

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΑΡΑΞΕΩΝ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΧΩΡΙΚΑ ΥΔΑΤΑ

Ν. Βεντίκος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π., niven@deslab.ntua.gr
Α. Ράμμος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π., arammos@gmail.com
Α. Κοϊμτζόγλου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π., akoim@mail.ntua.gr
Ε. Τρυφωνόπουλος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π., eltrifonopoulos@mail.ntua.gr
Ε. Σαμουηλίδης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π., msamuel@deslab.naval.ntua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας δημοσίευσης είναι ο προσδιορισμός των επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα, στα οποία είναι αυξημένες οι πιθανότητες πραγματοποίησης τέτοιου είδους ατυχημάτων. Η ανάλυση βασίζεται σε δεδομένα ατυχημάτων που συλλέχθηκαν από έγκυρες βάσεις δεδομένων ελληνικών και ξένων πηγών, και αφορούν την περίοδο 2000-2020. Αρχικά, έγινε επιλογή των ατυχημάτων ενδιαφέροντος σύμφωνα με κριτήρια μεγέθους, τύπου πλοίου κ.α., με σκοπό την δημιουργία μίας ενιαίας βάσης δεδομένων. Η προκύπτουσα βάση δεδομένων ελέγχθηκε ως προς την εγκυρότητα των στοιχείων της με τις επίσημες αναφορές των ατυχημάτων από τις αρμόδιες αρχές, όπου αυτό ήταν δυνατόν. Ακολούθησε η περιγραφική στατιστική ανάλυση των ατυχημάτων. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε χωρική ανάλυση των ατυχημάτων μέσω Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS) το οποίο ενισχύει την οπτικοποίηση και την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων. Στα πλαίσια του άρθρου η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών πραγματοποιείται με βάση την χωρική πυκνότητα εμφάνισης των ατυχημάτων, καθώς και με βάση την συχνότητα εμφάνισης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Προσαράξεις, αναγνώριση επικίνδυνων σημείων προσαράξεων, ελληνικά χωρικά ύδατα, στατιστική ανάλυση, χωρική ανάλυση, Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι προσαράξεις, σύμφωνα με στατιστικές μελέτες, είναι μέσα στα τρία πιο συχνά εμφανιζόμενα και επικίνδυνα ναυτικά ατυχήματα (Pagiaziti et al 2015). Αυτού του είδους τα ατυχήματα συμβαίνουν σε παράκτιες περιοχές, σε περιοχές με αυξημένη κίνηση πλοίων καθώς επίσης και κοντά σε λιμένες κατά την διάρκεια προσέγγισης τους από το πλοίο (Zhu 2002). Υπάρχουν παράγοντες οι οποίοι, όπως έχει αποδειχθεί, είναι σημαντικοί για την εμφάνιση αλλά και τις συνέπειες του ατυχήματος. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες δύο βασικές κατηγορίες (Nguyen 2011):

- Σχετικοί με το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα το βάθος, το είδος του βυθού, οι καιρικές συνθήκες και τα θαλάσσια ρεύματα, κ.α.
- Σχετικοί με το πλοίο.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες θα προσδιοριστούν και θα επιλεγούν τα πιο επικίνδυνα σημεία στις Ελληνικές θάλασσες, στα οποία είναι αυξημένες οι πιθανότητες πραγματοποίησης τέτοιου είδους ατυχημάτων.

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ανάλυση αποτελεί μέρος του έργου «Ελληνικός Ερευνητικός Στόλος - Ανακατασκευή του Ερευνητικού Σκάφους «ΦΙΛΙΑ» RePHIL (2018-2022). Στόχος του έργου είναι η ανάπτυξης ενός «Σχεδίου Διαχείρισης Αποφυγής Προσαράξεων στα ελληνικά χωρικά ύδατα». Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα μελέτη καλείται να αναγνωρίσει, ταξινομήσει και συνεισφέρει στην επιλογή των πιο επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής θα αξιοποιηθούν για τον προσδιορισμό των περιοχών τις οποίες το ανακατασκευασμένο ερευνητικό σκάφος PHILIA θα ερευνήσει και θα χαρτογραφήσει.

1.2 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αυτή περιγράφει αρχικά τα βήματα της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκαν με σκοπό τον προσδιορισμό των επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Στην Ενότητα 1 περιγράφεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στα πλαίσια της μελέτης αυτής. Στη συνέχεια, στην Ενότητα 2, περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης της ενιαίας βάσης δεδομένων με ατυχήματα προσαράξεων στα ελληνικά χωρικά ύδατα, καθώς και τα κριτήρια επιλογής των εν λόγω ατυχημάτων. Στην Ενότητα 4, ακολουθεί η περιγραφική στατιστική των εγγραφών στην βάση δεδομένων. Στην Ενότητα 5 αναλύεται η χωρική ανάλυση των εγγραφών της βάσης δεδομένων, με σκοπό τον τελικό προσδιορισμό των επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις ο οποίος παρουσιάζεται στα συμπεράσματα της εργασίας (Ενότητα 6).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε αποτελείται από τις ακόλουθες διακριτές φάσεις:

- Συλλογή δεδομένων ατυχημάτων προσαράξεων από ελληνικές και ξένες πηγές.
- Έλεγχος ορθότητας δεδομένων με βάση τις επίσημες αναφορές.
- Δημιουργία ενιαίας βάσης δεδομένων.
- Στατιστική ανάλυση δεδομένων.
- Χωρική ανάλυση δεδομένων.
- Επιλογή επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα.

2.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σκοπός της πρώτης φάσης είναι η δημιουργία της βάσης δεδομένων για ατυχήματα πλοίων στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Αρχικά, συλλέχθηκαν και συγκεντρώθηκαν δεδομένα για ατυχήματα πλοίων στα ελληνικά χωρικά ύδατα για χρονικό διάστημα από το 2000 έως 2020, αναζητώντας δεδομένα από:

- τις αρμόδιες κρατικές αρχές, και
- άλλες βάσεις δεδομένων που έχουν δημιουργηθεί για τους σκοπούς αντίστοιχων μελετών.

Συγκεκριμένα οι βάσεις δεδομένων που αξιοποιήθηκαν είναι από: ΔΑΝ, ΕΛΥΔΝΑ, ΔΠΘΠ, καθώς και από υπάρχουσες μελέτες του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οι συνολικές εγγραφές που συγκεντρώθηκαν ανέρχονται στις 3035 και αφορούν όλους τους τύπους ατυχημάτων.

Παρατηρήθηκε ότι οι παραπάνω βάσεις δεδομένων είχαν διαφορές στις πληροφορίες που περιείχαν σε κάθε εγγραφή. Για παράδειγμα, κάποιες εξ αυτών είχαν πληροφορίες για τις φυσικές διαστάσεις των πλοίων ενώ άλλες δεν περιλάμβαναν την συγκεκριμένη πληροφορία. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε απαραίτητη η συγκέντρωση των δεδομένων σε μία ενιαία βάση δεδομένων για την συνέχεια της

μελέτης, διατηρώντας τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την μετέπειτα στατιστική και χωρική ανάλυση.

Στη συνέχεια ακολούθησε ο έλεγχος και η διασταύρωση των δεδομένων ως προς την ορθότητα τους, με βάση αξιόπιστες βάσεις δεδομένων (π.χ. IHS Seaweb), καθώς και η διαγραφή των εγγραφών που περιλαμβάνονταν περισσότερες από μία φορές. Αξίζει να τονιστεί πως η συγκεκριμένη ενέργεια έγινε μόνο για τα ατυχήματα ενδιαφέροντος, δηλαδή τις προσαράξεις πλοίων.

Τέλος, ακολούθησε ο εμπλουτισμός της νέας βάσης δεδομένων με τα στοιχεία που, όπως είναι αναμενόμενο, έλειπαν στις εκάστοτε εγγραφές, αναλόγως με τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από τις αρχικές βάσεις δεδομένων. Η τελική βάση δεδομένων περιέχει 244 εγγραφές ατυχημάτων που αφορούν την μελέτη.

2.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιγραφικής στατιστικής για τη βάση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τα παρακάτω:

- Τύπος πλοίου
- Κόροι Ολικής Χωρητικότητας
- Ηλικία πλοίου
- Μήκος πλοίου

Σε κάθε κατηγορία από τις παραπάνω, παρουσιάζεται ο βαθμός πληρότητας της τελικής βάσης δεδομένων για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Επίσης, παρουσιάζεται ο βαθμός πληρότητας των δεδομένων ολόκληρης της βάσης δεδομένων των 244 εγγραφών.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των κριτηρίων για τον προσδιορισμό και την επιλογή των επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στις Ελληνικές θάλασσες.

2.3 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την εφαρμογή της χωρικής ανάλυσης (spatial analysis) αναπτύχθηκε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS) το οποίο θα ενισχύσει την οπτικοποίηση, την αποθήκευση και την περαιτέρω ανάλυση της βάσης δεδομένων. Η υλοποίηση αυτού έγινε στο περιβάλλον του λογισμικού QGIS (QGIS.org, 2020).

Τα συστήματα GIS, προσφέρουν την δυνατότητα μελέτης συσχετίσεων διάφορων μεταβλητών με τη γεωγραφική τοποθεσία (Καλογήρου, 2015). Οι συσχετίσεις αυτές έχουν μεγάλη χρησιμότητα στην εφαρμογή της ανάλυσης ρίσκου που θα πραγματοποιηθεί στο μέλλον για την αναγνώριση, την ταξινόμηση και την επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών που εμφανίζονται τα ατυχήματα ενδιαφέροντος. Στην παρούσα μελέτη, το λογισμικό GIS χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των επικίνδυνων σημείων με βάση την χωρική πυκνότητα τους και την συχνότητα εμφάνισης τους.

2.4 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ, ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

Η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών που εμφανίζονται τα ατυχήματα ενδιαφέροντος πραγματοποιήθηκε με βάση, αφενός, την χωρική πυκνότητα των ατυχημάτων και, αφετέρου, την συχνότητα εμφάνισης τους. Θα ακολουθήσει ταξινόμηση των σημείων με βάση κάθε κριτήριο.

3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΙΑΙΑΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η πρώτη φάση της ανάλυσης αφορά τη δημιουργία βάσης δεδομένων με ατυχήματα προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Η δημιουργία της τελικής βάσης δεδομένων έγινε με την υλοποίηση τριών (3) βημάτων που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

3.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την δημιουργία της βάσης δεδομένων συλλέχθηκαν δεδομένα για ατυχήματα πλοίων στα ελληνικά χωρικά ύδατα από τις παρακάτω αρμόδιες Ελληνικές Αρχές:

- Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΔΠΘΠ),
- Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ), και την
- Ελληνική Υπηρεσία Διερεύνησης Ναυτικών Ατυχημάτων και Συμβάντων (ΕΛΥΔΝΑ).

Επιπλέον, συγκεντρώθηκαν στοιχεία από παλαιότερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, του ΕΜΠ.

3.1 (α) Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΔΠΘΠ)

Η ΔΠΘΠ καταγράφει δεδομένα από το 2001 και τα τελευταία χρόνια καταγράφονται από την υπηρεσία μόνο τα ατυχήματα που προκαλούν ρύπανση, χωρίς κάποιον άλλο περιορισμό (π.χ. τύπος ή μέγεθος πλοίου). Τα δεδομένα που περιέχονται στη βάση δεδομένων της ΔΠΘΠ ανέρχονται σε 166.

3.1 (β) Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ)

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την ΔΑΝ αφορούν το χρονικό διάστημα 1997 έως και την ημέρα παραλαβής του αρχείου (Μάιος 2019), χωρίς κάποιον άλλο περιορισμό (π.χ. τύπος ή μέγεθος πλοίου). Τα δεδομένα που περιέχονται στη βάση δεδομένων της ΔΑΝ ανέρχονται σε 131.

3.1 (γ) Ελληνική Υπηρεσία Διερεύνησης Ναυτικών Ατυχημάτων και Συμβάντων (ΕΛΥΔΝΑ)

Η ΔΠΘΠ και η ΔΑΝ καταγράφουν στις βάσεις τους ατυχήματα που αφορούν πλοία μόνο με Ελληνική σημαία, τα υπόλοιπα ατυχήματα τα καταγράφει η ΕΛΥΔΝΑ. Έτσι μετά από σχετικό αίτημα στην εν λόγω υπηρεσία τα δεδομένων που παρελήφθησαν ήταν 2336 εγγραφές.

3.1 (δ) Μελέτες της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

Στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για προσαράξεις και συγκρούσεις πλοίων. Πιο αναλυτικά έχουν υπάρξει σχετικές δημοσιεύσεις στα πλαίσια διπλωματικής στο Εργαστήριο Θαλασσίων Μεταφορών όπου είχε δημιουργηθεί βάση δεδομένων για ναυάγια στην Ελλάδα, η οποία περιλαμβάνει τον λόγο για το οποίο ναυάγησαν τα πλοία (Ventikos et al., 2013). Τα δεδομένων που περιέχονται στη βάση δεδομένων της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών ανέρχονται σε 402.

3.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, συνδυάστηκαν και περιλαμβάνουν ατυχήματα για το χρονικό διάστημα από το 2000 έως και το 2020. Αθροιστικά, οι εγγραφές στις βάσεις δεδομένων ανέρχονται σε 3035 μετά την σύνθεση όλων των εγγραφών των επιμέρους βάσεων δεδομένων.

Πιο αναλυτικά, τα πεδία που περιλαμβάνονται στην τελική βάση δεδομένων περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

Πίνακας 1 Περιγραφή πεδίων βάσης δεδομένων

Όνομα πεδίου	Περιγραφή
Αριθμός IMO	Ο αριθμός IMO του πλοίου
Ημερομηνία συμβάντος	Η ημερομηνία του συμβάντος σε μορφή HH/MM/EEEE
Όνομα Πλοίου	Το όνομα του πλοίου την στιγμή του ατυχήματος
Τύπος Πλοίου	Ο τύπος του πλοίου ¹
Κόροι Ολικής Χωρητικότητας	Οι Κόροι Ολικής Χωρητικότητας σε GT
Έτος ναυπήγησης	Το έτος κατασκευής του πλοίου
Σημαία	Η σημαία του πλοίου κατά το συμβάν
Μήκος Πλοίου	Το μήκος (LBP) του πλοίου σε μέτρα (m)
Πλάτος Πλοίου	Το πλάτος (B) του πλοίου σε μέτρα (m)
Βύθισμα Σχεδίασης Πλοίου	Το βύθισμα σχεδίασης (T) του πλοίου σε μέτρα (m)
Τοποθεσία	Η γεωγραφική περιοχή που έγινε το ατύχημα
Γεωγραφικό Μήκος	Το γεωγραφικό μήκος σε μορφή δεκαδικού αριθμού (WGS84)
Γεωγραφικό Πλάτος	Το γεωγραφικό πλάτος σε μορφή δεκαδικού αριθμού (WGS84)
Ωρα συμβάντος	Η ώρα του συμβάντος σε μορφή 24.00
Σημαντικότητα	Η σημαντικότητα με βάση τις αρχικές βάσεις δεδομένων
Υπαρξη Μόλυνσης	Η ύπαρξη ή όχι μόλυνσης (ναι/όχι)
Διαρροή πετρελαίου	Η ποσότητα του πετρελαίου που διέρρευσε (σε m ³)
Είδος Μόλυνσης	Το είδος της μόλυνσης (π.χ. πετρέλαιο, χημικά)
Τραυματισμός	Η ύπαρξη ή όχι τραυματισμού σε πλήθος
Απώλεια ζωής (πλήρωμα)	Οι απώλειες ζωών μελών πληρώματος (αριθμητικό)
Απώλεια ζωής (επιβάτες)	Οι απώλειες ζωών επιβατών (αριθμητικό)
Καιρικές Συνθήκες	Οι καιρικές συνθήκες την στιγμή του συμβάντος
Αναφορά	Αναφορά στην επίσημη έκθεση

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Από τις συνολικά 3035 εγγραφές επιλέχθηκαν εκείνες που ήταν σχετικές με την παρούσα μελέτη. Τα κριτήρια με βάση τα πεδία της βάσης δεδομένων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Κριτήρια επιλογής ατυχημάτων ενδιαφέροντος

Πεδίο βάσης δεδομένων	Κριτήριο επιλογής
Ημερομηνία συμβάντος	Μετά το 2000
Κόροι Ολικής Χωρητικότητας	>150GT για τα tankers, >500GT για τις υπόλοιπες κατηγορίες.
Τοποθεσία	Εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων
Είδος Ατυχήματος	Προσάραξη

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κριτήρια, τα ατυχήματα ενδιαφέροντος ανέρχονται σε 460.

3.4 ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, ελέγχθηκαν για την ορθότητά και την χρησιμότητά τους, αναγνωρίζοντας και συγκρίνοντας τις πληροφορίες για τα ίδια ατυχήματα από τις διαφορετικές πηγές. Σε αυτό το σημείο ήταν χρήσιμη η διασταύρωση των δεδομένων με βάση την συνδρομητική βάση δεδομένων SeaWeb (Maritime.ihs.com, 2020) η οποία περιείχε αρκετές πρόσθετες πληροφορίες για

¹ General cargo, RoPax, Containership, Tanker, Cruise ship, LNG carrier, LPG carrier, Bulk Carrier, RoRo, Vehicles Carrier, Bulk Carrier, Other

την συμπλήρωση των δεδομένων καθώς και αναζητήσεις σε επίσημες πηγές και έγκυρα άρθρα, ενισχύοντας σημαντικά την πληρότητα της βάσης δεδομένων.

Επίσης, ελέγχθηκαν οι εγγραφές που υπήρχαν περισσότερες από μία φορές, όπως ήταν αναμενόμενο καθώς οι αρχικές βάσεις δεδομένων είχαν σημαντικές επικαλύψεις. Τελικά, με την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου βήματος η βάση δεδομένων περιέχει 244 εγγραφές.

3.5 ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η συνολική πληρότητα της βάσης δεδομένων είναι 84.5%, μη λαμβάνοντας υπόψη στον υπολογισμό τα παρακάτω πεδία λόγω της σημαντικής έλλειψης πληροφορίας στα πεδία αυτά:

- Ποσότητα διαρροής πετρελαίου.
- Είδος Μόλυνσης.
- Τραυματισμός.
- Απώλεια ζωής μελών πληρώματος.
- Απώλεια ζωής επιβατών.

Αναλυτικότερα, ο βαθμός πληρότητας ανά πεδίο παρουσιάζεται στον **Error! Reference source not found.3**.

Πίνακας 3 Βαθμός πληρότητας της βάσης δεδομένων ανά πεδίο

Όνομα πεδίου	Βαθμός πληρότητας
Αριθμός IMO	77.5%
Ημερομηνία συμβάντος	86.9%
Όνομα Πλοίου	86.9%
Τύπος Πλοίου	100.0%
Κόροι Ολικής Χωρητικότητας	92.6%
Έτος ναυπήγησης	85.3%
Σημαία	98.4%
Μήκος Πλοίου	88.5%
Πλάτος Πλοίου	80.3%
Βύθισμα Σχεδίασης Πλοίου	79.1%
Τοποθεσία	100.0%
Γεωγραφικό Μήκος	100.0%
Γεωγραφικό Πλάτος	100.0%
Ωρα συμβάντος	34.0%
Σημαντικότητα	77.9%
Υπαρξη Μόλυνσης	88.9%
Ποσότητα διαρροής πετρελαίου	0.8%
Είδος Μόλυνσης	0.8%
Τραυματισμός	2.5%
Απώλεια ζωής μελών πληρώματος	2.5%
Απώλεια ζωής επιβατών	2.5%
Καιρικές Συνθήκες	78.8%
Συνολικά²	84.5%

² Δεν περιλαμβάνει τα πεδία: ποσότητα διαρροής πετρελαίου, είδος μόλυνσης, τραυματισμός, απώλεια ζωής μελών πληρώματος, απώλεια ζωής επιβατών.

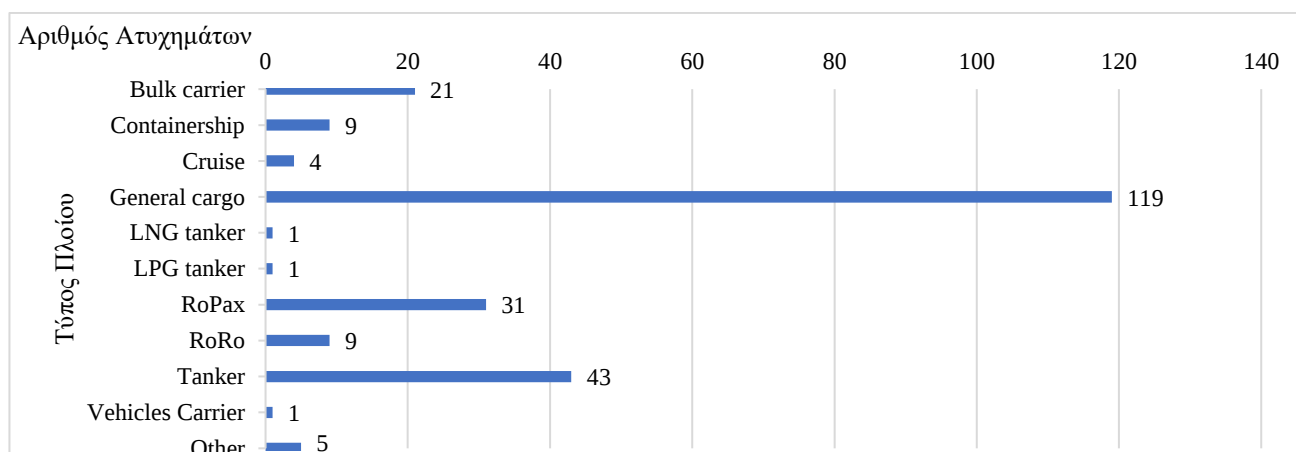
4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Το επόμενο βήμα της μεθοδολογίας αφορά τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που περιέχονται στη βάση δεδομένων. Συνολικά υπάρχουν 244 εγγραφές ατυχημάτων προσάραξης με βάση τα κριτήρια του Πίνακα από το 2000 έως το 2020. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται ανάλυση περιγραφικής στατιστικής για τα βασικότερα πεδία της βάσης δεδομένων:

- Τύπος πλοίου.
- Κόροι Ολικής Χωρητικότητας.
- Ηλικία πλοίου.
- Μήκος πλοίου.

4.1 ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ

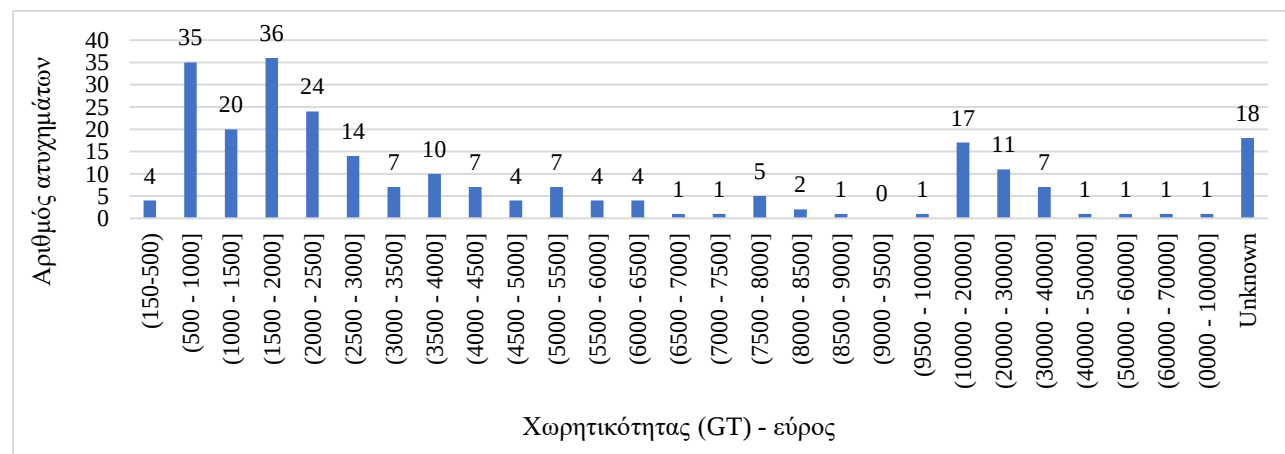
Η κατανομή του τύπου του πλοίου στις 244 εγγραφές φαίνεται στο Διάγραμμα 1, παρακάτω. Παρατηρείται ότι η πλειονότητα των πλοίων που έχουν εμπλακεί σε ατύχημα ενδιαφέροντος είναι τα General Cargo (119), στη συνέχεια τα Tankers (43) και τα Ro-Pax Ferries (31).



Διάγραμμα 1 Ατυχήματα ανά τύπο πλοίου

4.2 ΚΟΡΟΙ ΟΛΙΚΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

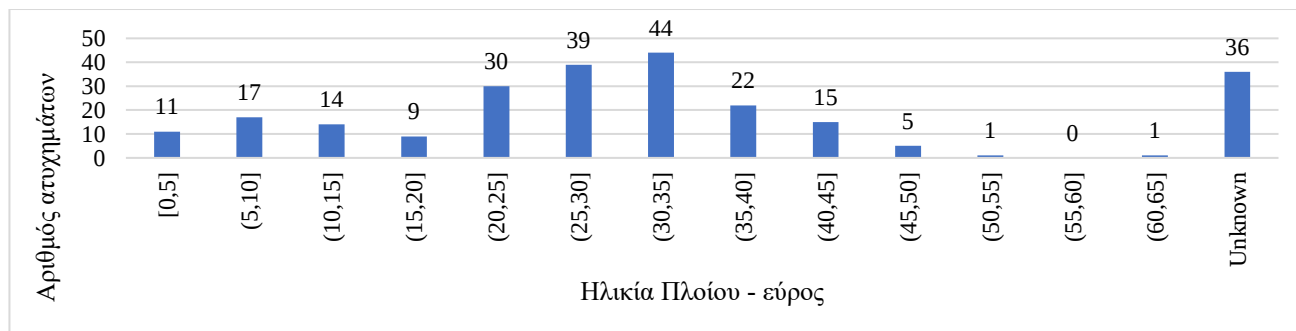
Στο παρακάτω Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται ο αριθμός ατυχημάτων ανά κόρους ολικής χωρητικότητας. Παρατηρείται ότι η πλειονότητα των πλοίων που έχουν εμπλακεί σε προσάραξεις είναι κυρίως μεταξύ 500GT με 3000GT (50,5%).



Διάγραμμα 2 Ατυχήματα ανά κόρους ολικής χωρητικότητας

4.3 ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

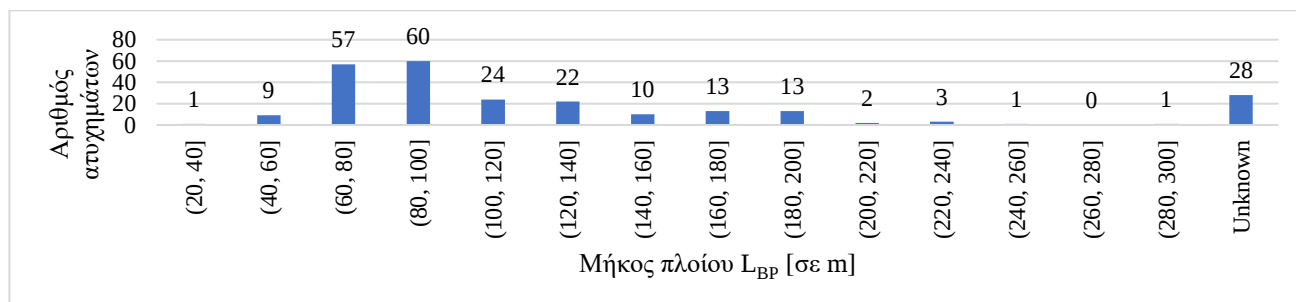
Στο παρακάτω Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων προσάραξης ανάλογα με την ηλικία του πλοίου την στιγμή του συμβάντος. Παρατηρείται ότι οι ηλικιακές κατηγορίες που εμπλέκονται συχνότερα σε προσαράξεις είναι 30 με 35 ετών (44, 2%), 25 με 30 (39, 15,9%), και 20-25 (30, 12,2%). Αξίζει να σημειωθεί ότι για 36 ατυχήματα (14,7%) δεν υπάρχει η πληροφορία του έτους κατασκευής.



Διάγραμμα 3 Ατυχήματα ανά ηλικία πλοίου

4.4 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ (ΜΗΚΟΣ ΠΛΑΤΟΣ ΒΥΘΙΣΜΑ)

Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζονται τα ατυχήματα ανάλογα με το μήκος³ του πλοίου, σε εύρος των 20 μέτρων. Παρατηρείται ότι η πλειονότητα των πλοίων που έχει εμπλακεί σε ατυχήματα προσάραξης είναι 60 με 80 μέτρα (57 ατυχήματα, 23,3%) και 80 με 100 μέτρα (60 ατυχήματα, 24,5%). Αξίζει να σημειωθεί ότι για 28 ατυχήματα (11,4%) δεν υπάρχει η συγκεκριμένη πληροφορία.



Διάγραμμα 4 Ατυχήματα ανά μήκος πλοίου

5 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η Χωρική Ανάλυση Δεδομένων (Spatial Data Analysis) και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems, GIS) αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα γνωστικά και ερευνητικά πεδία που εξελίσσονται παράλληλα με την τεχνολογική εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της θεωρητικής εξέλιξης της ποσοτικής γεωγραφίας (Hussain 2016). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της χωρικής ανάλυσης είναι ότι λαμβάνει υπόψη την χωρική πληροφορία των δεδομένων, δηλαδή τη θέση τους στον χώρο μέσω γεωγραφικών συντεταγμένων, τη γειτνίαση και την απόσταση μεταξύ τους, ή με κάποιο τρίτο γεωγραφικό σημείο αναφοράς (Ershad, 2020). Παραδείγματα χωρικών δεδομένων είναι η σεισμική δραστηριότητα και τα τροχαία ατυχήματα (Huang et al 2013). Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών αποτελούν εξειδικευμένα λογισμικά που λειτουργούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και παρέχουν την δυνατότητα δημιουργίας, επεξεργασίας, αποθήκευσης και οπτικοποίησης των χωρικών δεδομένων (Σταμάτης Καλογήρου 2015).

³ Αναφέρεται στο μήκος μεταξύ καθέτων, L_{BP}

5.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της ανάλυσης είναι το QGIS, και συγκεκριμένα η έκδοση 3.14 (QGIS.org, 2020). Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι ελεύθερο για τους χρήστες (free and open source) και διαθέτει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την ολοκλήρωση της ανάλυσης. Επίσης, είναι συμβατό με όλα τα λειτουργικά συστήματα ενώ δεν απαιτεί ιδιαίτερη υπολογιστική ισχύ.

5.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΑΡΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΕΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ (LAYERS)

Οι χάρτες είναι απαραίτητοι για την οπτικοποίηση του GIS, αν και δεν είναι αξιοποιήσιμοι για περισσότερους υπολογισμούς όπως τα επίπεδα που παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο. Για να υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στον χρήστη, προστέθηκαν πολλαπλοί χάρτες οι οποίοι ήταν ανοιχτοί προς χρήση για οποιονδήποτε σκοπό. Οι χάρτες αυτοί παρέχονται από εταιρίες όπως η Google και η ESRI. Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης ESRI Ocean Base (ArcGIS.com 2021) διότι προσφέρει πιο επιθυμητή απεικόνιση των θαλάσσιων περιοχών.

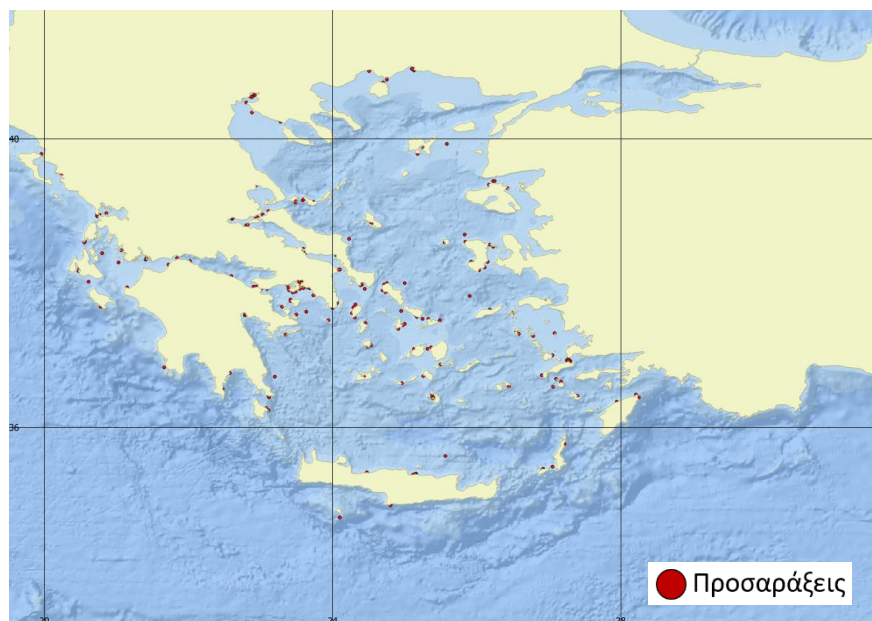
Σε αντίθεση με τους χάρτες, τα layers μπορούν να αξιοποιηθούν στην υλοποίηση της χωρικής ανάλυσης καθώς δίνουν την δυνατότητα ανάλυσης συσχετίσεων μεταξύ των συντεταγμένων, των σημείων και της πληροφορίας που περιέχεται στα layers. Έτσι, για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να υπολογίσει την απόσταση των σημείων των συμβάντων από την εγγύτερη περιοχή NATURA 2000. Τα επιπλέον layers που προστέθηκαν, καθώς και οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν είναι (ΥΠΕΣ 2021):

- Dhmoi_Kapodistria: Το layer αυτό περιλαμβάνει τα όρια των δήμων στην Ελλάδα, περιγράφοντας ταυτόχρονα, με καλή ακρίβεια τα όρια της ακτογραμμής (Υπουργείο Εσωτερικό και Διοικητικής Ανασυγκρότησης).
- Biotopes_Natura, Biotopes_Corine, Biotopes_misc: Το layer αυτό περιλαμβάνει τις προστατευόμενες περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος NATURA 2000, τους προστατευόμενους υδροβιότοπους Corine, και άλλους προστατευόμενους υδροβιότοπους (εκτός Corine).
- Παράκτιες υδάτινες επιφάνειες: Το layer αυτό περιλαμβάνει τις παράκτιες υδάτινες επιφάνειες.
- Ακτές με γαλάζια σημαία: Το layer αυτό περιλαμβάνει τις ακτές με γαλάζια σημαία.

5.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ

Για την εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο περιβάλλον του GIS αξιοποιήθηκε η πληροφορία της γεωγραφικής θέσης (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος) από την βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε για τον σκοπό αυτής της μελέτης. Κάθε ατύχημα καταχωρήθηκε με γνώμονα την γεωγραφική θέση που συνέβη ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία παρουσιάζονται με την μορφή πίνακα.

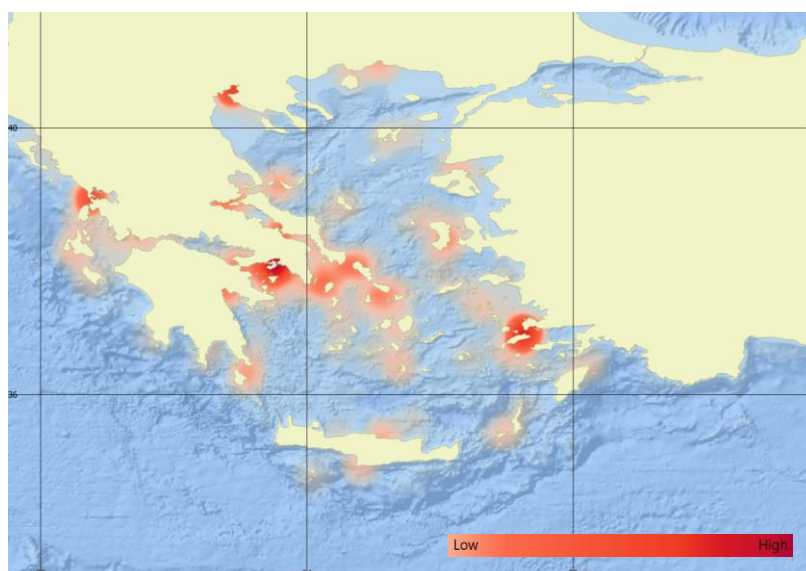
Στη συνέχεια, ακολούθησε διόρθωση των σημείων στον χάρτη, καθώς παρατηρήθηκε πως -λόγω της ακρίβειας των αρχικών βάσεων δεδομένων που ήταν λιγότερο από 2 Km- μέρος των ατυχημάτων εμφανιζόταν σε λάθος σημεία. Τα ατυχήματα ενδιαφέροντος φαίνονται στον Χάρτη 1 με σκούρο κόκκινο χρώμα.



Χάρτης 1 Ατυχήματα προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα

5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΣΑΡΑΞΕΩΝ

Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της χωρικής πυκνότητας των σημείων που έγιναν τα ατυχήματα. Οι χάρτες Heatmaps είναι ένα εργαλείο οπτικοποίησης για πυκνά σημειακά δεδομένα (Zhao et al 2014). Οι χάρτες Heatmaps χρησιμοποιούνται για να αναγνωριστούν εύκολα ομάδες όπου υπάρχει υψηλή συγκέντρωση δραστηριότητας. Παρακάτω, στον Χάρτη 2, εμφανίζεται ο χάρτης heatmap για τις προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα, την περίοδο 2000-2020, για την τελική βάση δεδομένων.



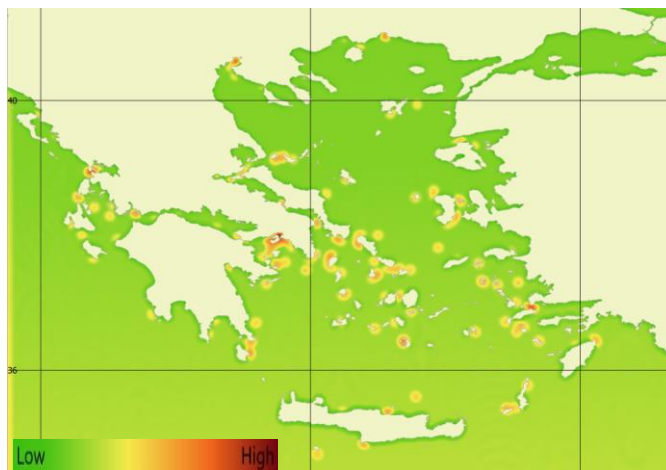
Χάρτης 2 Heatmap ατυχημάτων προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα

5.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΣΑΡΑΞΕΩΝ

Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της συχνότητας των προσαράξεων ανά περιοχή, με σκοπό τη δημιουργία heatmap. Για την πραγματοποίηση αυτού του βήματος, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της συχνότητας. Αρχικά, δημιουργήθηκε κάναβος (grid) με κελιά έκτασης 1 km². Δεν κρίθηκε

αναγκαίο να γίνει ο υπολογισμός με μεγαλύτερη ανάλυση λόγω του αρχικού σφάλματος στις συντεταγμένες των ατυχημάτων.

Στην συνέχεια, προστέθηκε ένα επιπλέον layer που έχει αναπτύξει η European Maritime Safety Agency (EMSA) και εκφράζει τις διελεύσεις των πλοίων ανά έτος ανά περιοχή (EMSA 2019)⁴. Έπειτα, η τιμή της συχνότητας σε κάθε κελί υπολογίστηκε με βάση τα ατυχήματα στην ευρύτερη περιοχή (στα 25 εγγύτερα κελιά του grid) και την τιμή του παραπάνω layer. Συνεπώς, υπολογίστηκε για κάθε κελί του grid η συχνότητα εκφρασμένη σε ατυχήματα ανά διελεύσεις. Ο Χάρτης 3 παρουσιάζει το heatmap με βάση τις τιμές της συχνότητας ανά περιοχή. Οι περιοχές με πράσινο χρώμα εκφράζουν σημεία χαμηλής συχνότητας εμφάνισης ατυχημάτων ανά διελεύσεις ενώ οι κόκκινες σημεία υψηλότερης -συγκριτικά- συχνότητας.



Χάρτης 3 Heatmap ατυχημάτων προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα με βάση την συχνότητα των διελεύσεων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αξίζει να σημειωθεί πως οι χάρτες heatmaps εκτός από την οπτικοποίηση, προσφέρουν και την ποσοτικοποίηση των τιμών με βάση την πυκνότητά τους. Σύμφωνα με τις τιμές αυτές θα προσδιοριστούν τα πιο επικίνδυνα σημεία με βάση το κριτήριο της χωρικής πυκνότητας της παραγράφου 5.4 και το κριτήριο της συχνότητας της παραγράφου 5.5. Στη συνέχεια, θα γίνει ο τελικός προσδιορισμός των σημείων με συνδυασμό και των δύο κριτηρίων.

6.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

Σύμφωνα με την πυκνότητα των ατυχημάτων ανά περιοχή (Ενότητα 5.4), φαίνεται πως τα πιο επικίνδυνα σημεία για προσαράξεις, με σειρά προτεραιότητας, στα ελληνικά χωρικά ύδατα είναι: ο Σαρωνικός κόλπος και ιδιαίτερα η περιοχή του Πειραιά, το στενό Κέας, το στενό Καριφέα, η Πρέβεζα, η περιοχή ΒΔ της Ν. Κω, η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου, ανατολικά της Χίου, νότια από το εθνικό πάρκο Δέλτα Νέστου, το Ηράκλειο της Κρήτης, και ο Μαλιακός Κόλπος (Πίνακας 4).

Ομοίως, με βάση τη συχνότητα των ατυχημάτων ανά περιοχή εκφρασμένη σε ατυχήματα ανά διελεύσεις πλοίων (Ενότητα 5.5), προκύπτει ότι τα πιο επικίνδυνα σημεία για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα, με σειρά προτεραιότητας, είναι: ο Σαρωνικός κόλπος και ιδιαίτερα η περιοχή του Πειραιά, η Πρέβεζα, η περιοχή ΒΔ της Ν. Κω, το Ηράκλειο της Κρήτης, Βόρεια της Ρόδου, το στενό Κέας, η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου, το στενό Καριφέα, η Κάρπαθος, και ο Πατραϊκός Κόλπος (Πίνακας 4).

⁴ <https://www.emodnet-humanactivities.eu/search-results.php?dataname=Route+density+%28source%3A+EMSA%29>

Τα σημεία τα οποία εμφανίζονται και στα δύο κριτήρια δείχνονται στον Πίνακα 4 με έντονα γράμματα και είναι: το στενό της Κέας, το στενό Καριφέα, η Πρέβεζα, η περιοχή ΒΔ της Ν. Κω, και η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου.

Πίνακας 4 Τα αποτελέσματα των δύο κριτηρίων συγκριτικά

#	Πυκνότητα των ατυχημάτων	Συχνότητα των ατυχημάτων
1	Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά	ο Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά
2	Στενό Κέας	Πρέβεζα
3	Στενό Καριφέα	ΒΔ της Ν. Κω
4	Πρέβεζα	Ηράκλειο της Κρήτης
5	ΒΔ της Ν. Κω	Βόρεια της Ρόδου
6	η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου	Στενό Κέας
7	ανατολικά της Χίου	η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου
8	νότια από το εθνικό πάρκο Δέλτα Νέστου	Στενό Καριφέα
9	Ηράκλειο της Κρήτης	Στενό Κάσου
10	ο Μαλιακός Κόλπος	ο Πατραϊκός Κόλπος

Σημειώνεται πως ο Σαρωνικός κόλπος και ιδιαίτερα η περιοχή του Πειραιά δεν λαμβάνονται υπόψη λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής.

Συνεπώς, με βάση αυτά τα κριτήρια, τα σημεία στα οποία προτείνεται η επιτόπου επιθεώρηση είναι τα : το στενό της Κέας, το στενό Καριφέα, η Πρέβεζα, η περιοχή ΒΔ της Ν. Κω, και η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου. Αξίζει να σημειωθεί, πως για τον ακριβή προσδιορισμό των σημείων χρειάζεται επίσης να συνυπολογιστεί το κριτήριο του ρίσκου που αποτελεί συνέχεια της παρούσας έρευνας και περιγράφεται συνοπτικά στην επόμενη παράγραφο.

6.2 ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών που εμφανίζονται τα ατυχήματα ενδιαφέροντος θα πραγματοποιηθεί σε επόμενα στάδια της έρευνας με την ανάπτυξη μοντέλου ρίσκου, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη διάφορα κριτήρια που θα σχετίζονται με τη συχνότητα εμφάνισης του ατυχήματος σε συνάρτηση με την περιβαλλοντική επικινδυνότητα της κάθε γεωγραφικής περιοχής. Η περιβαλλοντική επικινδυνότητα θα προκύπτει ως συνδυασμός των παρακάτω παραμέτρων:

- τύπος ακτογραμμής⁵ στη γεωγραφική περιοχή,
- απόσταση από την κοντινότερη προστατευόμενη περιοχή (NATURA 2000, Corine, κ.ά.),
- απόσταση από παραλίες με γαλάζια σημαία.

Για την ανάπτυξη του μοντέλου ρίσκου, που θα αποτελέσει το τρίτο κριτήριο της επιλογής των πιο επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις, θα αξιοποιηθούν τα layers που περιεγράφηκαν στην Ενότητα 5.2, καθώς και η συχνότητα (Ενότητα 5.5). Η τελική επιλογή των επικίνδυνων σημείων θα συνυπολογίζει τα τρία κριτήρια καθώς και τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης της βάσης δεδομένων.

⁵ <https://geodata.gov.gr/dataset/aktogramme>

7. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ανάλυση είναι μέρος του έργου «Ελληνικός Ερευνητικός Στόλος - Ανακατασκευή του Ερευνητικού Σκάφους «ΦΙΛΙΑ» RePHIL (2018-2022), χρηματοδοτούμενο από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» (ΕΣΠΑ) για την περίοδο 2014-2020 από τα Περιφερειακά Τμήματα Κρήτης, Αττικής και Νοτίου Αιγαίου, συγχρηματοδοτούμενα από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

EMSA. 2019. “EMSA Traffic Density Mapping Service Methodology.” <http://emsa.europa.eu/related-projects/tdms/download/5752/3097/23.html>.

Ershad, Mr & Ali, Ershad. (2020). Geographic Information System (GIS): Definition, Development, Applications & Components.

Huang, Dao-Zheng & Hu, Hao & Li, Yi-Zhou. (2013). Spatial Analysis of Maritime Accidents Using the Geographic Information System. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2326. 39-44. 10.3141/2326-06.

Hussain, Mohammad Robiul. (2016). "An Overview of Geographic Information System (GIS)". 10.13140/RG.2.1.3569.5603.

Nguyen, Tan-Hoi & Amdahl, Jørgen & Leira, Bernt & Garrè, Luca. (2011). Understanding ship-grounding events. Marine Structures - MAR STRUCT. 24. 551-569. 10.1016/j.marstruc.2011.07.001.

Pagiaziti, A, E Maliaga, E Eliopoulou, G Zaraphonitis, and R Hamann. 2015. “Statistics of Collision, Grounding and Contact Accidents of Passenger and Container Ships.” Proceedings of the 5th International Symposium on Ship Operations, Management and Economics (SOME), no. May: 28–29.

QGIS (2021) Documentation, 27 July 2021, QGIS 3.14, <https://qgis.org/en/docs/index.html>

ArcGIS.com (2021) Ocean Basemap , 27 July 2021, ESRI, <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=5ae9e138a17842688b0b79283a4353f6>

SeaWeb (2021), <https://maritime.ihs.com/Account2/Index>

Ventikos N.P., Louzis K., Koimtzoglou A. (2013), “The Shipwrecks in Greece are Going Fuzzy: A Study for the Potential of Oil Pollution from Shipwrecks in Greek Waters”, Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal, 19 (2): 462-491

Zhao, Shilin & Guo, Yan & Sheng, Quanhu & Shyr, Yu. (2014). Advanced Heat Map and Clustering Analysis Using Heatmap3. BioMed research international. 2014. 986048. 10.1155/2014/986048.

Zhu, Ling & James, Paul & Zhang, Shengming. (2002). Statistics and damage assessment of ship grounding. Marine Structures - MAR STRUCT. 15. 515-530. 10.1016/S0951-8339(02)00013-8.

Καλογήρου, Σ. 2015. Χωρική Ανάλυση Μεθοδολογία και εφαρμογές με τη γλώσσα R. Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα

Υπουργείο Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης (2021), <https://geodata.gov.gr/organization/>