημαντικότητα καθορισμού της βαθυμετρίας στις παράκτιες περιοχές ενισχύθηκε αφού το 77% των χωρικών συγκρούσεων στα θαλάσσια ύδατα εντοπίστηκαν μέχρι τα δέκα μέτρα βάθος.

Συνοψίζοντας, το προτεινόμενο εργαλείο ΣΓΠ μπορεί να θεωρηθεί ένα χρήσιμο εργαλείο κατά την παρακολούθηση αλλά και την αναθεώρηση των ΘΧΣχ της Κύπρου και να έχει σημαντική συμβολή στην μείωση των συγκρούσεων στο θαλάσσιο χώρο. Το αυτοματοποιημένο εργαλείο έχει την δυνατότητα οπτικοποίησης του Πίνακα των Συγκρούσεων σε περιβάλλον ΣΓΠ σε πολύ γρήγορο χρονικό διάστημα, εισάγοντας τα γεωχωρικά δεδομένα και τις σωστές ακτίνες προστασίας κάθε κατηγορίας που υφίστανται στην περιοχή μελέτης που θα μελετηθεί. Οι τελικοί χάρτες που παράγονται από το εργαλείο μπορεί να βοηθήσουν τους εμπλεκόμενους φορείς να καταλάβουν που ασκούνται οι περισσότερες πιέσεις στο χώρο έτσι ώστε να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες αποσυμφόρησης των περιοχών αυτών. Επίσης μεγάλο πλεονέκτημα είναι η οπτικοποίηση των δραστηριοτήτων και των συγκρούσεων για την περιοχή μελέτης, καθώς με την μεταβλητή του βάθους που δίνεται, μπορούν να προταθούν λύσεις προς μελέτη συνύπαρξης δυο ή και περισσότερων δραστηριοτήτων/υποδομών στο χώρο. Όλες οι δραστηριότητες και τα αποτελέσματα του πιο πάνω εργαλείου μπορούν να

παρουσιαστούν μέσω μιας κοινής πλατφόρμας, προβάλλοντας τελικά προϊόντα, εύχρηστα για τις δημόσιες υπηρεσίες που θα βοηθούσαν στις διαδικασίες αδειοδότησης.

Παρόλα αυτά στο εργαλείο εντοπίζονται και αδυναμίες οι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από τον μελλοντικό χρήστη. Σε περίπτωση χρήσης του εργαλείου για αναθεώρηση των ΘΧΣχ, θα πρέπει να εξετάζεται για τυχών νέες νομοθεσίες ή ακόμη και αναθεωρημένες που υπόκεινται στο πίνακα των συγκρούσεων και συμβατοτήτων έτσι ώστε να τροποποιείτε ο Πίνακας αλλά και το εργαλείο αναλόγως. Επίσης η μελλοντική αναβάθμιση του εργαλείου με ένα ή και περισσότερα δεδομένα στη βάση δεδομένων, θα πρέπει να πραγματοποιούνται έλεγχοι και να υλοποιείται η εναρμόνιση τους με τα άλλα δεδομένα που είναι καταχωρημένα στην βάση δεδομένων. Τέλος, σημαντικό να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα του εργαλείου θα πρέπει να εξετάζονται από τις αρμόδιες αρχές, καθώς μια τέτοια λύση μπορεί να είναι πολυδάπανη ή και χρονοβόρα.

Το εργαλείο αυτό μπορεί να θεωρηθεί σαν η αφετηρία ενός μελλοντικού εργαλείου ενισχύοντας το με περαιτέρω μεταβλητές όπως η ένταξη παραμέτρων παρακολούθησης θαλάσσιου περιβάλλοντος (θαλάσσια επιφανειακή θερμοκρασία, αλατότητα, νιτρικά, χλωροφύλλη κτλ.) και δυναμικών στοιχείων (αιολικό δυναμικό, κυματισμοί κτλ.). Οι μεταβλητές αυτές θα βοηθήσουν στην πιο εξειδικευμένη ανάλυση των συγκρούσεων και στην πρόταση νέων θέσεων προς μελέτη για εγκατάσταση ή μετακίνηση των δραστηριοτήτων ή υποδομών. Επιπλέον προσθέτοντας τον χρόνο σαν τέταρτη διάσταση και αναβαθμίζοντας τα δεδομένα περιοδικής χρήσης με την μεταβλητή του χρόνου, θα μπορούν να προταθούν περιοχές συνύπαρξης δυο ή περισσότερων δραστηριοτήτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Adler-Golden, S. M., Acharya, P. K., Berk, A., Matthew, M. W. and Gorodetzky, D.: *Remote bathymetry of the littoral zone from AVIRIS, LASH, and QuickBird imagery*, *Trans. Geosci. Remote Sens.*, 43(2), 337–347, doi:10.1109/TGRS.2004.841246, 2005.
- [2] Alejandro González Domingo, Miquela Grimalt, Debora Tonazzini and Jérémie Fosse: *Towards an Ecosystem Approach in Maritime Spatial Planning of the Coastal and Maritime Tourism in the Mediterranean (Focus on the Levantine-Balearic coast)*. [online] Available from: www.ecounion.eu/publicaciones, 2018.
- [3] Anthony, E. J. and Aagaard, T.: *The lower shoreface: Morphodynamics and sediment connectivity with the upper shoreface and beach*, *Earth-Science Rev.*, 210, 103334, doi:10.1016/J.EARSCIREV.2020.103334, 2020.
- [4] AP Marine Environmental Consulting LTD and Atlantis Consulting: *Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων για χωροθέτηση των περιοχών/ ζωνών υδατοκαλλιέργειας εντός των θαλάσσιων περιοχών που βρίσκονται υπό τον έλεγχο της Κυπριακής Δημοκρατίας.*, 2017.
- [5] Ashpfaq, M., Srivastava, P. K. and Mitra, D.: *Review of near-shore satellite derived bathymetry: classification and account of five decades of coastal bathymetry research*, *J. Ocean Eng. Sci.*, doi:10.1016/J.JOES.2021.02.006, 2021.
- [6] Beck, M. ., Ferdaña, Z., Kachmar, J., Morrison, K. . and Taylor, P.: *'Best Practices for Marine Spatial Planning'*, *The Nature Conservancy, Arlington, VA.*, 2009.
- [7] Benveniste, J., Cazenave, A., Vignudelli, S., Fenoglio-Marc, L., Shah, R., Almar, R., Andersen, O., Birol, F., Bonnefond, P., Bouffard, J., Calafat, F., Cardellach, E., Cipollini, P., Le Cozannet, G., Dufau, C., Fernandes, M. J., Frappart, F., Garrison, J., Gommenginger, C., Han, G., Høyer, J. L., Kourafalou, V., Leuliette, E., Li, Z., Loisel, H., Madsen, K. S., Marcos, M., Melet, A., Meyssignac, B., Pascual, A., Passaro, M., Ribó, S., Scharroo, R., Song, Y. T., Speich, S., Wilkin, J., Woodworth, P. and Wöppelmann, G.: *Requirements for a coastal hazards observing system*, *Front. Mar. Sci.*, 6(JUL), 348, doi:10.3389/FMARS.2019.00348/XML/NLM, 2019.
- [8] Bonnevie, I. M., Hansen, H. S. and Schrøder, L.: *Assessing use-use interactions at sea: A theoretical framework for spatial decision support tools facilitating co-location in maritime spatial planning*, *Mar. Policy*, 106, 103533,

- doi:10.1016/J.MARPOL.2019.103533, 2019.
- [9] *Bonnevie, I. M., Hansen, H. S. and Schrøder, L.: Supporting integrative maritime spatial planning by operationalising SEANERGY—a tool to study cross-sectoral synergies and conflicts, Int. J. Digit. Earth, 14(6), 678–695, doi:10.1080/17538947.2020.1865467/SUPPL_FILE/TJDE_A_1865467_SM3221.DOCX, 2021.*
- [10] *Bramante, J. F., Raju, D. K. and Sin, T. M.: Multispectral derivation of bathymetry in Singapore’s shallow, turbid waters, Int. J. Remote Sens., 34(6), 2070–2088, doi:10.1080/01431161.2012.734934, 2012.*
- [11] *BSH: Maritime Spatial Plan 2021., 2021.*
- [12] *Caballero, I. and Stumpf, R. P.: Atmospheric correction for satellite-derived bathymetry in the Caribbean waters: from a single image to multi-temporal approaches using Sentinel-2A/B, Opt. Express, Vol. 28, Issue 8, pp. 11742–11766, 28(8), 11742–11766, doi:10.1364/OE.390316, 2020.*
- [13] *Cahalane, C., Magee, A., Monteys, X., Casal, G., Hanafin, J. and Harris, P.: A comparison of Landsat 8, RapidEye and Pleiades products for improving empirical predictions of satellite-derived bathymetry, Remote Sens. Environ., 233, 111414, doi:10.1016/J.RSE.2019.111414, 2019.*
- [14] *Calado, H., Vergílio, M., Caña-Varona, M., Pegorelli, C., Hipólito, C., Silva, A., Carreira, G., Paramio, M. and Papaioannou, E.: Strategic scenarios for maritime spatial planning in an European outermost region—The case of the Azores, Mar. Policy, 145, 105255, doi:10.1016/J.MARPOL.2022.105255, 2022.*
- [15] *Cao, B., Fang, Y., Jiang, Z., Gao, L. and Hu, H.: Shallow water bathymetry from WorldView-2 stereo imagery using two-media photogrammetry, Eur. J. Remote Sens., 52(1), 506–521, doi:10.1080/22797254.2019.1658542, 2019.*
- [16] *Casal, G., Monteys, X., Hedley, J., Harris, P., Cahalane, C. and McCarthy, T.: Assessment of empirical algorithms for bathymetry extraction using Sentinel-2 data, Int. J. Remote Sens., 40(8), 2855–2879, doi:10.1080/01431161.2018.1533660, 2018.*
- [17] *Cerra, D., Gege, P., Evagorou, E., Agapiou, A. and de los Reyes, R.: Monitoring Marine Areas from the International Space Station: The Case of the Submerged Harbor of Amathus, Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), 12642 LNCS, 127–137, doi:10.1007/978-3-030-*

73043-7_11, 2020.

- [18] Cesbron, G., Melet, A., Almar, R., Lifermann, A., Tullot, D. and Crosnier, L.: *Pan-European Satellite-Derived Coastal Bathymetry—Review, User Needs and Future Services*, *Front. Mar. Sci.*, 8, doi:10.3389/FMARS.2021.740830/BIBTEX, 2021.
- [19] Chénier, R., Ahola, R., Sagram, M., Faucher, M. A. and Shelat, Y.: *Consideration of Level of Confidence within Multi-Approach Satellite-Derived Bathymetry*, *ISPRS Int. J. Geo-Information* 2019, Vol. 8, Page 48, 8(1), 48, doi:10.3390/IJGI8010048, 2019.
- [20] Choi, C. and Kim, D. J.: *Optimum Baseline of a Single-Pass In-SAR System to Generate the Best DEM in Tidal Flats*, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 11(3), 919–929, doi:10.1109/JSTARS.2018.2795107, 2018.
- [21] Chybicki, A. and Andrzej: *Mapping South Baltic Near-Shore Bathymetry Using Sentinel-2 Observations*, *Polish Marit. Res.*, 24(3), 15–25, doi:10.1515/pomr-2017-0086, 2017.
- [22] Collie, J. S., Vic Adamowicz, W. L., Beck, M. W., Craig, B., Essington, T. E., Fluharty, D., Rice, J. and Sanchirico, J. N.: *Marine spatial planning in practice*, *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 117, 1–11, doi:10.1016/j.ecss.2012.11.010, 2013.
- [23] Collings, S., Botha, E. J., Anstee, J. and Campbell, N.: *Depth from Satellite Images: Depth Retrieval Using a Stereo and Radiative Transfer-Based Hybrid Method*, *Remote Sens.* 2018, Vol. 10, Page 1247, 10(8), 1247, doi:10.3390/RS10081247, 2018.
- [24] *Commission of the European Community: Roadmap for Maritime Spatial Planning: Achieving Common Principles in the EU*. [online] Available from: http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/study_employment_en.html, 2008.
- [25] Conger, C. L., Hochberg, E. J., Fletcher, C. H. and Atkinson, M. J.: *Decorrelating remote sensing color bands from bathymetry in optically shallow waters*, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 44(6), 1655–1660, doi:10.1109/TGRS.2006.870405, 2006.
- [26] *Council of the European Communities: Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources*, *Off. J. Eur. Communities* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676>, 1991.

- [27] Dickens, K. and Armstrong, A.: *Application of Machine Learning in Satellite Derived Bathymetry and Coastline Detection*, *SMU Data Sci. Rev.*, 2(1) [online] Available from: <https://scholar.smu.edu/datasciencereview/vol2/iss1/4>, 2019.
- [28] Dierssen, H. M., Zimmerman, R. C., Leathers, R. A., Downes, T. V. and Davis, C. O.: *Ocean color remote sensing of seagrass and bathymetry in the Bahamas Banks by high-resolution airborne imagery*, *Limnol. Oceanogr.*, 48(1part2), 444–455, doi:10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0444, 2003.
- [29] *DMoIE and DMoEA: Policy Document on the North Sea 2016-2021.*, 2015.
- [30] *DoF -Department of Fisheries and Marine Research: Initial Assessment of the Marine Environment of Cyprus, Part I – Characteristics Nicosia, Nicosia.* [online] Available from: [http://www.moa.gov.cy/moa/dfmr/dfmr.nsf/All/224D439CDB81950042257E6E0037F444/\\$file/1-INITAIL_ASSESMENT.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/dfmr/dfmr.nsf/All/224D439CDB81950042257E6E0037F444/$file/1-INITAIL_ASSESMENT.pdf?OpenElement), 2012.
- [31] *DoHLGH: National Marine Planning Framework (Project Ireland 2040).*, 2021.
- [32] Douvere, F.: *The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management*, *Mar. Policy*, 32(5), 762–771, doi:10.1016/j.marpol.2008.03.021, 2008.
- [33] Duplančić Leder, T., Baučić, M., Leder, N. and Gilić, F.: *Optical Satellite-Derived Bathymetry: An Overview and WoS and Scopus Bibliometric Analysis*, *Remote Sens.* 2023, Vol. 15, Page 1294, 15(5), doi:10.3390/RS15051294, 2023.
- [34] Ehler, C. and Douvere, F.: *Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management.*, *Intergov. Oceanogr. Comm. Man Biosph. Program. IOC Man. Guid. No. 53, ICAM Doss. No. 6. Paris UNESCO.* 2009, 98, 2009.
- [35] Ehler, C. N.: *Two decades of progress in Marine Spatial Planning*, *Mar. Policy*, 104134, doi:10.1016/j.marpol.2020.104134, 2020.
- [36] Ehses, J. S. and Rooney, J. J.: *Depth Derivation Using Multispectral WorldView-2 Satellite Imagery*, *NOAA Tech. Memo. NMFS-PIFSC-46*, (June), 24, doi:10.7289/V5668B40, 2015.
- [37] *EMODnet: Bathymetry -European Marine Observation and Data Network (EMODnet)*, [online] Available from: <https://emodnet.ec.europa.eu/en/bathymetry#bathymetry-dataproviders>, 2023.
- [38] *Environmental Systems Research Institute (Esri): Model parameters—ArcGIS Pro*

- / *Documentation*, [online] Available from: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/model-parameters.htm>, 2023a.
- [39] *Environmental Systems Research Institute (Esri): Understanding ArcGIS Pro*, [online] Available from: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview-arcgis-pro/>, 2023b.
- [40] *Environmental Systems Research Institute (Esri): What is ModelBuilder?—ArcGIS Pro | Documentation*, [online] Available from: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm>, 2023c.
- [41] *ESA: SENTINEL-2 User Handbook*, 1st ed. [online] Available from: https://earth.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook, 2013.
- [42] *Estonian Ministry of the Finance: Country Fiche Estonia.*, 2022.
- [43] *European Commission: Regulation of the European Parliament and of the council - establishing a Programme to support the further development of an Integrated Maritime Policy.*, 2010.
- [44] *European Commission: GREEN PAPER: Marine Knowledge 2020 from seabed mapping to ocean forecasting - COM(2012) 473 final.* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0473&from=EL>, 2012.
- [45] *European Commission: European MSP Platform*, [online] Available from: <https://www.msp-platform.eu/msp-practice/countries>, 2022.
- [46] *European MSP Platform: Technical Study: MSP as a tool to support Blue Growth. Sector Fiche: Fishing, Final Version.* [online] Available from: https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/sector/pdf/mspforbluegrowth_sectorfiche_fishing.pdf, 2018.
- [47] *European MSP Platform: Conflict Fiche 3: Conflict fiche 3: Defence and other sea uses.*, 2019.
- [48] *European Parliament and Council of the European Union: Recommendation of the European Parliament and of the Council of 30 May 2002 concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe (2002/413/EC).* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

- content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32002H0413, 2002.
- [49] *European Parliament and Council of the European Union: Decision No 884/2004/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 amending Decision No 1692/96/EC on Community guidelines for the development of the trans-European transport network, Off. J. Eur. Union* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004D0884&from=EN>, 2004.
- [50] *European Parliament and Council of the European Union: Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC, Off. J. Eur. Union* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=en>, 2006.
- [51] *European Parliament and Council of the European Union: Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 - establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), Official J. Eur. Union* [online] Available from: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:EN:PDF>, 2007.
- [52] *European Parliament and Council of the European Union: Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive), Off. J. Eur. Union, 1–22, 2008.*
- [53] *European Parliament and Council of the European Union: DIRECTIVE 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council, Off. J. Eur. Union* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0147>, 2009.
- [54] *European Parliament and Council of the European Union: DIRECTIVE 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council, [online]* Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0018>, 2012.
- [55] *European Parliament and Council of the European Union: Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning., 2014.*
- [56] *European Parliament and Council of the European Union: Regulation (EU)*

- 2017/352 of the European Parliament and of the Council of 15 February 2017 establishing a framework for the provision of port services and common rules on the financial transparency of ports, *Off. J. Eur. Union* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0352>, 2017.
- [57] *European Parliament and Council of the European Union: Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources*, , 128 [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L2001>, 2018.
- [58] *Frazão Santos, C., Ehler, C. N., Agardy, T., Andrade, F., Orbach, M. K. and Crowder, L. B.: Marine spatial planning*, in *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*, pp. 571–592, Elsevier., 2018.
- [59] *Frazão Santos, C., Ehler, C. N., Agardy, T., Andrade, F., Orbach, M. K. and Crowder, L. B.: Marine Spatial Planning, World Seas An Environ. Eval. Vol. III Ecol. Issues Environ. Impacts*, 571–592, doi:10.1016/B978-0-12-805052-1.00033-4, 2019.
- [60] *De Freitas, D. M. and Tagliani, P. R. A.: The use of GIS for the integration of traditional and scientific knowledge in supporting artisanal fisheries management in southern Brazil*, *J. Environ. Manage.*, 90(6), 2071–2080, doi:10.1016/J.JENVMAN.2007.08.026, 2009.
- [61] *Gao, J.: Bathymetric mapping by means of remote sensing: methods, accuracy and limitations*, *Prog. Phys. Geogr.*, 33(1), 103–116, doi:10.1177/0309133309105657, 2009.
- [62] *Giacometti, A., Moodie, J., Kull, M. and Morf, A.: Coherent Cross-border Maritime Spatial Planning for the Southwest Baltic Sea.*, 2017.
- [63] *Gimpel, A., Stelzenmüller, V., Cormier, R., Floeter, J. and Temming, A.: A spatially explicit risk approach to support marine spatial planning in the German EEZ*, *Mar. Environ. Res.*, 86, 56–69, doi:10.1016/J.MARENRES.2013.02.013, 2013.
- [64] *Gimpel, A., Stelzenmüller, V., Grote, B., Buck, B. H., Floeter, J., Núñez-Riboni, I., Pogoda, B. and Temming, A.: A GIS modelling framework to evaluate marine spatial planning scenarios: Co-location of offshore wind farms and aquaculture in*

- the German EEZ, Mar. Policy, 55, 102–115, doi:10.1016/J.MARPOL.2015.01.012, 2015.*
- [65] Gold, B. D., Pastoors, M., Babb-Brott, D., Ehler, C., King, M., Maes, F., Mengerink, K., Müller, M., Pitta, T., Cunha, E., Ruckelshaus, M., Sandifer, P., Veum, K., Stuke, F. and Howard, K.: *CALAMAR expert paper: integrated marine policies and tools working group*, Ecologic Institute. [online] Available from: <http://www.calamar-dialogue.org/>, 2011.
- [66] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R.: *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*, *Remote Sens. Environ.*, 202, 18–27, doi:10.1016/J.RSE.2017.06.031, 2017.
- [67] Guimarães, M. H., Rangel, M., Horta E Costa, B., Ressurreição, A., Oliveira, F. and Gonçalves, J. M. S.: *Creating a common ground for the implementation of a community-based Marine Protected Area-a case study in Algarve, Portugal*, *Ocean Coast. Manag.*, 12, doi:10.1016/j.ocecoaman.2023.106627, 2023.
- [68] Hadjimitsis, D., Agapiou, A., Mettas, C., Themistocleous, K., Evagorou, E., Cuca, B., Papoutsas, C., Nisantzi, A., Mamouri, R.-E., Soulis, G., Xagoraris, Z., Lysandrou, V., Aliouris, K., Ioannou, N. and Pavlogeorgatos, G.: *Marine spatial planning in Cyprus*, in *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, vol. 9535., 2015.
- [69] Hadjimitsis, D., Agapiou, A., Themistocleous, K., Mettas, C., Evagorou, E., Soulis, G., Xagoraris, Z., Pilikou, M., Aliouris, K. and Ioannou, N.: *Maritime Spatial Planning in Cyprus*, *Open Geosci.*, 8(1), 653–661, doi:10.1515/GEO-2016-0061/MACHINEREADABLECITATION/RIS, 2016.
- [70] Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K. L., Samhouri, J. F., Katona, S. K., Kleisner, K., Lester, S. E., O'Leary, J., Ranelletti, M., Rosenberg, A. A., Scarborough, C., Selig, E. R., Best, B. D., Brumbaugh, D. R., Chapin, F. S., Crowder, L. B., Daly, K. L., Doney, S. C., Elfes, C., Fogarty, M. J., Gaines, S. D., Jacobsen, K. I., Karrer, L. B., Leslie, H. M., Neeley, E., Pauly, D., Polasky, S., Ris, B., St Martin, K., Stone, G. S., Rashid Sumaila, U. and Zeller, D.: *An index to assess the health and benefits of the global ocean*, *Nature*, 488(7413), 615–620, doi:10.1038/nature11397, 2012.
- [71] Han, T., Zhang, H., Cao, W., Le, C., Wang, C., Yang, X., Ma, Y., Li, D., Wang, J. and Lou, X.: *Cost-efficient bathymetric mapping method based on massive active–*

- passive remote sensing data, ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 203, 285–300, doi:10.1016/J.ISPRSJPRS.2023.07.028, 2023.
- [72] Hedley, J. D., Harborne, A. R. and Mumby, P. J.: *Technical note: Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos TECHNICAL NOTE Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow-water benthos*, *Int. J. Remote Sens.*, doi:10.1080/01431160500034086, 2005.
- [73] Hell, B., Broman, B., Jakobsson, L., Jakobsson, M., Magnusson, Å. and Wiberg, P.: *The Use of Bathymetric Data in Society and Science: A Review from the Baltic Sea*, *Ambio*, 41(2), 138, doi:10.1007/S13280-011-0192-Y, 2012.
- [74] Hu, C., Lee, Z. and Franz, B.: *Chlorophyll algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance difference*, *J. Geophys. Res. Ocean.*, 117(C1), 1011, doi:10.1029/2011JC007395, 2012.
- [75] Ilori, C. O. and Knudby, A.: *An Approach to Minimize Atmospheric Correction Error and Improve Physics-Based Satellite-Derived Bathymetry in a Coastal Environment*, *Remote Sens.* 2020, Vol. 12, Page 2752, 12(17), 2752, doi:10.3390/RS12172752, 2020.
- [76] *International Hydrographic Organization: IHO STANDARDS FOR HYDROGRAPHIC SURVEYS 5 th Edition*, International Hydrographic Bureau MONACO. [online] Available from: https://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-44_5E.pdf, 2008.
- [77] *International Hydrographic Organization: Standards for Hydrographic Surveys International Hydrographic Organization Standards for Hydrographic Surveys*, S-44 Editi., 2022.
- [78] *Italian Republic: OFFICIAL JOURNAL OF THE ITALIAN REPUBLIC Law 27-02-2004, n. 46 - Rome branch, Year 159th - Number 19*, Rome., 2018.
- [79] Janowski, L., Trzcinska, K., Tegowski, J., Kruss, A., Rucinska-Zjadacz, M. and Pocwiardowski, P.: *Nearshore Benthic Habitat Mapping Based on Multi-Frequency, Multibeam Echosounder Data Using a Combined Object-Based Approach: A Case Study from the Rowy Site in the Southern Baltic Sea*, *Remote Sens.* 2018, Vol. 10, Page 1983, 10(12), 1983, doi:10.3390/RS10121983, 2018.
- [80] Janowski, L., Wroblewski, R., Dworniczak, J., Kolakowski, M., Rogowska, K., Wojcik, M. and Gajewski, J.: *Offshore benthic habitat mapping based on object-based image analysis and geomorphometric approach. A case study from the Slupsk*

- Bank, Southern Baltic Sea, Sci. Total Environ.*, 801, 149712, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2021.149712, 2021.
- [81] *Jawak, S. D., Vadlamani, S. S. and Luis, A. J.: A Synoptic Review on Deriving Bathymetry Information Using Remote Sensing Technologies: Models, Methods and Comparisons, Adv. Remote Sens.*, 04(02), 147–162, doi:10.4236/ARS.2015.42013, 2015.
- [82] *Jupp, D.: Background and Extensions to Depth of Penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters, Proceeding Symp. Remote Sens. Coast. Zo. Queensl.* [online] Available from: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10003995403/>, 1988.
- [83] *Kabiri, K.: Discovering Optimum Method to Extract Depth Information for Nearshore Coastal Waters from Sentinel-2A Imagery - Case Study: Nayband Bay, Iran, ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, XLII-4/W4, 105–110, doi:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W4-105-2017, 2017.
- [84] *Kannen, A.: Challenges for marine spatial planning in the context of multiple sea uses, policy arenas and actors based on experiences from the German North Sea, Reg. Environ. Chang.*, 14(6), 2139–2150, doi:10.1007/S10113-012-0349-7/FIGURES/3, 2014a.
- [85] *Kannen, A.: Challenges for marine spatial planning in the context of multiple sea uses, policy arenas and actors based on experiences from the German North Sea, Reg. Environ. Chang.*, 14(6), 2139–2150, doi:10.1007/S10113-012-0349-7/FIGURES/3, 2014b.
- [86] *Kay, S., Hedley, J. D. and Lavender, S.: Sun Glint Correction of High and Low Spatial Resolution Images of Aquatic Scenes: a Review of Methods for Visible and Near-Infrared Wavelengths, Remote Sens.* 2009, Vol. 1, Pages 697-730, 1(4), 697–730, doi:10.3390/RS1040697, 2009.
- [87] *Kelly, C., Gray, L., Shucksmith, R. J. and Tweddle, J. F.: Investigating options on how to address cumulative impacts in marine spatial planning, Ocean Coast. Manag.*, 102(PA), 139–148, doi:10.1016/J.OCECOAMAN.2014.09.019, 2014.
- [88] *König, M., Hieronymi, M. and Oppelt, N.: Application of Sentinel-2 MSI in Arctic Research: Evaluating the Performance of Atmospheric Correction Approaches Over Arctic Sea Ice, Front. Earth Sci.*, 0, 22, doi:10.3389/FEART.2019.00022, 2019.
- [89] *Kopp, M. and Purgathofer, W.: Efficient 3x3 Median Filter*

Computations, Technical Report TR-186-2-94-18, Institute of Computer Graphics and Algorithms, Visualization and Animation Group, Vienna University of Technology., 1994.

- [90] Kumar, L. and Mutanga, O.: *Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential*, *Remote Sens.* 2018, Vol. 10, Page 1509, 10(10), 1509, doi:10.3390/RS10101509, 2018.
- [91] Kyvelou, S. S. and Ierapetritis, D.: *Discussing and Analyzing “Maritime Cohesion” in MSP, to Achieve Sustainability in the Marine Realm*, *Sustain.* 2019, Vol. 11, Page 3444, 11(12), 3444, doi:10.3390/SU11123444, 2019.
- [92] Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A. and Lafaye, M.: *Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal*, *Remote Sens. Environ.*, 106(1), 66–74, doi:10.1016/J.RSE.2006.07.012, 2007.
- [93] *Latvian Ministry of Environmental Protection and Regional Development: The Maritime Spatial Plan for the Marine Inland Waters, Territorial Sea and Exclusive Economic Zone Waters of the Republic of Latvia., 2019.*
- [94] Lee, Z.-P.: *Remote Sensing of Inherent Optical Properties: Fundamentals, Tests of Algorithms, and Applications.* [online] Available from: <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/516>, 2006.
- [95] Lee, Z., Carder, K. L., Mobley, C. D., Steward, R. G. and Patch, J. S.: *Hyperspectral remote sensing for shallow waters: 2. Deriving bottom depths and water properties by optimization.* [online] Available from: <https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-38-18-3831>, 1999.
- [96] Lee, Z., Carder, K. L. and Arnone, R. A.: *Deriving inherent optical properties from water color: a multiband quasi-analytical algorithm for optically deep waters*, *Appl. Opt.* Vol. 41, Issue 27, pp. 5755-5772, 41(27), 5755–5772, doi:10.1364/AO.41.005755, 2002.
- [97] Li, J., Knapp, D. E., Schill, S. R., Roelfsema, C., Phinn, S., Silman, M., Mascaro, J. and Asner, G. P.: *Adaptive bathymetry estimation for shallow coastal waters using Planet Dove satellites*, *Remote Sens. Environ.*, 232, 111302, doi:10.1016/J.RSE.2019.111302, 2019.
- [98] Li, J., Knapp, D. E., Lyons, M., Roelfsema, C., Phinn, S., Schill, S. R. and Asner, G. P.: *Automated Global Shallow Water Bathymetry Mapping Using Google Earth*

- Engine, Remote Sens.* 2021, Vol. 13, Page 1469, 13(8), 1469, doi:10.3390/RS13081469, 2021.
- [99] Li, X., Shen, H., Feng, R., Li, J. and Zhang, L.: DEM generation from contours and a low-resolution DEM, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 134, 135–147, doi:10.1016/J.ISPRSJPRS.2017.09.014, 2017.
- [100] Li, Z., Peng, Z., Zhang, Z., Chu, Y., Xu, C., Yao, S., García-Fernández, Á. F., Zhu, X., Yue, Y., Levers, A., Zhang, J. and Ma, J.: Exploring modern bathymetry: A comprehensive review of data acquisition devices, model accuracy, and interpolation techniques for enhanced underwater mapping, *Front. Mar. Sci.*, 10, 1178845, doi:10.3389/FMARS.2023.1178845/BIBTEX, 2023.
- [101] Luijendijk, A., Hagenaaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G. and Aarninkhof, S.: The State of the World's Beaches, *Sci. Reports* 2018 81, 8(1), 1–11, doi:10.1038/s41598-018-24630-6, 2018.
- [102] Lyzenga, D.: Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using air, *Int. J. Remote Sens.*, 2(1), 71–82, doi:10.1080/01431168108948342, 1980.
- [103] Lyzenga, D. R.: Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features, *Appl. Opt. Vol. 17, Issue 3, pp. 379-383, 17(3), 379–383*, doi:10.1364/AO.17.000379, 1978.
- [104] Lyzenga, D. R.: Shallow-water bathymetry using combined lidar and passive multispectral scanner data, *Int. J. Remote Sens.*, 6(1), 115–125, doi:10.1080/01431168508948428org/10.1080/01431168508948428, 1985.
- [105] Lyzenga, D. R., Malinas, N. P. and Tanis, F. J.: Multispectral bathymetry using a simple physically based algorithm, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 44(8), 2251–2259, doi:10.1109/TGRS.2006.872909, 2006.
- [106] Maes, F. and Maritime Institute - University Gent: 36. Towards a spatial structure plan for sustainable management of the sea., 2005.
- [107] Manessa, M. D. M., Haidar, M., Hartuti, M. and Kresnawati, D. K.: Determination of the best methodology for bathymetry mapping using SPOT 6 imagery: A study of 12 empirical algorithms, *Int. J. Remote Sens. Earth Sci.*, 14(2), 127–136, doi:10.30536/J.IJRESES.2017.V14.A2827, 2018.
- [108] Marine and Environmental Research Lab Ltd: Στρατηγική Μελέτη Εκτίμησης

Επιπτώσεων στο Περιβάλλον (ΣΜΕΕΠ) για το Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Υδατοκαλλιέργειας (ΕΣΣΥ) 2014-2020., 2014.

- [109] *Marine Environment Service: Royal Decree establishing a marine spatial plan., 2014.*
- [110] *Marine Environment Service: Royal Decree establishing the marine spatial planning for the period 2020 to 2026 in the Belgian sea-areas., 2020.*
- [111] *Maritorena, S., Morel, A. and Gentili, B.: Diffuse reflectance of oceanic shallow waters: Influence of water depth and bottom albedo, Limnol. Oceanogr., 39(7), 1689–1703, doi:10.4319/lo.1994.39.7.1689, 1994.*
- [112] *Marks, K. M. and Smith, W. H. F.: An uncertainty model for deep ocean single beam and multibeam echo sounder data, Mar. Geophys. Res. 2009 294, 29(4), 239–250, doi:10.1007/S11001-008-9060-Y, 2009.*
- [113] *Martins, V. S., Barbosa, C. C. F., Carvalho, L. A. S. De, Jorge, D. S. F., Lobo, F. D. L. and Novo, E. M. L. de M.: Assessment of Atmospheric Correction Methods for Sentinel-2 MSI Images Applied to Amazon Floodplain Lakes, Remote Sens. 2017, Vol. 9, Page 322, 9(4), 322, doi:10.3390/RS9040322, 2017.*
- [114] *Matczak, M., Zaucha, J., Altvater, S., Turski, J., Witkowska, J., Pardus, M. J. and Szydłowski, Ł.: The Baltic Maritime Heritage – spatial atlas –. [online] Available from: https://www.submariner-network.eu/images/BalticRIM/220111_2-5_The_Baltic_Maritime_Heritage_Atlas_September2019.pdf, 2019.*
- [115] *Mcateer, B., Fullbrook, L., Liu, W. H., Reed, J., Rivers, N., Vaidianu, N., Westholm, A., Toonen, H., Van Tatenhove, J., Clarke, J., Ansong, J. O., Trouillet, B., Santos, C. F., Eger, S., Ten Brink, T., Wade, E. and Flannery, W.: Marine Spatial Planning in Regional Ocean Areas: Trends and Lessons Learned, Ocean Yearb. Online, 36(1), 346–380, doi:10.1163/22116001-03601013, 2022.*
- [116] *McFeeters, S. K.: The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>, 17(7), 1425–1432, doi:10.1080/01431169608948714, 1996.*
- [117] *McFeeters, S. K.: The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, Int. J. Remote Sens., 17(7), 1425–1432, doi:10.1080/01431169608948714, 2007.*
- [118] *McIntyre, M. L., Naar, D. F., Carder, K. L., Donahue, B. T. and Mallinson, D. J.: Coastal Bathymetry from Hyperspectral Remote Sensing Data: Comparisons with*

- High Resolution Multibeam Bathymetry, Mar. Geophys. Res.*, 27(2), 129–136, doi:10.1007/s11001-005-0266-y, 2006.
- [119] Melet, A., Teatini, P., Le Cozannet, G., Jamet, C., Conversi, A., Benveniste, J. and Almar, R.: *Earth Observations for Monitoring Marine Coastal Hazards and Their Drivers, Surv. Geophys.* 2020 416, 41(6), 1489–1534, doi:10.1007/S10712-020-09594-5, 2020.
- [120] Menegon, S., Depellegrin, D., Farella, G., Sarretta, A., Venier, C. and Barbanti, A.: *Addressing cumulative effects, maritime conflicts and ecosystem services threats through MSP-oriented geospatial webtools, Ocean Coast. Manag.*, 163, 417–436, doi:10.1016/J.OCECOAMAN.2018.07.009, 2018.
- [121] Merrie, A. and Olsson, P.: *An innovation and agency perspective on the emergence and spread of Marine Spatial Planning, Mar. Policy*, 44, 366–374, doi:10.1016/J.MARPOL.2013.10.006, 2014.
- [122] METDC: *Maritime Spatial Plans of the Five Spanish Marine Subdivisions.*, 2023.
- [123] Ministerul Dezvoltării, L. Și A.: *Planul de amenajare a spațiului maritim MSP Plans of Romania Polo.* [online] Available from: <https://www.mdlpa.ro/uploads/articole/attachments/6267e6b6558ed561369567.pdf>, 2022.
- [124] Ministry of Environment: *Country Fiche Lithuania.*, 2014.
- [125] Ministry of Environment: *Country Fiche Sweden.*, 2022.
- [126] Ministry of Finance Rahandusministeerium: *4) Estonian Maritime Spatial Plan - Impact assessment report.* [online] Available from: https://mereala.hendrikson.ee/dokumendid/Eskiis/Estonian_MSP_Impact_assessment_ENG.pdf, 2021.
- [127] Ministry of Finance Rahandusministeerium and Hendrikson & KO: *Estonian Maritime Spatial Plan Explanatory Memorandum.* [online] Available from: https://mereala.hendrikson.ee/dokumendid/Eskiis/Estonian_MSP_main-solution_ENG.pdf, 2021.
- [128] Ministry of the Environment: *Country Fiche Finland and Åland.*, 2022.
- [129] Misra, A., Vojinovic, Z., Ramakrishnan, B., Luijendijk, A. and Ranasinghe, R.: *Shallow water bathymetry mapping using Support Vector Machine (SVM) technique and multispectral imagery, Int. J. Remote Sens.*, 39(13), 4431–4450, doi:10.1080/01431161.2017.1421796, 2018.

- [130] *MoCPP: Spatial Development Strategy of the Republic of Croatia*, Zagreb., 2017.
- [131] *MoDPWA: Marine Spatial Plan of Romania (Draft)*., 2022.
- [132] *MoESP: Marine Spatial Plan of Slovenia.*, 2021.
- [133] *MoI: Country Fiche Poland.*, 2020.
- [134] *MoIWM and MoANFQ: Marine Strategy for the Dutch section of the North Sea 2022-2027 (part 3)*., 2022.
- [135] Moore, S. A., Brown, G., Kobryn, H. and Strickland-Munro, J.: *Identifying conflict potential in a coastal and marine environment using participatory mapping*, *J. Environ. Manage.*, 197, 706–718, doi:10.1016/J.JENVMAN.2016.12.026, 2017.
- [136] *MoRDPW: Final version of the Maritime Spatial Plan of the Republic of Bulgaria MRRB.*, 2023.
- [137] Muñoz, M., Reul, A., Gil de Sola, L., Lauerburg, R. A. M., Tello, O., Gimpel, A. and Stelzenmüller, V.: *A spatial risk approach towards integrated marine spatial planning: A case study on European hake nursery areas in the North Alboran Sea*, *Mar. Environ. Res.*, 142, 190–207, doi:10.1016/J.MARENRES.2018.10.008, 2018.
- [138] Mutanga, O. and Kumar, L.: *Google Earth Engine Applications, Remote Sens.* 2019, Vol. 11, Page 591, 11(5), 591, doi:10.3390/RS11050591, 2019.
- [139] Patera, A., Pataki, Z. and Kitsiou, D.: *Development of a webGIS Application to Assess Conflicting Activities in the Framework of Marine Spatial Planning*, *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, Vol. 10, Page 389, 10(3), 389, doi:10.3390/JMSE10030389, 2022.
- [140] Pavlogeorgatos, G., Kyriakos, A., Ioannou, N. and Hadjimitsis, D. G.: *Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα και την Κύπρο/Maritime Spatial Planning in Greece and Cyprus.*, 1st ed., edited by G. Pavlogeorgatos, K. Aliouris, N. Ioannou, and D. Hatsimitsis., 2023.
- [141] Pike, S., Traganos, D., Poursanidis, D., Williams, J., Medcalf, K., Reinartz, P. and Chrysoulakis, N.: *Leveraging Commercial High-Resolution Multispectral Satellite and Multibeam Sonar Data to Estimate Bathymetry: The Case Study of the Caribbean Sea*, *Remote Sens.* 2019, Vol. 11, Page 1830, 11(15), 1830, doi:10.3390/RS11151830, 2019.
- [142] Pınarbaşı, K., Galparsoro, I., Borja, Á., Stelzenmüller, V., Ehler, C. N. and Gimpel, A.: *Decision support tools in marine spatial planning: Present applications, gaps and future perspectives*, *Mar. Policy*, 83(May), 83–91,

- doi:10.1016/j.marpol.2017.05.031, 2017.
- [143] *Planning Authority: Strategic Plan for the Environment and Development, 2015.*
- [144] Porskamp, P., Rattray, A., Young, M. and Ierodionou, D.: *Multiscale and Hierarchical Classification for Benthic Habitat Mapping, Geosci. 2018, Vol. 8, Page 119, 8(4), 119, doi:10.3390/GEOSCIENCES8040119, 2018.*
- [145] Pushparaj, J. and Hegde, A. V.: *Estimation of bathymetry along the coast of Mangaluru using Landsat-8 imagery, Int. J. Ocean Clim. Syst., 8(2), 71–83, doi:10.1177/1759313116679672, 2017.*
- [146] Randazzo, G., Barreca, G., Cascio, M., Crupi, A., Fontana, M., Gregorio, F., Lanza, S. and Muzirafuti, A.: *Analysis of Very High Spatial Resolution Images for Automatic Shoreline Extraction and Satellite-Derived Bathymetry Mapping, Geosci. 2020, Vol. 10, Page 172, 10(5), 172, doi:10.3390/GEOSCIENCES10050172, 2020.*
- [147] Renjie, W. and Chengpeng, L.: *Comparison and analysis of thinning methods for multi-beam sounding data, , doi:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W10-807-2020, 2020.*
- [148] Sagawa, T., Yamashita, Y., Okumura, T. and Yamanokuchi, T.: *Satellite Derived Bathymetry Using Machine Learning and Multi-Temporal Satellite Images, Remote Sens. 2019, Vol. 11, Page 1155, 11(10), 1155, doi:10.3390/RS11101155, 2019.*
- [149] Said, N. M., Mahmud, R. and Hasan, R. C.: *Satellite-Derived Bathymetry: Accuracy assessment on depths derivation algorithm for shallow water area, ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., XLII-4/W5, 159–164, doi:10.5194/isprs-archives-XLII-4-W5-159-2017, 2017.*
- [150] Schwartz-Belkin, I. and Portman, M. E.: *A review of geospatial technologies for improving Marine Spatial Planning: Challenges and opportunities, Ocean Coast. Manag., 231, 106280, doi:10.1016/J.OCECOAMAN.2022.106280, 2023.*
- [151] Shabtay, A., Portman, M. E., Manea, E. and Gissi, E.: *Promoting ancillary conservation through marine spatial planning, Sci. Total Environ., 651, 1753–1763, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2018.10.074, 2019.*
- [152] Shucksmith, R., Gray, L., Kelly, C. and Tweddle, J. F.: *Regional marine spatial planning – The data collection and mapping process, Mar. Policy, 50(PA), 1–9, doi:10.1016/J.MARPOL.2014.05.012, 2014.*
- [153] Staschus, K., Kielichowska, I., Ramaekers, L., Wouters, C., Vree, B., Villar, A.,

- Sijtsma, L., Lindroth, S. and Yeomans, G. R.: Study on the offshore grid potential in the Mediterranean region.* [online] Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/91d2091a-27bf-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-en>, 2020.
- [154] *Stelzenmüller, V., Lee, J., South, A., Foden, J. and Rogers, S. I.: Practical tools to support marine spatial planning: A review and some prototype tools, Mar. Policy, 38, 214–227, doi:10.1016/J.MARPOL.2012.05.038, 2013.*
- [155] *Stumpf, R. P., Holderied, K. and Sinclair, M.: Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types, Limnol. Ocean., 48(2), 547–556, doi:https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547, 2003.*
- [156] *Sutanto: Penginderaan Jauh Jilid 2, Gadjah Mada Press. Yogyakarta, 1992.*
- [157] *Taud, H., Parrot, J. F. and Alvarez, R.: DEM generation by contour line dilation, Comput. Geosci., 25(7), 775–783, doi:10.1016/S0098-3004(99)00019-9, 1999.*
- [158] *The Council of the European Union: Council Directive 92/43/EEC, Off. J. L 206* [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31992L0043>, 1992.
- [159] *Tonion, F., Pirotti, F., Faina, G. and Paltrinieri, D.: A machine learning approach to multispectral satellite derived bathymetry, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., 5(3), 565–570, doi:10.5194/ISPRS-ANNALS-V-3-2020-565-2020, 2020.*
- [160] *Traganos, D., Poursanidis, D., Aggarwal, B., Chrysoulakis, N. and Reinartz, P.: Estimating Satellite-Derived Bathymetry (SDB) with the Google Earth Engine and Sentinel-2, Remote Sens., 10(6), 859, doi:10.3390/rs10060859, 2018.*
- [161] *Tsilimigkas, G. and Rempis, N.: Marine uses, synergies and conflicts. Evidence from Crete Island, Greece, J. Coast. Conserv., 22(2), 235–245, doi:10.1007/S11852-017-0568-7/TABLES/3, 2018.*
- [162] *Tuda, A. O., Stevens, T. F. and Rodwell, L. D.: Resolving coastal conflicts using marine spatial planning, J. Environ. Manage., 133, 59–68, doi:10.1016/J.JENVMAN.2013.10.029, 2014.*
- [163] *UNCLOS: United Nations Convention on the Law of the Sea, signed at Montego Bay, Jamaica, on 10 December 1982.* [online] Available from: www.un.org/Depts/los/index.htm, 1982.
- [164] *Vahtmäe, E. and Kutser, T.: Airborne mapping of shallow water bathymetry in the*

- optically complex waters of the Baltic Sea, J. Appl. Remote Sens.*, 10(2), doi:10.1117/1.JRS.10.025012, 2016.
- [165] Vaitis, M., Kopsachilis, V., Tataris, G., Michalakis, V. I. and Pavlogeorgatos, G.: *The development of a spatial data infrastructure to support marine spatial planning in Greece, Ocean Coast. Manag.*, 218, 106025, doi:10.1016/J.OCECOAMAN.2022.106025, 2022.
- [166] Vanhellemont, Q.: *Daily metre-scale mapping of water turbidity using CubeSat imagery, Opt. Express*, Vol. 27, Issue 20, pp. A1372-A1399, 27(20), A1372–A1399, doi:10.1364/OE.27.0A1372, 2019.
- [167] Varjopuro, R., Konik, M., Cihak, M., Matczak, M., Zaucha, J., Rybka, K., Urtāne, N., Kedo, K. and Vološina, M.: *Monitoring and Evaluation of Maritime Spatial Planning Cases of Latvia and Poland.*, 2019.
- [168] Vrees, L. de: *Adaptive marine spatial planning in the Netherlands sector of the North Sea, Mar. Policy*, 132, 103418, doi:10.1016/J.MARPOL.2019.01.007, 2021.
- [169] Warren, M. A., Simis, S. G. H., Martinez-Vicente, V., Poser, K., Bresciani, M., Alikas, K., Spyrakos, E., Giardino, C. and Ansper, A.: *Assessment of atmospheric correction algorithms for the Sentinel-2A MultiSpectral Imager over coastal and inland waters, Remote Sens. Environ.*, 225, 267–289, doi:10.1016/J.RSE.2019.03.018, 2019.
- [170] Werdell, P. J. and Bailey, S. W.: *An improved in-situ bio-optical data set for ocean color algorithm development and satellite data product validation, Remote Sens. Environ.*, 98(1), 122–140, doi:10.1016/J.RSE.2005.07.001, 2005.
- [171] Wöfl, A. C., Snaith, H., Amirebrahimi, S., Devey, C. W., Dorschel, B., Ferrini, V., Huvenne, V. A. I., Jakobsson, M., Jencks, J., Johnston, G., Lamarche, G., Mayer, L., Millar, D., Pedersen, T. H., Picard, K., Reitz, A., Schmitt, T., Visbeck, M., Weatherall, P. and Wigley, R.: *Seafloor mapping - The challenge of a truly global ocean bathymetry, Front. Mar. Sci.*, 6(JUN), 434383, doi:10.3389/FMARS.2019.00283/BIBTEX, 2019.
- [172] Wu, Z., Yang, F. and Tang, Y.: *Multi-beam Bathymetric Technology, High-resolution Seafloor Surv. Appl.*, 21–76, doi:10.1007/978-981-15-9750-3_2, 2021.
- [173] Ye, G., Fei, J., Wang, Z., Jiang, Q., Gaines, S. D. and Ming, C. L.: *A novel marine spatial management tool for multiple conflicts recognition and optimization of marine functional zoning in the East China sea, J. Environ. Manage.*, 298, 113506,

doi:10.1016/J.JENVMAN.2021.113506, 2021.

- [174] *Zaucha, J.: Gospodarowanie przestrzeni morskiej.*, Warszawa: Instytut Rozwoju i Sedno. [online] Available from: [oai:rcin.org.pl:67566](http://oai.rcin.org.pl/67566), 2018.
- [175] *Zaucha, J. and Gee, K.: Maritime Spatial Planning: Past, present, future.*, 2019.
- [176] *Ziadat, F. M.: Effect of Contour Intervals and Grid Cell Size on the Accuracy of DEMs and Slope Derivatives, Trans. GIS, 11(1), 67–81, doi:10.1111/J.1467-9671.2007.01033.X, 2007.*
- [177] *A. Γουργιώτης, Χ. Κοκκώσης, Γ. Τσιλιμίγκας, Κ. Αλιούρης, Ε. Ασπρογέρακας, Α. Γουργιώτης, Ε. Ευαγόρου, Κ. Θεμιστοκλέους, Χ. Κοκκώσης, Ε. Λούλλη, Χ. Μέττας, Γ. Πρεβελάκης, Μ. Προδρόμου, Γ. Τσιλιμίγκας, Ν. Ιωάννου, Μ. Τζουβάρας, Δ. Χατζημιτσής, Y. Henocque, C. Cervera-Núñez, Campillos-Llanos, M., Gómez-Ballesteros, M. and Sicomo, D.: ΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ - MARITIME SPATIAL PLANNING IN THE MEDITERRANEAN, 1st ed., edited by Κοκκώσης Χ., Γουργιώτης Α., and Τσιλιμίγκας Γ., Νομική Βιβλιοθήκη. [online] Available from: <https://www.nb.org/thalassios-xwrotaksikos-sxediasmos-sth-mesogeio.html>, 2023.*
- [178] *Ελεγκτική Υπηρεσία της Δημοκρατίας, Κ. Δ.: Διαχείριση παραλιών Διαχείριση παραλιών της Κύπρου της Κύπρου.*, 2014.
- [179] *Ηνωμένα Έθνη: Συμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο της θάλασσας - Σύμβαση του Μοντέγκο Μπαίν, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 179, 3–134 [online] Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A21998A0623%2801%29>, 1998.*
- [180] *Καραμοντάνη Άννα, Χατζηχαράλαμπος Έλενα, Μουρμούρη Αθηνά, Κουντούρη Φοίβη, Τσαμπούρης Ιωάννης, Αθανασάτος Σπύρος and Πύργου Μελίνα: ΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ (ΟΔΙΠΠ) ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2018 – 2028.*, 2017.
- [181] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Ναυαγίων Νόμος - ΚΕΦ.298. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_298/full.html, 1959a.*
- [182] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Περιοχών Πεδίου Βολής Νόμος (ΚΕΦ.213). [online] Available from: <http://www.cylaw.org/nomoi/arith/CAP213.pdf>, 1959b.*
- [183] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 273/90: Οι περί Αλιείας Κανονισμοί του 1990.*, 1990a.

- [184] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Αλιευτικών Καταφυγίων Νόμος του 1990 [N.171/1990]., 1990b.*
- [185] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 145/91: Οι περί Αλιείας τροποποιητικοί Κανονισμοί.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/1991_1_145.pdf, 1991.
- [186] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 83/1994: Οι περί Ρύθμισης , Διαχείρισης και Λειτουργίας Αλιευτικών Καταφυγίων Κανονισμοί του 1994.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/1994_1_83.pdf, 1994.
- [187] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Κατάργησης Ορισμένων Νόμων Νόμος του 1997 (N31(I)/97).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/arith/1997_1_031.pdf, 1997.
- [188] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Ρυθμίσεως Μαρίνων Νόμος του 1977 (4/1977, 67/1979, 9(I)/1999, 155(I)/2002).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/1977_1_4/full.html, 1999.
- [189] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 194/2000: Οι περί Αλιείας τροποποιητικοί Κανονισμοί.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2000_1_194.pdf, 2000.
- [190] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο Περί του Δεύτερου Πρωτοκόλλου της Διεθνούς Σύμβασης για την Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς σε Περίπτωση Ένοπλης Σύρραξης (Κυρωτικός) Νόμος του 2001 (N. 4(III)/2001).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/arith/2001_3_004.pdf, 2001.
- [191] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 505/2002: Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόβλητα από τη Βιομηχανία Διοξειδίου του Τιτανίου) Κανονισμοί του 2002 - Ο περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμος (106(I)/2002)., 2002a.*
- [192] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 510/2002: Ο περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Υδραργύρου από το Βιομηχανικό Τομέα της Ηλεκτρόλυσης των Χλωριούχων Αλάτων Αλκαλίων) Κανονισμοί του 2002 - Ο περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμος (106(I)/2002)., 2002b.*
- [193] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 511/2002: Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Υδράργυρου από Τομείς Εκτός του Βιομηχανικού Τομέα της Ηλεκτρόλυσης των Χλωριούχων Αλάτων Αλκαλίων).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2002_1_511.pdf, 2002c.
- [194] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 534/2002: Οι Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης) Κανονισμοί 2002.* [online]

- Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2002_1_534.pdf, 2002d.
- [195] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π 504/2002: Οι περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Επικίνδυνων Ουσιών) Κανονισμοί του 2002*, [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2002_1_504.pdf, 2002e.
- [196] *Κυπριακή Δημοκρατία: ΚΔΠ 533/2002: Οι Περί Υδατοκαλλιέργειας (Γενικοί) Κανονισμοί 2002*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2002_1_533.pdf, 2002f.
- [197] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Αποβαθρών Νόμος - ΚΕΦ.78 (39/1973, 29/1982, 36(I)/1994, 11(I)/2002)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_78/full.html, 2002g.
- [198] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Εμπορικής Ναυτιλίας (Κανόνες και Πρότυπα Ασφάλειας Επιβατηγών Πλοίων) Νόμος του 2002 (58 (I) / 2002, 47 (I) / 2004)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2002_1_58/full.html, 2002h.
- [199] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π 772/2003: Ο περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Απόρριψη Αστικών Λυμάτων) Κανονισμοί του 2003 - Ο περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμος (106(I)/2002)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2003_1_772.pdf, 2003.
- [200] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π 453/2004: Οι περί Αλιείας τροποποιητικοί Κανονισμοί*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2004_1_453.pdf, 2004a.
- [201] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο Περί Προστασίας και Διαχείρισης των Υδάτων Νόμος του 2003 (13(I)/2004, 67(I)/2009, 113 (I)/2010, 122 (I)/2012, 159(I)/2015, 47(I)/2018)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2004_1_13/full.html, 2004b.
- [202] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 524/2005: Οι περί Αλιείας Κανονισμοί του 1990 - 2005*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2005_1_524.pdf, 2005a.
- [203] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π 354/2005: Οι περί Αλιείας τροποποιητική Κανονισμοί*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2005_1_354.pdf, 2005b.
- [204] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π.284/2007: Οι περί Αλιείας τροποποιητικοί Κανονισμοί του 2007*. [online] Available from:

- http://www.cylaw.org/KDP/data/2007_1_284.pdf, 2007a.
- [205] *Κυπριακή Δημοκρατία: ΚΔΠ51/2007 - Ο περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2007_1_51.pdf, 2007b.
- [206] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007 (4(I)/2007, 126(I)/2013, 29(I)/2014, 186(I)/2015).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2007_1_4/full.html, 2007c.
- [207] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 186/2008, Το Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Ευπρόσβλητες Ζώνες λόγω Νιτρορύπανσης και Κατηγορίες νερών που Υφίστανται ή Ενδέχεται να Υποστούν Νιτρορύπανση) Διάταγμα του 2008.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2008_1_186.pdf, 2008a.
- [208] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 200/2008: Ο περί Αλιείας Νόμος.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2008_1_200.pdf, 2008b.
- [209] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 412/2008: Ο περι της εφαρμογής Κοινοτικών αποφάσεων και κοινοτικών κανονισμών που αφορούν θέματα Αλιείας - Νόμος του 2006.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2008_1_412.pdf, 2008c.
- [210] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 465/2008: Ο περι Αλιείας νόμος.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2008_1_465.pdf, 2008d.
- [211] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 385/2009: Ο περι Αλιείας νόμος.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2009_1_385.pdf, 2009a.
- [212] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π.113/2009 - Ο περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2009_1_113.pdf, 2009b.
- [213] *Κυπριακή Δημοκρατία: ΚΔΠ 248/2010: Οι Περί Υδατοκαλλιέργειας (Γενικοί) (Τροποποιητικοί) Κανονισμοί του 2010.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2010_1_248.pdf, 2010a.
- [214] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Κυβερνητικών Υδατικών Έργων Νόμος (ΚΕΦ.341, 129/1968, 51/1972, 1/1977 50(I)/1994, 1(I)/1996, ΑΝΑΚ.5062, 57(I)/1999, 89(I)/1999, 71(I)/2005, 79(I)/2010).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_341/full.html, 2010b.
- [215] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί της Δημιουργίας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων*

- (INSPIRE) *Νόμος του 2010 (43(I)/2010)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/indexes/2010_1_43.html, 2010c.
- [216] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί της Ενιαίας Διαχείρισης Υδάτων Νόμος του 2010 - (79(I)/2010, 147(I)/2011, 121(I)/2012, 37(I)/2013, 186(I)/2013, 2(I)/2016, 122(I)/2016, 10(I)/2022)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2010_1_79/full.html, 2010d.
- [217] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Υδατοκαλλιέργειας Νόμος του 2000 (117(I)/2000, 189(I)/2002, 18(I)/2010)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2000_1_117/full.html, 2010e.
- [218] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 193/2011: Ο περί Αλιείας νόμος., 2011a.*
- [219] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 41/2011: Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών (Ευπρόσβλητες Ζώνες λόγω Νιτρορύπανσης και Κατηγορίες Νερών που Υφίστανται ή Ενδέχεται να υποστούν Νιτρορύπανση) Διάταγμα του 2011*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2011_1_41.pdf, 2011b.
- [220] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Εμπορικής Ναυτιλίας (Ελεγχος του Κράτους του Λιμένα) Νόμος του 2011 (95(I)/2011, 155(I), 187(I)/2020)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2011_1_95/full.html, 2011c.
- [221] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί της Ρύθμισης της Αβλαβούς Διέλευσης Πλοίων από τα Χωρικά Ύδατα Νόμος του 2011 (Ν. 28(I)/2011)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2011_1_28/full.html, 2011d.
- [222] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 1/2012: Ο περί Αλιείας νόμος*, [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2012_1_1.pdf, 2012.
- [223] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 257/2013 : Οι περί Ζωνών Ασφαλείας Κανονισμοί του 2013 - Ο περί Ηπειρωτικής Υφαλοκρηπίδος Νόμος του 1974*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2013_1_257.pdf, 2013a.
- [224] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Διαχείρισης Χώρων Ελλειμνισμού Σκαφών Αναψυχής Νόμος του 2007 (46(I)/2007, 63(I)/2010, 136(I)/2013)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2007_1_46/full.html, 2013b.
- [225] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο Περί Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών Νόμος του 2002 (106(I)/2002, 160(I)/2005, 76(I)/2006, 22(I)/2007, 11(I)/2008, 53(I)/2008, 68(I)/2009, 78(I)/2009, 181(I)/2013)*. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2002_1_106/full.html, 2013c.
- [226] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 577/2014: Ο περί της Θαλάσσιας Επιστημονικής*

- Έρευνας Κανονισμοί του 2014 - Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμος του 2004 και 2014.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2014_1_577.pdf, 2014a.
- [227] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 578/2014: Οι περί Υποθαλάσσιων Καλωδίων Κανονισμοί 2014 - Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμος του 2004 (64(I)/2004, 97 (I)/ 2014).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2014_1_578.pdf, 2014b.
- [228] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 579/2014: Οι περί Υποθαλάσσιων Αγωγών Κανονισμών 2014 - Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμος του 2004 (64(I)/2004, 97 (I)/ 2014).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2014_1_579.pdf, 2014c.
- [229] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π.576/2014 - Ο περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2014_1_576.pdf, 2014d.
- [230] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Οργάνωσης και Εκτέλεσης Υδρογραφικών Δραστηριοτήτων και Έκδοσης Ναυτικών Χαρτών Νόμος του 2014 (96 (I)/ 2014).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2014_1_96/full.html, 2014e.
- [231] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο Περί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης και Υφαλοκρηπίδας Νόμος του 2004 (64(I)/2004, 97 (I)/ 2014).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2004_1_64/full.html, 2014f.
- [232] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 347/2015: Οι περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Αντιμετώπιση Κινδύνων Ατυχημάτων Μεγάλης Κλίμακας Σχετιζομένων με Επικίνδυνες Ουσίες) Κανονισμοί του 2015 - Ο περί Ασφαλείας και Υγείας στην Εργασία Νόμος του 1996 (Ν. 89(I)/1996).* [online] Available from: [https://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/all/E1A484B559D8B4F5C2257DE30024C7D4/\\$file/KDP_347_2015.pdf?openelement](https://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/all/E1A484B559D8B4F5C2257DE30024C7D4/$file/KDP_347_2015.pdf?openelement), 2015a.
- [233] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Προστασίας και Διαχείρισης της Φύσης και της Αγριας Ζωής Νόμος του 2003 (153(I)/2003,131(I)/2006, 113(I)/2012, 67(I)/2015).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2003_1_153/full.html, 2015b.
- [234] *Κυπριακή Δημοκρατία: Κ.Δ.Π. 218/2016: Οι περί της Προστασίας Ενάλιων Αρχαιοτήτων Κανονισμοί του 2016.* [online] Available from:

- http://www.cylaw.org/KDP/data/2016_1_218.pdf, 2016.
- [235] *Κυπριακή Δημοκρατία: ΚΔΠ 71/2017: Ο περί Ακινήτου Ιδιοκτησίας της Δημοκρατίας (Μίσθωση Ιδιοκτησίας μέσα σε Κυβερνητικές Βιομηχανικές Περιοχές) Κανονισμοί του 2017.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2017_1_71.pdf, 2017a.
- [236] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Προστασίας των Λουομένων εν τη Θαλάσση Νόμος του 1968 (72/1968 , 12/1986, 43(I)/2017).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/1968_1_72/full.html, 2017b.
- [237] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί της Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον από Ορισμένα Έργα Νόμος του 2018 - 127(I)/2018.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2018_1_127/full.html, 2018.
- [238] *Κυπριακή Δημοκρατία: ΚΔΠ248/2019: Τροποποιητική Κανονισμοί του 2019 - Ο περί Υδρογονανθράκων (Αναζήτηση, Έρευνα και Εκμετάλλευση) Νόμος του 2007.* [online] Available from: http://www.cylaw.org/KDP/data/2019_1_248.pdf, 2019a.
- [239] *Κυπριακή Δημοκρατία: Οι περί Αλιείας (τροποποιητικοί) Κανονισμοί του 2019,, 2019b.*
- [240] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Αποχετευτικών Συστημάτων Νόμος του 1971 (1/1971, 24/1972, 15/1978, 88/1987, 194/1991, 16(I)/1995, 94(I)/1995, 100(I)/1995, 5(I)/1997, 139(I)/1999, 10(I)/2000, 84(I)/2001, 108(I)/2004, 253(I)/2004, 14(I)/2005, 148(I)/2007, 16(I)/2010, 22(I)/2011, 1., 2020.*
- [241] *Κυπριακή Δημοκρατία: Δήλωση Πολιτικής Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού.* [online] Available from: [https://www.dms.gov.cy/dms/shipping.nsf/all/AF177FF7A4A2201FC22588BF001F3BB0/\\$file/Δήλωση Πολιτικής ΘΧΣ.pdf?openelement](https://www.dms.gov.cy/dms/shipping.nsf/all/AF177FF7A4A2201FC22588BF001F3BB0/$file/Δήλωση%20Πολιτικής%20ΘΧΣ.pdf?openelement), 2021a.
- [242] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Ασφαλείας και Υγείας στην Εργασία Νόμος του 1996 (89(I)/1996,158(I)/2001, 25(I)/2002, 41(I)/2003, 99(I)/2003, 33(I)/2011, 170(I)/2015, 178(I)/2015, 215(I)/2020, ΔΙΟΡΘ. Ε.Ε. Παρ. Ι(Ι), Αρ. 4813, 5.3.2021).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/1996_1_89/full.html, 2021b.
- [243] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Παροχής Αντισταθμιστικών Ωφελημάτων σε Κοινότητες που Γειτνιάζουν με το Ενεργειακό Κέντρο Βασιλικού Νόμος του 2021 (Ν.156(I)/2021).* [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/2021_1_156/full.html, 2021c.

- [244] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας Νόμος του 1972* (90/1972, 56/1982, 7/1990, 28/1991, 91(I)/1992, 55(I)/1993, 72(I)/1998, 59(I)/1999, 142(I)/1999, 241(I)/2002, 29(I)/2005, 135(I)/2006, 11(I)/2007, 46(I)/2011, 76(I)/2011, 130(I)/2011 164(I)/2011, 33(I)/2012. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/1972_1_90/full.html, 2021*d*.
- [245] *Κυπριακή Δημοκρατία: Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχέδιο της Κυπριακής Δημοκρατίας.* [online] Available from: [https://www.dms.gov.cy/dms/shipping.nsf/all/AF177FF7A4A2201FC22588BF001F3BB0/\\$file/Τελικό_Προσχέδιο_ΘΧΣ-Σεπ2022.pdf](https://www.dms.gov.cy/dms/shipping.nsf/all/AF177FF7A4A2201FC22588BF001F3BB0/$file/Τελικό_Προσχέδιο_ΘΧΣ-Σεπ2022.pdf), 2022*a*.
- [246] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Αλιείας Νόμος - ΚΕΦ.135* (44/1961, 109/1968, 2/1970, 9/1972, 19/1981, 210/1987, 170/1990, 22(I)/1994, ANAK.307, 102(I)/2000, 61(I)/2001 106(I)/2004, 63(I)/2005, 132(I)/2007, 29(I)/2016, 170(I)/2019, 186(I)/2021, 30(I)/2022, 35(I)/2022, 116(I)/2022). [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_135/full.html, 2022*b*.
- [247] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Ρύθμισης Μεταλλείων και Λατομείων Νόμος* (ΚΕΦ.270, 5/1965, 88(I)/1995, ANAK.5062, 132(I)/2001, 63(I)/2003 76(I)/2009, 9(I)/2010, 12(I)/2010, 35(I)/2011, 42(I)/2020, 34(I)/2022). [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_270/full.html, 2022*c*.
- [248] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Αρχαιοτήτων Νόμος* (ΚΕΦ.31, 48/1964, 575/1968, 32/1973, 92(I)/1995, 4(I)/1996, 33(I)/1997, 120(I)/2005, 41(I)/2006, 341/2011, 165/2012, 237/2012, 103(I)/2012, 260/2012, 301/2014, 302/2014, 303/2014, 304/2014, 200(I)/2014, 154/2015, 337/2015, 338/2015. [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_31/full.html, 2023*a*.
- [249] *Κυπριακή Δημοκρατία: Ο περί Ρυθμίσεως Οδών και Οικοδομών Νόμος - ΚΕΦ.96* (1959 - 2023). [online] Available from: http://www.cylaw.org/nomoi/enop/non-ind/0_96/full.html, 2023*b*.
- [250] *Τμήμα Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, Τμήμα Γεωργίας and Τμήμα Αλιείας και Θαλάσσιων Ερευνών: 90. Έκθεση σε σχέση με την Εφαρμογή της Οδηγίας για την Προστασία των Νερών από την Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης (91/676/ΕΟΚ)., 2020.*
- [251] *Υπουργείο Εσωτερικών: INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) - Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών στην Ευρώπη.* [online] Available from: <https://inspire.ec.europa.eu/sites/default/files/CY->

INSPIRE_Country_Report_2019-v1.2_Gr.pdf, 2019.