

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Ανάλυση με GIS Ναυτικών Ατυχημάτων στη Μεσόγειο Θάλασσα
με έμφαση στην Μελέτη Πετρελαιοκηλίδων

Μιχαλάκος Στέφανος

A.M.: 20924

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Περιεχόμενα

Πρόλογος – Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη	5
Abstract	5
Εισαγωγή	7
1. Πετρέλαιο.....	8
1.1 Χημική σύσταση	8
1.2 Δημιουργία του πετρελαίου	8
1.3 Γήρανση πετρελαίου	9
1.3.1 Εξάπλωση	10
1.3.2. Εξάτμιση	10
1.3.3 Διασπορά.....	11
1.3.4 Γαλακτωματοποίηση.....	11
1.3.5 Διάλυση.....	12
1.3.6 Οξείδωση	13
1.2.7 Καθίζηση.....	13
1.2.8 Βιοαποικοδόμηση	13
1.4 Ιστορία του πετρελαίου.....	14
2. Μεσόγειος και μεταφορά	16
2.1 Μεσόγειος: γεωγραφία και διαστάσεις.....	16
2.1.1 Γεωγραφία της Μεσογείου	16
2.1.2 Η ιστορία της Μεσογείου	17
2.2 Θαλάσσιο δίκτυο μεταφορών και η μεταφορά στην Μεσόγειο	18
2.2.1 Θαλάσσιες μεταφορές και Περιβάλλον	18
2.2.2 Θαλάσσιες μεταφορές στην Μεσόγειο.	18
2.2.3 Τύποι των πλοίων μεταφοράς φορτίων.....	19
2.2.4 Κατηγορίες και είδη πλοίων.	20

2.2.5 Φορτία που διακινούνται στη Μεσόγειο.....	23
2.2.6 Διακίνηση πετρελαίου στην Μεσόγειο.....	24
3 Τα αίτια της πετρελαϊκής ρύπανσης	27
4. Συνέπειες και επιπτώσεις των ατυχημάτων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.....	33
4.1 Συνέπειες και επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	33
4.2 Οικονομικές επιπτώσεις.....	36
5. Νομοθετικό πλαίσιο.....	40
5.1 Διεθνές νομοθετικό πλαίσιο.....	40
5.2 Νομοθετικό πλαίσιο για την περιοχή της Μεσογείου.....	41
5.2.1 Prevention and Emergency Protocol 2002.....	41
5.2.2 Η Σύμβαση της Βαρκελώνης	41
5.2.3 Περιφερειακό Κέντρο Επειγόντων Περιστατικών Θαλάσσιας Ρύπανσης	42
6. Μεθοδολογία.....	43
6.1 Συλλογή δεδομένων.....	43
6.2 Κριτήρια επιλογής.....	44
7. Αποτελέσματα και σχολιασμοί.....	45
7.1 Ανάλυση ατυχημάτων με αποτέλεσμα την πετρελαϊκή ρύπανση.....	47
7.1.1 Αριθμοί και ποσότητες των ατυχημάτων.....	47
7.1.2 Τύπος ατυχήματος.....	56
7.1.3 Ανάλυση ατυχημάτων με βάση τον τύπο του πλοίου	61
7.2. Ανάλυση ατυχημάτων με αποτέλεσμα την χημική ρύπανση.....	66
8. Δυναμική απεικόνιση πετρελαιοκηλίδας	71
8.1. Σκοπός.....	71
8.2. Το GNOME	71
8.2.1 Εισαγωγή δεδομένων	72
8.2.2. Υπολογισμός πορείας	73
8.2.3. Υπολογισμός επίδρασης θαλάσσιων ρευμάτων.....	74

8.2.3. Υπολογισμός επίδρασης ανέμων	76
8.2.4. Φυσικές διεργασίες	76
8.2.5. Γαλακτωματοποίηση και Διασπορά	77
8.2.6. Εισαγωγή δεδομένων για την δημιουργία σεναρίων	78
8.3. Διαδικασία δημιουργίας σεναρίων	80
8.3.1. Πρώτο σενάριο: Νότιες Ιταλικές Ακτές.....	80
8.3.2. Δεύτερο σενάριο: Θαλάσσια περιοχή βόρεια της Ζακύνθου.....	87
9. Αποτελέσματα και σχολιασμοί σεναρίων.....	93
9.1. Δυναμική απεικόνιση για το σενάριο της Ιταλίας	93
9.2. Δυναμική απεικόνιση για το σενάριο της Ζακύνθου.....	98
10. Συμπεράσματα	104
Βιβλιογραφία	107
Ελληνική:	107
Ξενόγλωσση:.....	107
Διαδίκτυο:	108
Δεδομένα Χαρτών:.....	108
Δεδομένα Gnome:	108
Παράρτημα Χαρτών:	109

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία μου επέτρεψε μέσα από την συγγραφή της να συνειδητοποιήσω τον πραγματικό χαρακτήρα της Μεσογείου, την πολυπλοκότητα της και τη σημασία της για τον άνθρωπο.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω :

- Πρώτα από όλα τον κ. Βεντίκο Νικόλαο, Επίκουρο Καθηγητή της σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών για την ανάθεση και επιτήρηση της εργασίας. Τον ευχαριστώ για τον χρόνο που αφιέρωσε και την καθοριστική συμβολή του στην πορεία της εργασίας
- Ευχαριστώ ακόμα την κ. Λαζαρίδη Αικατερίνη, Καθηγήτρια της σχολής Γεωγραφίας για την επίβλεψη της εργασίας. Την ευχαριστώ και τον χρόνο που αφιέρωσε και την συμβολή της στην εργασία.
- Ευχαριστώ όλους τους καθηγητές της σχολής για τις γνώσεις που μου έδωσαν, και για το ρόλο που είχαν στην μέχρι τώρα ακαδημαϊκή μου πορεία.
- Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω τον πατέρα μου Λεωνίδα Μιχαλάκο και τον κ. Χριστόπουλο Παναγιώτη, Δάσκαλο μου στο δημοτικό, χωρίς αυτούς δεν θα είχα καταφέρει να φτάσω ως εδώ. Η εργασία είναι αφιερωμένη σε αυτά τα δύο πρόσωπα.

Περίληψη

Τη Μεσόγειο τη χαρακτηρίζουν μια σειρά από ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την καθιστούν μία από σημαντικές θαλάσσιες οδούς. Είναι κόμβος παγκόσμιων μεταφορών και παράλληλα αποτελεί πηγή οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας για τα κράτη που την περιβάλλουν.

Η θαλάσσια ρύπανση αποτελεί δεδομένο την σημερινή εποχή. Παράλληλα η αύξηση των εμπορικών δραστηριοτήτων έχει επιδεινώσει το ήδη υπάρχων πρόβλημα.

Τις σχέσεις των δύο παραπάνω καλείται να διερευνήσει η παρούσα εργασία. Μέσα από την ανάλυση στοιχείων και την παραγωγή χαρτών, θα εξεταστούν ο ρόλος και οι επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών στην Μεσόγειο. Η εργασία εστιάζει περισσότερο στην ρύπανση που προκαλείται από το πετρέλαιο, ενώ πραγματοποιείται η δημιουργία δύο πιθανών σεναρίων διαρροής πετρελαίου. Και για τα δύο σενάρια δημιουργείται δυναμικός χάρτης που περιέχει την πορεία του πετρελαίου.

Από την έρευνα βρέθηκε οι μεταφορές μέσω θαλάσσης παίζουν μεγάλο στην πετρελαϊκή ρύπανση της Μεσογείου. Ωστόσο οι προσπάθειες καταπολέμησης του φαινομένου από τις κυβερνήσεις και τους Διεθνείς Οργανισμούς έχουν καταφέρει να μειώσουν σημαντικά τα ποσοστά μόλυνσης αλλά και τους αριθμούς των ατυχημάτων.

Abstract

The Mediterranean Sea has a unique set of features which make her one of the most significant seaways. It is a hub of marine transportation and also a source of economic and social wealth, for the countries that surround her.

Marine pollution is a fact in our time. In addition the increase in marine transports has aggravate the already warning situation.

This dissertation examines the marine transportations and their role in marine pollution of the Mediterranean Sea and explores the impacts of such pollution. This paper focuses in oil pollution created by ship traffic, also two likely to happen oil spill scenarios are

been created. For both oil spill scenarios there will be constructed an animated map that shows the trajectory of the oil over time.

The study has found that the role of Maritime transportation in Mediterranean Sea pollution is significant. Although efforts from governments and International Organizations have succeeded to decrease the proportions of the phenomenon in number and effects.

Εισαγωγή

Το εμπόριο υπήρξε αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης ιστορίας. Η ανάπτυξη της ναυτιλίας και η ανάγκη κάλυψης της ζήτησης οδήγησαν στη γένεση του θαλάσσιου εμπορίου. Με την πάροδο των χρόνων, με τα τεχνολογικά επιτεύγματα και τις καινοτομίες, το θαλάσσιο εμπόριο άνθισε, αποκτώντας έτσι χαρακτήρα ανταγωνιστικό και απαραίτητο. Οι μεταφορές μέσω θαλάσσης αποτελούν τον κύριο τρόπο μεταφοράς εμπορευμάτων παγκοσμίως. Επηρεάζοντας έτσι τομείς όπως την ανταγωνιστικότητα, την μεταφορά ενεργειακών πόρων και αγαθών, που αποτελούν πρωταρχικούς στόχους των περισσότερων αν όχι όλων των κρατών. Χαρακτηριστικά οι θάλασσες που περιβάλλουν την Ευρώπη εξυπηρετούν στο 90% του εξωτερικού και στο 40% του εσωτερικού εμπορίου της Ε.Ε.

Ωστόσο το θαλάσσιο εμπόριο επιφέρει και επιπλοκές, όπως τη ρύπανση του περιβάλλοντος (πετρελαιοκηλίδες και χημικές ρίψεις), την επίσπευση της κλιματικής αλλαγής και γενικότερα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Καθώς, παρά το επίπεδο της τεχνολογίας και των μέτρων που έχουν επιβληθεί από διεθνείς οργανισμούς, ο βασικότερος παράγοντας πρόκλησης ναυτιλιακού ατυχήματος παραμένει ο ανθρώπινος.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιαστεί ο ουσιώδης ρόλος της θάλασσας για τον άνθρωπο σε όλους τους τομείς, οι κίνδυνοι του θαλάσσιου εμπορίου, η πετρελαϊκή ρύπανση και οι επιπτώσεις της καθώς και οι νόμοι που αφορούν στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η εργασία αφορά ακόμα την ανάλυση των ναυτιλιακών ατυχημάτων στη λεκάνη της Μεσογείου από το 1977 μέχρι το 2013, και τη δημιουργία δυναμικών απεικονίσεων δύο πιθανών σεναρίων απελευθέρωσης πετρελαίου.

Στα πλαίσια της εργασίας αξιοποιούνται στοιχεία τα οποία είναι προϊόν βιβλιογραφικής ανασκόπησης. (Οι πηγές που χρησιμοποιούνται αποτελούν μερικές από τις πλέον αξιόπιστες πηγές της Ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας.)

1. Πετρέλαιο

1.1 Χημική σύσταση

“Το αργό (ακατέργαστο) πετρέλαιο είναι υγρό πέτρωμα, μείγμα υδρογονανθράκων, δηλαδή ουσιών που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο, κατά ένα μεγάλο μέρος της σειράς των αλκανίων, που όμως περιέχει και αρκετούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, καθώς και άλλες οργανικές ενώσεις και το οποίο βρίσκεται μέσα σε πορώδη πετρώματα στα ανώτερα στρώματα μερικών περιοχών τού φλοιού της Γης.”¹

Οι υδρογονάνθρακες εμφανίζονται με τρεις μορφές μοριακών δομών, αυτές είναι ευθείας αλυσίδας, διακλαδωμένης και δακτυλίου. Τα πιο μεγάλα και τα πιο σύνθετα μόρια υδρογονανθράκων απαρτίζονται από προσμίξεις αυτών.

1.2 Δημιουργία του πετρελαίου

Το πετρέλαιο δημιουργήθηκε κατά την αποσύνθεση θαλάσσιων, κυρίως, ζώων και φυτών, που θάφτηκαν κάτω από διαδοχικές στιβάδες λάσπης, πριν από 400 - 500 εκατομμύρια χρόνια. Η αρχική προϋπόθεση για μια τέτοια διαδικασία είναι μια ρηχή θάλασσα (όπως είναι ο Κόλπος του Μεξικού), με νερά πλούσια σε ζώα και φυτά. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι ότι κατά την αποσύνθεσή τους οι οργανισμοί, πέφτουν στον βυθό και θάβονται σε λάσπη ποταμών (όπως του Μισισσιππή). Το οξυγόνο στον βυθό πρέπει να είναι περιορισμένο, ώστε η αποσύνθεση των οργανισμών να είναι αργή. Με την πάροδο του χρόνου, λάσπη και πηλός επικάθονται στις αποθέσεις αυτές, προκαλώντας τεράστιες πιέσεις. Κάτω από αυτές τις συνθήκες χημικές διεργασίες, πιθανόν ανεξάρτητες από τη βακτηριακή δράση, μετατρέπουν τους οργανισμούς σε πετρέλαιο και αέριο. Αυτή η θεωρία στηρίζεται κυρίως σε ορισμένες ουσίες που ανιχνεύονται στο πετρέλαιο όπως είναι το ιώδιο και οι πορφυρίτες. Οι τελευταίες βρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες στο πετρέλαιο, είναι

1

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF>

προϊόντα της χλωροφύλλης και της αμίνης και στους 250o C καταστρέφονται. Αυτό σημαίνει ότι το πετρέλαιο σχηματίζεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Κατάλληλες συνθήκες για τον σχηματισμό και την συγκέντρωση του πετρελαίου υπάρχουν σε τμήματα του φλοιού της γης στραμμένα προς τα κάτω, όπου στρώματα από επικαθίσεις έχουν συσσωρευτεί σε μεγάλο πάχος (παχύτερα στη μέση και λεπτότερα στις άκρες). Τέτοιες περιοχές θεωρούνται άξιες λόγου για την έρευνα πετρελαίου. Το πετρέλαιο και τα αέρια μπορούν να συγκεντρωθούν σε κοιτάσματα αν υπάρχουν οι κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, όπως η παρουσία ενός βράχου που χρησιμεύει ως «αποθήκη» και έχει πόρους συνδεδεμένους μεταξύ τους ή ρωγμές και κενά, η παρουσία πάνω από αυτήν τη «βράχο-αποθήκη» ενός σχηματισμού αδιάβροχου (που συχνά λέγεται «καπέλο») και, τέλος, η ύπαρξη ενός «κλεισίματος», δηλαδή ενός γεωλογικού σχηματισμού που εμποδίζει τη διαφυγή υγρών και αερίων.

1.3 Γήρανση πετρελαίου

Οι φυσικοχημικές διεργασίες που συντελούν στην παραμονή ή στην απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας είναι γνωστές ως γήρανση του πετρελαίου. Ο τρόπος με τον οποίο μια πετρελαιοκηλίδα θα κινηθεί στο νερό καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η σύσταση του πετρελαίου, η ποσότητα που απελευθερώθηκε και οι καιρικές συνθήκες. Εξαιτίας αυτών των παραγόντων η διαδικασία της γήρανσης διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Οι διαδικασίες που αποτελούν την γήρανση είναι :

- Εξάπλωση (spreading)
- Εξάτμιση (evaporation)
- Διασπορά (dispersion)
- Γαλακτωματοποίηση (emulsification)
- Διάλυση (dissolution)
- Οξείδωση (oxidation)
- Καθίζηση (sedimentation)
- Βιοαποικοδόμηση (biodegradation)

1.3.1 Εξάπλωση

Η διαδικασία της εξάπλωσης αρχίζει από την στιγμή που το πετρέλαιο έρχεται σε επαφή με το νερό. Ο όγκος και το ιξώδες του πετρελαίου όπως και οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τον ρυθμό εξάπλωσης. Πετρέλαια με χαμηλό ιξώδες τείνουν να εξαπλώνονται με ταχύτερους ρυθμούς από πετρέλαια με υψηλότερο, και εξαπλώνονται σε μία συνεκτική κηλίδα που σύντομα αρχίζει να διαλύεται. Σε αντίθεση με τα υψηλού ιξώδους τα οποία “θρυμματίζονται” σε μικρότερα κομμάτια και εξαπλώνονται σε λεπτές στρώσεις. Η χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτή της ροής τους μπορεί να οδηγήσει σε στερεοποίηση και να καταστήσει την εξάπλωση αρκετά δύσκολη. Τέλος οι άνεμοι, τα κύματα προκαλούν αναταράξεις στην επιφάνεια της θάλασσας, οι οποίες με την σειρά τους προκαλούν τον σχηματισμό στενών ζωνών πετρελαίου παράλληλες με την κατεύθυνση του ανέμου.

Το πετρέλαιο έχει την τάση να απλώνεται και να φτάνει σε ένα minimum (ελάχιστο) πάχος. Όταν ξεπεράσει την λεπτή αυτή κατάσταση εμφανίζονται δύο “μορφές” πετρελαίου, οι μορφές αυτές ονομάζονται thin phase και thick phase. Η λεπτή μορφή του πετρελαίου (thin phase) αποτελεί το 90% του όγκου του πετρελαίου, αλλά μόνο το 10% του βάρους και συνήθως αποφεύγεται η αντιμετώπιση του από τις προσπάθειες καθαρισμού καθώς οι αντλίες τραβάνε σχεδόν αποκλειστικά νερό. Αντίθετα η thick phase (παχιά μορφή) αποτελεί το 10% του όγκου, έχει όμως το 90% του συνολικού βάρους. Η εξάπλωση είναι από της σημαντικότερες στην διαδικασία γήρανσης του πετρελαίου καθώς επηρεάζει άλλες διαδικασίες όπως η εξάτμιση, η διάλυση, η φωτοοξειδωση και η βιοαποικοδόμηση.

1.3.2. Εξάτμιση

Σχεδόν στο ίδιο χρόνο με την εξάπλωση ξεκινάει και η διαδικασία της εξάτμισης. Τα είδη του πετρελαίου που αποτελούνται από ελαφρύτερες ενώσεις (βενζίνη, κηροζίνη, diesel), έχουν μεγαλύτερο βαθμό εξάτμισης, ενώ μπορούν να χάσουν μέχρι και το 60% του συνολικού όγκου τους. Σε αντίθεση με το βαρύ πετρέλαιο το οποίο υφίσταται ελάχιστη έως και καθόλου εξάτμιση. Ο ρυθμός εξάτμισης μιας πετρελαιοκηλίδας εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Θαλασσοταραχές, οι δυνατοί άνεμοι, και οι υψηλές θερμοκρασίες του νερού. Τα συστατικά του πετρελαίου με σημείο βρασμού χαμηλότερο των 200° C τείνουν να εξατμίζονται στις πρώτες 24 ώρες σε μέτριες καιρικές συνθήκες.

Ότι μείνει από την πετρελαιοκηλίδα με την διαδικασία της εξάτμισης είναι συνήθως ουσίες με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες. Το γεγονός αυτό επηρεάζει την δραστικότητα των διαδικασιών που ακολουθούν, όπως και το ποσοστό επιτυχίας των ενεργειών καθαρισμού του πετρελαίου.

1.3.3 Διασπορά

Οι διάφορες αναταράξεις στην επιφάνεια της θάλασσας έχουν την ικανότητα να προκαλέσουν διάσπαση μερών η του συνόλου του πετρελαίου σε μορφή σταγονιδίων. Τα σταγονίδια αναμιγνύονται με τα ανώτερα στρώματα της θάλασσας, ωστόσο τα μικρότερα σε μέγεθος παραμένουν σε αυτό το βάθος και στην συνέχεια απομακρύνονται από την κίνηση των υδάτων, ενώ τα υπόλοιπα επανέρχονται στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα μέρη του πετρελαίου που επανέρχονται μπορεί να σχηματίσουν εκ νέου μια μάζα πετρελαίου ή να απλωθούν σε ένα πολύ λεπτό στρώμα συχνά αποκαλούμενο και ως “sheen”(thick phase). Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στην αύξηση της επιφάνειας του διασκορπισμένου πετρελαίου και συμβάλει σε διεργασίες όπως η διάλυση, η βιοαποικοδόμηση και η καθίζηση.

Το είδος του πετρελαίου και οι συνθήκες της θάλασσας επηρεάζουν την διαδικασία της διασποράς. Πετρελαϊκές ουσίες με χαμηλό ιξώδες και σε κατάσταση θαλασσοταραχής επιτρέπουν μεγαλύτερους ρυθμούς διασποράς. Η διεργασία αυτή επιταχύνεται με την χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών. Είδη πετρελαίου τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλό ιξώδες, πετρέλαια με την τάση να σχηματίζουν σταθερά γαλακτώματα, και θερμοκρασίες χαμηλότερες από τα σημείο ροής τους, έχουν ελάχιστη τάση να διαλυθούν, ακόμα και με την χρήση χημικών.

1.3.4 Γαλακτωματοποίηση

Γαλάκτωμα ονομάζεται η μίξη δύο υλικών κατά την οποία το ένα εγκλωβίζεται μέσα στο άλλο. Η διαδικασία της γαλακτωματοποίησης συναντάται με δύο τρόπους:

- ως γαλακτωματοποίηση του πετρελαίου στο νερό (oil in water emulsion).
- ως γαλακτωματοποίηση του νερού στο πετρέλαιο (water in oil emulsion).

Στην πρώτη περίπτωση είναι συχνό φαινόμενο να ξανασχηματιστεί η πετρελαιοκηλίδα σε μακριά από την πηγή ρύπανσης καθώς τα μέρη του πετρέλαιου διατηρούν τους μοριακούς δεσμούς τους. Στην δεύτερη κατηγορία τα γαλακτώματα, αποτελούνται από σωματίδια διαμέτρου από 5 μm έως μερικά χιλιοστά, τα οποία μεταφέρονται μέσω της θάλασσας, σε μεγάλες αποστάσεις και τελικά είτε παρέρχεται η διάλυση, είτε βιοδιασπώνται, είτε εναποτίθενται σαν ιζήματα.

Η πιο συχνή μορφή μιας τέτοιας ανάμιξης στο αργό πετρέλαιο είναι η γαλακτοποίηση του νερού στο πετρέλαιο. Μία τέτοια κατάσταση μπορεί να αυξήσει τον όγκο της ρύπανσης έως και τέσσερις φορές. Τα γαλακτώματα είναι συχνά αρκετά πιο παχύρρευστα και πολύ επίμονα σε σχέση με την αρχικό ρυπαντή. Πετρέλαια με περιεκτικότητα σε Νικελίου/Βαναδίου μεγαλύτερη από 15 ppm, και πετρέλαια με συγκέντρωση ασφάλτου μεγαλύτερης από 0,5%, σχηματίζουν σταθερά γαλακτώματα, και μπορεί να χρειαστούν αρκετοί μήνες για να διαλυθούν. Ακόμα τα πετρέλαιο με μεγάλο ιξώδες έχουν την τάση να καταλαμβάνουν νερό με πιο αργούς ρυθμούς από αυτά με χαμηλότερο ιξώδες.

Τα γαλακτώματα νερού σε πετρέλαιο χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στα σταθερά, ιξώδες 500-800 φορές μεγαλύτερο απ' ότι το αρχικό πετρέλαιο, στα ασταθή, ιξώδες 20-200 φορές μεγαλύτερο του αρχικού και στα μετασταθή. Από τα παραπάνω, μόνο τα σταθερά και τα μετασταθή μπορούν να χαρακτηριστούν ως γαλακτώματα, με την κυρίως έννοια των γαλακτωμάτων που αναφέρονται εδώ. Οι διαφορετικές κατηγορίες γαλακτωμάτων αναγνωρίζονται από την μορφή τους (χρώμα), και τον τρόπο ροής.

Η εμφάνιση γαλακτώματος μειώνει δραστικά τους ρυθμούς των υπόλοιπων διεργασιών και είναι η κύρια αιτία για την παραμονή των, ελαφρών και μετρίων, αργών πετρελαίων στην επιφάνεια της θάλασσας. Σε αρκετές περιπτώσεις το φαινόμενο αυτό μπορεί να αυξήσει στην περιβαλλοντική καταστροφή, καθώς περιορίζει την εξάτμιση, τη διασπορά, την εξάπλωση και την διάλυση.

1.3.5 Διάλυση

Το ποσοστό του πετρελαίου που μπορεί να διαλυθεί στο νερό εξαρτάται από την σύνθεση του, την εξάπλωση που έχει υποστεί, την κίνηση του νερού και τον βαθμό

διασποράς. Τα βαριά συστατικά του πετρελαίου είναι σχεδόν αδιάλυτα στο νερό, ενώ οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως βενζόλιο και τολουόλιο είναι ελαφρώς διαλυτές.

1.3.6 Οξείδωση

Η Ηλιακή ακτινοβολία και το οξυγόνο είναι οι κύριοι αίτιοι της οξείδωσης. Η οξείδωση δεν δρα πάντα ευεργετικά προς το περιβάλλον, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μέσω αυτής δημιουργούνται υδατοδιαλυτά παράγωγα, αρκετές φορές δημιουργούνται σκληρά επιφανειακά στρώματα τα οποία προστατεύουν το πετρέλαιο από τις διεργασίες αποικοδόμησης. Είναι γεγονός πως ακόμη και κάτω από έντονη ηλιακή ακτινοβολία τα λεπτά μέρη του πετρελαίου διασπώνται με ρυθμό λιγότερο του 0.1%.

1.2.7 Καθίζηση

Τα βαρύτερα κατάλοιπα του πετρελαίου που έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος από αυτό του νερού βυθίζονται μόλις έρθουν σε επαφή με το θαλάσσιο περιβάλλον. Παρόλα αυτά τα περισσότερα είδη αργού πετρελαίου έχουν ειδικό βάρος μικρότερο από αυτό του νερού, έτσι απαιτείται η αλληλεπίδραση με άλλα σώματα για να υποστούν βύθιση (οργανικά σωματίδια, ή πυκνά ιζήματα). Η προσκόλληση σε άλλα σωματίδια είναι φαινόμενο που συναντάται συχνότερα όταν το πετρέλαιο έρθει σε επαφή με την ακτή. Σε παραλίες με μεγάλη κινητικότητα υδάτων, το πετρέλαιο μπορεί να αναμειχθεί με μεγάλες ποσότητες ιζημάτων και να σχηματίσει στρώματα πίσσας, και αργότερα αν το επιτρέψουν οι συνθήκες να επιστρέψει στην θάλασσα (καταιγίδες, παλίρροιες και ρεύματα)

Τα γαλακτώματα νερού σε πετρέλαιο και τα βαριά πετρέλαια έχουν ειδικό βάρος κοντά σε αυτό του νερού, και οποιαδήποτε πρόσμιξη με ιζημα ή κάποιο σώμα να προκαλέσει καθίζηση. Ένας ακόμη τρόπος που το πετρέλαιο μπορεί να υποστεί βύθιση είναι αν προσληφθεί από οργανικό πλαγκτόν. Σταγονίδια πετρελαίου που προσκολλώνται σε ιζήματα τείνουν να διασκορπίζονται από τα ρεύματα και την τυρβώδη ροή του νερού.

1.2.8 Βιοαποικοδόμηση

Στο θαλάσσιο περιβάλλον υπάρχουν μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα μονοκυτταρική άλγη, κ.α.) ικανοί για την αποικοδόμηση των πετρελαϊκών

ενώσεων. Οι μικροοργανισμοί αυτοί συναντώνται σε μεγαλύτερους αριθμούς σε περιβάλλοντα που έχουν στο ιστορικό τους κάποια πετρελαϊκή μόλυνση ή είναι επιφορτισμένα με ρύπους (λιμάνια, περιοχές διέλευσης πλοίων).

Οι κύριοι παράγοντες στην διαδικασία της βιοαποικοδόμησης είναι τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου, η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών. Ουσιαστικά κάθε είδος μικροοργανισμού είναι ικανός για την διάσπαση ή υποβάθμιση μίας ομάδας υδρογονανθράκων, απαιτούνται λοιπόν συνεργασία και αλυσιδωτές ενέργειες για να επιτευχθεί η διάσπαση του πετρελαίου. Αν οι συνθήκες το επιτρέπουν παρότι οι αριθμοί τους είναι σχετικά μικρή στα ανοιχτά με την παρουσία πετρελαίου μπορούν να πολλαπλασιαστούν αρκετά γρήγορα. Αντίθετα αν υπάρξει ενσωμάτωση του πετρελαίου σε ιζήματα στην ακτή ή στο βυθό είναι η διεργασία μειώνεται και ακόμα μπορεί να σταματήσει λόγω έλλειψης θρεπτικών συστατικών και οξυγόνου. Η ανάγκη για οξυγόνο είναι ένας παράγοντας ο οποίος επιτρέπει την βιολογική διάσπαση του πετρελαίου μόνο σε περιβάλλοντα πετρελαίου νερού.

Οι συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί δεν είναι ικανοί για την αποικοδόμηση μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου, είναι όμως οι πλέον κατάλληλοι για την εξάλειψη των τελευταίων ποσοτήτων πετρελαίου (ποσότητες πετρελαίου που έχουν υποστεί διασπορά, ίχνη πετρελαίου στις ακτές)

1.4 Ιστορία του πετρελαίου

Το πετρέλαιο είναι γνωστό στην ανθρωπότητα ήδη από την αρχαιότητα. Συγκεκριμένα από δύο αρχαίες λέξεις πηγάζει και η καταγωγή του όρου «πετρέλαιο», από την ελληνική λέξη πέτρα και την λατινική *oleum* που σημαίνει «λάδι», την οποία χρησιμοποίησε για πρώτη φορά ο Γερμανός ορυκτολόγος Georg Bauer² (ή Georgius Agricola). Στην αρχαιότητα η Νεκρά Θάλασσα εξαιτίας του πετρελαίου που πήγαζε στις ακτές της λεγόταν Ασφαλίτις Λίμνη. Είναι γνωστό ότι οι χρήσεις του πετρελαίου στην αρχαιότητα ήταν αρκετές, με πιο σημαντικές από αυτές να είναι το γέμισμα των ρωγμών που εμφανίζονταν στα παλιά πλοία, η οδοποιία, η κατασκευή στεγανής ψάθας και καλαθιών ακόμη καθώς και η χρήση του ως αρμού στα μωσαϊκά. Εφαρμογές είχε και στον τομέα της

² G. Agricola, *De natura eorum quae effluent ex terra*, σελ. 222,1658

Ιατρικής όπου ήταν χρήσιμο υγρό εντριβών και απολυμαντικό ενώ πολλές φορές το χρησιμοποιούσαν και ως καθαριστικό.

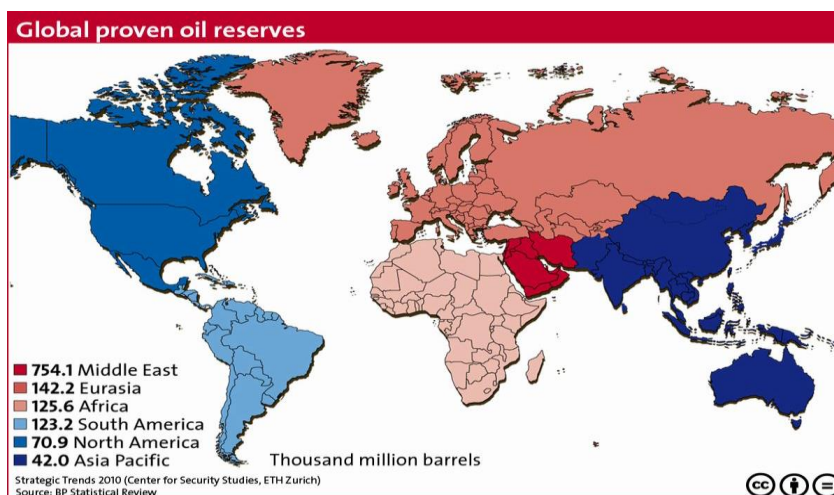
Στα πρώιμα χριστιανικά χρόνια, υπήρξε ζωηρό ενδιαφέρον για την παραγωγή φωτιστικού πετρελαίου μέσω της διύλισης του αργού. Πιθανόν αυτά να ήταν και τα πρώτα βήματα για την κατασκευή του επονομαζόμενου «υγρού πυρ» των Βυζαντινών, αν και τους ίδιους τους απασχόλησε το πετρέλαιο αρκετά αργότερα, κατά τον 12^ο αιώνα μ.Χ.

Ο Edwin Drake είναι υπεύθυνος για την δημιουργία της πρώτης γεώτρησης, η οποία έλαβε χώρα στη δυτική Πενσυλβάνια τον Αύγουστο του 1859 σε βάθος 21 μέτρων, ανοίγοντας τον δρόμο στη βιομηχανία πετρελαίου. Λίγο αργότερα πετρελαϊκά πεδία ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη, την Κεντρική Ασία και την Άπω Ανατολή.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα το πετρέλαιο εδραιώνεται ως βασική πηγή ενέργειας με την εμφάνιση του αυτοκινήτου να παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτό. Το 1974 το πετρέλαιο κατείχε σχεδόν το 50% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο οι ανεπτυγμένες χώρες άρχισαν να πραγματοποιούν κινήσεις για την εύρεση εναλλακτικών ενεργειακών πηγών και μέτρων για την εξοικονόμηση της ενέργειας με στόχο την απεξάρτηση από το πετρέλαιο. Αφορμή για τα παραπάνω ήταν οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις που συνέβησαν την δεκαετία του 1970.

Παρόλα αυτά το πετρέλαιο παραμένει και σήμερα η βασική πηγή ενέργειας.

Χάρτης 1: Γεωγραφική απεικόνιση αποθεμάτων πετρελαίου (<http://www.css.ethz.ch/fsk/policy>)



http://www.css.ethz.ch/fsk/policy_consultancy/Grafiken/Strategic_Trends/2010/Resource-nationalism/Strategic-Trends-2010-Global-proven-oil-reserves.jpg

2. Μεσόγειος και μεταφορά

2.1 Μεσόγειος: γεωγραφία και διαστάσεις

2.1.1 Γεωγραφία της Μεσογείου

Η Μεσόγειος είναι γνωστή από την αρχαιότητα, αυτή η μεγάλη θάλασσα βρίσκεται ανάμεσα σε τρεις ηπείρους, την Ευρώπη, την Ασία και την Αφρική. Στα δυτικά, μέσω του πορθμού του Γιβραλτάρ, συνδέεται με τον Ατλαντικό και στα ανατολικά συνδέεται με την Ερυθρά θάλασσα, μέσω της διώρυγας του Σουέζ. Η γεωγραφική θέση της Μεσογείου της επιτρέπει να βρίσκεται ταυτόχρονα στο Βόρειο, στο Ανατολικό, και το Δυτικό ημισφαίριο.

Μαζί με την Προποντίδα, τον Εύξεινο Πόντο και την Αζοφική θάλασσα όπου από αρκετούς γεωγράφους θεωρούνται εσωτερικά της μέρη, έχει έκταση 2.966.000 τ. χλμ. Περίπου 800.000 τ. μίλια. Το μέσο βάθος της είναι στα 1500 μέτρα, ενώ μια ρηχή υποβρύχια ράχη μεταξύ Σικελίας και Τυνησίας χωρίζει την Μεσόγειο σε δύο λεκάνες, τη Δυτική και την Ανατολική Μεσόγειο, με έκταση 0.85 και 1.65 εκ.χλμ² αντίστοιχα.

Όσον αφορά στην μορφολογία της Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως βαθιά θάλασσα με αρκετά παράλια τμήματα και μεγάλα νησιά. Το γεγονός ότι η Μεσόγειος θάλασσα είναι «κλειστή» επηρεάζει μερικά από τα χαρακτηριστικά της. Η παλίρροια που εμφανίζεται στην Μεσόγειο είναι αισθητά μικρότερη, περίπου κατά 30 εκατοστά, σε αντίθεση με την συνήθη αντίστοιχη έκταση των ωκεανών, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 1.8 έως και 3 μέτρων (παρατηρούνται και μεγαλύτερες των 15 μέτρων όπως αυτή που εμφανίζεται στο κανάλι του Μπρίστολ στην Αγγλία). Αυτό είναι αποτέλεσμα του μορφολογικού χαρακτήρα της σύνδεσής της με τον Ατλαντικό.

Το κλίμα της Μεσογείου είναι ζεστό και σχετικά ξηρό. Η επιφανειακή εξάτμισή της ανέρχεται σε 145εκ. ανά έτος, από το οποίο οι βροχοπτώσεις υποκαθιστούν το 27% ενώ ένα άλλο 6% τα νερά που εισρέουν σε αυτήν από τον Νείλο και το σύνολο των υπόλοιπων ποταμών, τέλος, ακόμα ένα 6% ανανεώνεται μέσω της Μαύρης Θάλασσας. Η αναπλήρωση του υπόλοιπου 61% γίνεται μέσω της επικοινωνίας με τον Ατλαντικό ωκεανό.

Οι αυξημένες τιμές της εξάτμισης, του νερού που προέρχεται από τις βροχοπτώσεις αλλά και από τους ποταμούς, έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της κυκλοφορίας του νερού εντός της Μεσογείου. Η εξάτμιση που παρατηρείται στο ανατολικό τμήμα είναι ιδιαίτερα υψηλή, έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση της στάθμης και επομένως την αύξηση της αλατότητας. Η μείωση της στάθμης με την σειρά της επιτρέπει στα νερά του Ατλαντικού, τα οποία είναι χαμηλότερα σε αλατότητα και θερμοκρασία, να εισέλθουν στην λεκάνη της Μεσογείου. Κατά συνέπεια οι μάζες νερού που εισήχθησαν, ταξιδεύουν προς το ανατολικό μέρος της Μεσογείου και σταδιακά θερμαίνονται, αυξάνουν σε αλμυρότητα και σε πυκνότητα ώσπου τελικά φθάνοντας στην περιοχή του Λεβάντε καταδύονται, υπακούοντας στους φυσικούς κανόνες και αλλάζοντας πορεία. Οι μάζες αυτές θα ταξιδέψουν δυτικά και θα χυθούν έξω από το στενό του Γιβραλτάρ, επιστρέφοντας έτσι στον Ατλαντικό.

2.1.2 Η ιστορία της Μεσογείου

Εδώ και πολλά χρόνια, η Μεσόγειος αποτελούσε μια από τις πλέον σημαντικές ταξιδιωτικές και εμπορικές θαλάσσιες οδούς, ωστόσο παρά τους πολιτισμούς που αναπτύχθηκαν γύρο από αυτήν, στο πέρασμα των αιώνων δεν κατάφερε να διατηρήσει μια συγκεκριμένη ονομασία.

Αρκετοί αρχαίοι Έλληνες σε κείμενα αναφέρονται στην Μεσόγειο θάλασσα είτε ως « τον έξω από τις Ηράκλειες στήλες απλωμένο ωκεανό» είτε ως « την έσω από τις Ηράκλειες στήλες». Χαρακτηριστική είναι η ονομασία που της προσδίδει ο Στράβωνας « η εκτός και καθ' ημάς λεγόμενη θάλασσα», ονομασία που αποτελεί πηγή για των όρο των Ρωμαίων « mare nostrum³» με τον οποίο αναφέρονταν στην Μεσόγειο θάλασσα.

Ο όρος Μεσόγειος θάλασσα χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά ως « mare Mediterraneum⁴», από τον Σολίνο των Λατίνων κοντά στα μέσα του 3^{ου} αιώνα. Μέχρι και τον 17^ο αιώνα δεν έχει κατοχυρωθεί η ονομασία της ως Μεσόγειος, αλλά χρησιμοποιούνται ονόματα όπως Λευκή θάλασσα ή η θάλασσα των Ελλήνων. Εν τέλει η σημερινή ονομασία Μεσόγειος οφείλει την ύπαρξη της στον γεωγράφο-επίσκοπο Αθηνών Μελέτιο (Γεωγραφία παλαιά και Νέα, Α 80 - 1707).

³ Μια από τις Λατινικές ονομασίες της Μεσογείου που σήμαινε « Ημέτερη θάλασσα»

⁴ Mare Mediterraneum Λατινική ονομασία που σήμαινε « Η θάλασσα μεταξύ δύο ηπείρων»

Τέλος η Μεσόγειος σύμφωνα με τον Μπρωντέλ δεν είναι μια θάλασσα με μονοσήμαντη άποψη αλλά «είναι χίλια πράγματα μαζί. Δεν είναι ένα μόνο τοπίο αλλά αμέτρητα τοπία. Δεν είναι μια θάλασσα αλλά διαδοχή θαλασσών. Δεν είναι ένας πολιτισμός, αλλά πολιτισμοί που συσσωρεύονται ο ένας πάνω στον άλλο»⁵.

2.2 Θαλάσσιο δίκτυο μεταφορών και η μεταφορά στην Μεσόγειο

2.2.1 Θαλάσσιες μεταφορές και Περιβάλλον⁶.

Το εμπόριο και γενικότερα πολλές οικονομικές δραστηριότητες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις θαλάσσιες μεταφορές, καθώς οι τελευταίες αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των μεταφορών παγκοσμίως. Όσο οι εμπορικές δραστηριότητες αναπτύσσονται, τόσο αυξάνονται οι θαλάσσιες μεταφορές σε συχνότητα, σε ποικιλία εμπορευμάτων και σε μέγιστη ικανότητα μεταφοράς. Αν σκεφτεί κανείς ότι το 1995 η διακίνηση φορτίων μέσω θαλάσσης άγγιζε τους 800 εκ. τόνους, ενώ μόλις πέντε χρόνια αργότερα ο αριθμός αυτός είχε φτάσει τους 6 δις τόνους, αντιλαμβάνεται την σημασία της θάλασσας ως μέσο για τις μεταφορές των εμπορευμάτων. Εκτιμάται ότι ο αριθμός των φορτίων που διακινούνται μέσω θαλάσσης στο διάστημα ενός έτους, είναι δύο με τρεις φορές μεγαλύτερος από τον αριθμό των φορτίων που μεταφέρονται μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου και των φορτίων που διακινούνται μέσω οδικών μεταφορών μαζί⁷.

2.2.2 Θαλάσσιες μεταφορές στην Μεσόγειο.

Η Μεσόγειος θάλασσα αποτελεί μια από τις θαλάσσιες διαδρομές μέσω της οποίας μεταφέρονται τα μεγαλύτερα φορτία παγκοσμίως, αποτελώντας port call (λιμένα επίσκεψης)

⁵ Fernand Braudel, Η Μεσόγειος: Ο χώρος και η ιστορία, Εκδόσεις Αλεξάνδρεια, 1990

⁶ Οι βασικές πηγές των στοιχείων και πληροφοριών του 2.2.1 είναι :REMPEC (2008), SYSTEMA (1999).

⁷ 25.000x10⁹ tons/km μέσω θάλασσας, 7.000x10⁹ tons/km μέσω σιδηρόδρομου και 3.000x10⁹ tons/km στο οδικό δίκτυο

του 15% της παγκόσμιας δραστηριότητας και 10% σε DWT⁸. Το 2006, ο αριθμός των εμπορικών πλοίων έφτασε τις 13.000, τα συγκεκριμένα πλοία έκαναν 252.000 ενδιάμεσες στάσεις στα λιμάνια της Μεσογείου, συνολικού όγκου 3,8 δις DWT. Την ίδια χρονιά, περίπου 10.000 πλοία είχαν ως σημείο έναρξης των εμπορικών τους δραστηριοτήτων τη Μεσόγειο και προορισμό λιμάνια. Σε παγκόσμια κλίμακα τα εμπορικά πλοία που πλέουν από και εντός της Μεσογείου έχουν την τάση να γίνονται ολοένα και μεγαλύτερα με σκοπό περισσότερο φορτίο να μεταφέρεται στον ίδιο χρόνο. Σχεδόν τα οκτώ στα δέκα λιμάνια που βρέχονται από νερά της Μεσογείου βρίσκονται στα δυτικά και κεντρικά αυτής, και όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως πρόκειται για μια από τις πιο δημοφιλείς διαδρομές μεταφοράς εμπορευμάτων.

Οι χώρες που αποτελούν τον παράκτιο χώρο γύρω από τη Μεσόγειο ελέγχουν το 19% των παγκόσμιων θαλάσσιων μεταφορών, το οποίο, το 2006 αντιστοιχούσε σε 7.5 δις τόνους. Οι μεταφορές που γίνονται μεταξύ αυτών των χωρών αποτελούν το 18% των θαλάσσιων μεταφορών των Μεσογειακών χωρών. Το ποσοστό των μεταφορών από χώρες της Μεσογείου προς άλλες εκτός αυτής φτάνει το 23%. Ενώ το υπόλοιπο 59% αφορά μεταφορές που καταλήγουν στα λιμάνια της Μεσογείου αλλά η προέλευση αυτών είναι από χώρες εκτός αυτής.

Ο συνολικός αριθμός των μεταφορών εντός της περιοχής της Μεσογείου έχει σταθερά ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια. Σε αυτό έχει συμβάλει και η χρήση των ολοένα και μεγαλύτερων πλοίων. Τα Chemical Tankers και Containers Ships (οι δύο αυτοί τύποι πλοίων θα αναλυθούν στο 2.2.4) αναμένεται να έχουν μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης όσον αφορά τους αριθμούς αναφορών στα λιμάνια τα επόμενα έτη, σε αντίθεση με άλλα πλοία όπως είναι τα πλοία μεταφοράς εμπορευμάτων και αργού πετρελαίου τα οποία θα παρουσιάσουν μικρότερη ανάπτυξη.

2.2.3 Τύποι των πλοίων μεταφοράς φορτίων

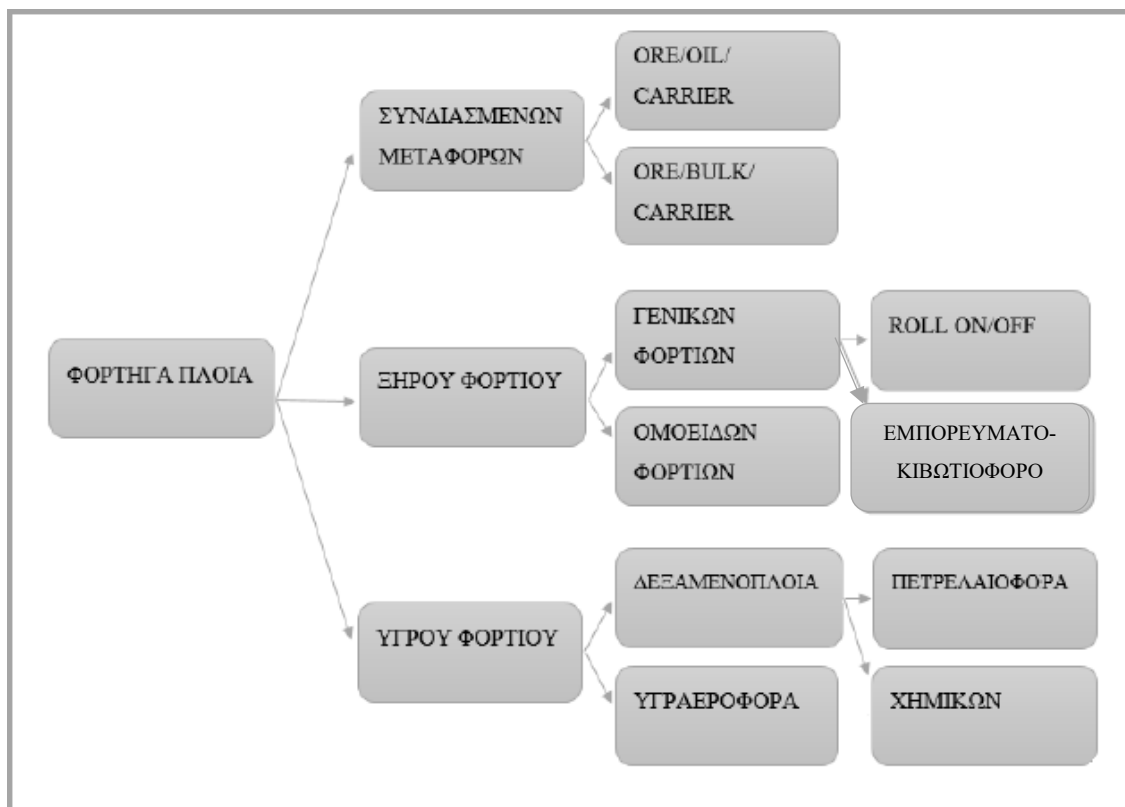
Πριν από την ανάπτυξη των σύγχρονων συστημάτων μεταφοράς φορτίων και των σύγχρονων μεθόδων κατασκευής πλοίων, τα φορτηγά πλοία γενικού φορτίου ήταν ίσως ο πιο διαδεδομένος τρόπος μεταφοράς συσκευασμένων ή μη επικίνδυνων εμπορευμάτων. Με

⁸ Deadweight tonnage: χωρητικότητα εκτοπίσματος.

την πάροδο όμως των χρόνων και τον εκσυγχρονισμό των ναυτιλιακών εταιριών, αναπτύχθηκε μια ευρεία γκάμα εμπορικών πλοίων για την μεταφορά επικίνδυνων ουσιών και εμπορευμάτων.

Οι διαφορετικοί τύποι πλοίων διακρίνονται συνήθως βάσει του σχεδιασμού τους (εμφάνιση) γιατί κατασκευάζονται με τη λογική της βέλτιστης εξυπηρέτησης των αναγκών που προκύπτουν κατά την διεκπεραίωση του έργου τους. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι πλοίων φαίνονται στο παρακάτω γράφημα.

Γράφημα 1: Κατηγορίες και τύποι πλοίων.



2.2.4 Κατηγορίες και είδη πλοίων.

Φορτηγό πλοίο, με τον όρο αυτόν εννοείται το πλοίο εκείνο που μεταφέρει φορτία κάθε είδους και κάθε μορφής (στερεά, υγρά, αέρια, τυποποιημένα ή χύμα κ.τ.λ.), εκτός από επιβάτες με ναύλο.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω γράφημα, ο όρος φορτηγό πλοίο αφορά μια μεγάλη ομάδα υποκατηγοριών οι οποίες ορίζονται ανάλογα με το φορτίο που μεταφέρουν και με την δομή της κατασκευής τους. Τα φορτηγά πλοία διακρίνονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες.

1. Φορτηγό ξηρού φορτίου (Dry Cargoes Vessel)

2. Φορτηγά συνδυασμένων μεταφορών (Combination Cargo Ships)

3. Φορτηγό υγρού φορτίου (Liquid Cargoes Vessel)

1. Φορτηγό ξηρού φορτίου.

Είναι ο τύπος του πλοίου που μπορεί να μεταφέρει όλα τα στερεά φορτία όπως είναι τα διάφορα συσκευασμένα εμπορεύματα, δοχεία, σάκους, παλέτες κ.τ.λ. Ο τύπος αυτός με την σειρά του χωρίζεται σε δύο μεγάλες υποκατηγορίες.

1.1 Πλοίο γενικού φορτίου (General Cargo Vessel). Τα συγκεκριμένα πλοία έχουν δικά τους μέσα φορτοεκφόρτωσης και μπορούν να μεταφέρουν βαρέως τύπου εμπορεύματα όπως μηχανήματα, σιδηροτροχιές κ.α.. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η ύπαρξη ενός ενδιάμεσου καταστρώματος σε όλα ή στα περισσότερα αμπάρια για την προστασία και τον διαχωρισμό των μεταξύ τους φορτίων. Είναι μικρά πλοία τα οποία δεν ξεπερνάνε τους 20.000 χιλιάδες τόνους και μπορούν να προσεγγίσουν μικρά λιμάνια. Στα πλοία γενικού φορτίου ανήκουν ακόμα δύο κατηγορίες :

1.1.1 Πλοίο Roll on/Roll off (Ro-Ro). Είναι ένας σύγχρονος τύπος φορτηγού πλοίου, περισσότερο οχηματογωγού, μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων η κυρίως οχημάτων βαρέως τύπου. Το όνομα του το πήρε από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων τους. Roll on ονομάζεται η διαδικασία φόρτωσης κατά την οποία τα εμπορεύματα κυλινδρούν από ειδικούς ελκυστήρες (τράκτορες) με ρυμούλκησή τους μέσα στο χώρο φόρτωσης του πλοίου. Αντίστοιχα Roll off λέγεται η διαδικασία εκφόρτωσης η οποία γίνεται με την αντίστροφη διαδικασία. Τα πλοία Ro-Ro είναι αρκετά πιο γρήγορα αφού ο χρόνος που απαιτείται για την φορτοεκφόρτωση είναι το 1/6 αυτού που χρειάζεται για τα πλοία κοντέινερ

1.1.2 Εμπορευματοκιβωτιοφόρο (Containership). Τα πλοία αυτού του τύπου είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε τόσο τα αμπάρια τους όσο και το κύριο κατάστρωμα να είναι ικανά να δεχτούν ένα μεγάλο αριθμό εμπορευματοκιβωτίων με τις ανάλογες ρυθμίσεις. Τα μεγαλύτερα πλοία αυτού του τύπου μπορούν να μεταφέρουν έως και 12.000 εμπορευματοκιβώτια. Με αυτό το είδος μεταφοράς φορτίων περιορίζουν τους χρόνους της διαμονής τους στο ελάχιστο. Στον ναυτιλιακό τομέα της οικονομίας το είδος αυτό φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς συσκευασμένων προϊόντων έφερε επανάσταση.

1.2 Ομοειδών Φορτίων (Bulk Carrier). Τα πλοία αυτά μεταφέρουν ομοειδή ξηρά φορτία σε μορφή χύδην, όπως βωξίτη, γαιάνθρακα, σιτηρά, κ.α..

Ανάλογα με το μέγεθος τους, διαθέτουν ένα ή περισσότερα ενιαία αμπάρια, τα οποία κλείνουν στεγανά ώστε να μην μπορεί το θαλασσινό νερό να εισχωρήσει στον αποθηκευτικό χώρο και να αλλοιώσει ή να μολύνει το προϊόν, ή ακόμα και να δημιουργήσει πρόβλημα στην ευστάθεια του πλοίου. Σχεδόν όλα τα Bulk Carrier έχουν διαμορφωμένα τα αμπάρια με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτρέπεται η μετακίνηση του φορτίου από τις κλίσεις του πλοίου στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος πλοία, πρέπει να κατευθυνθούν σε λιμάνια που διαθέτουν γερανούς για την φορτοεκφόρτωσή τους ενώ τα μικρότερα διαθέτουν δικούς τους γερανούς.

2. Φορτηγό συνδυασμένων μεταφορών.

Αρκετά από τα πλοία για την μεταφορά φορτίων σε μορφή χύδην, είναι κατασκευασμένα για την μεταφορά πετρελαιοειδών ή ξηρών φορτίων. Οι συγκεκριμένες κατασκευές είναι single deck, δεν έχουν δηλαδή ενδιάμεσα καταστρώματα ενώ η διαφοροποίηση που υπάρχει στην κοίτη οφείλεται στην ιδιαιτερότητα των υλικών. Στις σύγχρονες κατασκευές υπάρχουν διπλά τοιχώματα λόγω της μεταφοράς πετρελαιοειδών. Η φορτοεκφόρτωση των ξηρών φορτίων χύδην γίνεται με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τα πλοία αποκλειστικής μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην.

2.1 Τα πλοία μεταφοράς μεταλλευμάτων (Ore/ Oil/ Carrier). Τα πλοία αυτά είναι ιδιαίτερα υψηλής κατασκευής, λόγω του χαμηλού συντελεστή στοιβασίας, με ενισχυμένα αμπάρια και υψηλών διπύθμενων, λόγω της ιδιομορφίας και της επικινδυνότητας του φορτίου.

2.2 O.B.O. (Ore/Bulk/Carrier). Τα πλοία αυτά επιτρέπουν την ταυτόχρονη ναυπήγηση μεταλλεύματος, πετρελαιοειδών και χύδην φορτίων, μέσα από ένα συνδυασμό Μεταλλευματοφόρου, Δεξαμενόπλοιου και Bulk Carrier με τον διεθνή όρο Όμπο (OBO).

3 Φορτηγό υγρού φορτίου.

3.1 Δεξαμενόπλοιο (Tanker). Τα δεξαμενόπλοια, γνωστά και ως ‘τάνκερ’, είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγρά φορτία μέσα σε δεξαμενές χρησιμοποιώντας δικές τους αντλίες και σωληνώσεις. Με τα πλοία αυτά μεταφέρονται κυρίως το αργό

πετρέλαιο και τα προϊόντα της διύλισής του, όπως η βενζίνη, το μαζούτ, κ. α. καθώς επίσης χημικές ουσίες, φυτικά και ζωικά έλαια και νερό.

3.1.1 Πετρελαιοφόρο (Oil Tanker). Δεξαμενόπλοιο με ιδιαίτερο εξοπλισμό και μέσα μεταφοράς, πετρελαιοειδών καυσίμων αλλά και άλλων παραγώγων. Το μέγεθος των πλοίων αυτών είναι πολύ μεγάλο με μεταφορική ικανότητα μεγαλύτερη από 500.00 τόνους. Τα φορτία που μεταφέρονται είναι πολύ επικίνδυνα και τα πλοία είναι εφοδιασμένα με πλήρωση αδρανούς αερίου στις δεξαμενές τους. Συνήθως ξεχωρίζουν από τον έναν ή δύο γερανούς που υπάρχουν στην μέση του καταστρώματος για την φορτοεκφόρτωση.

3.1.2 Δεξαμενόπλοιο χημικών (Chemical Tanker). Όπως προσδιορίζει και η ονομασία τους τα συγκεκριμένα δεξαμενόπλοια μεταφέρουν χημικές ουσίες. Στα πλοία αυτά εφαρμόζονται αυστηρά μέτρα και έχουν ιδιαίτερα αυστηρές προδιαγραφές ασφάλειας τόσο του πληρώματος όσο και του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

3.2 Υγραεριοφόρο (LPG & LNG Carrier). Τα πρώτα υγραεριοφόρα που ναυπηγήθηκαν στη δεκαετία του 1960, καλούμενα τότε μεθανιοφόρα, έφεραν ορθογώνιες τραπεζοειδείς δεξαμενές οι οποίες στην πορεία μετεξελίχθηκαν σε σφαιροειδείς δεξαμενές των οποίων τα άνω τμήματα υπερέχουν του κυρίου καταστρώματος του πλοίου. Η μεταφορά των υγραερίων γίνεται είτε σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες είτε σε πολύ υψηλές πιέσεις, εξαιτίας των οποίων προκύπτουν αρκετές δυσχέρειες και αρκετοί πιθανοί κίνδυνοι. Για το λόγο ότι τα πλοία αυτά είναι τα πιο επιρρεπή σε ατυχήματα, τα μέτρα ασφαλείας και οι περιορισμοί είναι ιδιαίτερα αυστηροί. Η προσέγγιση τέτοιων πλοίων επιτρέπεται μόνο από ειδικές προβλήτες που παρέχουν υψηλά μέτρα ασφαλείας, πρόβλεψης και αντιμετώπισης έκτακτων συνθηκών.

2.2.5 Φορτία που διακινούνται στη Μεσόγειο.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, το εμπόριο και οι θαλάσσιες μεταφορές είναι δύο έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες, επομένως οι μεταφορές μέσω θαλάσσης αποτελούν το βασικό συστατικό της παγκόσμιας αλυσίδας μεταφορών για όλα τα είδη φορτίων. Στον πίνακα 1 αναφέρονται τα είδη των φορτίων, ο βασικός όγκος μεταφορών (transits), και ο

αριθμός που ένας λιμένας της Μεσογείου υπήρξε σταθμός ενός πλοίου (port calls) για την χρονιά 2006, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες πιθανές τιμές για το 2016.

Πίνακας 1: Είδη φορτίων και αριθμός αναφορών στην Μεσόγειο 2006 και 2016 (πρόβλεψη)

Vessel Type	Mediterranean Port Calls			Mediterranean Transits		
	2006	2016	% Increase	2006	2016	% Increase
Chemical Tanker	20,038	29,018	45%	745	1,149	54%
Container	34,666	49,109	42%	2,522	3,467	37%
Crude Oil Tanker	6,045	7,671*	27%	508	863	70%
Dry Cargo	89,645	86,685	-3%	4,534	4,758	5%
LNG Tanker	1,199	1,613	35%	55	73	33%
LPG Tanker	6,291	6,050	-4%	197	212	7%
Other	5,694	7,682	35%	252	436	73%
Other Tanker	3,011	3,000	0%	35	15	-57%
Passenger/Pass.RoRo	75,350	100,423	33%	592	389	-34%
Product Tanker	10,599	8,000	-25%	372	724	95%
Total	252,538	299,251	18%	9,812	12,087	23%

Source: Lloyd's MIU

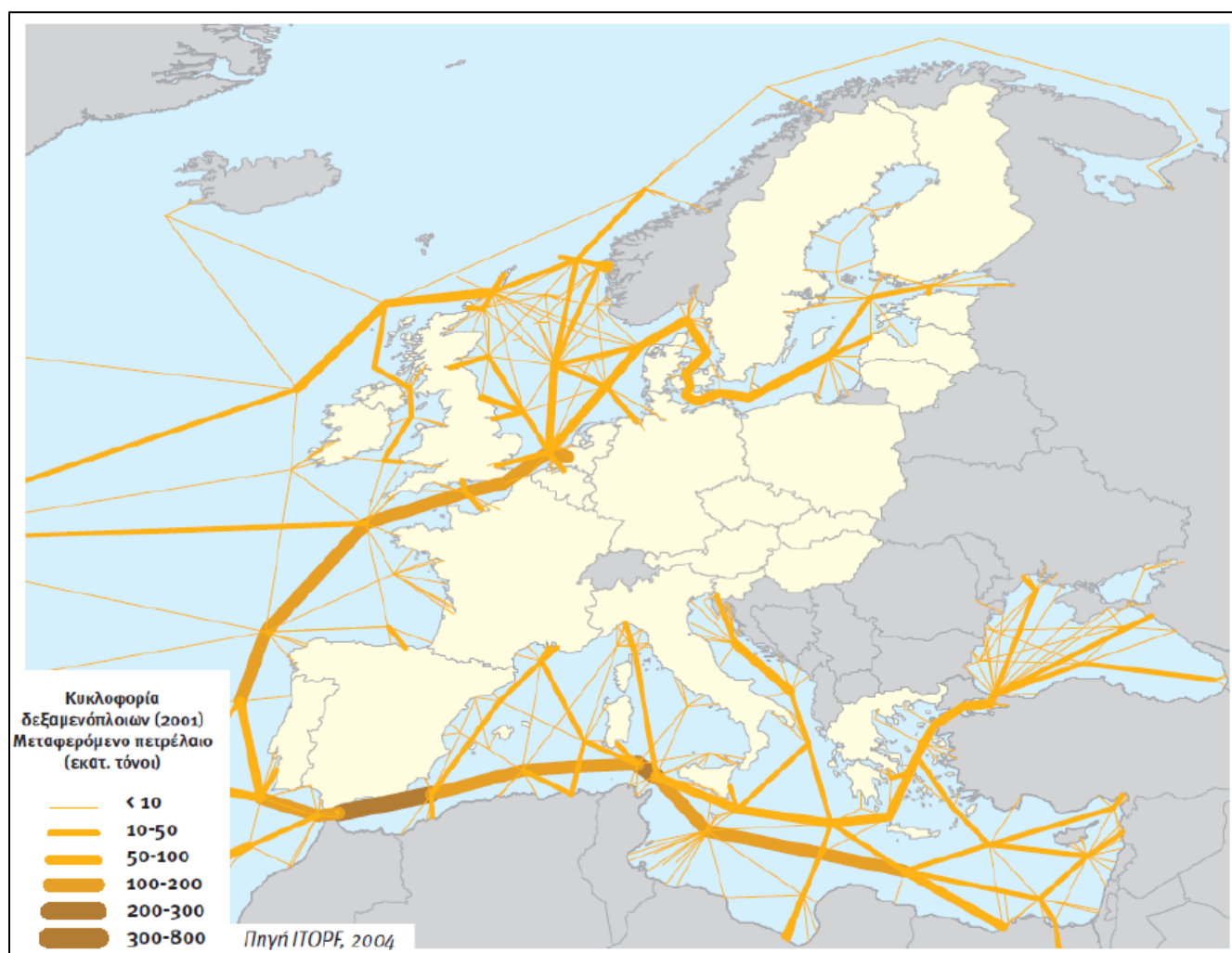
Πηγή : Lloyd's MIU <http://www.seasearcher.com/lmiu/>

2.2.6 Διακίνηση πετρελαίου στην Μεσόγειο.

Η Μεσόγειος αποτελεί την κύρια θαλάσσια οδό για την μεταφορά αργού πετρελαίου από τις χώρες της Μέσης Ανατολής, της Βόρειας Αφρικής και των λιμένων της Μαύρης Θάλασσας προς τα καταναλωτικά κέντρα της Ευρώπης και τα Βόρειας Αμερικής. Περνώντας μέσω της διώρυγας του Σουέζ ή τα στενά της Κωνσταντινούπολης, τα tanker εισέρχονται στην Μεσόγειο για να φορτώσουν/ξεφορτώσουν σε τερματικούς σταθμούς όπως η Τουρκία, η Συρία, η Αίγυπτος και η Αλγερία. Μετά τον ανεφοδιασμό, οι προορισμοί διαφέρουν ανάλογα με το πρόγραμμα του πλοίου και την πολιτική της εκάστοτε εταιρείας, άλλα προσεγγίζουν λιμάνια διακίνησης πετρελαίου που βρίσκονται στις νότιες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Ελλάδα, η Κροατία, η Ιταλία, η Ισπανία, και η Γαλλία ενώ αρκετά ταξιδεύουν προς τον Ατλαντικό με προορισμό τα λιμάνια της Βόρειας Ευρώπης.

Η διαδρομή που συνδέει την διώρυγα του Σουέζ με το στενό άνοιγμα στο Γιβραλτάρ υπολογίζεται ότι εξυπηρετεί το 90% της συνολικής διακίνησης στην Ευρώπη και θεωρείται ως η πλέον σημαντική. Τα πλοία που ακολουθούν την συγκεκριμένη πορεία κάνουν στάσεις σε λιμάνια όπως της Σικελίας και της Μάλτας περνάνε από την Τυνησία, την Αλγερία και το Μαρόκο. Η κυκλοφορία σε αυτή την θαλάσσια οδό μειώνεται όσο πλησιάζει το Γιβραλτάρ καθώς πρέπει να εξυπηρετηθούν και άλλοι εμπορικοί λιμένες οι οποίοι βρίσκονται στις βόρειες Μεσογειακές Χώρες (Πειραιάς, Μασσαλία, Ισπανία).

Χάρτης 2: Κύριες διαδρομές δεξαμενόπλοιων στη Μεσόγειο



Είναι αλήθεια πως η Μεσόγειος μπορεί να μην συγκρίνεται σε μέγεθος με τους απέραντους ωκεανούς, ωστόσο σε αριθμούς εμπορικών μεταφορών δεν υστερεί καθόλου. Το 2000 η συνολική ποσότητα πετρελαίου που διακινήθηκε παγκοσμίως ήταν 1715 εκατομμύρια τόνοι, ακόμα το 1991 μέσω της Μεσογείου μεταφέρθηκαν 360-370 εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου, σύμφωνα με τους οποίους είναι δυνατόν να ειπωθεί πως το 20%-25% του παγκόσμιου πετρελαίου που διακινείται, μεταφέρεται μέσω της Μεσογείου.

Η Μεσόγειος αρκετές φορές έχει καταταχθεί ανάμεσα στις πιο ευάλωτες στην ρύπανση περιοχές σε παγκόσμια κλίμακα. Ο κίνδυνος αφορά στην διαρροή πετρελαίου και άλλων επικίνδυνων ουσιών από τα ναυτιλιακά ατυχήματα. Οι εμπορικές οδοί που αναφέρθηκαν παραπάνω και οι μεγάλοι αριθμοί των πλοίων αλλά και εμπορευμάτων συντελούν στους λόγους αυτής της αυξημένης επικινδυνότητας, η οποία ενισχύεται ακόμα περισσότερο από το φυσικό περιβάλλον της Μεσογείου, περιβάλλον ιδιαίτερο καθώς τα νερά

της χαρακτηρίζονται από στενές θαλάσσιες λεωφόρους, μεγάλο αριθμό νησιών και ύπαρξη πολλών βραχονησίδων.

Χάρτης 3: Σημεία ρύπανσης στις ακτές της Μεσογείου



Πηγή: HCMR (2005)

Η κυκλοφορία των εμπορικών πλοίων και στη Μεσόγειο αυξάνεται καθημερινά. Χιλιάδες τόνοι πετρελαίου και άλλων εμπορευμάτων εισέρχονται και εξέρχονται συνεχώς μέσω της διώρυγας του Σουέζ και ο κίνδυνος ενός καταστροφικού θαλάσσιου περιστατικού μέσω μιας πιθανής τεράστιας απελευθέρωσης πετρελαίου στη θάλασσα της Μεσογείου με ανυπολόγιστες ζημιές, αυξάνεται δραματικά.

Χάρτης 4: Κύριες διαδρομές δεξαμενόπλοιων στη Μεσόγειο



Πηγή: State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment

3 Τα αίτια της πετρελαϊκής ρύπανσης

Το πετρέλαιο που έχει διαρρεύσει στη θάλασσα λόγω ανθρώπινης αμέλειας ή κάποιου ατυχήματος, εξαπλώνεται πάνω στην επιφάνεια καταστρέφοντας μεγάλα ποσοστά πανίδας και χλωρίδας της περιοχής αυτής. Οι πετρελαιοκηλίδες δημιουργούνται είτε μετά από ατυχήματα που είχαν αποτέλεσμα την απελευθέρωση πετρελαίου στη θάλασσα, είτε από παράνομες ενέργειες και δραστηριότητες στην διάρκεια του ταξιδιού (τον καθαρισμό της δεξαμενής καυσίμου ή την μη εγκεκριμένη απόρριψη χημικών), είτε από ατυχήματα σε εξέδρες υποθαλάσσιων γεωτρήσεων κλπ.

Πετρελαιοκηλίδα ή πετρελαϊκό ρυπαντικό περιστατικό θεωρείται ένα συμβάν ή μία ακολουθία συμβάντων που έχουν την ίδια αρχή, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε εκροή πετρελαίου και πιθανώς αποτελέει ή μπορεί να αποτελέσει απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον και τις ακτές (Τριανταφύλλου και Βεργέτης, 2004).

Οι κύριες συνιστώσες του πετρελαίου είναι οργανικές ύλες οι οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές για τους θαλάσσιους οργανισμούς. Από την στιγμή που το πετρέλαιο έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της θάλασσας ξεκινάει η διαδικασία της εξάπλωσης με τη βοήθεια των ανέμων και των θαλάσσιων ρευμάτων. «Έχει παρατηρηθεί ότι περίπου 12 ώρες μετά τη δημιουργία πετρελαιοκηλίδας, το πετρέλαιο μπορεί να διασκορπιστεί σε έκταση μεγαλύτερη των 5 τετραγωνικών χιλιομέτρων⁹». Οι οικολογικές συνέπειες των απελευθερώσεων πετρελαίου και άλλων επικίνδυνων χημικών ουσιών εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα και την τοξικότητα των υλικών αυτών.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία , τα πλοία αποτελούν τη βασικότερη πηγή μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ωστόσο η ναυτιλία είναι υπεύθυνη για την θαλάσσια ρύπανση σε μικρότερο βαθμό από άλλους παράγοντες. Η άποψη αυτή προκύπτει από το γεγονός, ότι ένα ατύχημα με μεγάλη απελευθέρωση πετρελαίου ή άλλων επικίνδυνων χημικών ουσιών έχει σοβαρές συνέπειες και επομένως μεγάλο κοινωνικό αντίκτυπο.

Λειτουργική ρύπανση λέγεται η οποιαδήποτε μορφή ρύπανσης ή μόλυνσης του περιβάλλοντος που προκαλείται από τη λειτουργία ενός εμπορικού πλοίου. Ο κίνδυνος λειτουργικής ρύπανσης είναι υπαρκτός σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός πλοίου. Από την κατασκευή του, τις φορτοεκφορτώσεις, τις επισκευές και τις διαδικασίες συντήρησης, τις

⁹ Greenpeace Greece, Αύγουστος 2006

μεταγίσεις καυσίμων, τους ερματισμούς έως και την διάλυσή του. Η απελευθέρωση πετρελαίου στη θάλασσα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- 1) Μέσω ναυτικών ατυχημάτων
- 2) Μέσω λειτουργικών διαδικασιών

1. Ρύπανση λόγω ναυτικών ατυχημάτων.

1.1 Συγκεκριμένα οι περιπτώσεις απωλειών πλοίων ή/και φορτίων που συνήθως οδηγούν σε ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορούν να συνοψιστούν στις εξής (Τριανταφύλλου, 2004):

α) Βύθιση πλοίου (Foundering or Sinking) κυρίως στην ανοιχτή θάλασσα λόγω δυσμενών κλιματολογικών συνθηκών ή μετατόπισης φορτίου.

β) Δυναμική προσάραξη πλοίου (Power Grounding), ή προσάραξη (Drift Grounding), συνήθως σε παράκτιες περιοχές με πυκνή κυκλοφορία εξαιτίας μηχανικής βλάβης, κακοκαιρίας, λανθασμένης πλοήγησης. Τα μεγάλα πλοία συχνά πέφτουν θύματα προσάραξης όταν βρίσκονται κοντά σε διεθνή στενά, κανάλια, κ.λπ., επειδή υπάρχει ελάχιστος χώρος για ελιγμούς.

γ) Σύγκρουση ή επαφή του πλοίου (Collision/Ramming). Στην πρώτη περίπτωση με άλλο ή με αλλά πλοία κυρίως στις θαλάσσιες περιοχές με συχνή κυκλοφορία (εσωτερικά ύδατα, αιγιαλίτιδες ζώνες, διεθνή στενά). Οι συγκρούσεις τις περισσότερες φορές είναι αποτέλεσμα ανθρώπινου λάθους. Στη δεύτερη περίπτωση με μια μόνιμη εγκατάσταση π.χ. προβλήτες λιμένων, πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου.

δ) Πυρκαγιά/Έκρηξη (Fire or Explosion) στις περιπτώσεις εκείνες που μεταφέρονται επικίνδυνα φορτία και το πλοίο δεν έχει άμεση βοήθεια από την πλησιέστερη ακτή.

ε) Απώλειες λόγω πολεμικών εχθροπραξιών (War Loss) ιδιαίτερα όταν τα εμπορικά πλοία έχουν επιταχθεί από την κυβέρνηση ενός κράτους για πολεμικούς σκοπούς και εμπλέκονται σε τέτοιου είδους γεγονότα.

στ) Ζημίες στη δομή του πλοίου (Structural Failure) ιδιαίτερα στο εξωτερικό περίβλημα ή στα τοιχώματα των δεξαμενών λόγω κλιματολογικών συνθηκών, μετατόπισης φορτίου, κακής συντήρησης με προφανή συνέπεια την μη αντοχή των υλικών.

ζ) Διάφορα ατυχήματα (Miscellaneous) τα οποία περιλαμβάνουν:

- ι) Μικτές μορφές των παραπάνω, π.χ. πυρκαγιά και βύθιση, πρόσκρουση και βύθιση

ii) Εσκεμμένη βύθιση πλοίου με τη μέθοδο του ανοίγματος οπών στα ύφαλα του πλοίου πιθανότατα για να μην περιέλθει το πλοίο στον έλεγχο του εχθρού ή την εξοικονόμηση χρημάτων, π.χ. από την ασφάλεια του.

iii) Εξαφάνιση του πλοίου χωρίς αιτιολόγηση,

iv) Εγκατάλειψη του πλοίου. Είναι ευνόητο ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες του φορτίου που μεταφέρονται, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ζημία που θα προκληθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον με ότι αυτό συνεπάγεται.

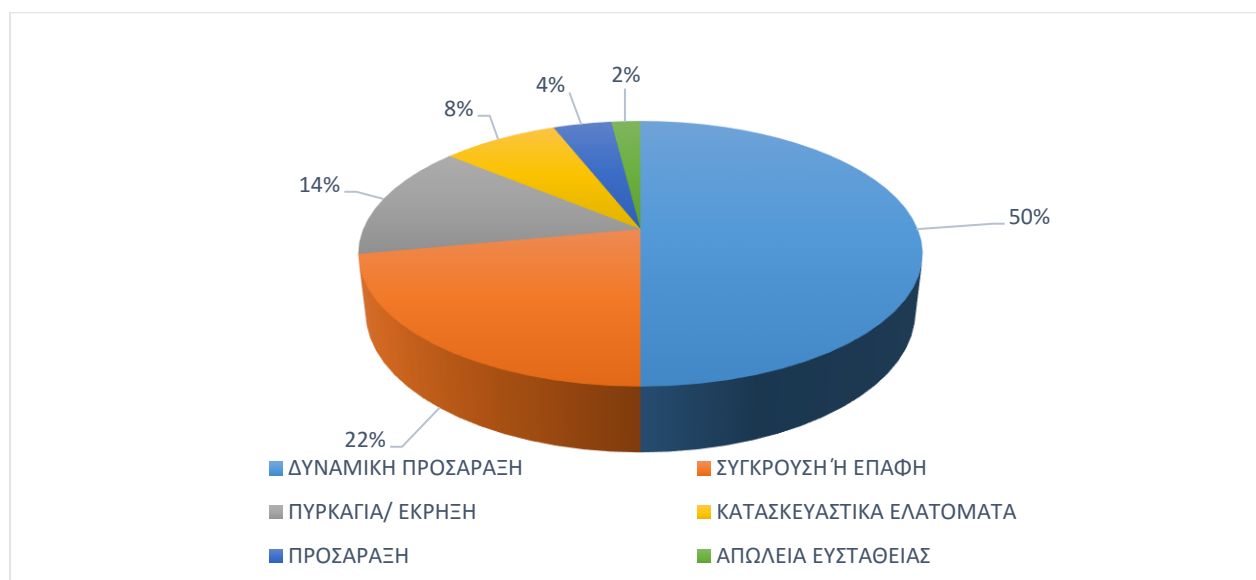
Δεν είναι όμως τα δεξαμενόπλοια αυτά καθαυτά, οι κύριοι υπεύθυνοι για την πετρελαϊκή ρύπανση. Αρκετά είναι τα είδη των πλοίων που σε αντίθεση με τα μικρά σε μέγεθος δεξαμενόπλοια μπορεί να μεταφέρουν μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου στις αποθήκες καυσίμων (εμπορευματοκιβωτιοφόρα, bulk carriers). Ενδιαφέρον έχει η παρατήρηση ότι τα ατυχήματα, που προκαλούνται από πλοία αυτού του είδους, υπολείπονται σε μέγεθος (απελευθέρωσης επικίνδυνων ουσιών), παρόλα αυτά ο αριθμός τους συμβάλει στο να προκαλέσουν ίσως και μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή καθώς και αρκετά οικονομικής φύσης προβλήματα (λαμβάνοντας υπόψη και τις διεκδικήσεις αποζημιώσεων).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα των όσων αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο αποτελεί το γεγονός πως την περίοδο 1990-2005 το 28% των πετρελαιοκηλίδων οφείλεται σε διαρροές από τις δεξαμενές των συγκεκριμένων πλοίων και όχι από τα oil tankers, ενώ την διετία 2004-2005 το ποσοστό αυτό άγγιξε το 50% (Τριανταφύλλου και Βεργέτης, 2004).

1.2. Κύριες Αιτίες Ατυχημάτων.

Παρακάτω με τη βοήθεια του σχήματος φαίνονται οι κυριότερες αιτίες ατυχημάτων που προκαλούν ρύπανση.

Γράφημα 2: Οι κυριότερες αιτίες ατυχημάτων με αποτέλεσμα την θαλάσσια ρύπανση



Πηγή: ITOPF www.itopf.com

Παρακάτω με τη βοήθεια του πίνακα παρουσιάζεται, σύμφωνα με στατιστικές μελέτες του DET NORSKE VERITAS (report No 97-2039, Project SAFECO) , η σχέση κατηγορίας αιτιών (παραγόντων) και τύπου περιστατικού (αιτία ατυχημάτων) και των αντίστοιχων ποσοστών.

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά ποσοστά κατηγορίας αιτιών – περιστατικού διαρροής

Κύριες κατηγορίες αιτιών	Τύπος περιστατικού						
	Collision	Power Grounding	Drift Grounding	Fire / Explosion	Structural Failure	Lost Stability	Σύνολο
Καιρικά φαινόμενα	0,3%	5,7%	-	-	4,9%	0,2%	11,1%
Τεχνικές/ λειτουργικές συμπτώσεις άσχετες με το πλοίο	9,6%	4,7%	-	0,5%	0,5%	-	15,3%
Κατασκευή του πλοίου θέση του εξοπλισμού	-	0,2%	-	0,3%	1,2%	0,2%	1,8%
Τεχνικές συνθήκες στον εξοπλισμό, του πλοίου	0,7%	0,8%	4,0%	4,0%	-	0,3%	9,9%
Χρήση και σχεδιασμός εξοπλισμού	-	0,2%	-	0,3%	-	-	0,5%
Ασφάλεια και χειρισμός φορτίου και bunker oil	-	0,3%	-	0,8%	0,3%	0,7%	2,2%
Επικοινωνίες, οργάνωση, διαδικασίες, εργασίες ρουτίνας	3,2%	4,2%	-	2%	-	0,2%	9,6%
Προσωπικοί παράγοντες, ανθρώπινη κρίση, αντιδράσεις	6,4%	32,4%	-	1,2%	0,2%	0,2%	40,1%
Άλλη/ Αγνωστη	1,7%	2,5%	-	4,7%	0,5%	0,2%	9,6%
Σύνολο	21,8%	51%	4%	13,9%	7,6%	1,7%	100%

Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, συμπεραίνεται ότι ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί το σημαντικότερο αίτιο πρόκλησης ατυχήματος ακόμα και από την ηλικία του πλοίου. Το έτος κατασκευής αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα στην ασφάλεια του πλοίου (η επίδραση του χρόνου και των στοιχείων της φύσης στα υλικά μέρη του πλοίου), έτσι οι έλεγχοι που αθετούνται και οι προϋποθέσεις που πρέπει να καλύπτονται είναι άκρως απαιτητικοί, ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί (μαζί με ένα σωστά εκπαιδευμένο πλήρωμα) σε οποιεσδήποτε καταστάσεις χρειαστεί. Ωστόσο δεν είναι λίγες οι φορές που παρατηρούνται φαινόμενα παράβασης αυτών με σκοπό το κέρδος, ενώ αρκετά είναι τα πλοία εκείνα που ενώ έπρεπε να έχουν αποσυρθεί συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο την ακεραιότητα του πληρώματος και υπονομεύοντας παράλληλα τη θαλάσσια ζωή.

2. Ρύπανση λόγω λειτουργικών διαδικασιών

Ως λειτουργική ρύπανση ορίζεται η οποιαδήποτε, μη ατυχηματικής μορφής ρύπανση, που προξενεί στο θαλάσσιο περιβάλλον η συνηθισμένη λειτουργία ενός εμπορικού πλοίου.

2.1. Η Θαλάσσια Ρύπανση στους Χώρους της Ναυπηγοεπισκευαστικής Βιομηχανίας

α) Ναυπήγηση πλοίου. Στην περίπτωση αυτή μιλούμε για γενικευμένης μορφής ρύπανση που δεν είναι ιδιαίτερα έντονη κατά το στάδιο της ναυπήγησης. Οι κυριότεροι ρύποι είναι υπολείμματα από χρώματα και υφαλοχρώματα που είναι πλούσια σε βαρέα μέταλλα (χαλκός, κασσίτερος, μόλυβδος), υπολείμματα από γράσα, λάδια και βαλβολίνες, υπολείμματα από αμμοβολές και υδροβολές, σκουριές από λαμαρίνες, άχρηστα ηλεκτρόδια κτλ, έρχονται σε άμεση επαφή με το θαλάσσιο περιβάλλον.

β) Τακτική και Έκτακτη Συντήρηση. Η ρύπανση που προκαλείται κατά τη διάρκεια των τακτικών και έκτακτων συντηρήσεων και επισκευών που συνοδεύουν υποχρεωτικά ένα πλοίο κατά τη διάρκεια του βίου του, είναι παρόμοια με αυτή της ναυπήγησης του πλοίου.

γ) Διάλυση Πλοίων. Στις ειδικές μονάδες διάλυσης πλοίων και παραγωγής σιδήρου, η πρόκληση θαλάσσιας ρύπανσης είναι αξιόλογη σε σχέση με τις δυο προηγούμενες περιπτώσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι τα υπολειμματικά υλικά αμελητέας αξίας είναι συνήθως πολλά και κατά κανόνα καταλήγουν στην θάλασσα με διάφορους τρόπους.

2.2. Διαδικασίες Έρματος, Άφερματος και Φορτοεκφόρτωσης

Όλα τα ποντοπόρα πλοία είναι υποχρεωμένα να εκτελούν τη μια διαδρομή του ταξιδιού τους χωρίς φορτίο προκειμένου να κατευθυνθούν προς τον προορισμό παραλαβής του φορτίου τους ή της επιστροφής του. Στο άφορτο αυτό ταξίδι, είναι αναγκασμένα να γεμίσουν τις δεξαμενές τους με θαλασσινό έρμα για να είναι τεχνικά δυνατή η πλεύση. Όταν το πλοίο ετοιμάζεται να παραλάβει φορτίο πραγματοποιεί τις διαδικασίες αφερματισμού, δηλαδή ξαναρίχνει το θαλάσσιο έρμα από τις δεξαμενές στη θάλασσα. Τότε όμως συμπαρασύρονται και κάθε είδους κατάλοιπα (συνήθως πετρελαιοειδή) που βρίσκονται στις δεξαμενές και δημιουργείται πετρελαιοκηλίδα. Αυτή η τακτική εφαρμοζόταν για δεκαετίες. Αν σκεφτεί κανείς τον αριθμό των πετρελαιοφόρων κάθε τύπου και κατηγορίας, αντιλαμβάνεται το μέγεθος του προβλήματος.

Μια ακόμη τακτική που είναι παρόμοια με αυτήν του ερματισμού-αφερματισμού, ήταν ο καθαρισμός των δεξαμενών με τη μέθοδο Butterworth. Η μέθοδος αυτή είχε ως άμεση συνέπεια την απόρριψη κατάλοιπων στη θάλασσα.

Επίσης κατά την φορτοεκφόρτωση είναι πιθανόν ανάλογα με το είδος του υγρού (φορτίου) να υπάρξει μόλυνση. Λόγω της διαρροής από τα στόμια ή τον κορμό των σωληνώσεων.

4. Συνέπειες και επιπτώσεις των ατυχημάτων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο

4.1 Συνέπειες και επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) ορίζει την θαλάσσια ρύπανση ως εξής : « ρύπανση είναι, κάθε άμεση ή έμμεση, εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον (περιλαμβανομένων και των ποτάμιων εκβολών) από τον άνθρωπο, η οποία έχει ως αποτέλεσμα, την βλαβερή επίδραση στους ζώντες οργανισμούς, παρουσιάζει κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, αλλοιώνει την ποιότητα του θαλασσινού νερού ή υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρησιμοποίησης του για ψυχαγωγικούς σκοπούς»¹⁰. Επιπρόσθετα η θαλάσσια ρύπανση έχει οριστεί από το Ελληνικό κράτος μέσω του νόμου 743 περί προστασίας περιβάλλοντος ως « η παρουσία στη θάλασσα κάθε ουσίας η οποία αλλοιώνει την φύση του θαλασσινού ύδατος ή το καθιστά επιβλαβές για την υγεία του ανθρώπου ή την πανίδα».

Η πετρελαϊκή, αποτελεί μία από τις βασικότερες ανθρωπογενείς ρυπάνσεις, οι συνέπειες της οποίας εξαρτώνται κυρίως από το είδος του πετρελαίου που διαφεύγει, τις καιρικές συνθήκες και την ευαισθησία της περιοχής. Καθοριστικό παράγοντα τόσο στην έκταση της βλάβης, όσο και στον χρόνο που θα χρειαστεί ώστε το οικοσύστημα να επανέλθει στην προγενέστερη κατάστασή του, αποτελούν η ποσότητα και ο τύπος της ουσίας που απελευθερώθηκε, η θαλάσσια έκταση, το κλίμα(καιρικές συνθήκες και εποχή), εντούτοις η περίοδος αυτή, μπορεί να επιταχυνθεί και από ανθρώπινες ενέργειες.

- Ο τύπος του πετρελαίου. Ανάλογα με τον είδος του πετρελαίου είναι και η τοξικότητα με την οποία το περιβάλλον θα έρθει αντιμέτωπο (το ακατέργαστο πετρέλαιο θεωρείται ως το πιο τοξικό, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι οι κύριοι υπαίτιοι για την ρύπανση των παράκτιων περιοχών όπως και για καρκινογενέσεις σε ψάρια και θηλαστικά)

¹⁰ Μετάφραση κειμένου από, GESAMP Reports and Studies No 47.

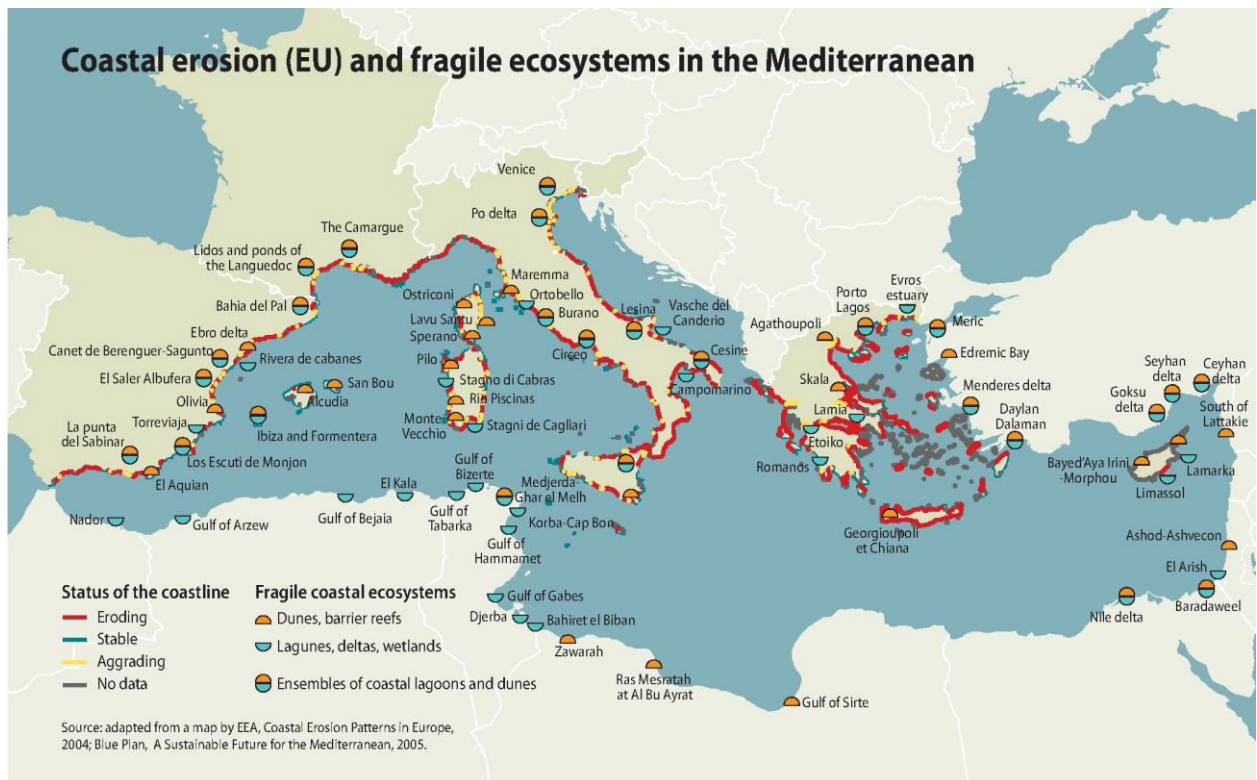
- Η θαλάσσια έκταση. Η μορφολογία της περιοχής καθορίζει το εύρος της καταστροφής δρώντας άλλοτε με ανασταλτικό χαρακτήρα και άλλοτε επιταχύνοντας τη διαδικασία της ρύπανσης.
- Το κλίμα. Έχει παρατηρηθεί πως οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την εξάτμιση των συνιστωσών του πετρελαίου (μείωση τοξικότητας). Ακόμα η θερμοκρασία, μεταβάλλει και την πυκνότητα των πετρελαιοειδών συνεπώς και την ικανότητα διείσδυσης τους στο έδαφος. Η θερμοκρασία σε συνδυασμό με το οξυγόνο και την ύπαρξη θρεπτικών συστατικών, καθορίζει τον αριθμό των μικροβίων που δρουν ανταγωνιστικά στο πετρέλαιο¹¹.

Το πετρέλαιο με βάση την σύστασή του, παρότι στα πρώτα στάδια μια πετρελαιοκηλίδας μπορεί να φτάσει σε κάποια μικρά βάθη, επιπλέει στη επιφάνεια. Από την στιγμή της διεπαφής του πετρελαίου με την θάλασσα ξεκινάει μια διαδικασία οξείδωσης και βιοδιάσπασης από τους οργανισμούς που έχουν την ικανότητα να διασπούν τους υδρογονάνθρακες.

Μετά το πέρας τριών μηνών από την γέννηση της πετρελαιοκηλίδας το πετρέλαιο που έχει απομείνει αποτελείται από δύο μέρη, το πρώτο είναι μια υδρόφοβη μάζα η οποία απαντάται με τη μορφή σβώλων και από ένα υδρόφιλο μέρος, το οποίο προσλαμβάνει μεγάλες ποσότητες νερού και μετατρέπεται σε παχύρρευστο γαλάκτωμα. Το τμήμα του πετρελαίου που απαρτίζεται από σβώλους μπορεί να ακολουθήσει δύο διαδρομές, είτε να βυθιστεί είτε να μεταφερθεί από τα ρεύματα και τους ανέμους μαζί με το δεύτερο τμήμα στις ακτές. Εκεί η περίοδος διάσπασής του και στην ουσία ο βιολογικός καθαρισμός τους, εξαρτάται από τον κυματισμό της παραλίας, όσο δηλαδή πιο έντονος είναι ο κυματισμός τόσο πιο γρήγορα γίνεται και η διάλυσή του. Το 30-40% των ουσιών που απαρτίζουν το πετρέλαιο εξατμίζονται εύκολα ενώ οι υπόλοιπες, ένα λεπτό «μονομοριακό» στρώμα το οποίο εμποδίζει όπως θα επισημανθεί και παρακάτω τις φυσικές ανταλλαγές μεταξύ νερού και αέρα, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη βιωσιμότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

¹¹ IPIECA/International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (2000), *Guidelines on Biological Impacts of Oil Pollution*. Report Series. Volume One, London SE1 8NL, United Kingdom, p. 10.

Χάρτης 5: Η διάβρωση των ακτών και τα εύθραυστα οικοσυστήματα της Μεσογείου



Οι επιπτώσεις του πετρελαίου είναι αναρίθμητες και ενώ κάποιες χαρακτηρίζονται ως άμεσες και άλλες ως έμμεσες, όλες είναι σε μεγάλο βαθμό καταστροφικές και επηρεάζουν τόσο το περιβάλλον όσο και τον άνθρωπο. Το πρώτο σύμπτωμα της πετρελαϊκής αυτής “ασθένειας” είναι, η μείωση της ικανότητας του φωτός να διαπερνά την επιφάνεια του νερού με αποτέλεσμα να παρατηρείται επιβράδυνση στα ποσοστά φωτοσύνθεσης των υποθαλάσσιων φυτών. Ταυτόχρονα αρχίζει η μείωση της διαπερατότητας του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο υδάτινο σώμα (επιδρά αρνητικά στην θαλάσσια οικολογία, αύξηση της θερμοκρασίας κτλ.). Η σταδιακή καταστροφή των φυκιών και των υποθαλάσσιων φυτών, καθώς και η πρόκληση ασφυξίας σε μαλάκια και ψάρια που δεν προλαβαίνουν να εγκαταλείψουν την περιοχή είναι αποτέλεσμα των δύο αυτών διαδικασιών. Σημαντικές είναι και οι συνέπειες από τη φάση κατά την οποία το πετρέλαιο έρχεται σε άμεση ή και έμμεση επαφή με κάποιον κοραλλιογενή ύφαλο. Τα κοράλλια παρουσιάζουν πρόβλημα στη θρέψη, στην συμπεριφορά και στην αναπαραγωγική ικανότητα, επομένως, και εφόσον αποτελούν εμπόδιο για την παράκτια διάβρωση αλλά και έναν σημαντικό πόρο αλιείας, αναφέρονται και εκεί προβλήματα. Τα πουλιά που έρχονται σε επαφή με μια πετρελαιοκηλίδα συχνά έρχονται αντιμέτωπα με το θάνατο, το πετρέλαιο κολλάει στο φτέρωμά τους δημιουργώντας τους δυσκολία στην πλεύση και το πέταγμα, καταστρέφοντας την θερμική μόνωση που τα προστατεύει από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Πολλές φορές ο θάνατος προέρχεται από

ασφυξία, αλλά συνήθως βασικές αιτίες θανάτου είναι η ασιτία , ο πνιγμός και οι τοξικές επιδράσεις του πετρελαίου στα ζωτικά όργανα (ακούσια κατάποση ποσότητας πετρελαίου στην προσπάθειά τους να καθαρίσουν τα φτερά τους). Μετά την εμφάνιση πετρελαιοκηλίδων έχει αναφερθεί ο θάνατος χιλιάδων ενυδρίδων (αποτελούν το πρώτο σε θνησιμότητα θηλαστικό λόγω της αλλοίωσης των χαρακτηριστικών της γούνας τους από το πετρέλαιο). Τέλος σε αντίθεση με τα δελφίνια ,τις φώκιες και γενικότερα τα μεγάλα θαλάσσια θηλαστικά, τα αμφίβια (χελώνες ,κροκόδειλοι, κτλ.) επηρεάζονται σημαντικά από την ρύπανση λόγω της εξαφάνισης των βασικών πηγών τροφής και της τοξικότητας που παρουσιάζει το πετρέλαιο για αυτά .

Πουλιά, ψάρια, θαλάσσια θηλαστικά είναι μόνο μερικά από τα είδη που υφίστανται τις συνέπειες από τις οικολογικές καταστροφές, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω τη «μαύρης παλίρροιας» εμπλέκεται ολόκληρη η τροφική αλυσίδα¹². Το πετρέλαιο καταστρέφει και την παράκτια πανίδα, συνήθως μέσω της παλίρροιας προσκολλάται στις αερόβιες ρίζες, οδηγώντας και στην νέκρωση τους αρκετές φορές.

4.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Ορισμένες ενώσεις τις οποίες οι ζώντες οργανισμοί δεν μπορούν να μεταβολίσουν, έχουν την τάση να συσσωρεύονται μέσω της τροφικής αλυσίδας σε ανώτερους ζωικούς οργανισμούς, ακόμα και στον άνθρωπο (καθώς αποτελεί πλέον τον κυρίαρχο της). Οι ουσίες αυτές συναντώνται και στο πετρέλαιο και χαρακτηρίζονται από τον τοξικό τους χαρακτήρα (π.χ. πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες). Η συσσώρευση αυτή επιβαρύνει και την αγορά καθώς τα προϊόντα αυτά κρίνονται ακατάλληλα. Οικονομικές συνέπειες υπάρχουν και στον τομέας του τουρισμού καθώς επέρχεται και αισθητική ρύπανση των παραλιών. Ακόμα πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος του καθαρισμού, το οποίο είναι σχεδόν αδύνατον να υπολογιστεί λόγω των τεράστιων ποσοτήτων (πετρελαίου και χημικών) που έχουν εκλυθεί στην θάλασσα και επειδή τα στοιχεία παραμένουν απόρρητα (δικαστικές αγωγές/αποζημιώσεις).

¹² Peterson CH, Rice SD, Short JW, Esler D, Bodkin JL, Ballachey PE, Irons DB (2003). «Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill». *Science* 302:2082–2086.

4.3 Περιπτώσεις μεγάλων οικολογικών καταστροφών στην υπό μελέτη περιοχή.

Haven 11/04/91, Ιταλία: Στις 11 Απριλίου, το δεξαμενόπλοιο με κυπριακή σημαία Haven ενώ ήταν φορτωμένο με 144.000 τόνους αργού πετρελαίου, μερικά μίλια μακριά από την ακτή της Γένοβας, τυλίχθηκε στις φλόγες και εξερράγει σπάζοντας έτσι σε τρία μέρη. Το ένα από τα τρία βυθίστηκε επί τόπου σε αντίθεση με τα άλλα δύο μέρη τα οποία βυθίστηκαν κατά την ρυμούλκηση. Παρά τις επιχειρήσεις αντιμετώπισης της ρύπανσης στην περιοχή, μέρη του πετρελαίου κατευθύνθηκαν δυτικά, φτάνοντας έτσι την Κυανή Ακτή μέχρι και την Hyeres (Ιέρ). Οι ιταλικές αρχές αποφάσισαν να κάψουν την πλειοψηφία του απελευθερωμένου πετρελαίου, καταγράφοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Από τις προσπάθειες καθαρισμού της θάλασσας και των ακτών συγκέντρωσαν, περίπου 2.000 κυβικά μολυσματικών ουσιών από την θάλασσα και σχεδόν 110 χιλιόμετρα ακτογραμμής, βράχων και παραλιών καθαρίστηκαν.

Οι συνέπειες που παρατηρήθηκαν στα πτηνά που είχαν καλυφθεί από το πετρέλαιο, των οποίων ο αριθμός ανερχόταν στα 100 και η μείωση της θαλάσσιας ζωής στην επιφάνεια και στις ακτές ήταν άμεσες. Υπολείμματα πίσσας κατακάθισαν στον πυθμένα, ενώ χρειάστηκαν δώδεκα χρόνια ώστε να καθαριστούν οι περιοχές που μολύνθηκαν από το πετρέλαιο κυρίως ακτές της Ιταλίας, ιδιαίτερα αυτές που βρίσκονται κοντά στη Γένοβα, και τη νότια Γαλλία.

Irene Serenade 23/02/80, Ελλάδα: Στις 23 Φεβρουαρίου το ελληνικό δεξαμενόπλοιο φορτωμένο με 102.660 τόνους ιρακινό αργό πετρέλαιο και καθώς είχε ρότα για την Τεργέστη κλήθηκε να εφοδιαστεί με καύσιμα στον Όρμο του Ναβαρίνου. Καθώς αγκυροβολούσε στην τοποθεσία ανεφοδιασμού καυσίμων (bunkering location), υπέστη μια σειρά από εκρήξεις οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα να ξεσπάσει φωτιά λόγω του φορτίου (πληροφορίες αναφέρουν πως η αιτία ήταν ένας σπινθήρας από την τριβή της άγκυρας). Το πετρέλαιο που εκλύθηκε καιγόταν για 14 ώρες μέχρι τελικά να βυθιστεί το δεξαμενόπλοιο την επόμενη μέρα, έξω από το λιμάνι της Πήλου. Όλο το πλήρωμα εκτός από δύο άτομα διασώθηκαν.

Περίπου 40.000 τόνοι παρατηρήθηκαν μέσα στον όρμο, και διαπιστώθηκε ότι ήταν τα υπολείμματα της φλεγόμενης ύλης, ενώ μια ροή πιο "φρέσκου" πετρελαίου αναδύθηκε από το ναυάγιο η οποία προερχόταν από τα υπολείμματα πετρελαίου των δεξαμενών. Μια σημαντική ποσότητα πετρελαίου 10.000 με 20.000 τόνων παρατηρήθηκε στην ανοιχτή

θάλασσα ωστόσο (λόγω έλλειψης περισσότερων αναφορών και στοιχείων) θεωρήθηκε ότι διαχωρίστηκε και διασπάστηκε από το περιβάλλον¹³.

Κύριο μέλημα υπήρξε η όσο το δυνατόν μικρότερη υποβάθμιση της τουριστικής αξίας της περιοχής καθώς η αλιεία ήταν πολύ περιορισμένη . Με συντονισμένες προσπάθειες από τα συνεργεία καθαρισμού, τις αρχές αλλά και τους πολίτες καθαρίστηκαν οι περιοχές κοντά στο βυθισμένο πλοίο, οι βραχώδεις ακτές προσιτές από την θάλασσα και οι αμμώδεις παραλίες με πρόσβαση. Οι δραστηριότητες καθαρισμού ήταν πιο έντονες κατά την διάρκεια των πρώτων έξι εβδομάδων με 17 πλοία και 400 άτομα να συμμετέχουν ενεργά, ενώ στα μέσα Απριλίου ολοκληρώθηκε η βασική φάση της απορρύπανσης και οι περισσότερες συσκευές καθαρισμού απομακρύνθηκαν. Το λιμενικό σώμα διατήρησε μια ομάδα εξοπλισμένη για την συλλογή των μικρών ποσοτήτων πετρελαίου που απελευθερώνονταν από το ναυάγιο.

Η συνεχής διαρροή ποσοτήτων πετρελαίου οδήγησε την Ελληνική κυβέρνηση να χρησιμοποιήσει εκρηκτικά ώστε να απελευθερώσει το παγιδευμένο σε μέρη του βυθισμένου πλοίου , πετρέλαιο. Η επιχείρηση αυτή έγινε ένα χρόνο μετά το συμβάν μιας και με τα μέτρα που είχαν ληφθεί προηγουμένως η μόλυνση είχε περιοριστεί σε ικανοποιητικό βαθμό.

Η πετρελαιοκηλίδα δεν έθεσε σε κίνδυνο τη θαλάσσια πανίδα ή την άγρια ζωή η οποία σχετίζεται με τις ακτές. Δεν καταγράφηκαν θάνατοι πτηνών ή ψαριών που να σχετίζονται με πετρελαϊκά αίτια¹⁴.

“Lebanon conflict” 13/07/06: Η συγκεκριμένη περίπτωση δεν προκλήθηκε από πλοίο, αλλά παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς από τους βομβαρδισμούς που υπέστη ο Λίβανος από τις 13 έως τις 15 Ιουλίου. Κατά την διάρκεια των βομβαρδισμών χτυπήθηκε μονάδα ηλεκτροπαραγωγής της Jieh (30 χιλιόμετρα νότια της Βηρυτού). Σύμφωνα με τις αρχές του Λιβάνου 15,000 τόνοι πετρελαίου το οποίο δεν είχε προλάβει να καεί από την φωτιά που είχε ξεσπάσει απελευθερώθηκε στη Μεσόγειο. Η μόλυνση σύντομα κατάφερε να καλύψει σχεδόν την μισή ακτογραμμή του Λιβάνου η οποία αγγίζει τα 200 χιλιόμετρα.

Στις 25 Ιουλίου 2006 το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Δημοκρατίας του Λιβάνου έκανε έκκληση για βοήθεια σχετικά με το θέμα της πετρελαιοκηλίδας, μέσω της REMPEC και άλλων φορέων προστασίας της Μεσογείου, το ίδιο έκανε και η Συρία αργότερα καθώς

¹³ <http://www.itopf.com/in-action/case-studies/case-study/irenes-serenade-greece-1980/>

¹⁴ Pu Bao-Kang, International Maritime Organization *Analysis of significant oil spill incidents from ships, 1976-1985*, Apr 1987, Vol. 1987, No. 1 (April 1987) pp. 43-47

μέχρι τις 5 Αυγούστου η ρύπανση είχε επεκταθεί μέχρι τις ακτές της. Η REMPEC άμεσα ανταποκρίθηκε αναλαμβάνοντας το ρόλο του γενικού γραμματέα για την δημιουργία ενός πλάνου αντιμετώπισης από τους ειδικούς στον τομέα αυτόν, και έτσι με την σειρά της κάλεσε την CYCOFOS (the Cyprus Coastal Ocean Forecasting and Observing System) για την άντληση πληροφοριών σε σχέση με τις ρυπαντικές ουσίες και της κατεύθυνσής τους. Το έργο που εκπονήθηκε από τις συνεδριάσεις των ειδικών για την εφαρμογή ενός πλάνου αντιμετώπισης το οποίο εγκρίθηκε στις 17 Αυγούστου αποτελούταν από τα παρακάτω στάδια¹⁵:

- Μία βραχύχρονη περίοδο στην οποία θα συγκεντρωνόταν ο εξοπλισμός και το εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό για την καταπολέμηση της ρύπανσης.
- Μία περίοδο κατά την οποία θα συγκεντρώνονταν οι εισφορές και η οικονομική βοήθεια στο πλαίσιο ενός δομημένου προγράμματος εξυγίανσης της ακτογραμμής.
- Μία μακροπρόθεσμη περίοδο η οποία θα συμπεριλάμβανε μία λεπτομερή μελέτη επιπτώσεων, καθώς και την ενίσχυση των εθνικών και περιφερειακών πόρων για την αντιμετώπιση της ρύπανσης.

Η ρύπανση παρότι δεν ήταν από τις μεγαλύτερες (σε ποσότητα) θα μπορούσε να έχει καταστροφικό χαρακτήρα λόγω της παραλιακή δόμησης της χώρας του Λιβάνου, καθώς το πετρέλαιο δεν θα κατέληγε σε μία παραλία η οποία θα ήταν απομονωμένη παρά σε μια καταπονημένη ακτογραμμή από την αστική ρύπανση και παραπάνω από κατοικημένη. Επιπλέον, πέρα από τον παράγοντα της ανθρώπινης ζωής υπήρχαν δύο ακόμη παράγοντες, μία περιοχή αναπαραγωγής της πράσινης χελώνας στην περιοχή Tyt και μια περιοχή στα νησιά Πάλμ που αποτελεί μεταναστευτικό σταθμό πουλιών.

Ο κίνδυνος για τα μεταναστευτικά πουλιά ήταν μέτριος καθώς είχε τελειώσει η εποχή μετανάστευσης. Ωστόσο δεν έχουν δοθεί περεταίρω στοιχεία για την ύπαρξη ή μη νεκρών ή μολυσμένων ζώων από τις αρχές του Λιβάνου, επομένως δεν θα ήταν ασφαλές ούτε ορθό να εξαχθούν επιπρόσθετα συμπεράσματα εκτός από το ότι δεν υπήρξαν τελικώς σοβαρές επιπτώσεις.

¹⁵ <http://wwz.cedre.fr>

5. Νομοθετικό πλαίσιο

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) είναι η διεθνής αρμόδια αρχή για νομικά και τεχνικά θέματα που σχετίζονται με ναυτιλιακές δραστηριότητες. Ο ΙΜΟ υπάγεται στον ΟΗΕ και με την υποστήριξη του έχουν εκδοθεί κανονισμοί, συμβάσεις και κώδικες που αφορούν σε αρκετά θέματα των παγκόσμιων θαλάσσιων μεταφορών. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλοι οργανισμοί οι οποίοι έχουν νομοθετικό ρόλο, ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή που βρίσκονται. Ακολουθεί μια επισκόπηση των κυριότερων κανονισμών που έχουν θεσπιστεί στην περιοχή της Μεσογείου, στην ευρύτερη περιοχή της Αμερικής αλλά και παγκοσμίως.

5.1 Διεθνές νομοθετικό πλαίσιο.

Συμβάσεις, κανόνες και κανονισμοί που εγκρίθηκαν υπό την αιγίδα του ΙΜΟ, παρέχουν ένα διεθνές νομικό πλαίσιο και πρακτικές για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι δύο κυριότερες συμβάσεις που εκδόθηκαν είναι :

- SOLAS 74 (Safety Of Life At Sea), στην οποία περιλαμβάνονται, διάφοροι κώδικες που αφορούν το κατασκευαστικό και εξοπλιστικό υπόβαθρο των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα (υγρά, αέρια, χύδην κτλ.)
- MARPOL (MARine POLLution) 1973/78, η οποία προνοεί για την πρόληψη της ρύπανσης από διάφορα πετρελαιοειδή και χημικά που μεταφέρονται με πλοία.

Ο διεθνής ναυτιλιακός κώδικας επικίνδυνων ουσιών του διεθνούς ναυτιλιακού οργανισμού αναφέρεται ως IMDG-IMO-CODE. Επίσης υπάρχει ο κώδικας IBC που είναι σχετικός με την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν χύδην επικίνδυνες χημικές ουσίες, καθώς και οι αντίστοιχοι κώδικες GC, Existing GC, IGC που αφορούν την μεταφορά υγροποιημένων αερίων.

5.2 Νομοθετικό πλαίσιο για την περιοχή της Μεσογείου

Τα θεμέλια για την περιφερειακή συνεργασία στους τομείς της πρόληψης, της ετοιμότητας και της αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης από τα πλοία στη Μεσόγειο είναι τα ακόλουθα . Αρχικά το πρωτόκολλο 2002 Prevention and Emergency (πρωτόκολλο σχετικά με την συνεργασία στην πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης την καταπολέμηση της ρύπανσης της Μεσογείου). Και τη Σύμβαση της Βαρκελώνης (Σύμβαση για τη προστασία του Θαλάσσιου περιβάλλοντος και των παράκτιων περιοχών της Μεσογείου)

5.2.1 Prevention and Emergency Protocol 2002

Το πρωτόκολλο πρόληψης και έκτακτης ανάγκης, το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 17 Μαρτίου 2004, είναι το περιφερειακό μέσο που θέτει τις βασικές αρχές της συνεργασίας για την αντιμετώπιση των απειλών στο θαλάσσιο περιβάλλον, τις ακτές και τα συγγενή συμφέροντα των συμβαλλομένων μερών που δημιουργούνται από τυχαίες εκλύσεις ή από συσσώρευση μικρών, λειτουργικών απορρίψεων, πετρελαίου ή άλλων ουσιών.

5.2.2 Η Σύμβαση της Βαρκελώνης

Το 1976, 16 Μεσογειακά κράτη (Κροατία, Κύπρος, Ευρωπαϊκές Κοινότητες Γαλλία, Ελλάδα, Μάλτα, Μαυροβούνιο, Σλοβενία, Ισπανία και Τουρκία) υιοθέτησαν τη Σύμβαση της Βαρκελώνης και τα 6 πρωτόκολλα της, τα οποία αποτελούν το νομικό πλαίσιο του Σχεδίου Δράσης:

- Πρωτόκολλο για την Αποφυγή της Ρύπανσης της Μεσογείου από Πλοία και Αεροσκάφη (Dumping Protocol)
- Πρωτόκολλο που Αφορά στην Συνεργασία Κρατών - Μελών για την Αποφυγή Ρύπανσης από Πλοία και την Αντιμετώπιση Επειγόντων Περιστατικών (New Emergency Protocol)
- Πρωτόκολλο για την Προστασία της Μεσογείου από Επίγειες Πηγές Ρύπανσης (Land Based Sources Protocol)

- Πρωτόκολλο το οποίο αφορά σε Προστατευόμενες Περιοχές και στη Βιολογική Ποικιλομορφία της Μεσογείου Protected Areas and biodiversity Protocol).
- Πρωτόκολλο για την προστασία της Μεσογείου από την Εκμετάλλευση του Υπεδάφους της (Offshore Protocol).
- Πρωτόκολλο για την Αποφυγή της Ρύπανσης από την Μεταφορά Επικίνδυνων Αποβλήτων (Hazardous Wastes Protocol).

Τα προγράμματα, σχέδια δράσεις και νομικές ρυθμίσεις οι οποίες έχουν υιοθετηθεί από δραστηριότητες του Μεσογειακού Σχεδίου Δράσης είχαν πολύ θετικά αποτελέσματα στην προστασία και διαχείριση του Μεσογειακού περιβάλλοντος. Με την πάροδο του χρόνου το Μεσογειακό Σχέδιο Δράσης, επεκτάθηκε ώστε να συμπεριλάβει και την έννοια της πρόληψης στον τομέα της προστασίας και διαχείρισης των παράκτιων περιοχών.

5.2.3 Περιφερειακό Κέντρο Επειγόντων Περιστατικών Θαλάσσιας Ρύπανσης

Το Περιφερειακό Κέντρο Επειγόντων Περιστατικών Θαλάσσιας Ρύπανσης (Regional Marine Pollution Emergency Response Centre – REMPEC) αποτελεί τον συνδετικό κρίκο ανάμεσα στα κράτη της Μεσογείου. Εδρεύει στη Μάλτα και φροντίζει για την υποστήριξη των Μεσογειακών κρατών, ώστε να αναπτύσσουν την υποδομή τους ως προς την αντιμετώπιση επεισοδίων/συμβάντων θαλάσσιας ρύπανσης, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση του πλεούμενου Prestige. Επιπλέον, διευκολύνει την συνεργασία μεταξύ των διάφορων Μεσογειακών κρατών για την αντιμετώπιση ατυχημάτων θαλάσσιας ρύπανσης από ευρύ φάσμα ρύπων. Αυτό το περιφερειακό κέντρο συντονίζεται από το Μεσογειακό Σχέδιο Δράσης και τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (International Maritime Organisation - IMO).

6. Μεθοδολογία

Σε αυτό το σημείο αναφέρονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

6.1 Συλλογή δεδομένων

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε, εμπεριέχει τα στοιχεία των ατυχημάτων που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου , από το 1977 έως και το 2013. Η βάση αυτή προέρχεται από το αρχείο της Rempec (Regional Marine Pollution Emergency Response Centre).

Συνολικά η Rempec αναφέρει στην βάση δεδομένων 797 ατυχήματα. Στην συγκεκριμένη όμως εργασία θα περιοριστούμε κυρίως σε αυτά που είχαν ως αποτέλεσμα την διάρρευση πετρελαίου στα ύδατα της Μεσογείου, και σε δεύτερο χρόνο με τα ατυχήματα στο οποία η θάλασσα ήρθε σε επαφή με χημικά και άλλες επικίνδυνες ουσίες. Σκοπός αυτού είναι η ανάλυση των δεδομένων με τέτοιον τρόπο, ώστε τα αποτελέσματα να εστιάσουν στα στοιχεία που αφορούν στην εργασία.

Η χρονική περίοδος που καλύπτουν τα δεδομένα της βάσης , αφορά στο διάστημα από τον Αύγουστο του 1977 μέχρι και τον Ιούλιο του 2013. Από τα ατυχήματα που έγιναν σε αυτή την περίοδο μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες και στοιχεία, όπως για παράδειγμα την ακριβή ημερομηνία, τις γεωγραφικές συντεταγμένες, τον τύπο του ατυχήματος , τα χαρακτηριστικά του πλοίου, το είδος της απελευθερωμένης ουσίας- εάν υπήρξε κάποια- και τέλος και ίσως σημαντικότερο των υπόλοιπων πληροφοριών, την ποσότητα που απελευθερώθηκε.

6.2 Κριτήρια επιλογής

Ο αριθμός των ατυχημάτων που συμβαίνουν στην υφήλιο στο διάστημα ενός χρόνου είναι μεγάλος. Μικρά ποσοστά όμως του αριθμού αυτού κατατάσσονται ως επικίνδυνα για την ανθρώπινη ή τη θαλάσσια ισορροπία. Για τον λόγο αυτό θα περιληφθούν μόνο τα ατυχήματα, τα οποία έχουν προκαλέσει ρύπανση των υδάτων με πετρελαιοειδή ή με άλλες επικίνδυνες ουσίες.

Τα κριτήρια τα οποία θα πρέπει να ικανοποιούνται είναι τα εξής:

- Τα ατυχήματα θα πρέπει να έχουν συμβεί στη λεκάνη της Μεσογείου.
- Τα ατυχήματα μπορεί να προέρχονται από οποιονδήποτε τύπο πλοίου αρκεί να έχουν οδηγήσει σε μία πετρελαιοκηλίδα ή σε μια διαρροή επικίνδυνων υλών (χημικών κυρίως).

7. Αποτελέσματα και σχολιασμοί

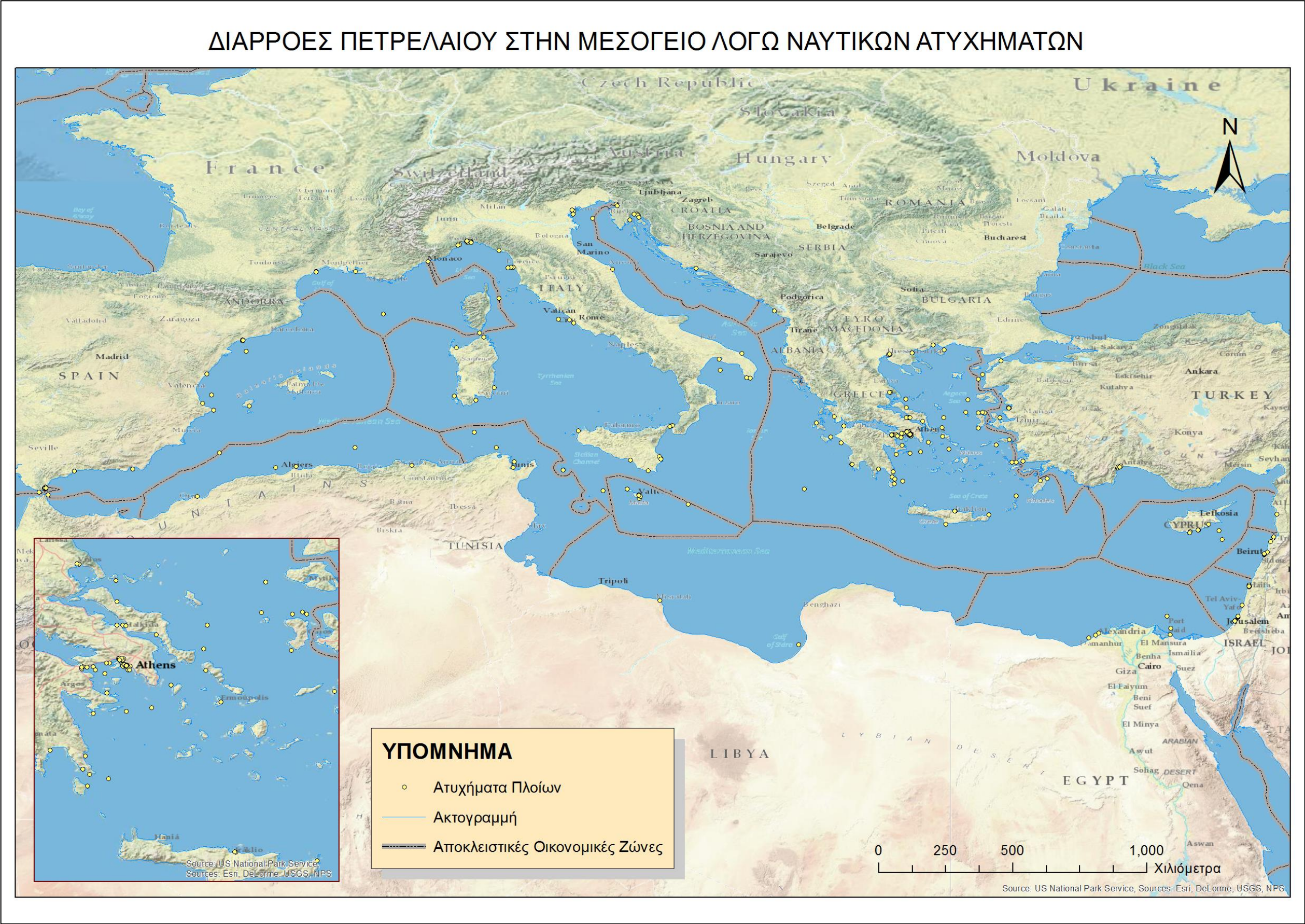
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ανάλυση των δεδομένων, που συγκεντρώθηκαν από την Rempec, μέσω χαρτογραφικών και στατιστικών στοιχείων. Η ανάλυση των ατυχημάτων που επέφεραν την απελευθέρωση πετρελαίου και άλλων χημικών ουσιών αποσκοπεί στην εξαγωγή αποτελεσμάτων που αφορούν :

- Τις ποσότητες που διέρρευσαν στην Μεσόγειο
- Τον αριθμό των ατυχημάτων
- Συμβάντα σε σχέση με το χρόνο
- Την γεωγραφική θέση των ατυχημάτων
- Τον τύπο του πλοίου

Αυτά θα παρουσιαστούν σε δυο φάσεις. Πρώτα θα γίνει ανάλυση των ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση πετρελαιοειδών και ύστερα αυτών που ευθύνονται για την ρίψη χημικών και επικίνδυνων ουσιών.

Σύμφωνα με την Rempec τα ατυχήματα που προκάλεσαν ή ήταν δυνατό να προκαλέσουν ρύπανση των υδάτων με πετρελαιοειδή ή άλλες χημικές ουσίες την περίοδο από το 1977 έως 2013, ανέρχονται στα 402. Ωστόσο αυτός ο αριθμός μπορεί να αναλυθεί στους εξής: από τα 402 ατυχήματα, αυτά που ευθύνονται για την απελευθέρωση πετρελαίου στην Μεσόγειο είναι 268, ενώ τα συμβάντα ρίψης χημικών είναι 37. Ακόμη, 34 ατυχήματα στα οποία αναφέρει την ύπαρξη μολύνσεων ή πετρελαιοκηλίδων μαζί με την άμεση αντιμετώπιση και τον καθαρισμό τους αλλά χωρίς να δίνονται περαιτέρω στοιχεία, ενώ υπάρχουν και 63 περιπτώσεις στις οποίες το αν χημικές ουσίες ή πετρέλαιο, ήρθαν σε επαφή με τη θάλασσα παραμένει άγνωστο όχι όμως και απίθανο. Από τα ατυχήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, προκύπτει ότι συνολικά 298.590 τόνοι πετρελαίου και 36.446 τόνοι χημικών απελευθερώθηκαν στα νερά της Μεσογείου. Δυστυχώς όμως οι αριθμοί αυτοί είναι μικρότεροι ίσως και πολύ μικρότεροι από τους πραγματικούς, λόγω ορισμένων καταχωρίσεων της REMPEC ως unknown (άγνωστο) αλλά και λόγω πιθανής αδιαφορίας των κρατών για την ορθή ενημέρωση (από την μη ολοκληρωμένη έρευνα έως και την αδιαφορία για την αναφορά του περιστατικού).

Χάρτης 6: Ατυχήματα πλοίων με αποτέλεσμα την εκροή πετρελαίου στην Μεσόγειο



7.1 Ανάλυση ατυχημάτων με αποτέλεσμα την πετρελαϊκή ρύπανση

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν τα δεδομένα που αφορούν στο πετρέλαιο με την χρήση χαρτών αλλά και στατιστικών μέσων (πίνακες, γραφήματα). Στον χάρτη 6 φαίνεται η περιοχή μελέτης (Μεσόγειος) καθώς και όλα τα ατυχήματα του πετρελαίου που οδήγησαν στην απελευθέρωση πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Με την επεξεργασία των παρακάτω στιγμάτων κατασκευάστηκαν οι χάρτες που χρησιμοποιούνται στην εργασία (από το κεφάλαιο 7 μέχρι το τέλος). Τέλος στο χάρτη εμφανίζονται και οι Α.Ο.Ζ. και η ακτογραμμή των χωρών.

7.1.1 Αριθμοί και ποσότητες των ατυχημάτων.

Στην εξεταζόμενη περίοδο, τα ατυχήματα των πλοίων που συνέβησαν είχαν ως αποτέλεσμα, περίπου 300.000 τόνοι πετρελαιοειδών να διαρρεύσουν στα νερά της Μεσογείου.

Γράφημα 3: Οι ετήσιες απελευθερώσεις πετρελαίου την περίοδο (1977-2013)



Στο παραπάνω γράφημα αναφέρονται οι ποσότητες που διέρρευσαν στην Μεσόγειο θάλασσα από το 1977 μέχρι το 2013. Η χρήση του γραφήματος αυτού έγινε για να παρουσιαστούν καλύτερα τα ατυχήματα με μεγάλη απελευθέρωση πετρελαίου (διαρροές από 5000 τόνους και άνω). Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός πως τέτοια ατυχήματα εμφανίζονται συχνά την περίοδο 1977 με 1981 ενώ από το 1981 και μετά υπήρξε μόνο ένα περιστατικό, το οποίο όμως αποτελεί και το χειρότερο της περιόδου που διερευνάται (HAVEN 1991). Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τα οκτώ αυτά ατυχήματα.

Πίνακας 3: Ατυχήματα με απελευθέρωση πάνω από 5000 τόνους πετρελαίου

Όνομα Πλοίου	Χρονολογία	Χώρα	Τύπος Ατυχήματος	Ποσότητες που διέρρευσαν (σε τόνους)
HAVEN	1991	Ιταλία	Πυρκαγιά/Εκρηξη	144000
IRENES SERENADE	1980	Ελλάδα	Πυρκαγιά/Εκρηξη	40000
JUAN A. LAVALLEJA	1980	Αλγερία	Προσάραξη	39000
CAVO CAMBANOS	1981	Ισπανία	Πυρκαγιά/Εκρηξη	18000
MESSINIAKI FRONTIS	1979	Ελλάδα	Προσάραξη	12000
AL RAWDATAIN	1977	Ιταλία	Βλάβη στη μεταφορά φορτίου	8500
VERA BERLINGIERI	1979	Ιταλία	Σύγκρουση	5200
AGIP VENEZIA	1977	Ιταλία	Σύγκρουση	5000

Στην συνέχεια για την καλύτερη ανάδειξη των πληροφοριών θα αφαιρεθούν ορισμένα γραφήματα σχετικά με τα ατυχήματα που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα. Στο γράφημα 4 λοιπόν μπορούν να γίνουν πιο εύκολα αντιληπτές οι τιμές των ετήσιων απελευθερώσεων. Με βάση το γράφημα λοιπόν, παρατηρείται ότι οι απελευθερώσεις από το 77 μέχρι το 91 (2895 τόνοι) βρίσκονται σε ανοδική πορεία, ενώ στην συνέχεια

παρουσιάζεται σχεδόν δραματική μείωση των πετρελαιοκηλίδων (1993-96). Το 2000 (2875 τόνοι) παρουσιάζεται μια ραγδαία αύξηση των απελευθερώσεων, για να ακολουθήσει μείωση των συμβάντων μέχρι και το 2013 όπου και παρουσιάζεται μια αύξηση, μέτριας όμως κλίμακας.

Γράφημα 4: Ετήσιες απελευθερώσεις πετρελαίου εκτός των μεγάλων συμβάντων (1977-2013)



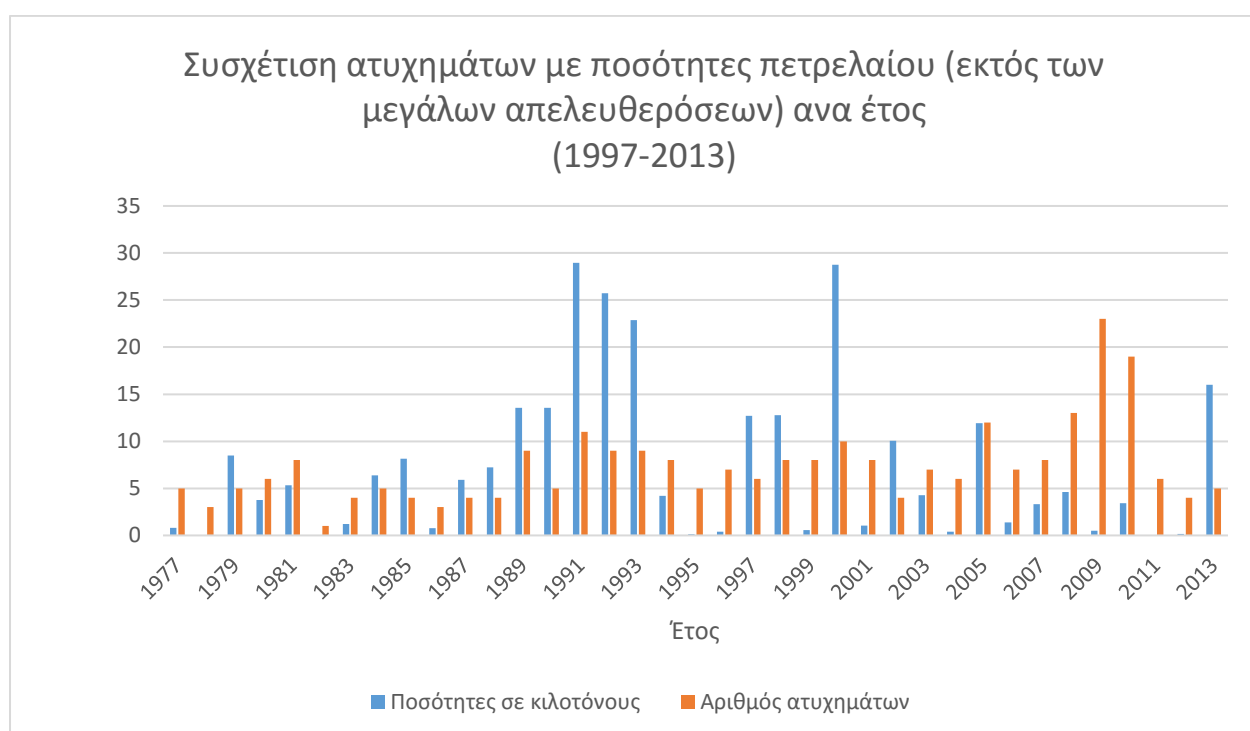
Στο γράφημα 5 φαίνονται οι ετήσιοι αριθμοί των ατυχημάτων την περίοδο μελέτης. Χαρακτηριστικό είναι πως παρουσιάζεται μικρή αύξηση η οποία είναι δικαιολογημένη καθώς είναι αποτέλεσμα της αύξησης της παγκόσμιας αγοράς επομένως και των δρομολογίων αλλά και των αριθμών των πλοίων. Ωστόσο υπάρχει μια απότομη διακύμανση την περίοδο 2009-10, χωρίς όμως κάποια ιδιαίτερη απελευθέρωση πετρελαίου καθώς η πλειοψηφία των συμβάντων δεν απελευθέρωσε περισσότερο από ένα τόνο (σύμφωνα με το γράφημα 4). Ακόμα μέσω του γραφήματος 6 παρατηρείται μείωση της ετήσιας ποσότητας πετρελαίου που απελευθερώθηκε σε σχέση με τον αριθμό των ατυχημάτων του ίδιου έτους. Οι τελευταίες δύο παρατηρήσεις είναι πιθανό να οφείλονται στην συμμόρφωση των χωρών στην σύμβαση της Βαρκελώνης. Στην περίπτωση της πρώτης, είχε ως αποτέλεσμα την αναφορά περισσότερων περιστατικών, ενώ στην δεύτερη περίπτωση

οδήγησε σε καλύτερη συμπεριφορά και ενδεχομένως μεγαλύτερες προφυλάξεις και πιο έγκαιρη αντίδραση.

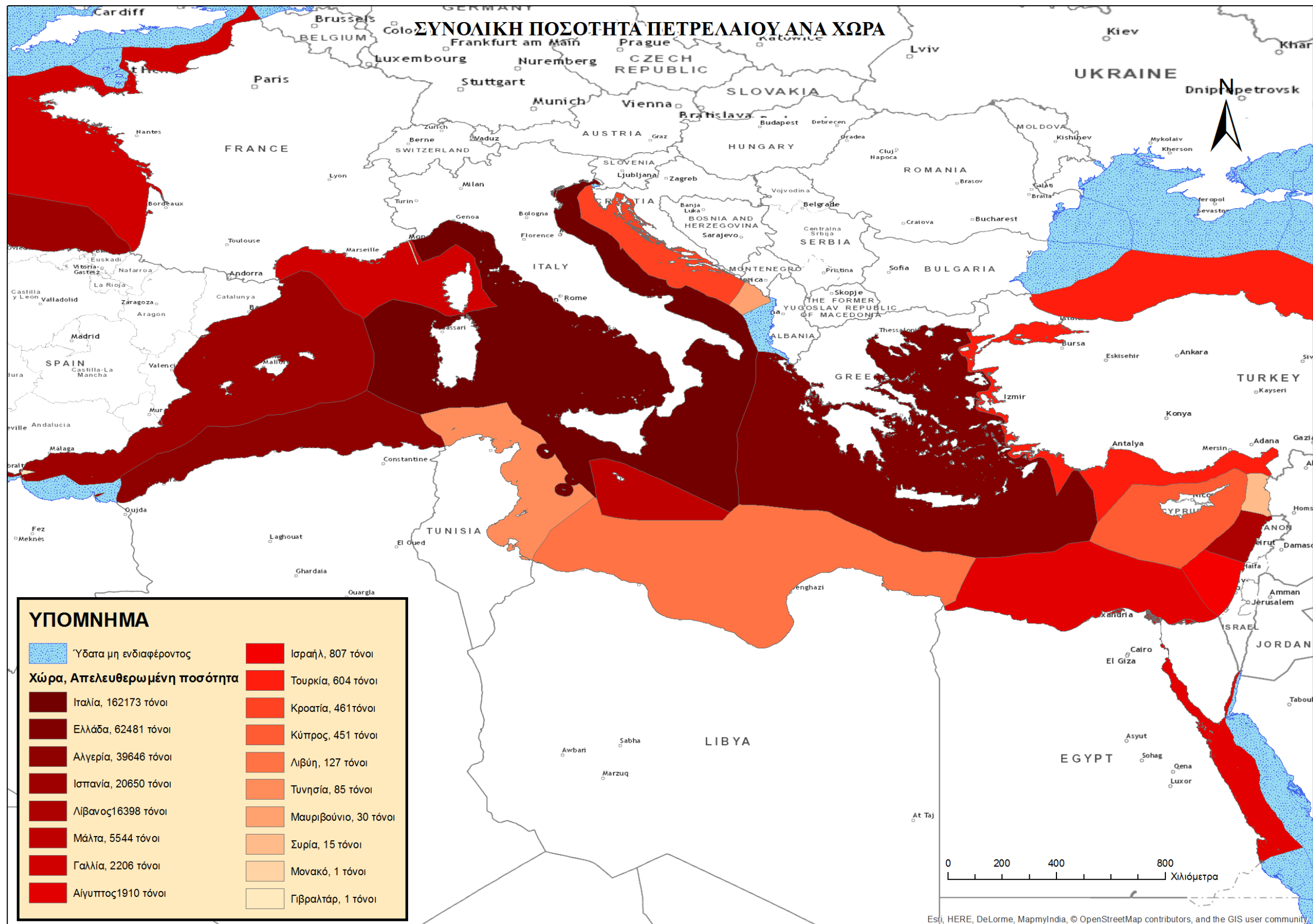
Γράφημα 5: Ετήσιος αριθμός ατυχημάτων



Γράφημα 6: Σύγκριση ποσοτήτων απελευθέρωσης και αριθμού ατυχημάτων



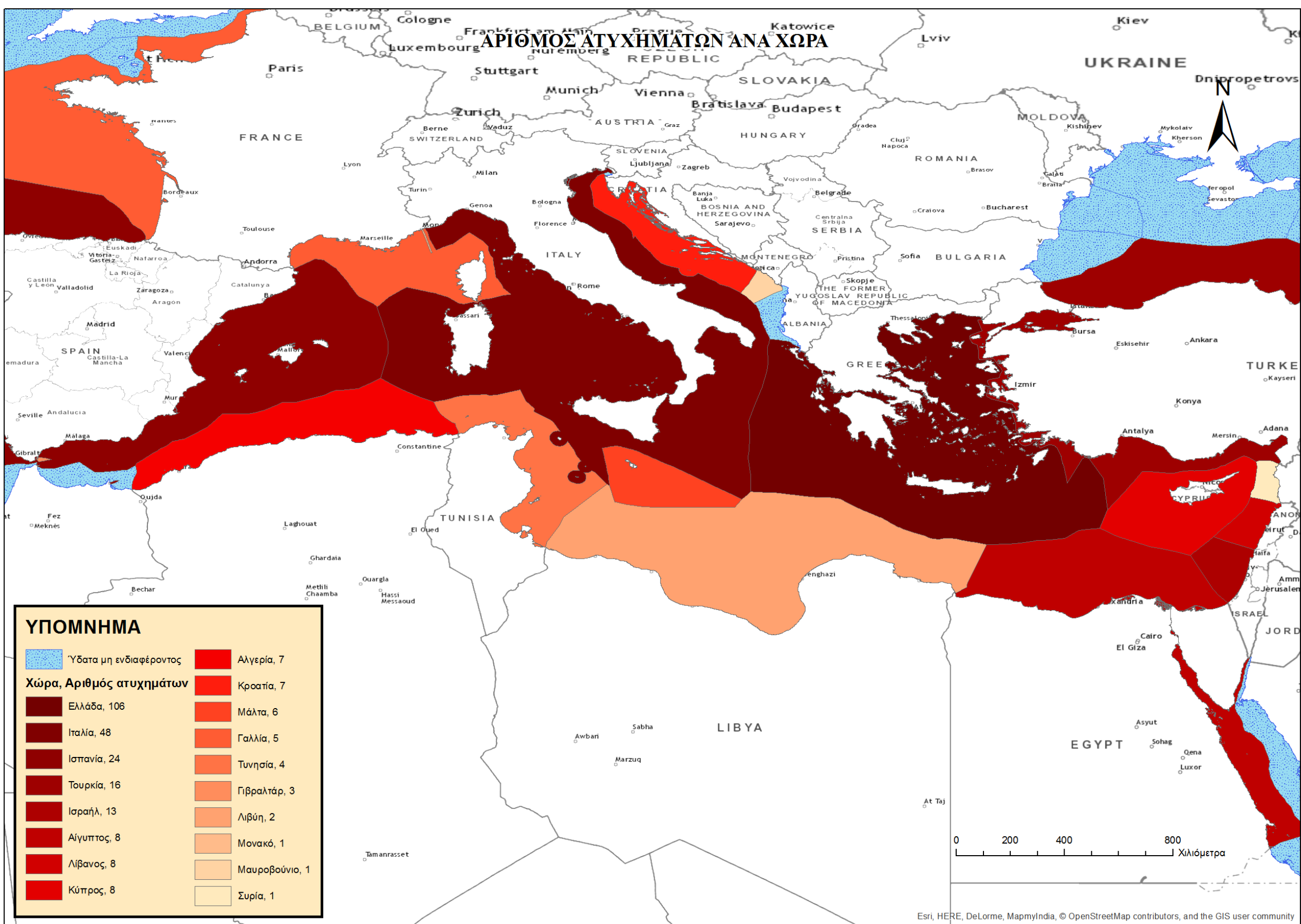
Χάρτης 7: Συνολικές ποσότητες πετρελαίου ανά χώρα για την περίοδο 1977-2013



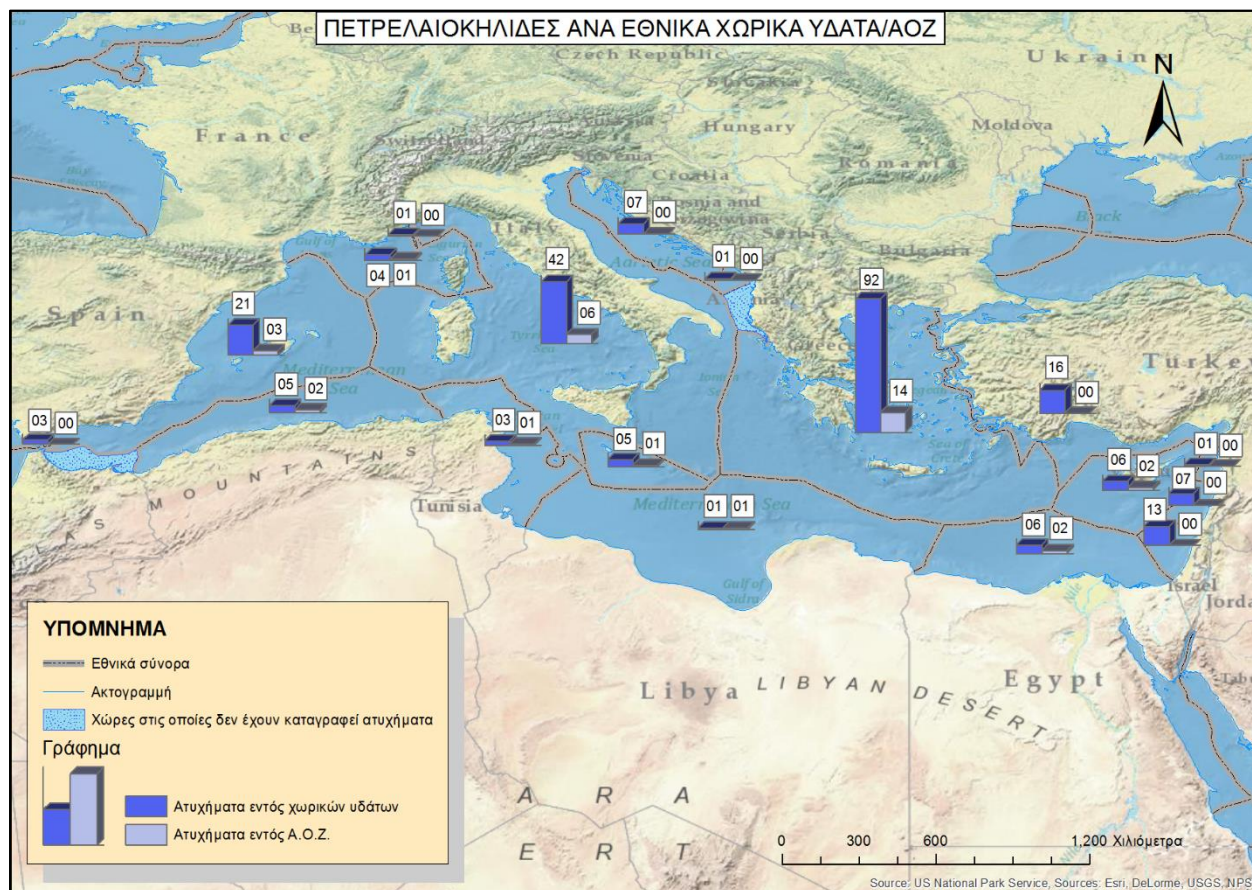
Ο παραπάνω χάρτης, προήλθε από την επεξεργασία δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία και αναπαριστά τις συνολικές ποσότητες πετρελαίου που διέρρευσαν στα νερά της κάθε χώρας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η Ιταλία παρότι βρίσκεται δεύτερη σε θέση σε αριθμό ατυχημάτων με 48 ατυχήματα, φαίνεται να είναι στο χάρτη η χώρα με την μεγαλύτερη συγκέντρωση πετρελαίου και μάλιστα με ποσότητα διπλάσια και παραπάνω, από ότι η Ελλάδα (πρώτη σε αριθμό ατυχημάτων, 106). Από αυτό μπορεί κανείς να αντιληφθεί τις τρομακτικές διαστάσεις του ναυαγίου HEAVEN το οποίο έριξε στις ιταλικές θάλασσες 144.000 τόνους πετρελαίου. Παρόμοιες “αντιφάσεις” παρουσιάζονται και σε άλλες χώρες όπως είναι η Τουρκία η οποία είναι τέταρτη σε αριθμό ατυχημάτων αλλά δέκατη σε ποσότητα πετρελαίου, η Μάλτα η οποία παρότι έχει στο ιστορικό της 6 ατυχήματα (την περίοδο ενδιαφέροντος), κατατάσσεται έκτη στον χάρτη που αφορά τις ποσότητες πετρελαίου.

Ακόμη από τους δύο χάρτες (χάρτης 7 και χάρτης 8) φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση, των συμβάντων και των ποσοτήτων που απελευθερώθηκαν, στις ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου. Οι χώρες αυτές αποτελούν τους κύριους λιμένες στην Μεσόγειο, επομένως με τις μεγάλες συχνότητες των δρομολογίων είναι φυσικό οι αριθμοί των ατυχημάτων να είναι περισσότερο αυξημένοι από τις υπόλοιπες χώρες.

Χάρτης 8:Συνολικός αριθμός ατυχημάτων ανά χώρα για την περίοδο 1977-2013



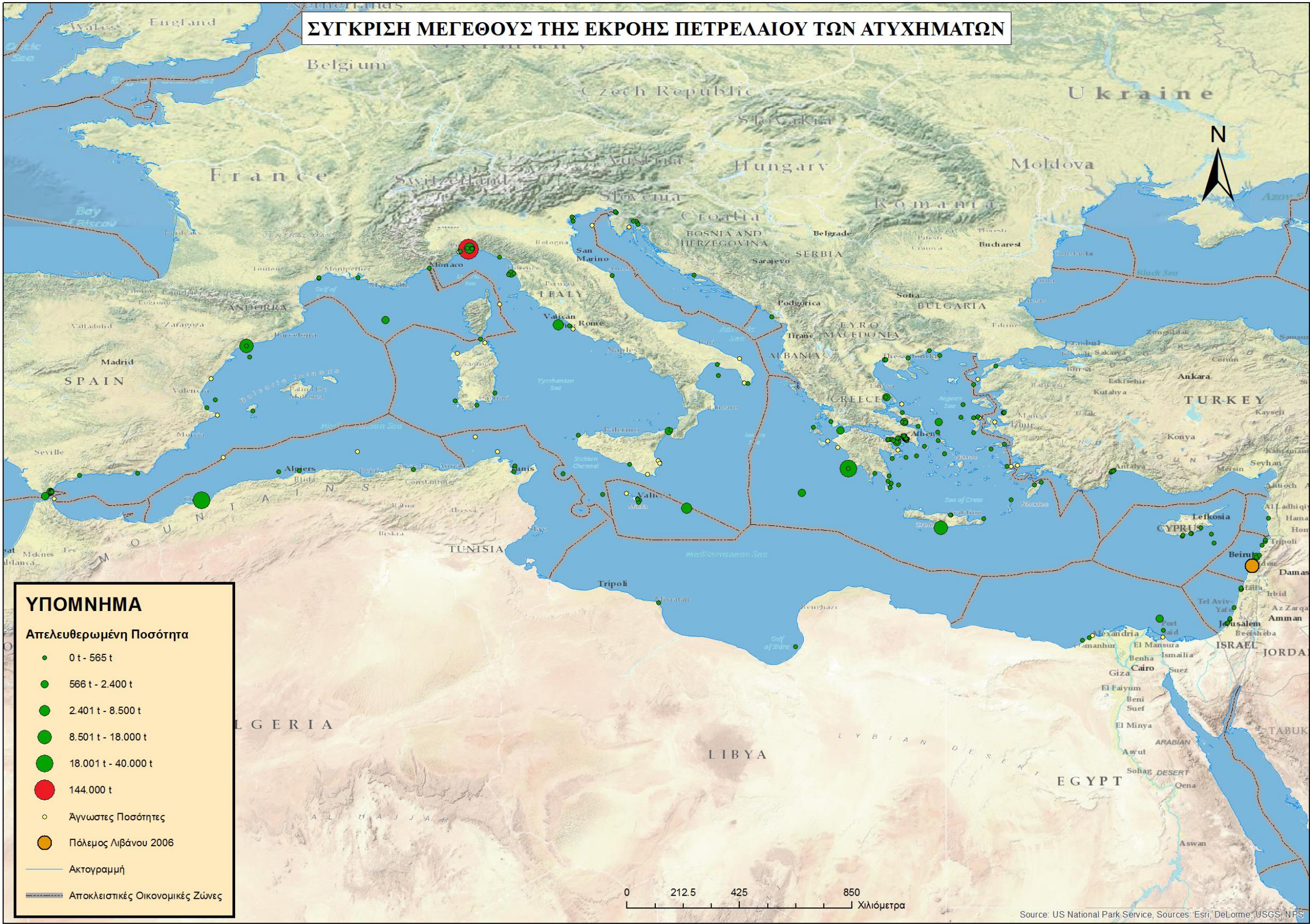
Χάρτης 9: Ατυχήματα πετρελαίου ανά εθνικά Χωρικά Ύδατα/Α.Ο.Ζ.



Στον χάρτη 9 φαίνονται ποια από τα ατυχήματα που αφορούν στο πετρέλαιο έχουν γίνει σε Α.Ο.Ζ (Αποκλειστικές Οικονομικές Ζώνες) και ποια σε χωρικά ύδατα. Από τον παραπάνω χάρτη φαίνεται πώς τα περισσότερα ατυχήματα έχουν συμβεί σε χωρικά ύδατα και όχι στα “ανοιχτά” της θάλασσας. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται καθώς τα πλοία αντιμετωπίζουν περισσότερους κινδύνους όταν κατευθύνονται σε ένα σταθμό φορτοεκφόρτωσης ή πλέουν σε νερά κοντά στην ακτή (ξέρες, ύφαλοι, κ.τ.λ.), αυξάνονται ακόμα και οι λειτουργικές διαδικασίες επομένων και η πιθανότητα κάποιας διαρροής.

Στον χάρτη 10 φαίνεται μεταξύ των στοιχείων της έρευνας, η πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε από τον πόλεμο με το Ισραήλ το 2006, μετά από βομβαρδισμό εργοστασίου παραγωγής ενέργειας. Είναι απλή αναφορά της ποσότητας του πετρελαίου που διέρρευσε και δεν περιλαμβάνεται σε άλλους χάρτες ή στατιστικές παραστάσεις (υπήρχε ωστόσο στη βάση δεδομένων της Rempec).

Χάρτης 10: Απεικόνιση μεγέθους εκροής των ατυχημάτων που αφορούν το πετρέλαιο



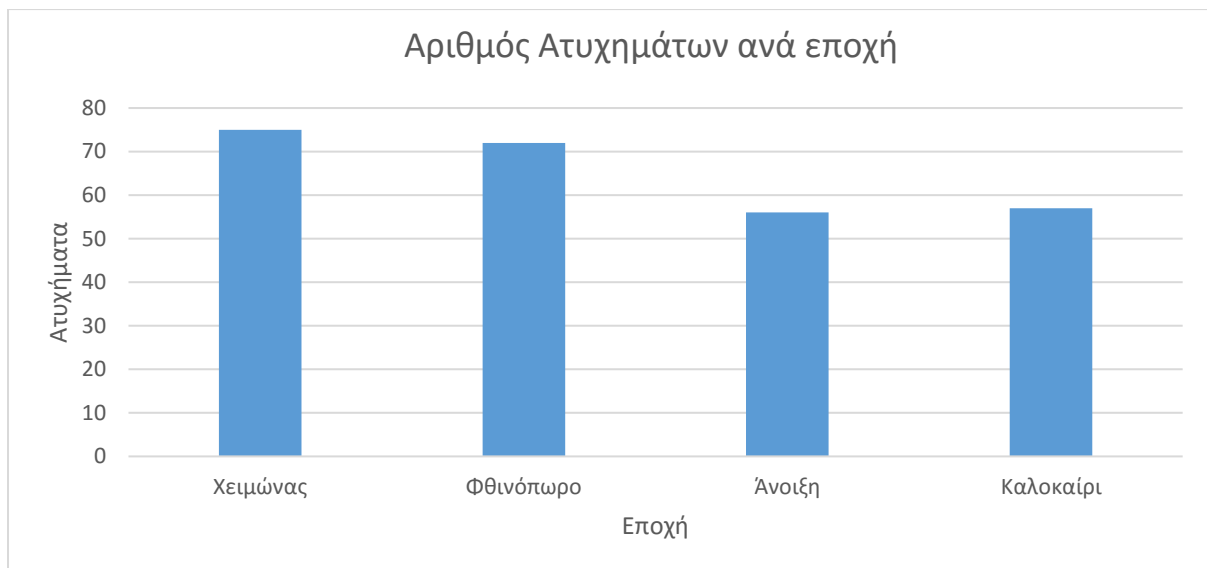
Στον χάρτη 10 φαίνονται οι ποσότητες για τα ατυχήματα του πετρελαίου. Με κόκκινο στίγμα έχει αποτυπωθεί το ατύχημα του HAVEN καθώς αποτελεί το ατύχημα με την μεγαλύτερη εκροή πετρελαίου. Το πορτοκαλί στίγμα αφορά την πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε από τον Πόλεμο του Λιβάνου το 2006. Τέλος τα στίγματα με το κίτρινο αντιπροσωπεύουν καταχωρίσεις της Rempres στις οποίες υπήρχε η τιμή άγνωστη ποσότητα (unknown). Χαρακτηριστική είναι η μεγάλη συγκέντρωση των στιγμάτων του πετρελαίου που αφορούν τον Ελληνικό χώρο.

Ένα γεγονός που χρήζει περαιτέρω προσοχής είναι τα μεγάλα ποσοστά των ατυχημάτων που έχουν συμβεί στις Ελληνικές θάλασσες. Σύμφωνα με τον καθηγητή του Παντείου πανεπιστημίου και διευθυντή του Ευρωπαϊκού Κέντρου περιβαλλοντικής Έρευνας και Κατάρτισης, Γρηγόρη Τσάλτα, ο γεωμορφολογικός χαρακτήρας της Ελληνικής θάλασσας την καθιστά ένα δύσκολο περιβάλλον για την πλοήγηση ενός πετρελαιοφόρου. Πιο συγκεκριμένα ο καθηγητής υποστηρίζει ότι «η συγκεκριμένη θαλάσσια περιοχή έχει μια ιδιαίτερη γεωμορφολογία. Αναρίθμητες βραχονησίδες και ύφαλοι είναι διάσπαρτοι σε όλο το Αιγαίο, θέτοντας έτσι εμπόδια στις θαλάσσιες μεταφορές. Έπειτα, εξίσου ιδιαίτερες είναι και οι καιρικές συνθήκες, καθώς είναι γνωστό ότι στο Αιγαίο αναπτύσσονται συχνά θυελλώδεις άνεμοι που προκαλούν θαλασσοταραχή. Τέλος, κανείς δεν μπορεί να αγνοήσει την υψηλή συχνότητα των θαλάσσιων δρομολογίων στο Αιγαίο, γεγονός που στατιστικά αυξάνει τον κίνδυνο των ατυχημάτων».¹⁶

Παρακάτω με την βοήθεια του γραφήματος φαίνεται ότι η συχνότητα των ατυχημάτων αυξάνεται τους χειμερινούς μήνες και τους μήνες του φθινοπώρου. Οι άσχημες καιρικές συνθήκες καθιστούν δύσκολο το ταξίδι και αυξάνουν την επικινδυνότητα του. Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι η συνηθέστερη αιτία για την πρόκληση ατυχήματος. Καθώς όμως το πλοίο βρίσκεται υπό δυσχερείς καιρικές συνθήκες, μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά η κρίση του καπετάνιου και του πληρώματος οδηγώντας έτσι σε μια λανθασμένη απόφαση η οποία με την σειρά της μπορεί να αποβεί μοιραία.

¹⁶ Από άρθρο του Αλέξανδρου Κόντη «Ιδανικό για ρύπανση το Αιγαίο Πέλαγος» στην Ημερησία 14/4/2007

Γράφημα 6: Συνολικοί αριθμοί ατυχημάτων ανά εποχή



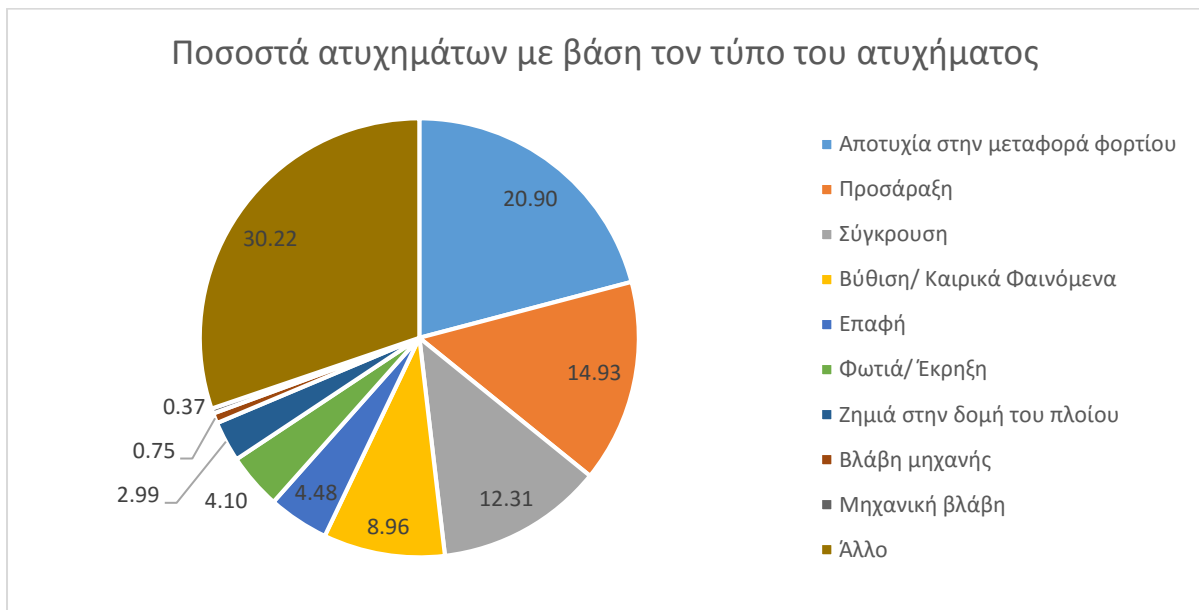
7.1.2 Τύπος ατυχήματος

Από την βάση δεδομένων της REMPEC, τα ατυχήματα από τα οποία διέρρευσε πετρέλαιο χωρίζονται σε εννέα τύπους ατυχημάτων, οι οποίοι είναι:

- Αποτυχία στην μεταφορά φορτίου (Cargo transfer failure)
- Προσάραξη (Grounding)
- Σύγκρουση (Collision)
- Βύθιση / Καιρικά Φαινόμενα (Foundering/weather)
- Επαφή (Contact)
- Φωτιά/Έκρηξη (Fire/explosion)
- Βλάβη μηχανής (Engine breakdown)
- Μηχανική βλάβη (Machinery breakdown)
- Άλλο (Other)

Η πλειοψηφία των ατυχημάτων που αναφέρονται στη βάση δεδομένων REMPEC προκλήθηκαν είτε από την εισχώρηση νερού στο εσωτερικό του πλοίου είτε από την ανατροπή του πλοίου λόγω κακών καιρικών συνθηκών.

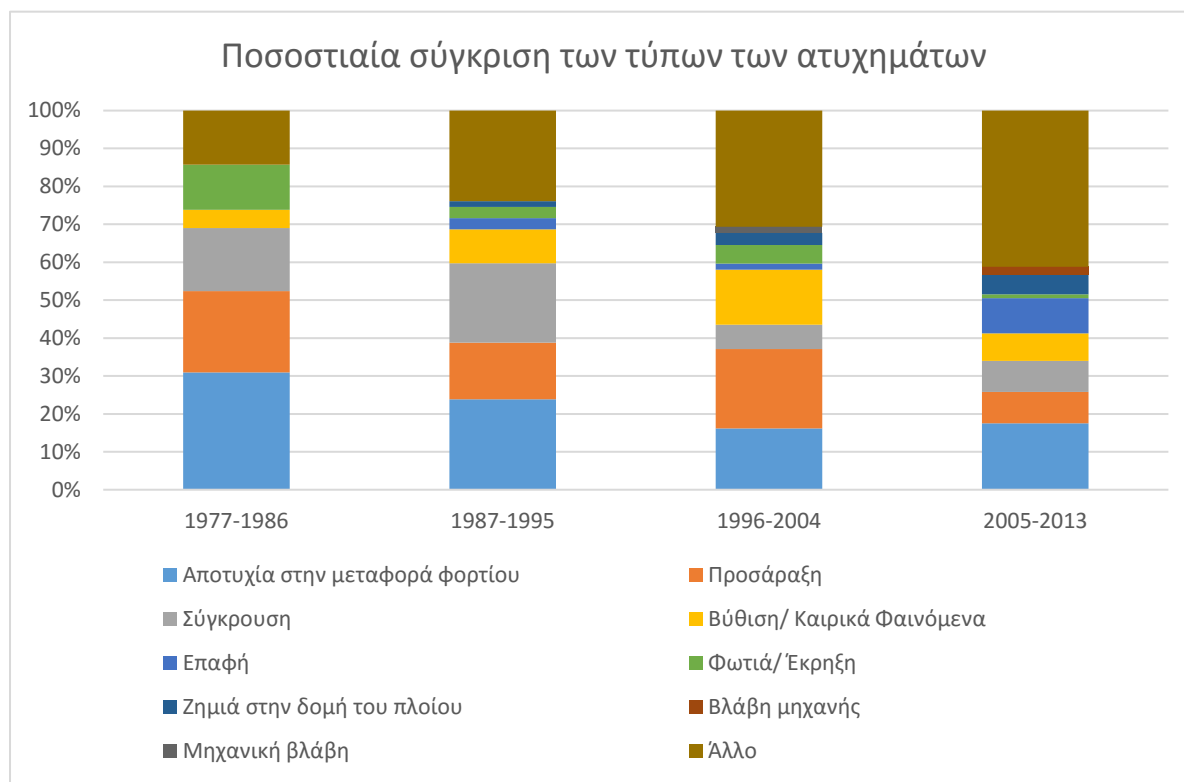
Γράφημα 7: Ποσοστά ατυχημάτων με βάση τον τύπο του ατυχήματος



Στο γράφημα 7 βλέπουμε πως ο κυριότερος παράγοντας πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας είναι αυτός που αναφέρεται στα δεδομένα τις REMPEC ως Cargo transfer failure και μπορεί να μεταφραστεί σαν αποτυχία στην μεταφορά του φορτίου. Ως αποτυχία στην μεταφορά φορτίου ορίζεται, οποιαδήποτε βλάβη είχε ως αποτέλεσμα την ρίψη πετρελαίου στην θάλασσα, κατά τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης. Η τελευταία κατηγορία αποτελείται από ποσότητες πετρελαίου που απελευθερώθηκαν από διαδικασίες οι οποίες δεν ανήκουν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες και αφορούν, διαρροές, ρήξεις σωληνώσεων, στρατιωτικές επιθέσεις, ακούσιες εκκενώσεις, άγνωστες αιτίες, κτλ.

Στην συνέχεια, εμφανίζονται τα δεδομένα του παραπάνω γραφήματος χωρισμένα σε τέσσερις χρονικές περιόδους. Η κάθε χρονική περίοδος έχει διάρκεια εννέα έτη, εκτός από την πρώτη η οποία περιλαμβάνει και τέσσερα ατυχήματα από το 1977. Η παρακάτω σύγκριση έγινε ώστε να γίνει εμφανές, εάν υπήρξε κάποια αλλαγή στη συχνότητα κάποιου τύπου με το πέρασμα των χρόνων. Πράγμα που ίσως υποδείκνυε την πρόοδο της τεχνολογίας ή και την καλύτερη συμμόρφωση απέναντι στους κινδύνους και την ασφάλεια του καραβιού.

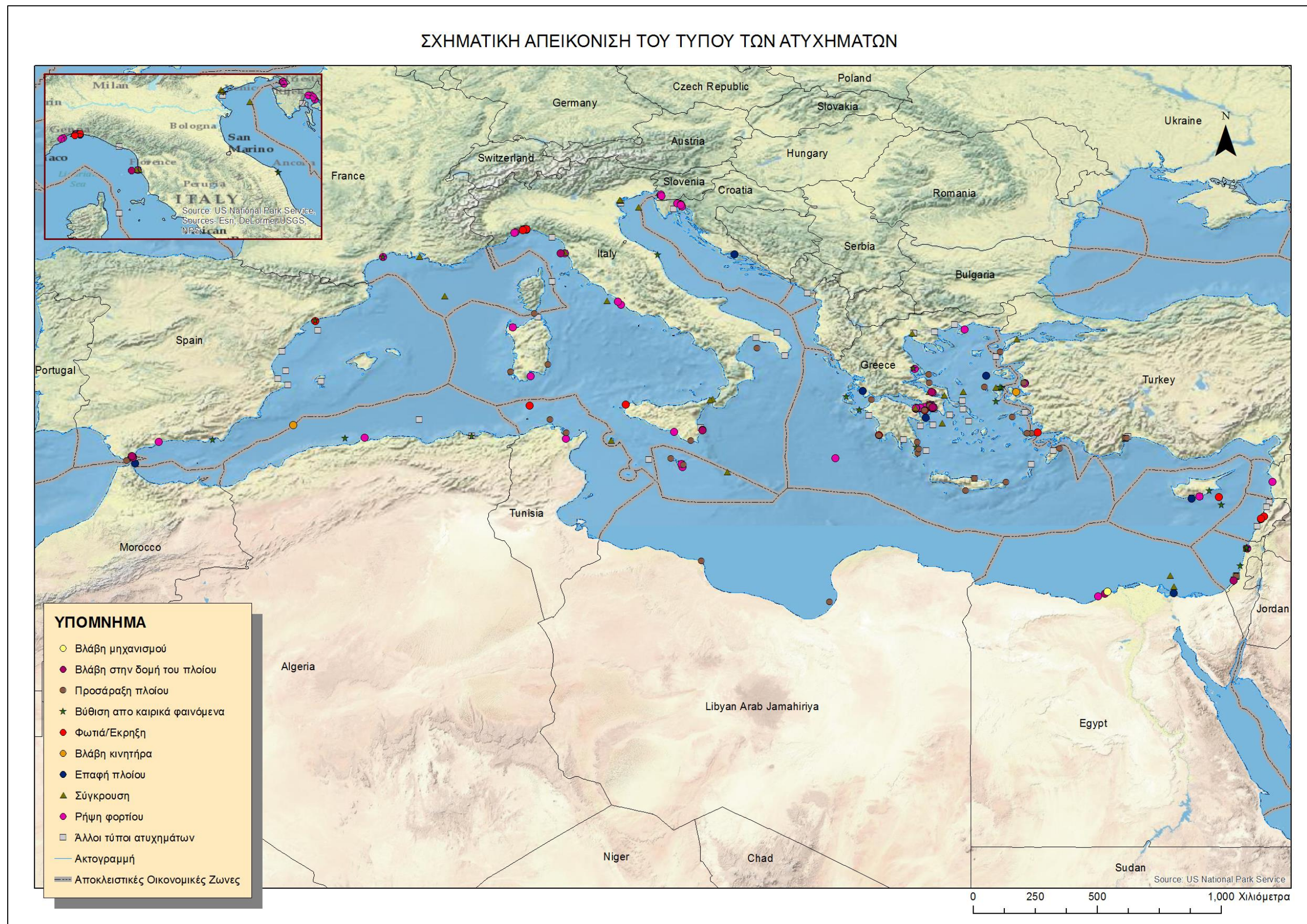
Γράφημα 8: Ποσοστιαία σύγκριση των τύπων των ατυχημάτων σε τέσσερις χρονικές περιόδους



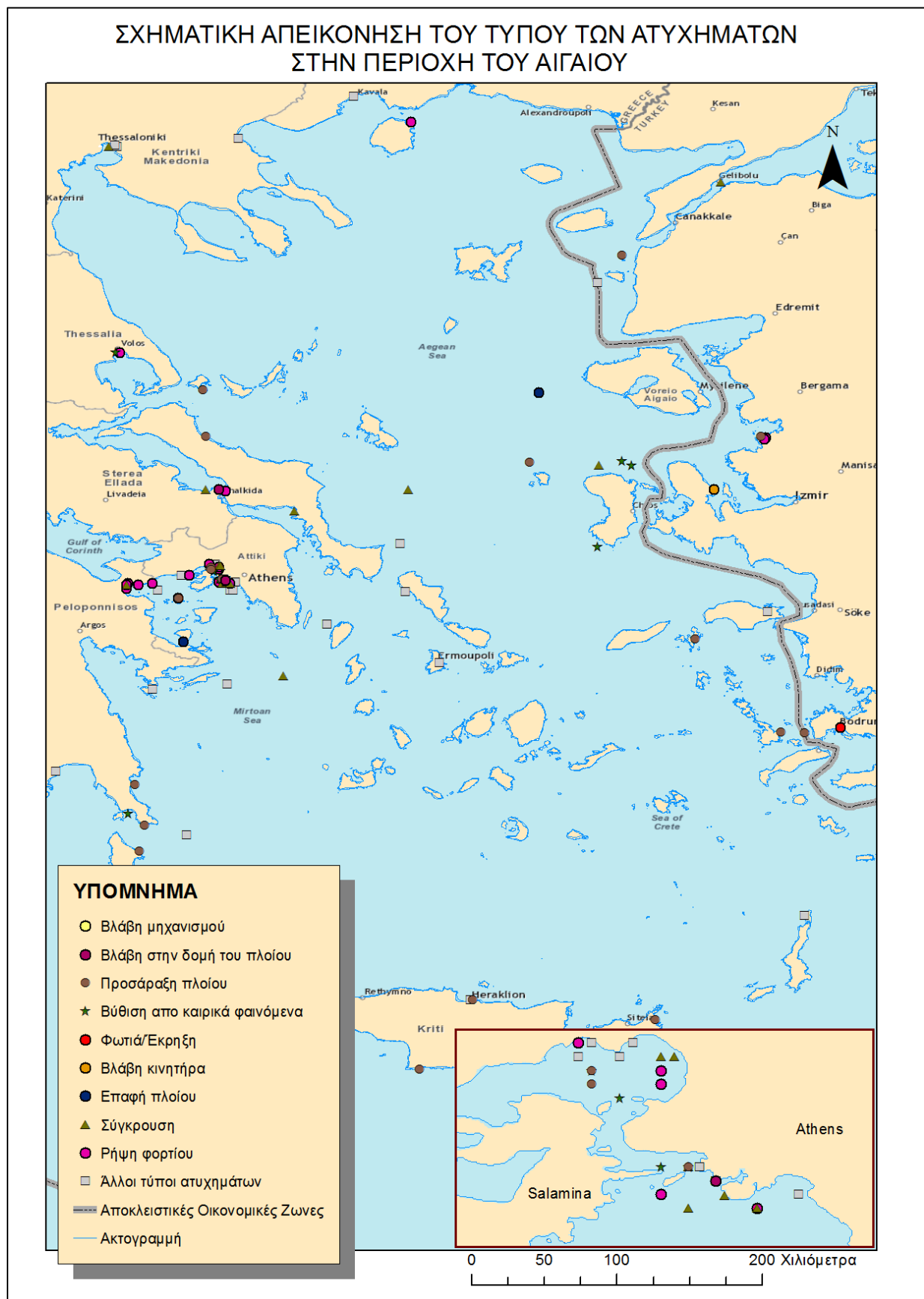
Με βάση όμως το γράφημα 8 δεν είναι δυνατό να διεξαχθεί κάποιο σαφές συμπέρασμα για τις περισσότερες κατηγορίες καθώς δεν φαίνεται να ακολουθείται κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο, εκτός από τις περιπτώσεις της κατηγορίας Φωτιά/Έκρηξη οι οποίες φαίνεται να έχουν υποστεί μείωση από το 1977 μέχρι το 2013, και το οποίο επιβεβαιώνεται από τις συνεχείς αναβαθμίσεις των προδιαγραφών της πυρασφάλειας των πλοίων. Άξιο παρατήρησης και ίσως το μόνο που ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο είναι η ολοένα αυξανόμενη χρήση της κατηγορίας Άλλο (Other). Το γεγονός αυτό ίσως να υποδεικνύει το αυξανόμενο ενδιαφέρον των χωρών για την σωστή μελέτη του ατυχήματος και επομένως την αποστολή μιας ολοκληρωμένης αναφοράς. Η μελέτη αυτή ίσως να το κατατάσσει σε κάποια μη υφιστάμενη κατηγορία, ή και σε έναν συνδυασμό αυτών.

Για την καλύτερη επεξήγηση των πληροφοριών παρατίθενται δύο χάρτες, ένας γενικός της Μεσογείου και ένας ο οποίος εστιάζει στο Αιγαίο, λόγω της μεγάλης πυκνότητας των ατυχημάτων.

Χάρτης 11: Απεικόνιση του τύπου των ατυχημάτων



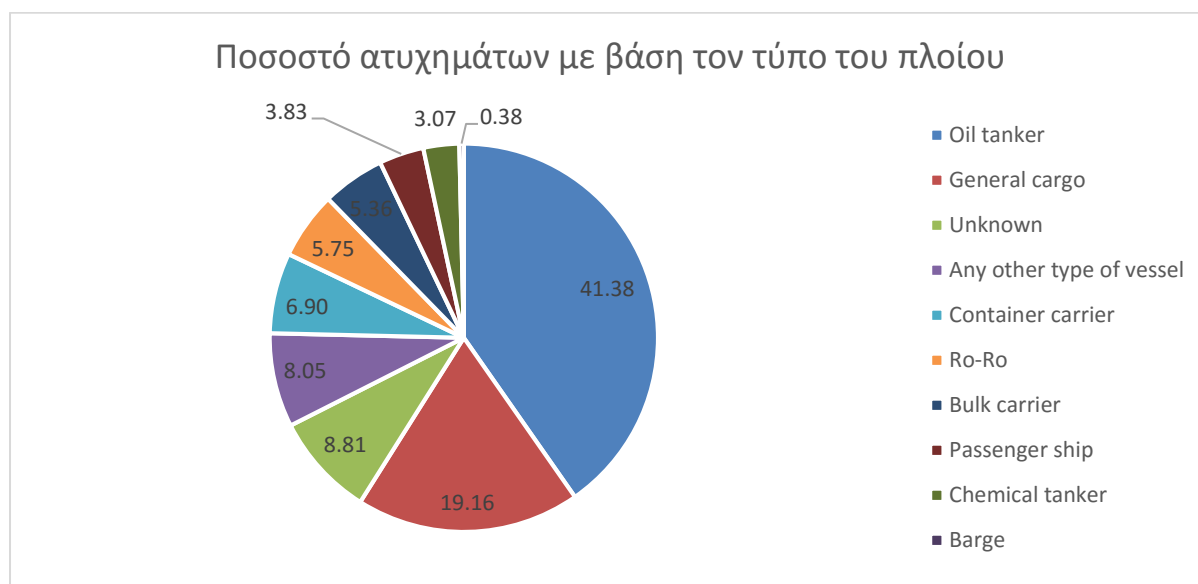
Χάρτης 12:Απεικόνιση του τύπου των ατυχημάτων στο Αιγαίο



7.1.3 Ανάλυση ατυχημάτων με βάση τον τύπο του πλοίου

Στο γράφημα που ακολουθεί αναφέρονται οι τύποι των πλοίων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων φαίνεται να έχει συμβεί σε πετρελαιοφόρα πλοία, ενώ δεύτερα σε πλήθος είναι τα πλοία γενικού φορτίου.

Γράφημα 9: Ποσοστά ατυχημάτων με βάση τον τύπο του πλοίου



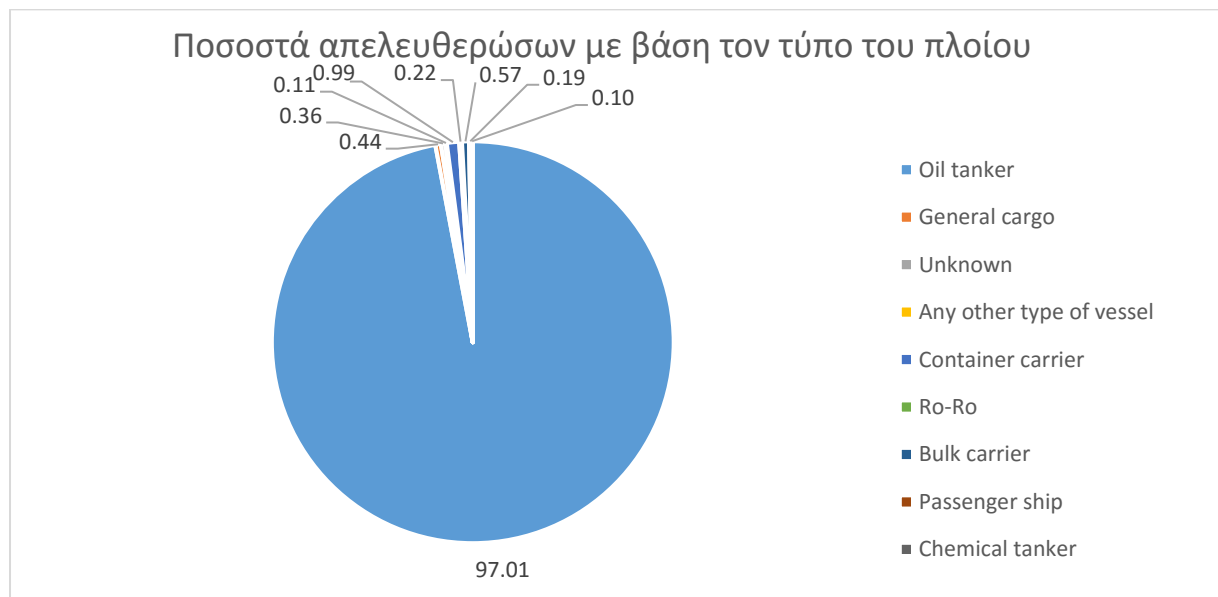
Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, η συνολική ποσότητα πετρελαίου που απελευθερώθηκε από τα πλοία είναι λίγο μικρότερη από 300.000 τόνους. Θα ήταν χρήσιμο, να παρουσιαστούν οι αναλογίες μεταξύ των ποσοτήτων πετρελαίου και τον τύπο του εκάστοτε πλοίου από το οποίο διέρρευσαν. Το επόμενο γράφημα λοιπόν, παρουσιάζει τα ποσοστά του πετρελαίου με βάση τον τύπο του πλοίου από το οποίο διέρρευσε. Από το γράφημα φαίνεται λοιπόν ότι το 97% των ποσοτήτων που απελευθερώθηκαν στα νερά της Μεσογείου, έχουν διαρρεύσει από πετρελαιοφόρα. Εξαιτίας αυτού, η εξαγωγή κάποιας παρατήρησης είναι αδύνατη. Έτσι ακολουθεί ένα γράφημα στο οποίο δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα ατυχήματα που αφορούν τα πετρελαιοφόρα, ώστε να είναι ευχερής η παρατήρηση και δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων.

Μετά από τα πετρελαιοφόρα δεύτερα σε σειρά έρχονται τα πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια, το ποσοστό των οποίων δεν ξεπερνάει την μονάδα. Καλό θα ήταν όμως πριν καταπιστούμε με το διάγραμμα που δεν περιλαμβάνει τα πετρελαιοφόρα, να αφαιρεθούν τα μεγάλα ατυχήματα. Έτσι ίσως να σχηματιστεί μια πιο εποπτική εικόνα για

την κατάσταση των πλοίων που μεταφέρουν πετρέλαιο. Μόνο με την αφαίρεση των ποσοτήτων των οκτώ μεγάλων ατυχημάτων που αναφέρθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου 7 καταλήγουμε με 27.250 λίγο λιγότερο από το 10% της συνολικής ποσότητας. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι μόνο το πρώτο σε μέγεθος ατύχημα (ποσότητα πετρελαίου που απελευθερώθηκε) αποτελεί σχεδόν το 50% της συνολικής ποσότητας πετρελαίου που διέρρευσε στα νερά της Μεσογείου.

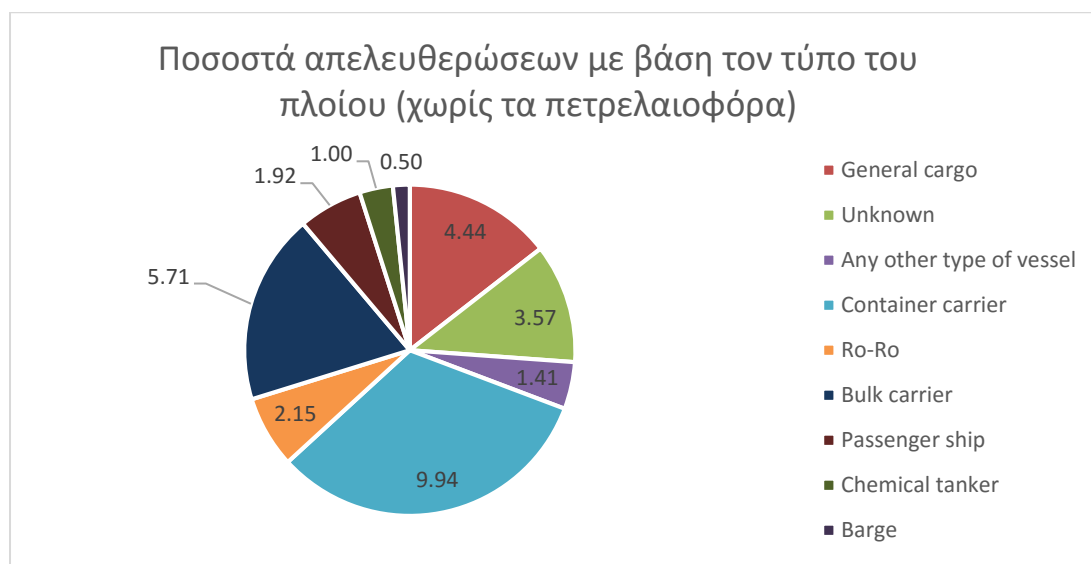
Το γεγονός ότι, τα πλοία που μεταφέρουν πετρέλαιο, έχουν τόσο μεγάλο ποσοστό απελευθέρωσης, οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες. Ο αριθμός, των πλοίων του τύπου αυτού, που πλέουν στην Μεσόγειο είναι πολύ μεγαλύτερος από άλλους τύπους πλοίων, καθώς η Μεσόγειος αποτελεί την κύρια θαλάσσια οδό, από τις πετρελαιοπαραγωγικές χώρες προς τα υπόλοιπα εμπορικά λιμάνια. Επιπροσθέτως, το γεγονός ότι μεταφέρουν πετρέλαιο, τα καθιστά τα πλέον ευάλωτα σε τυχόν απελευθέρωση πετρελαίου. Και όπως αποδείχθηκε παραπάνω ένα και μόνο ατύχημα σε πλοίο αυτού τύπου είναι ικανό να απελευθερώσει τεράστιες ποσότητες πετρελαίου.

Γράφημα 10: Ποσοστά απελευθερώσεων με βάση τον τύπο του πλοίου.

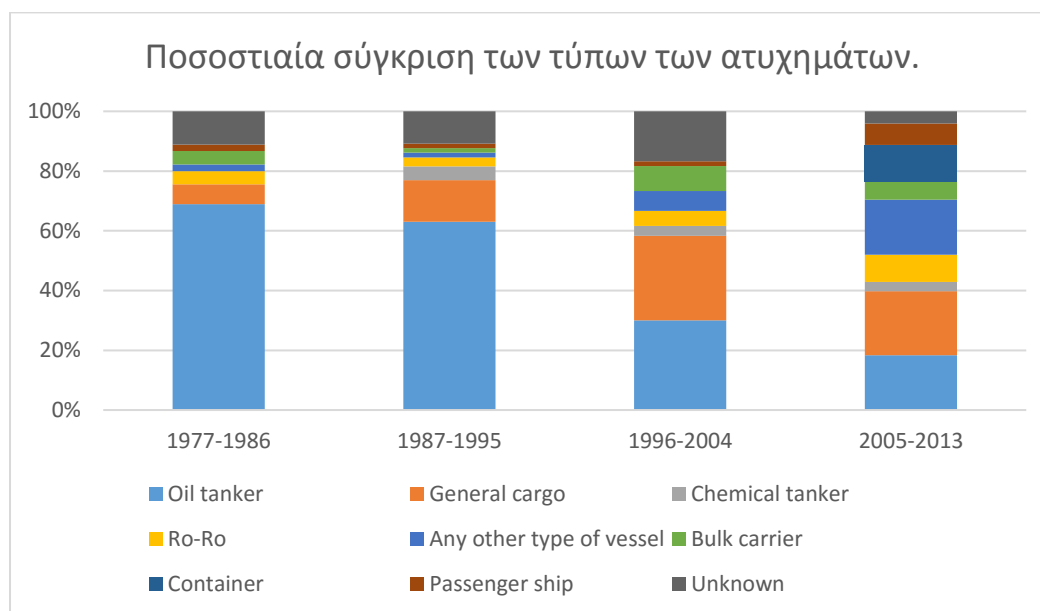


Στο γράφημα 11 φαίνεται ότι, οι τύποι πλοίων με το μεγαλύτερο ποσοστό ευθύνης διαρροές πετρελαίου, μετά τα πετρελαιοφόρα, είναι τα πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια, τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και τα πλοία γενικού φορτίου.

Γράφημα 11: Ποσοστά απελευθερώσεων με βάση τον τύπο (χωρίς τα πετρελαιοφόρα)

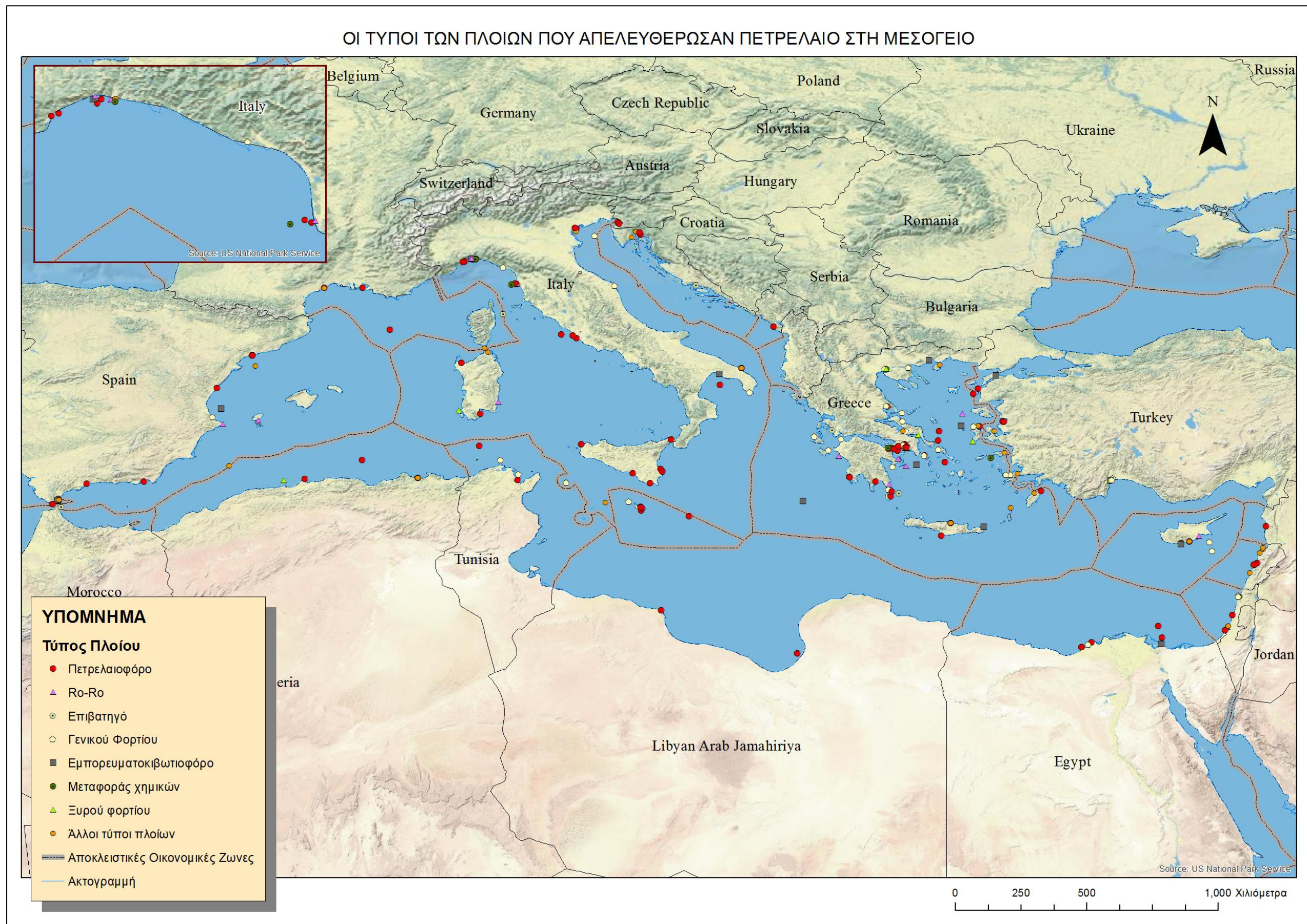


Γράφημα 12: Ποσοστιαία σύγκριση των τύπων των ατυχημάτων σε τέσσερις χρονικές περιόδους

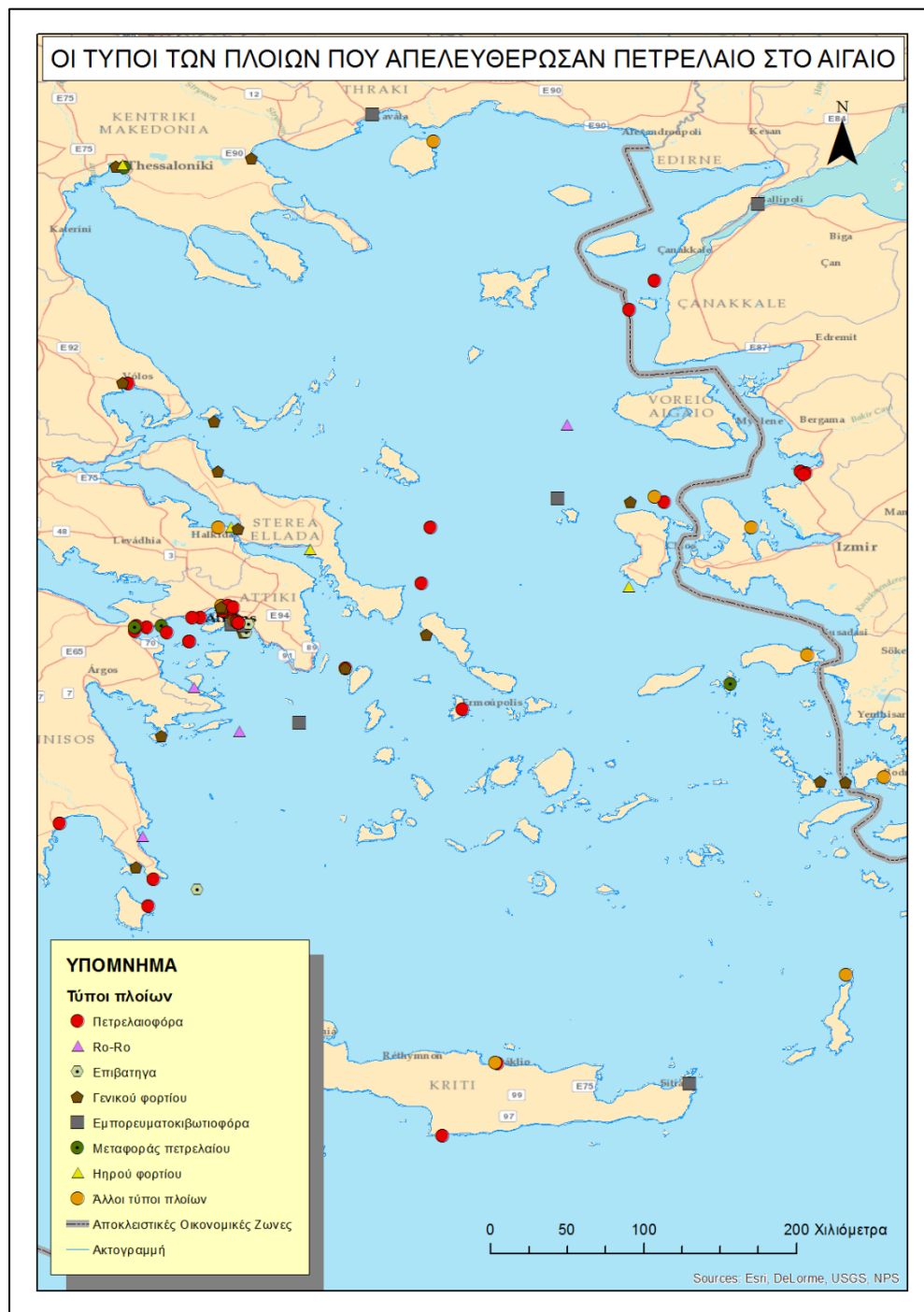


Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται η μείωση στον αριθμό των πετρελαιοφόρων που είχαν κάποιο ατύχημα, παρατηρείται ακόμα η αύξηση των πλοίων γενικού φορτίου καθώς και η ξαφνική εμφάνιση των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η μείωση στον αριθμό των πετρελαϊκών ατυχημάτων που προκαλούνται από τα oil tankers είναι αποτέλεσμα των προσπάθειών των κυβερνήσεων και των Διεθνών οργανισμών.

Χάρτης 13: Απεικόνιση των απελευθερώσεων πετρελαιοι στην Μεσόγειο, με βάση τον τύπο πλοίου



Χάρτης 14: Απεικόνιση των απελευθερώσεων πετρελαιοι στο Αιγαίο, με βάση τον τύπο πλοίου



Και σε αυτή την περίπτωση ανάλυσης, παρουσιάζονται οι παραπάνω δύο χάρτες για την καλύτερη επόπτευση των πληροφοριών, ένας γενικός της Μεσογείου και ένας ο οποίος εστιάζει στο Αιγαίο, λόγω της μεγάλης πυκνότητας των ατυχημάτων.

7.2. Ανάλυση ατυχημάτων με αποτέλεσμα την χημική ρύπανση

Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά τα ατυχήματα που είχαν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση χημικών ουσιών στην περιοχή που μελετάται. Η έκταση της ενότητας αυτής θα είναι μικρότερη καθώς όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου τα περιστατικά που αφορούν χημικές ουσίες είναι 37, επομένως και η ανάλυση που υπέστησαν είναι αρκετά πιο συμπυκνωμένη.

Ακολουθούν τα ατυχήματα με τις τέσσερις μεγαλύτερες απελευθερώσεις :

- Το Continental Lotus, το οποίο βυθίστηκε με 51.600 τόνους αιματίτη, στα νερά της Ιταλίας το 1991, δεν υπήρξε ιδιαίτερη ανησυχία για το μετάλλευμα (καθώς ήταν αδρανές) όσο για το πετρέλαιο που ήταν παγιδευμένο μέσα στο πλοίο
- Το πλοίο Erato, επίσης σε Ιταλικά ύδατα και την ίδια χρονολογία, απελευθέρωσε 25.894 τόνους φωσφορικών αλάτων
- Το Kira, που με την βύθισή του το 1996 απελευθέρωσε 7600 τόνους φωσφορικού οξέος, σε Ελληνικά νερά
- Και το Kaptan Manolis I, το 1996 στην Τυνησία απελευθέρωσε 5.000 τόνους φωσφορικών αλάτων

Γράφημα 13: Συνολικές ποσότητες απελευθερώσεων ανά έτος :



Στο γράφημα 13 φαίνονται οι συνολικές ετήσιες ποσότητες χημικών που διέρρευσαν από τα πλοία. Παρατηρούμε πως εκτός των ατυχημάτων που συνέβησαν το 1991 τις υπόλοιπες χρονιές οι απελευθερώσεις ήταν σχετικά μικρές και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί και μηδενικές.

Θα πρέπει να αναφερθεί πως μόνο το 1995 φαίνεται να μην υπάρχει καταγεγραμμένο κάποιο ατύχημα πλοίου (ή δεν υπήρξε κάποιο συμβάν, ή δεν έγινε αναφορά του στην REMPEC από αμέλεια, ή δεν ήταν άξιο αναφοράς). Οι υπόλοιπες χρονιές που παρουσιάζονται ως μηδενικές είναι καταχωρημένες στη βάση δεδομένων της REMPEC ως «unknown» όσον αφορά τις ποσότητες που διέρρευσαν. Το ίδιο συμβαίνει και σε μερικά από τα ατυχήματα που έγιναν τις χρονιές 98, 99, 00, 02. Επομένως δεν μπορούμε να αποκομίσουμε ακριβή εικόνα για το μέγεθος των συνολικών ποσοτήτων για τα έτη αυτά.

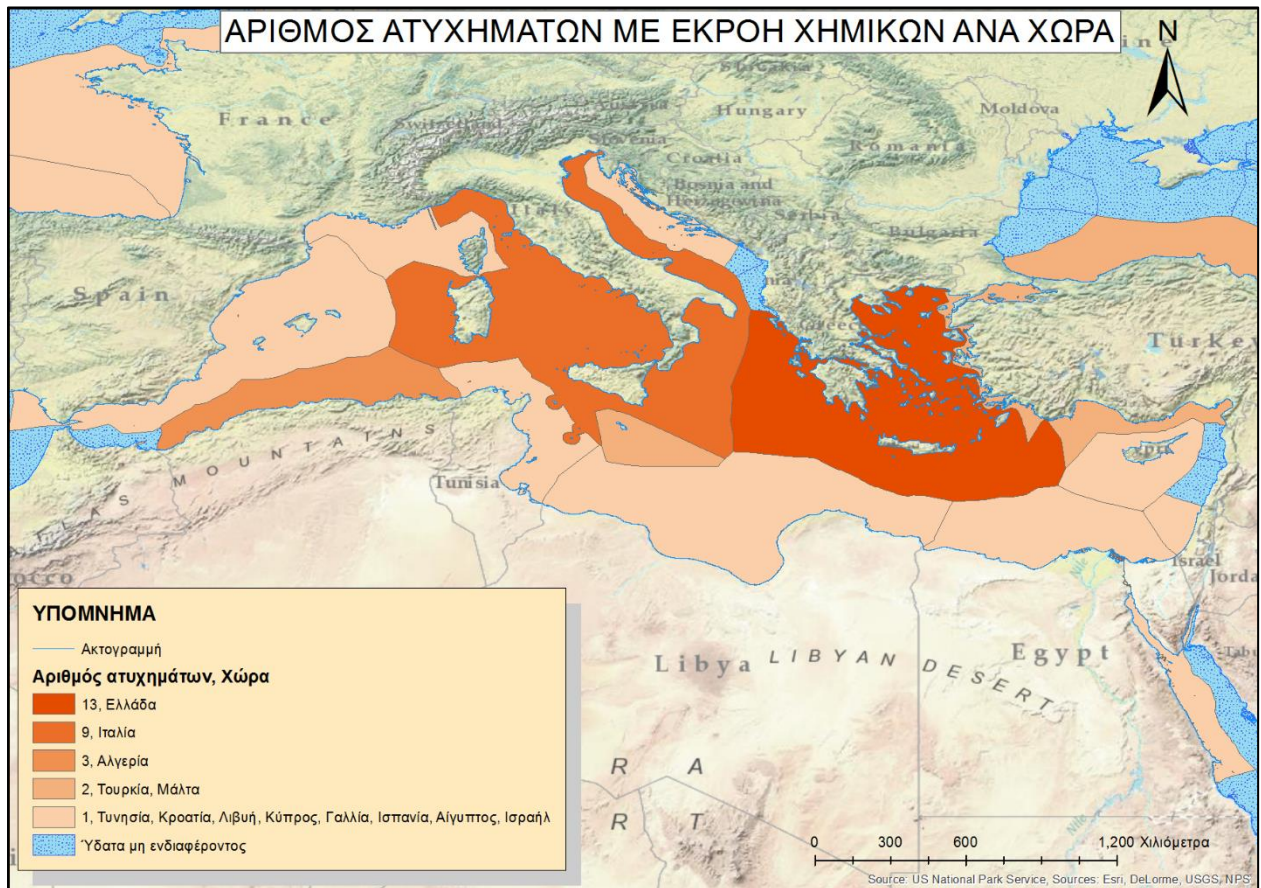
Πίνακας 4: Στοιχεία πλοίων με χημική ρύπανση

Τύπος ρίψης	Μορφή ρίψης	Χημική ουσία	Ποσότητα	Σύνολο ατυχημάτων
Φορτίο	Αέρια		Άγνωστο	1
	Υγρή	Φωσφορικό οξύ Νιτρικό οξύ (Άκουα φόρτε) Μεθανόλη	11.772 τόνοι	6
	Συσκευασμένη		Άγνωστο	2
	Στερεή	Αιματίτης Νιτρικό αμμώνιο θεικού αμμωνίου Τριοξείδιο του χρωμίου	106.824 τόνοι	22
Άλλα χημικά			2.261 τόνοι	6

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα στοιχεία των ατυχημάτων που αφορούν το προϊόν απελευθέρωσης, τις ποσότητες που διέρρευσαν και οι αριθμοί των ατυχημάτων. Ο τύπος ρίψης αναφέρεται στη χημική ουσία που διέρρευσε στη θάλασσα, αν ήταν μέρος του φορτίου ή «άλλα χημικά» (“Other chemicals”). Δεν αναφέρεται από την REMPEC τι ακριβώς περιγράφει ο όρος “Other chemicals”, οπότε θα πρέπει να υποθέσουμε ότι ανήκουν στις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται κατά την λειτουργία του πλοίου. «Χημική ουσία

ονομάζεται, στη χημεία, μια μορφή της ύλης που έχει σταθερή χημική σύνθεση και χαρακτηριστικές ιδιότητες, δηλαδή μια χημική ουσία με ορισμένη «χημική ταυτότητα». Δεν είναι απαραίτητο ότι θα προσβάλουν το περιβάλλον λόγω της χημικής τους σύστασης (π.χ. όξινα ή διαβρωτικά υλικά), ωστόσο ένα φορτίο που απελευθερώνεται και είναι μεγάλο, θα μπορούσε να προκαλέσει καταστροφές και αλλοιώσεις στη μορφολογία του βυθού.

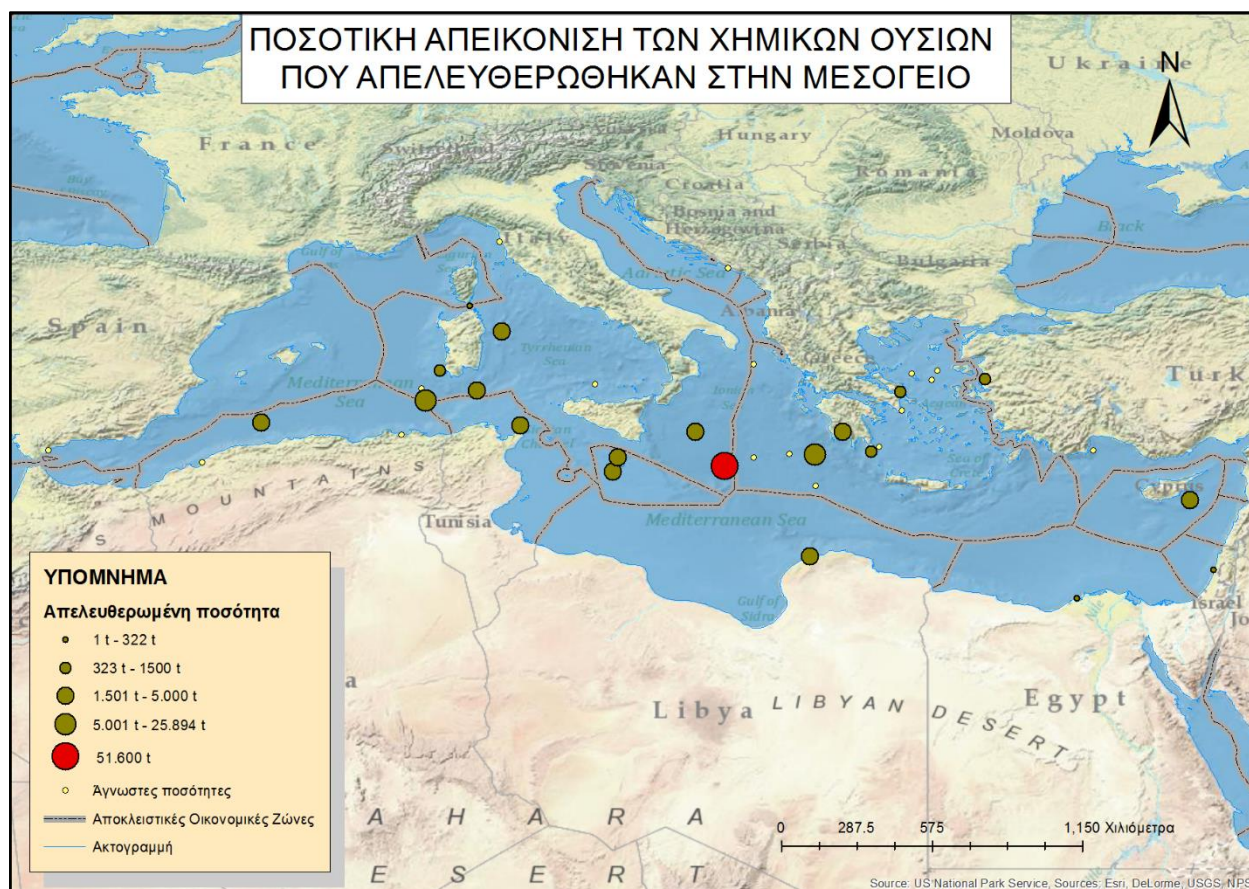
Χάρτης 15: Συγκέντρωση ατυχημάτων που απελευθέρωσαν χημικές ουσίες στην Μεσόγειο



Στον παραπάνω χάρτη φαίνεται πως οι χώρες που έχουν τους μεγαλύτερους αριθμούς ατυχημάτων είναι και πάλι η Ελλάδα και η Ιταλία. Και στην περίπτωση των χημικών η Ελλάδα έχει την πρώτη θέση σε ατυχήματα, ωστόσο η διαφορά με την δεύτερη σε ατυχήματα, Ιταλία δεν είναι τόσο έντονη όσο ήταν με τις περιπτώσεις πετρελαίου. Οι αριθμοί αυτών των ατυχημάτων που απελευθέρωσαν χημικές ουσίες στα νερά της Μεσογείου, παρότι αρκετά μικρότεροι από αυτούς του πετρελαίου, δίνουν παρόμοια συμπεράσματα. Υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση ατυχημάτων στην βόρεια πλευρά της Μεσογείου, καθώς εκεί βρίσκονται τα λιμάνια επικοινωνίας με την Ευρώπη. Η Ελλάδα χάρη στον γεωμορφολογικό της χαρακτήρα, βρίσκεται πρώτη σε αριθμούς ατυχημάτων. Στην Ιταλία απελευθερώθηκαν οι

μεγαλύτερες ποσότητες χημικών και μάλιστα τα δύο μεγαλύτερα (σε ποσότητα) ατυχήματα έγιναν σε Ιταλικά ύδατα.

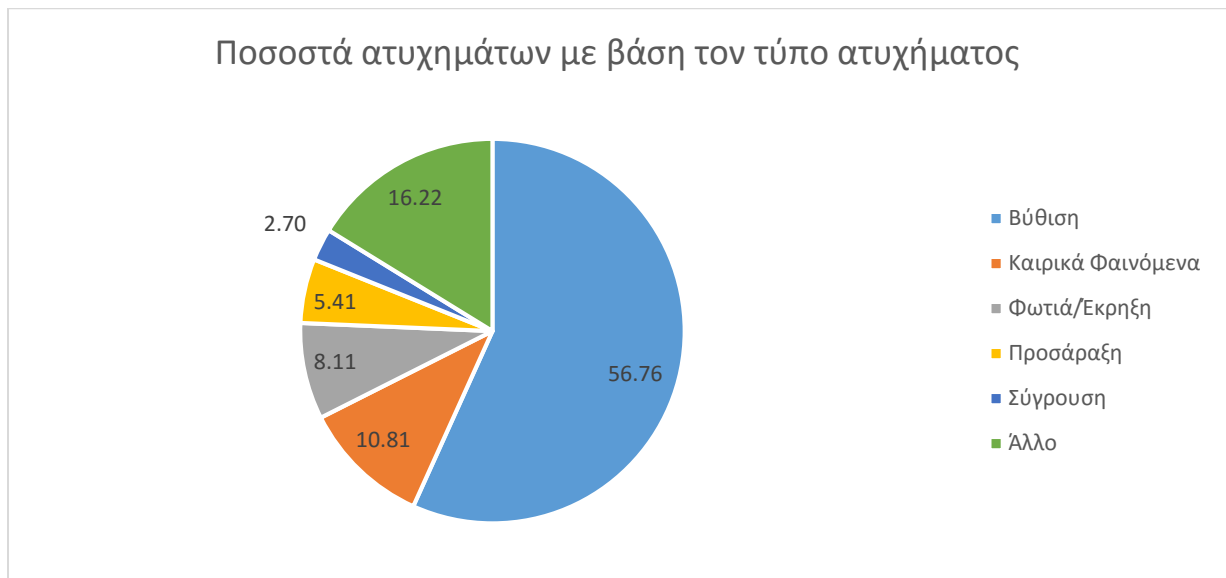
Χάρτης 16: Ποσοτική απεικόνιση των χημικών ουσιών που διέρρευσαν λόγω των ατυχημάτων.



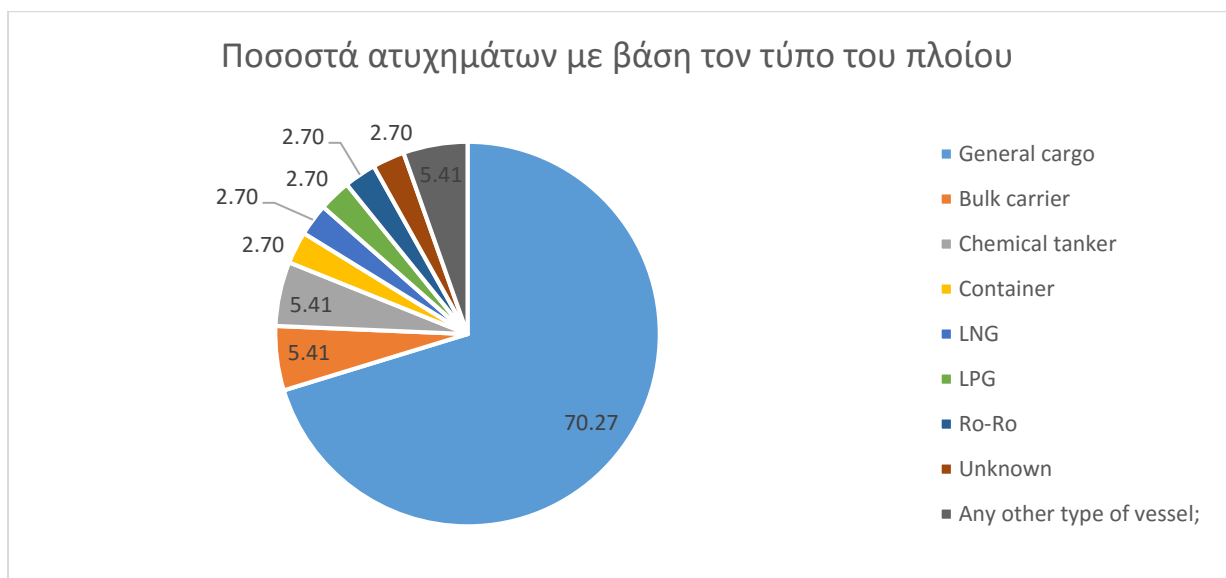
Στον χάρτη 16 φαίνονται οι ποσότητες που διέρρευσαν από τα ατυχήματα, με κόκκινο παρουσιάζεται το συμβάν με την μεγαλύτερη απελευθέρωση χημικών στην Μεσόγειο. Σε ορισμένα από τα ατυχήματα στην βάση δεδομένων της REMPEC αναφέρονται ως «unknown» όσον αφορά τις ποσότητες που διέρρευσαν. Τα κίτρινα στίγματα στον χάρτη αντιπροσωπεύουν αυτά τα ατυχήματα, που ενώ η ύπαρξη διαρροής είναι δεδομένη, εντούτοις, αγνοούμε την ποσότητα.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται με την βοήθεια γραφημάτων τα ποσοστά των ατυχημάτων με βάση τον τύπο του ατυχήματος και το είδος του πλοίου.

Γράφημα 14: Ποσοστά των ατυχημάτων με βάση τον τύπο του ατυχήματος



Γράφημα 15: Ποσοστά των ατυχημάτων με βάση τον τύπο του πλοίου



8. Δυναμική απεικόνιση πετρελαιοκηλίδας

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η δημιουργία δύο σεναρίων τα οποία θα αφορούν μία πετρελαιοκηλίδα το καθένα . Η δημιουργία θα επιτευχθεί μέσω του προγράμματος GNOME (General NOAA Operational Modeling Environment) και της βάσης δεδομένων του GOODS¹⁷ (GNOME Online Oceanographic Data Server) που επιτρέπει στους χρήστες του GNOME να έχουν πρόσβαση σε χάρτες και δεδομένα, δημόσιου χαρακτήρα, που αφορούν τα υποθαλάσσια ρεύματα και τους ανέμους, από διάφορα μοντέλα και πηγές δεδομένων. Στην συνέχεια, η δημιουργία της δυναμικής απεικόνισης θα γίνει μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων με το ArcGIS. Θα γίνει χρήση και του ADIOS 2 καθώς παρέχει πληροφορίες για τις ιδιότητες του πετρελαίου (πυκνότητα, το ιξώδες, εξάτμιση, κ.α.).

8.1. Σκοπός

Σκοπός της δυναμικής απεικόνισης είναι η καλύτερη αντίληψη-κατανόηση της κίνησης του πετρελαίου και των διαδικασιών που συμβαίνουν σε αυτό (εξάπλωση, εξάτμιση, διασπορά, κ.α.). Από την παρουσίαση της κίνησης γίνεται αισθητή και η επικινδυνότητα που χαρακτηρίζει το πετρέλαιο. Όπως φαίνεται στην συνέχεια, αν βρεθούν οι συνθήκες να είναι κατάλληλες μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις σε μικρό χρονικό διάστημα, δυσκολεύοντας έτσι τις προσπάθειες για τον περιορισμό του.

8.2. Το GNOME

Το πρόγραμμα GNOME (General NOAA Oil Modeling Environment) του ινστιτούτου NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) παρέχει ένα διαδραστικό περιβάλλον για την προσομοίωση των τροχιών των ρύπων στο περιβάλλον της θάλασσας (π.χ. πετρελαιοκηλίδα). Αναπτύχθηκε από την HAZMAT (Hazardous Materials

¹⁷ <http://response.restoration.noaa.gov/goods>

Response Division) της NOAA OR&R (National Oceanic and Atmospheric Administration Office of Response and Restoration) με σκοπό την δημιουργία ενός εργαλείου πρόβλεψης τροχιάς με σκοπό την άμεση επέμβαση στην περίπτωση ατυχήματος. Το GNOME δημιουργεί την καλύτερη δυνατή πρόβλεψη για την πορεία του μολυσματικού στοιχείου, σύμφωνα με τα δεδομένα που του παρέχονται ενώ μπορεί να εμφανίσει και αποτελέσματα που περιλαμβάνουν και ένα μικρό ποσοστό αβεβαιότητας.

Από το GNOME παράγεται η πορεία που ακολούθησε η ουσία που απελευθερώθηκε σε συνάρτηση με τις διεργασίες που επιδρούν σε αυτήν (αέρας, υποθαλάσσια ρεύματα, χημικές και μηχανικές διεργασίες). Η πορεία που παράγει το συγκεκριμένο πρόγραμμα εμφανίζεται ως κινούμενη εικόνα στο χρήστη. Με μαύρο χρώμα παρουσιάζεται η βέλτιστη υπόθεση της θέσης ενώ με κόκκινο όσα σημεία περιλαμβάνουν και την αβεβαιότητα.

8.2.1 Εισαγωγή δεδομένων

Στο standard mode το πρόγραμμα καθοδηγεί την εισαγωγή στοιχείων, σε αντίθεση με το diagnostic mode όπου τα στοιχεία καθορίζονται από τον χρήστη στην στήλη που υπάρχει αριστερά στην επιφάνεια του προγράμματος. Για να παραχθούν αποτελέσματα το σενάριο θα πρέπει να περιέχει τα εξής στοιχεία:

- Location file: περιέχει τον χάρτη της περιοχής και γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης.
- Η θέση της πηγής από την οποία διαρρέει η μολυσματική ουσία.
- Η ποσότητα που απελευθερώθηκε.
- Ο χρόνος της διαρροής.
- Η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου και των ρευμάτων (σταθερά ή μεταβαλλόμενα), και ορισμός χρονικής διάρκειας στην περίπτωση μεταβαλλόμενων μεταβλητών.

8.2.2. Υπολογισμός πορείας

Το GNOME είναι ικανό να εξάγει την πορεία μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου που προκαλούν την κίνηση του πετρελαίου που έχει διαρρεύσει. Τα δεδομένα εισόδου ονομάζονται συντελεστές κίνησης (Movers). Συντελεστής κίνησης είναι οποιοδήποτε στοιχείο προκαλεί τη μετακίνηση του μολυσματικού όγκου στο νερό, τέτοια συνήθως είναι τα υποθαλάσσια ρεύματα, οι άνεμοι, και η διάχυση. Οι συντελεστές κίνησης υπάγονται σε δύο κατηγορίες. Οι καθολικοί συντελεστές κίνησης που ισχύουν παντού, και αποτελούνται συνήθως από τον αέρα και τη διάχυση. Όλοι οι άλλοι συντελεστές κίνησης απευθύνονται μόνο στο χάρτη με τον οποίο είναι συνδεδεμένοι. Η χρήση των πολλαπλών χαρτών είναι μια λειτουργία η οποία ήταν περισσότερο χρήσιμη σε παλαιότερα μοντέλα, καθώς αυτά δημιουργήθηκαν σε μία εποχή που οι υπολογιστές στερούνταν ικανοποιητικής μνήμης, αδυνατώντας έτσι να ανταπεξέλθουν απέναντι σε έναν ενιαίο χάρτη για μια ολόκληρη παράκτια περιοχή. Ως επί το πλείστον, ένας ενιαίος χάρτης είναι πλέον αρκετός και όλοι οι συντελεστές κίνησης μπορούν να τοποθετηθούν σε αυτόν τον χάρτη. Για να υπολογιστεί η γενική κίνηση, προστίθενται οι συνιστώσες της ταχύτητας των κατευθύνσεων u (Ανατολής-Δύσης) και v (βορρά-νότου) όλων των συντελεστών κίνησης (θαλάσσια ρεύματα, άνεμοι, διάχυση και άλλα) σε κάθε στιγμιότυπο, i χρησιμοποιώντας την μέθοδο του Όιλερ (μια μέθοδος runge-Kutta πρώτων παραγόντων). Στους συντελεστές κίνησης δίνεται ένα σημείο (x,y,z,t) και επιστρέφουν μια μετατόπιση $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ στο χρόνο t (Εξίσωση 1).
Εξίσωση 1: Υπολογισμός μετατόπισης ζωνών, αξόνων και κάθετων από τους συντελεστές κίνησης.

$$\Delta x = \frac{u}{\cos(y)} * \Delta t, \Delta y = \frac{v}{111,120.00024} * \Delta t, \text{ and } \Delta z = 0$$

Όπου:

- $\Delta t = t - t_1$ είναι η χρονική διαφορά μεταξύ δύο στιγμιότυπων i
- y είναι το γεωγραφικό πλάτος σε ακτίνια
- 111,120,00024 είναι ο τα μέτρα που αντιστοιχούν ανά βαθμό γεωγραφικού πλάτους
- $(\Delta x, \Delta y)$ είναι η μετατόπιση στα δύο επίπεδα των αξόνων (γεωγραφικό μήκος/πλάτος). Το Δz θεωρείται 0 καθώς δεν υποστηρίζεται ακόμη από το πρόγραμμα η κίνηση σε βάθος.

Ο υπολογισμός της συνολικής μετακίνησης είναι μια απλή διανυσματική πρόσθεση της μετατόπισης ενός μολυσματικού μορίου από κάθε συντελεστή κίνησης σε κάθε

στιγμιότυπο. Υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στην ακρίβεια της εισαγόμενης πρόβλεψης ή/και των μετρήσεων των στοιχείων. Επίσης, αυτές οι εισαγωγές στο μοντέλο είναι στοιχισμένα σε πλέγμα στοιχεία που οδηγούν σε μη-ομαλούς τομείς ταχύτητας – περιορίζοντας τη χρησιμότητα της υιοθέτησης των μεθόδων runge-Kutta υψηλότερων παραγόντων (εάν η πρόσθετη ακρίβεια επιδιώκεται, η μείωση του πρότυπου χρόνος-βήματος παράγει συχνά την ίδια σχεδόν βελτίωση όπως η χρήση μιας πιο σύνθετης μεθόδου υψηλότερων παραγόντων). Κάθε συντελεστής κίνησης παρών στην πρότυπη οργάνωση μπορεί να είναι ενεργός ή ανενεργός οποιαδήποτε στιγμή. Μόνο οι συντελεστές κίνησης που είναι ενεργοί θα χρησιμοποιηθούν στον πρότυπο υπολογισμό.

8.2.3. Υπολογισμός επίδρασης θαλάσσιων ρευμάτων

Το GNOME δέχεται διάφορους τύπους και τα σχήματα πλέγματος για τα τρέχοντα στοιχεία. Μια επιλογή των πρόσφατων μετρήσεων και πρόβλεψης των ρευμάτων, συμβατών με το GNOME είναι διαθέσιμη για μεταφόρτωση μέσω του GOODS στο <http://gnome.org.noaa.gov/goods>. Για τα location files στο standard mode χρησιμοποιείται το υδροδυναμικό μοντέλο του προγράμματος, Current Analysis for Trajectory (CATS). Το μοντέλο αυτό είναι ένα δυσδιάστατο, με χρήση μέσου βάθους, μοντέλο κυκλοφορίας στοιχείων πεπερασμένης κατάστασης. Το μοντέλο CATS παράγει τα σταθερά σχέδια που γίνονται χρονικά εξαρτημένα στο GNOME με τη σύνδεσή τους με time-series¹⁸, όπως οι παλιρροιακοί συντελεστές. Αυτά τα σχέδια είναι αρκετά γρήγορα να παραχθούν και εύκολο να ρυθμιστούν κατά τη διάρκεια μιας απεικόνισης. Τα σχέδια είναι σε ένα πλέγμα τριγώνων που επιτρέπει τη σωστή επαφή με τις ακτές και την υψηλότερη ανάλυση κοντά στην ακτή. Όσο για το GOODS, τα γενικά πρότυπα κυκλοφορίας όπως τα nowcast/forecast models μπορούν επίσης να εισαχθούν στο GNOME. Το πρότυπο δεν είναι πλήρως τρισδιάστατο στο διάστημα, αλλά είναι στο στάδιο της επέκτασης.

Το GNOME δέχεται είτε τα χρονικά εξαρτημένα είτε τρέχοντα σχέδια κατάστασης και τα τελευταία καθοδηγούνται συνήθως από τα χρονικά εξαρτημένα αρχεία παλίρροιας. Για παράδειγμα, η παλιρροιακή αντιπροσώπευση στα περισσότερα αρχεία θέσης είναι της μορφής $\vec{U}(x,y)\vec{T}(t)$. Χρησιμοποιούμε ένα χωρικό σχέδιο από τις CATS, $\vec{U}_{CATS}$ για τα

¹⁸ Δεν βρέθηκε ακριβής μετάφραση.

ρεύματα και έπειτα παλιρροιακά time-series ρευμάτων NOAA για τον κοντινότερο σταθμό παλίρροιας για να ρυθμιστούν οι κινήσεις των ρευμάτων. Έτσι, για έναν σταθμό στο σημείο (x_0, y_0) , τα ρεύματα σε οποιοδήποτε σημείο δίνονται από την εξίσωση 2.

Εξίσωση 2. Έκφραση της τρέχουσας παλιρροιακής ταχύτητας στην επιφάνεια.

$$\vec{U}(x, y) = \vec{T}(x_0, y_0, t) * \frac{\vec{U}_{CATS}(x, y)}{\vec{U}_{CATS}(x_0, y_0)}$$

Τα αρχεία παλίρροιας είναι είτε στοιχεία από το παλιρροιακό μοντέλο SHIO ERD, είτε ένα χρονικό αρχείο των σημείων των στοιχείων που παρεμβάλλονται στο GNOME χρησιμοποιώντας μια πολωνυμική Hermite¹⁹. Τα ρεύματα μπορούν επίσης να τοποθετηθούν²⁰ χρησιμοποιώντας τα παλιρροιακά ύψη (στοιχεία από SHIO) ή την υδρολογία (ένα χρονικό αρχείο). Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις ο χρήστης μπορεί να εισαγάγει έναν παράγοντα κλίμακας.

Το GNOME δέχεται επίσης τα στοιχεία μοντέλων σε ορθογώνια, καμπυλόγραμμα, και τριγωνικά πλέγματα από τα διάφορα μοντέλα για χρήση ως ρεύματα. Για τα ορθογώνια πλέγματα το GNOME επιτρέπει στις ταχύτητες για να είναι στο κέντρο των κιβωτίων πλέγματος ή στους κόμβους, αλλά σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιεί την ίδια αξία σε όλο το κιβώτιο πλέγματος και δεν τα παρεμβάλλει. Τα ορθογώνια πλέγματα πρέπει να φορτωθούν επάνω στο χάρτη. Για τα καμπυλόγραμμα και τα τριγωνικά πλέγματα το GNOME θα δημιουργήσει έναν χάρτη από το όριο του πλέγματος εάν δεν υπάρχει κανένας χάρτης BNA²¹ διαθέσιμος. Όταν εισάγεται ένα καμπυλόγραμμο πλεγματών το GNOME διαιρεί κάθε κιβώτιο πλέγματος σε δύο τρίγωνα και τοποθετεί την ταχύτητα στην κάτω αριστερή γωνία του κιβωτίου του πλέγματος και για τα δύο τρίγωνα. Το GNOME προεκτείνει επίσης το πλέγμα προς την κορυφή και στα δεξιά, και εφαρμόζει τις τιμές ταχύτητας για την πρώτη σειρά και την τελευταία στήλη εκεί. Ο τύπος ορίου στην εκτεταμένη σειρά και τη στήλη παίρνει την ίδια τιμή με τις τιμές της πρώτης σειράς και της τελευταίας στήλης.

Για τον υπολογισμό της πορείας στο τοπολογικό πλέγμα, με πεπερασμένο αριθμό στοιχείων, το GNOME χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο δέντρου DAG. Το GNOME

¹⁹ Hermite polynomial fit

²⁰ Be scaled

²¹ Η μορφή BNA αποτελείται από γραμμές και πολύγωνα τα οποία αναμένεται να σχεδιαστούν στην οθόνη

αντιμετωπίζει κάθε σωματίδιο ως Λαγκραντζιανό Στοιχείο (Lagrangian Element, LE). Ο αλγόριθμος αυτός επιτρέπει την αναγνώριση της κυψελίδας στην οποία ανήκει ένα στοιχείο LE, έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ταχύτητα. Ο αλγόριθμος δέντρου DAG παρέχει την δυνατότητα στο GNOME να αναγνωρίσει πότε ένα στοιχείο LE έχει περάσει έξω από την περιοχή σε άγνωστα νερά ή έχει προσαιγιαλωθεί.

8.2.3. Υπολογισμός επίδρασης ανέμων

Το GNOME επιτρέπει διαφορετικούς τύπους ανέμων ως συντελεστές κίνησης, συνεχείς, χρονικά εξαρτημένους, και χώρο-χρονικά εξαρτημένους. Οι πρώτοι δύο μπορούν να οριστούν από τον χρήστη είτε να εισαχθούν στον ισχύοντα χάρτη. Τα αρχεία περιέχουν πληροφορίες όπως μέρα, ώρα, ταχύτητα και κατεύθυνση. Τα εισαχθέντα στοιχεία που διαφέρουν χωρικά πρέπει να εισαχθούν μέσα από αρχείο είτε σε μορφή American Standard Code for Information Interchange (ASCII) είτε σε Network Common Data Form (NetCDF) και μπορούν να βρεθούν στο GOODS. Ο χρονικά εξαρτημένος άνεμος επεξεργάζεται με Hermite polynomial fit. Οι χωρικά ποικίλοι άνεμοι επεξεργάζονται γραμμικά στον χώρο, αλλά όχι και στον χρόνο. Το GNOME αναγνωρίζει ακόμα δεδομένα από το National Weather Service's National Digital Forecast Database, ωστόσο τα δεδομένα αυτά επιβάλουν μια μικρή προεργασία.

8.2.4. Φυσικές διεργασίες

Ο τύπος της ουσίας που απελευθερώνεται καθορίζει και τις παραμέτρους που επιλέγονται για την προσομοίωση της αποσάθρωσης και της εξάτμισης. Αν σε κάποια στιγμή η μάζα ενός στοιχείου αγγίζει το μηδέν, τότε αυτό θεωρείται ότι έχει υποστεί εξάτμιση.

Για την εξάτμιση το GNOME χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο τριών φάσεων (Εξίσωση 3, Boehm, Feist, Mackay, & Paterson, 1982), όπου ο ρύπος αντιμετωπίζεται ως ένα τριμερές συστατικό με ανεξάρτητες ημιζώες.

Εξίσωση 3:

$$X_{prob} = \frac{P_1 * \left(2^{\frac{-t_i}{H_1}} - 2^{\frac{t_{i-1}-2*t_i}{H_1}} \right) + P_2 * \left(2^{\frac{-t_i}{H_2}} - 2^{\frac{t_{i-1}-2*t_i}{H_2}} \right) + P_3 * \left(2^{\frac{-t_i}{H_3}} - 2^{\frac{t_{i-1}-2*t_i}{H_3}} \right)}{P_1 * 2^{\frac{-t_i}{H_1}} + P_2 * 2^{\frac{-t_i}{H_2}} + P_3 * 2^{\frac{-t_i}{H_3}}}$$

Όπου:

- T και T1 είναι ο χρόνος που παρήλθε (σε ώρες) κατά το χρονικό βήμα i και στο βήμα i-1, αντίστοιχα, από την κυκλοφορία του στοιχείου.
- Hi είναι οι ημιζωές κάθε συστατικού (σε ώρες).
- Pi είναι τα ποσοστά του κάθε συστατικού (ως δεκαδικά) από τον Πίνακα 1 για τον ρύπο.
- Για κάθε στοιχείο σε κάθε χρονικό βήμα i, παράγεται ένας τυχαίος αριθμός, το R (0,1), μεταξύ 0 και 1. Εάν το $R(0,1) \leq X$, τότε η μάζα του στοιχείου είναι ορισμένη ίση με μηδέν.
-

8.2.5. Γαλακτωματοποίηση και Διασπορά

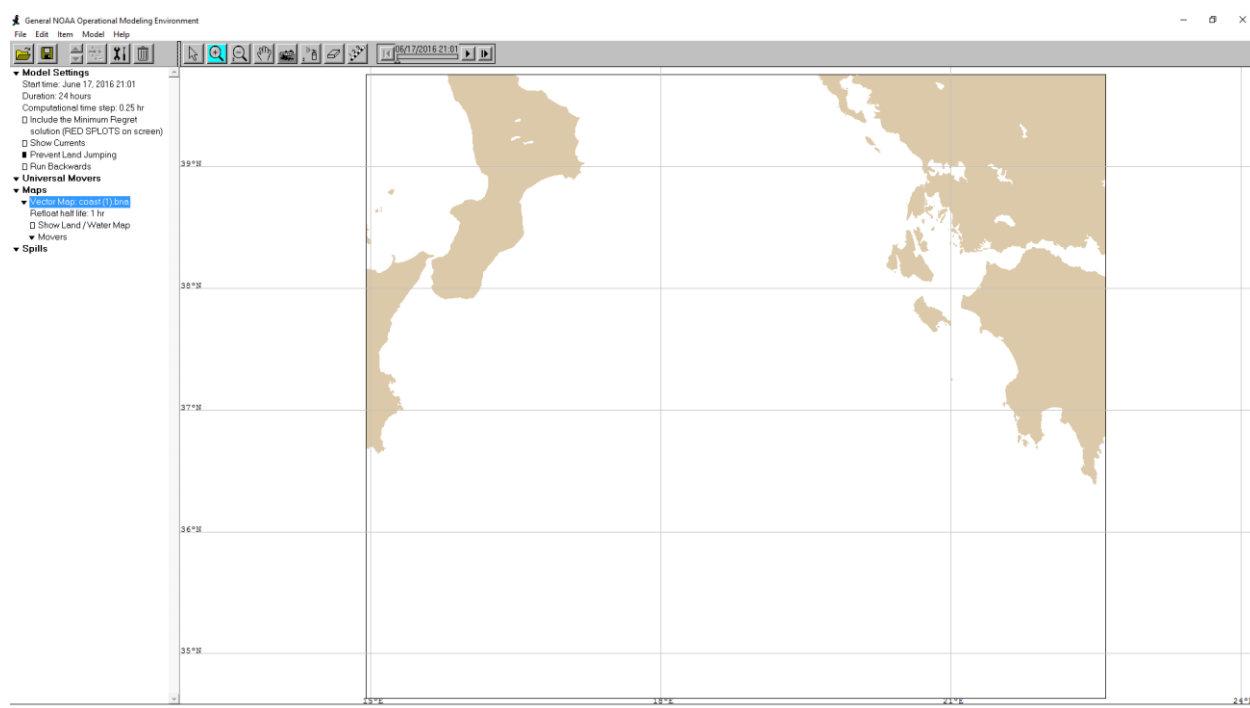
Για τη Γαλακτωματοποίηση ισχύει ότι ισχύει γενικά για τις υπόλοιπες φυσικές διεργασίες. Το GNOME δεν αναγνωρίζει τη διαδικασία της γαλακτωματοποίησης του πετρελαίου ως ένα επιχειρησιακό πρόγραμμα.

Το GNOME δεν υπολογίζει την διασπορά του πετρελαίου σε τρεις άξονες ακόμα, παρά μόνο σε ορισμένα Location Files. Ωστόσο για την επιτυχία της μέγιστης ακρίβειας στον υπολογισμό της πορείας υπολογίζεται η επιρροή των κυμάτων που οδηγούν μικροποσότητες πετρελαίου μέσα στο νερό. Η επιρροή ορίζεται ως “Windage” (=επιρροή του ανέμου στην κίνηση της κηλίδας). Η ταχύτητα με την οποία ο αέρας κινεί το ρύπο υπολογίζεται συνήθως περίπου στο 3% της ταχύτητας του ανέμου. Το προηγούμενο εφαρμόστηκε με βάση την αναλυτική μελέτη και την εμπειρική παρατήρηση ότι το πετρέλαιο τείνει να εξαπλωθεί και κάθετα της διεύθυνσης του ανέμου (Stolzenbach, Madsen, Adams, Pollack, & Cooper, 1977). Αυτό οδήγησε τη NOAA να εντάξει έναν συντελεστή της τάξης του 1% με 4%, που ρυθμίζεται σε σχέση με τις επί τόπου παρατηρήσεις (Lehr & Šimeček-Beatty, 2000). Το ίδιο ποσοστό χρησιμοποιείται στο GNOME ως προεπιλογή με ομοιόμορφη κατανομή.

8.2.6. Εισαγωγή δεδομένων για την δημιουργία σεναρίων

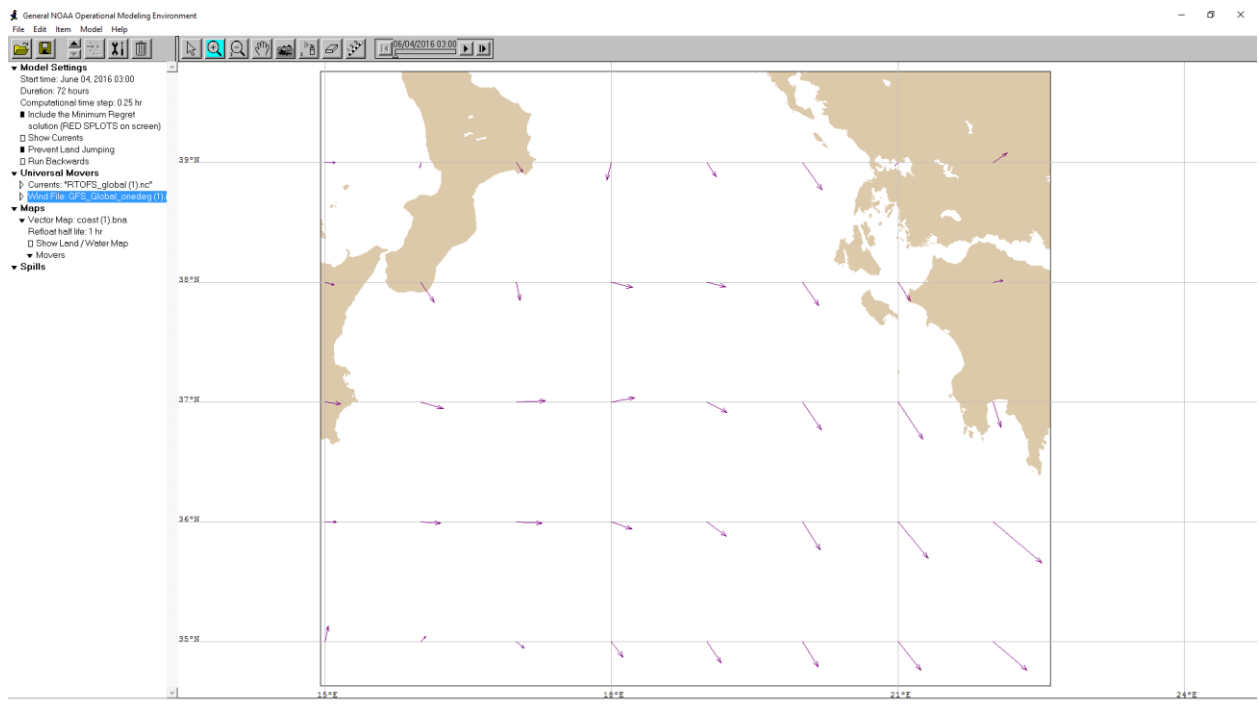
Για την δημιουργία των σεναρίων στην παρούσα εργασία εισήχθησαν οι συντελεστές κίνησης από την βάση δεδομένων του GOODS. Τα δεδομένα που επιλέχθηκαν είναι οι τιμές του αέρα και των επιφανειακών θαλάσσιων ρευμάτων, για ένα μεγάλο κομμάτι του Ιονίου Πελάγους, και για τις ημερομηνίες 4 Ιουνίου και ώρα 03:00 μέχρι 7 Ιουνίου και ώρα 03:00 του έτους 2016.

Εικόνα 1: Περιοχή στην οποία θα γίνει η ρίψη της πετρελαιοκηλίδας.

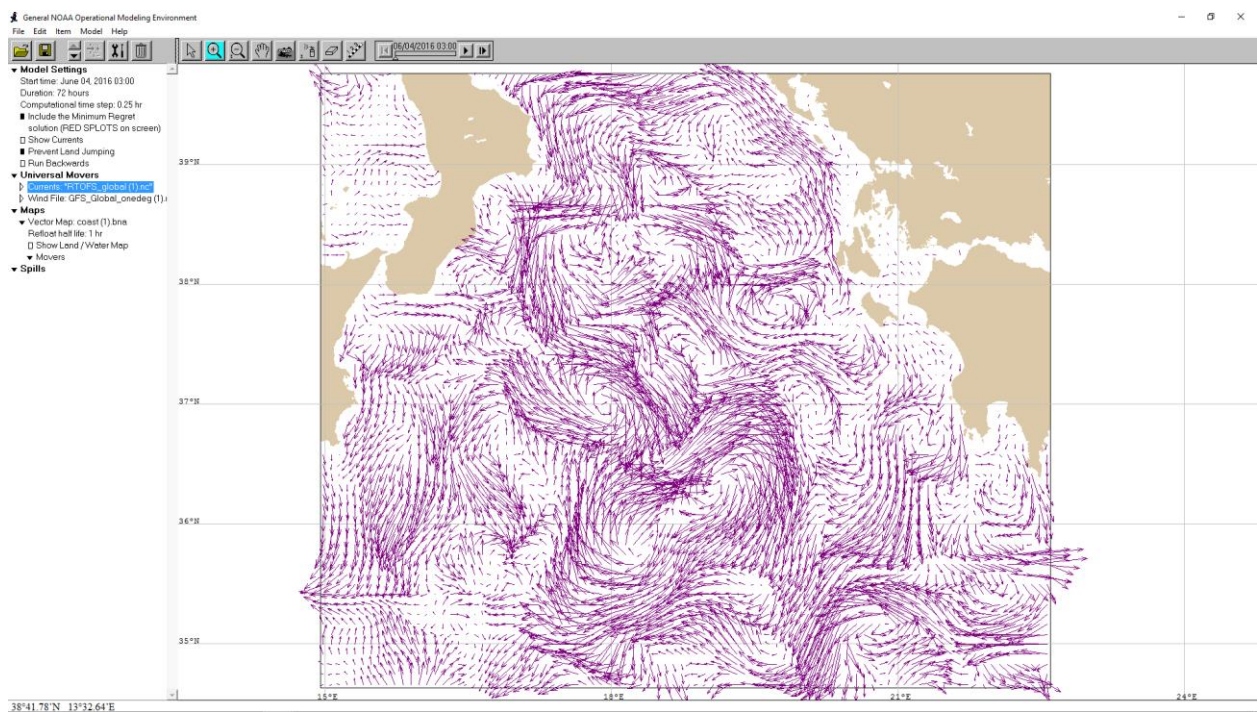


Η προτίμηση για την εισαγωγή ενός έτοιμου περιβάλλοντος, από την δημιουργία ενός, είναι αποτέλεσμα της έλλειψης εμπειρίας με το συγκεκριμένο πρόγραμμα (στον τομέα της δημιουργίας ορθών περιβαλλοντικών συνθηκών) και η δυνατότητας της άμεσης εισαγωγής ολοκληρωμένων δεδομένων με ακριβή στοιχεία. Τέλος για την παραγωγή του χάρτη χρησιμοποιήθηκαν και δεδομένα, σε μορφή shapefile, όπως δρόμοι, ονομασίες περιοχών ακτογραμμή, ποταμοί, και ο χάρτης της Ευρώπης.

Εικόνα 2: Απεικόνιση της κίνησης του αέρα.



Εικόνα 3: Απεικόνιση των επιφανειακών θαλάσσιων ρευμάτων.



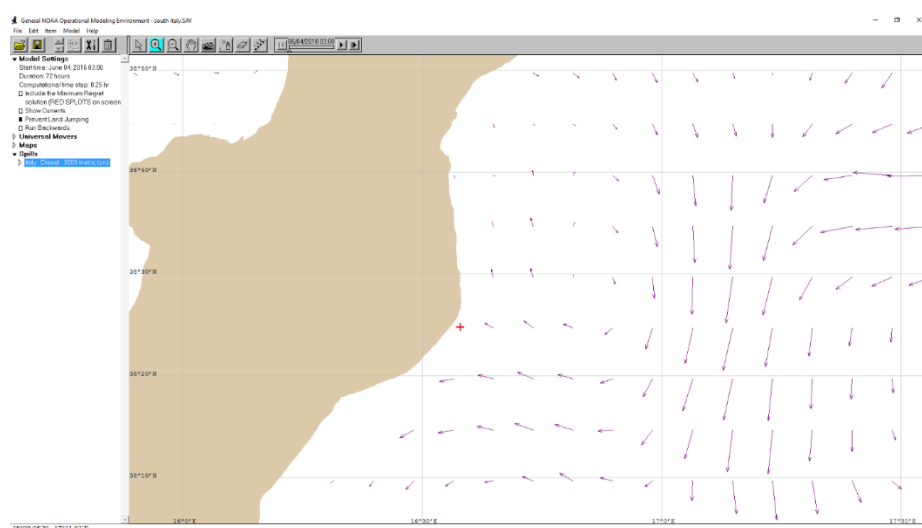
8.3. Διαδικασία δημιουργίας σεναρίων

Αφού έγινε η εισαγωγή των δεδομένων στο GNOME, το επόμενο βήμα ήταν η επιλογή των σημείων ρίψης, τα σημεία αυτά δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερη ιδιομορφία η κάποιο ειδικό μορφολογικό ενδιαφέρον. Η επιλογή του σημείου (38°27,75' N, 16°34,74' E) με 3000 χιλιάδες τόνους διαρροή, του πρώτου σεναρίου έγινε μετά από δοκιμές καθώς η πετρελαιοκηλίδα στο συγκεκριμένο σημείο αυτό παρουσιάζει ενδιαφέρουσα πορεία. Για το δεύτερο σενάριο το σημείο ρίψης είναι οι συντεταγμένες που είχε το πετρελαιοφόρο Alexia καθώς τις μέρες εκείνες ήταν σταθμευμένο βόρεια της Ζακύνθου. Η ποσότητα του πετρελαίου που μεταφέρει ως εμπόρευμα είναι αρκετά μεγάλος ώστε να δικαιολογεί μια διαρροή πετρελαίου 2000 τόνων. Η επιλογή των συγκεκριμένων χωρών έγινε καθώς είναι οι δύο Μεσογειακές χώρες με την υψηλότερη συχνότητα ατυχημάτων και την μεγαλύτερη ποσοτική συγκέντρωση.

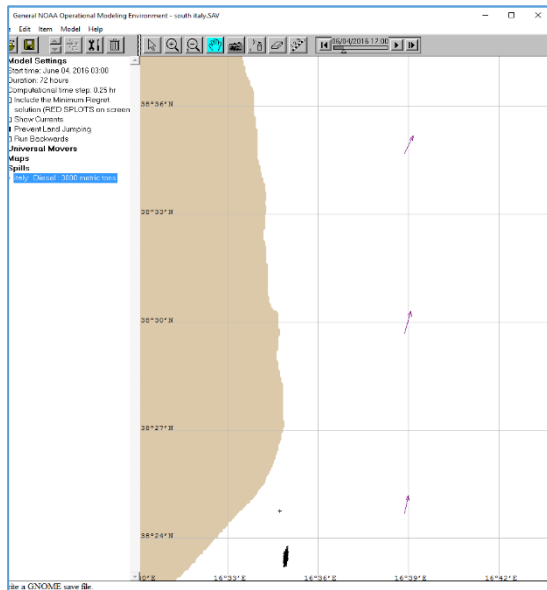
8.3.1. Πρώτο σενάριο: Νότιες Ιταλικές Ακτές

Στο συγκεκριμένο σημείο απελευθερώθηκαν 3000 τόνοι πετρελαίου. Παρακάτω ακολουθούν στιγμιότυπα της πορείας του πετρελαίου, στις ακτές της νότιας Ιταλίας, στα οποία καταγράφεται η θέση της πετρελαιοκηλίδας ανά δώδεκα ώρες.

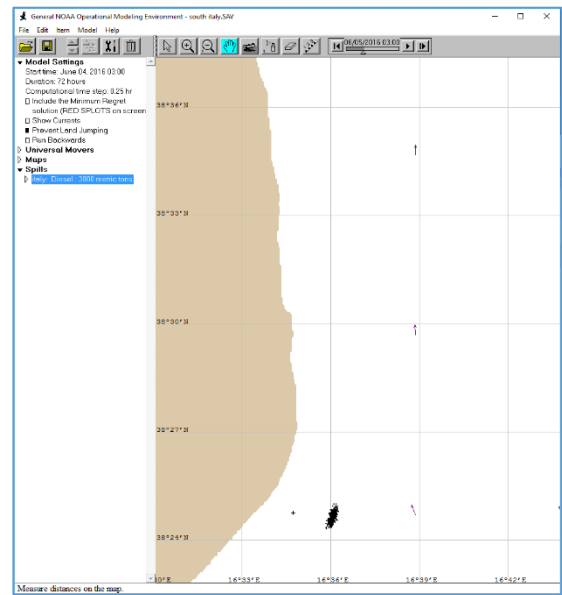
Εικόνα 4: Σημείο ρίψης του πετρελαίου (Σημείο 0).



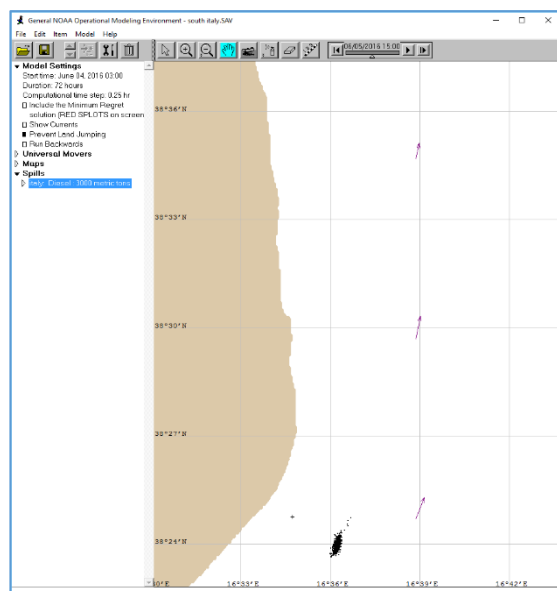
Εικόνα 5: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας
12 ώρες μετά την ρίψη.



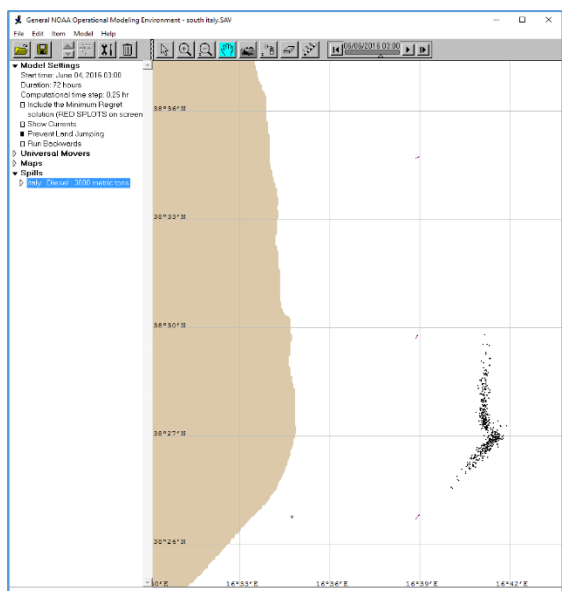
Εικόνα 6: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας
24 ώρες μετά την ρίψη.



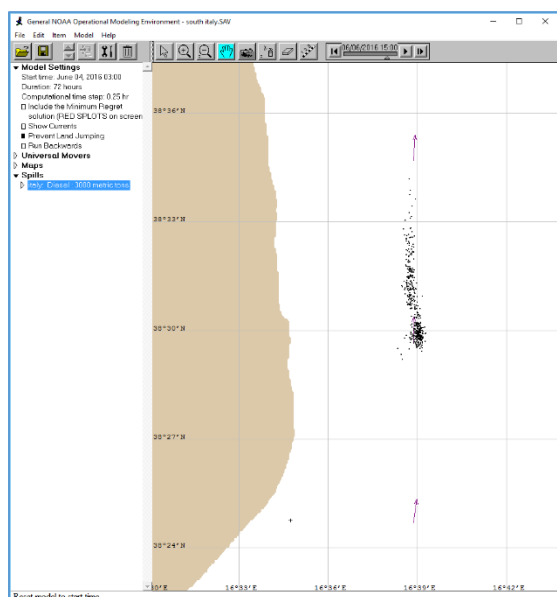
Εικόνα 7: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας
36 ώρες μετά την ρίψη.



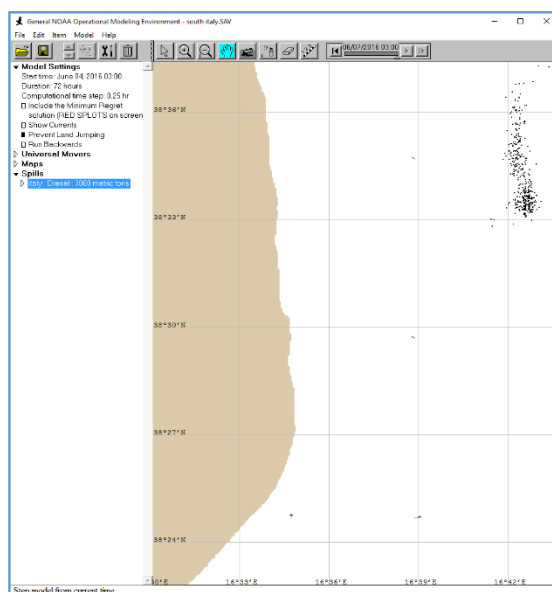
Εικόνα 8: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας
48 ώρες μετά την ρίψη.



Εικόνα 9: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 60 ώρες μετά την ρίψη.

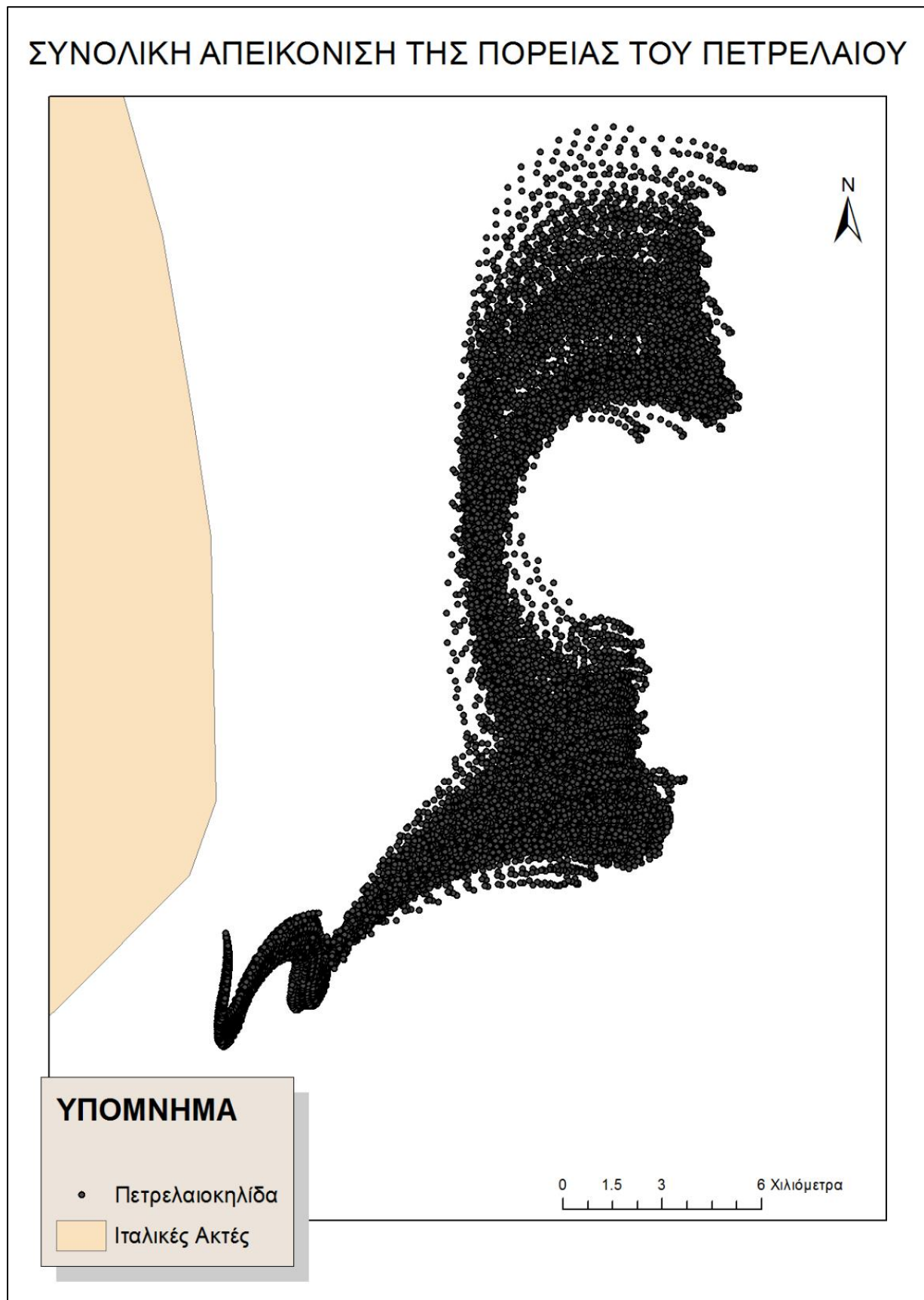


Εικόνα 10: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 72 ώρες μετά την ρίψη.



Το GNOME όπως αναφέρθηκε παρέχει την δυνατότητα στο χρήστη να κάνει εξαγωγή της πορείας σε σχέση με το χρόνο, και για τα δύο σενάρια επιλέχθηκε η χρονική διαφορά μεταξύ των στιγμιότυπων να είναι ίση με μισή ώρα (καλύτερη συνέχεια στην πορεία της πετρελαιοκηλίδας). Τα στιγμιότυπα εισάγονται στο ArcMap μέσω της εγκατάστασης ενός εργαλείου από την NOAA το GNOME trajectory import tool, αυτό επιτρέπει στο ArcMap να διαβάσει τα αρχεία (ms3, ms4, ms5) που έχουν εξαχθεί από το GNOME. Για τα αρχεία του πετρελαίου δημιουργείται κατά τη διαδικασία εισαγωγής τους μια βάση δεδομένων (για κάθε ένα) στην οποία καταγράφονται οι λεπτομέρειες που αφορούν το συγκεκριμένο στοιχείο. Οι βάσεις δεδομένων περιέχουν τις ακόλουθες πληροφορίες, αριθμό σημείου, είδος μολυσματικού, βάθος (το οποίο είναι ίσο με το 0), πυκνότητα, ηλικία (Age), και την κατάσταση (Status) η οποία περιγράφει αν ένα στοιχείο είναι στο νερό ή στην ξηρά. Στην συνέχεια θα πρέπει να αποθηκευτούν ως επίπεδα (Shape files) και να ενωθούν όλα σε ένα ενιαίο επίπεδο μέσω της εντολής Merge (ένωση). Με την διαδικασία αυτή δημιουργείται ένα επίπεδο που περιέχει την όλη την πορεία του πετρελαίου και τις πληροφορίες για όλα τα σημεία. Η ύπαρξη ενός επιπέδου επιτρέπει την καλύτερη επεξεργασία των δεδομένων. Παρακάτω παρουσιάζεται η συνολική διαδρομή που διένυσε η πετρελαιοκηλίδα με την μορφή χάρτη.

Χάρτης 17: Συνολική απεικόνιση της πορείας του πετρελαίου

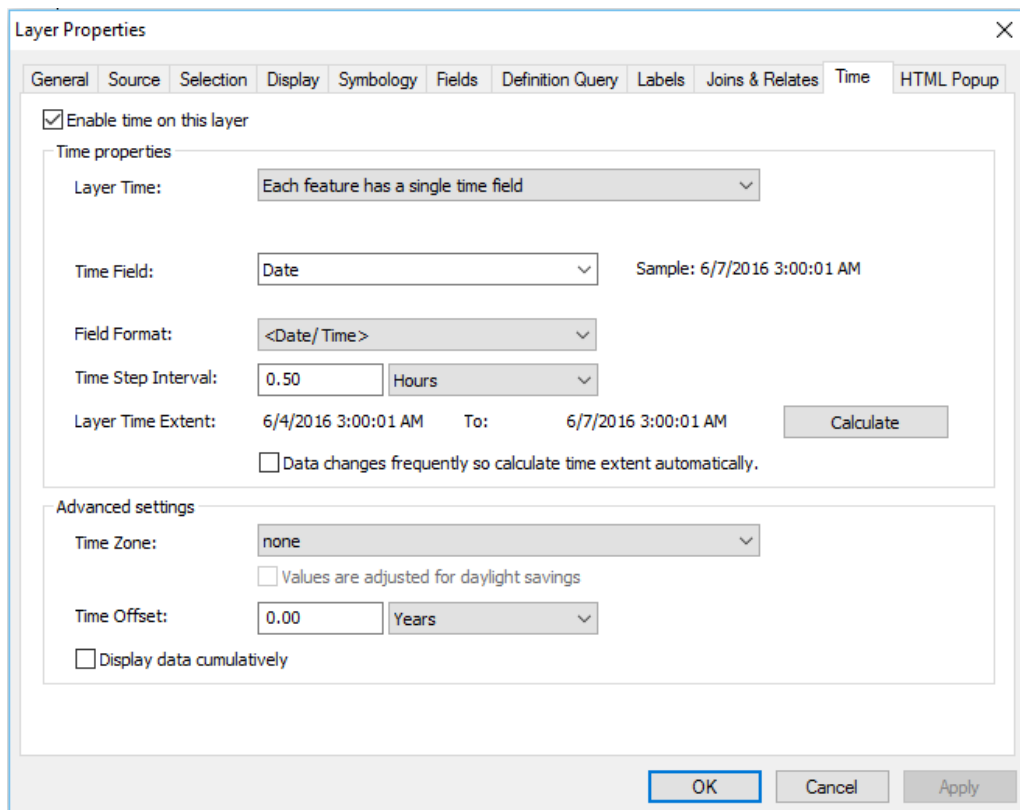


Το ArcMap παρέχει μια λειτουργία μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να αναπαράγει χρονικά τα στοιχεία αρκεί αυτά να χαρακτηρίζονται από κάποια χρονική πληροφορία. Τα στοιχεία που εξήχθησαν από το GNOME στερούνταν ημερομηνίας, επομένως η δημιουργία ενός πίνακα ο οποίος θα περιείχε ημερομηνία και ώρα ήταν απαραίτητη. Μέσω του ArcMap δημιουργήθηκε ένας πίνακας στον οποίο εισήχθησαν οι ημερομηνίες και οι ώρες για κάθε στιγμιότυπο. Ακόμα στο ίδιο πίνακα καταχωρήθηκαν σε ξεχωριστή στήλη οι τιμές από το 0 μέχρι το 72 με διαφορά μισού βαθμού (0, 0.5, 1, 1.5,..., 71.5, 72). Η καταχώρηση των συγκεκριμένων τιμών όπως και των τιμών Date/Time έγινε με βάση την σειρά των στιγμιότυπων, δηλαδή για κάθε ένα στιγμιότυπο καταχωρήθηκε η ανάλογη ημερομηνία, ώρα και ο αριθμός Age. Οι αριθμοί της στήλης Age έγιναν για να μπορέσει να συνδεθεί (Join) ο συγκεκριμένος πίνακας, με τον πίνακα των στοιχείων της πετρελαιοκηλίδας, καθώς οι πληροφορίες της στήλης Age αντιστοιχούν στις πληροφορίες της ομώνυμης στήλης του πίνακα του πετρελαίου.

Μετά την σύνδεση των δύο πινάκων τα στοιχεία του πετρελαίου μπορούν πλέον να παραστούν χρονικά από το Time Slider εφόσον γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις για την αναπαράσταση (ορισμός πηγής χρονικών δεδομένων, χρονικό βήμα, ταχύτητα αναπαράστασης). Ανοίγοντας την λειτουργία « Properties» (ιδιότητες) για το επίπεδο του πετρελαίου παρουσιάζεται ένα παράθυρο το οποίο παρέχει δυνατότητες ρυθμίσεων. Στην καρτέλα Time (χρόνος) πρέπει να « τσεκαριστεί» το πλαίσιο αριστερά του Enable time on this layer (« ενεργοποίηση» χρόνου στο επίπεδο) στην συνέχεια στο πλαίσιο Time Field (πεδίο χρόνου) επιλέγεται η στήλη στην οποία είναι καταχωρημένα τα χρονικά στοιχεία, στο File Format (μορφή αρχείου) επιλέγεται Date/Time (ημερομηνία/ώρα). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επιλεγθεί η εντολή Calculate ώστε να αναγνωρίσει το πρόγραμμα τα δεδομένα και να αποφασίσει για το Time Step Interval (χρονικό βήμα) το οποίο στην συνέχεια ορίζεται 0.5 και Hours (ώρες). Παρακάτω παρουσιάζεται εικόνα η οποία παρουσιάζει το περιβάλλον του Time tab (καρτέλα χρόνου).

Ο πίνακας που συνδέσαμε στα στοιχεία της πετρελαιοκηλίδας μας επιτρέπει να ορίσουμε την αναπαραγωγή με χρονικό βήμα από μισή ώρα μέχρι 72 ώρες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το χρονικό βήμα θα είναι της τάξης της μισής ώρας (0.5 Hours).

Εικόνα 11: Λειτουργία Time του ArcMap

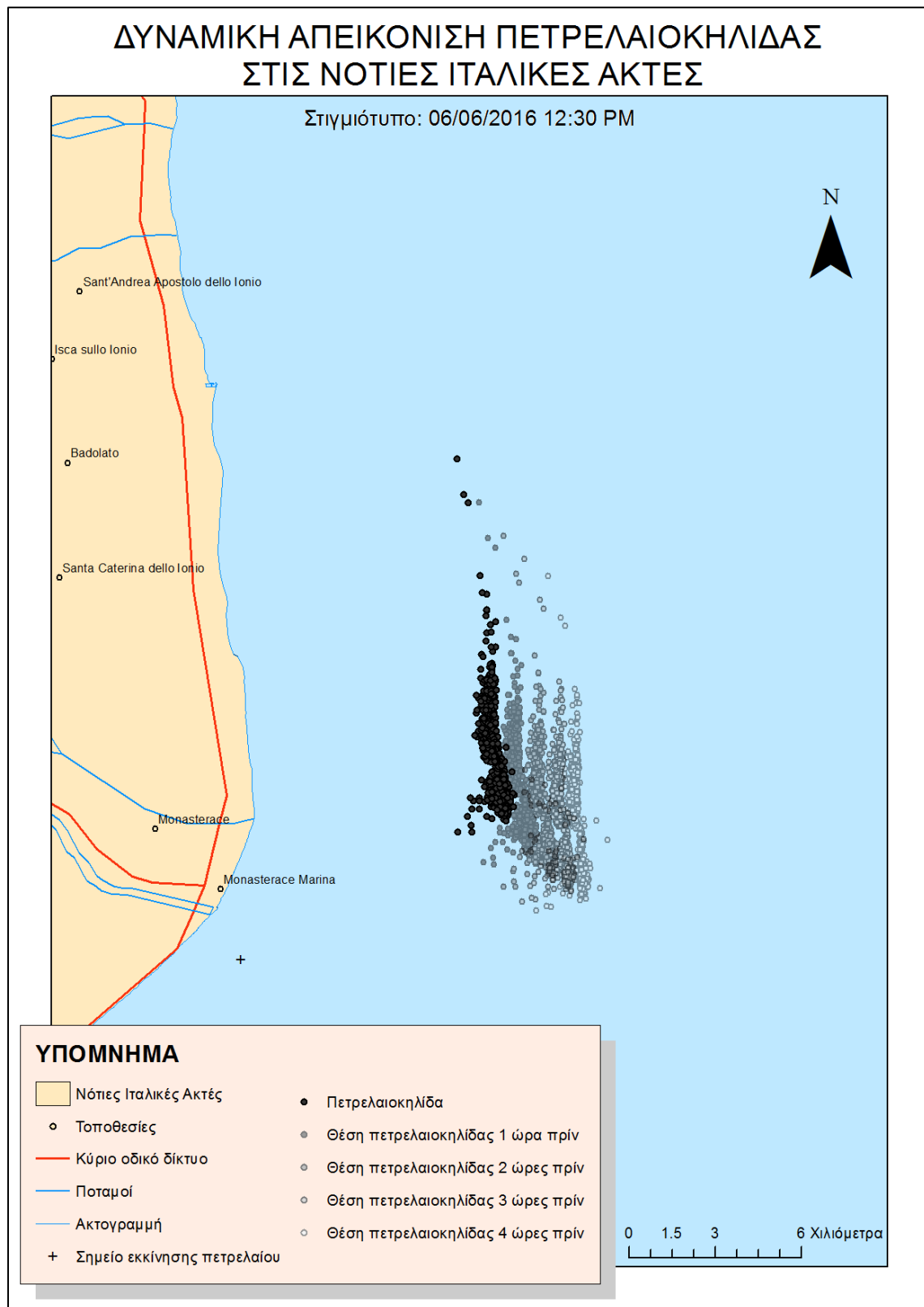


Στην συνέχεια, για την ολοκλήρωση του χάρτη, εισάγονται ορισμένα layers τα οποία περιέχουν το πολύγωνο (σχήμα) της Ιταλίας, ένα πολύγωνο που ορίζει την θαλάσσια περιοχή γύρω από την Μεσογειακή χώρα, το οδικό δίκτυο της Ιταλίας καθώς και οι τοποθεσίες (πόλεις), και τέλος το αρχικό σημείο εκκίνησης της πετρελαιοκηλίδας το οποίο συμβολίζεται με ένα μαύρο σταυρό.

Για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η κίνηση που ακολούθησε η πετρελαιοκηλίδα προστέθηκε το επίπεδο του πετρελαίου άλλες τέσσερις φορές, κάθε ένα από αυτά τα τέσσερα επίπεδα ρυθμιστικά να ξεκινάει με μία ώρα καθυστέρηση από το προηγούμενο, σταματώντας όμως την κίνηση την ίδια ώρα. Για το στιγμιότυπο με μία ώρα καθυστέρηση αρχίζει την κίνηση στις 04:00 αντί για 03:00 4/6/2016, τελειώνει όμως την κίνηση στις 02:00 7/6/2016 όταν το επίπεδο του πετρελαίου φτάσει στις 03:00 7/6/2016, όμοια και τα υπόλοιπα τρία. Έτσι δημιουργείται μία «ουρά» η οποία μας παρουσιάζει τις θέσεις τις πετρελαιοκηλίδας για τις προηγούμενες τέσσερις ώρες.

Σε αυτό το σημείο η επεξεργασία των δεδομένων έχει τελειώσει και η πορεία του πετρελαίου εξάγεται μέσω του Time Slider σε μορφή βίντεο.

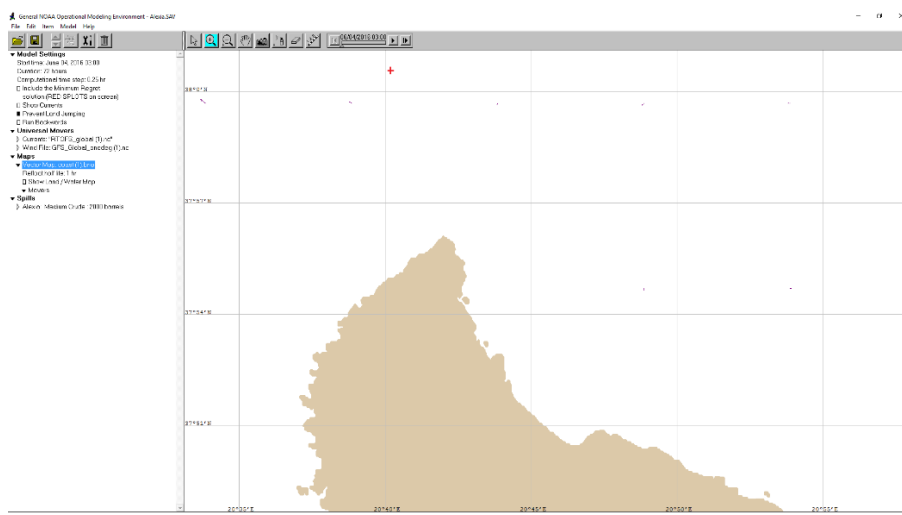
Χάρτης 18: Στιγμιότυπο δυναμικής απεικόνισης για το σενάριο της Ιταλίας



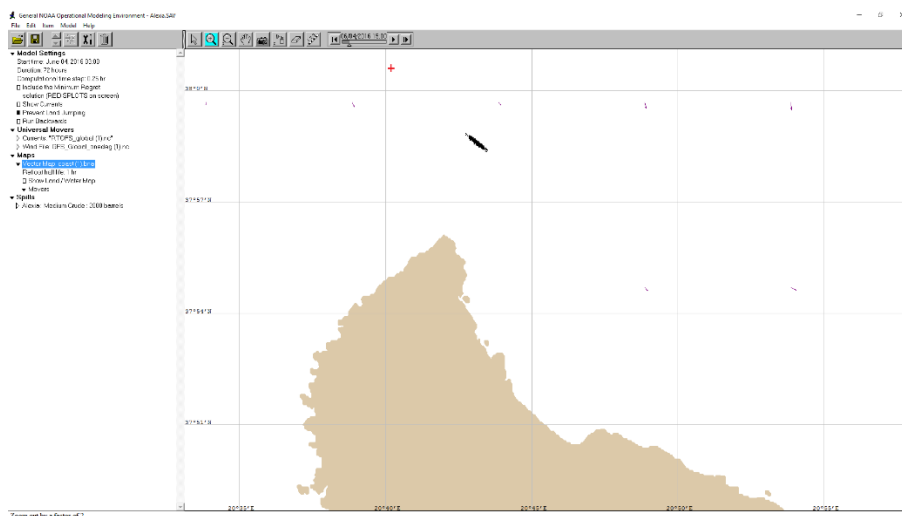
8.3.2. Δεύτερο σενάριο: Θαλάσσια περιοχή βόρεια της Ζακύνθου

Για το δεύτερο σενάριο στο σημείο ρίψης απελευθερώθηκαν 2000 τόνοι πετρελαίου (crude oil). Παρακάτω ακολουθούν στιγμιότυπα της πορείας του πετρελαίου, στο θαλάσσιο κομμάτι ανάμεσα της Κεφαλονιάς και της Ζακύνθου, στα οποία φαίνεται η θέση της πετρελαιοκηλίδας ανά δώδεκα ώρες.

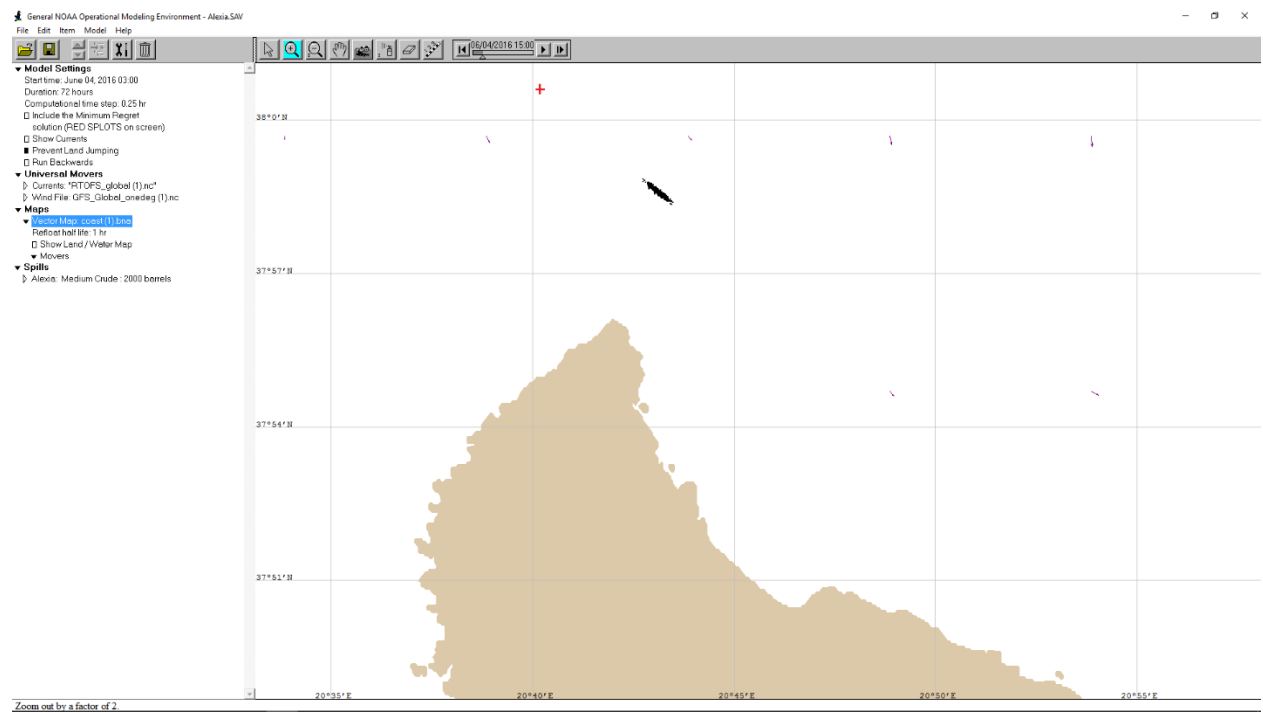
Εικόνα 12: Σημείο ρίψης του πετρελαίου (Σημείο 0).



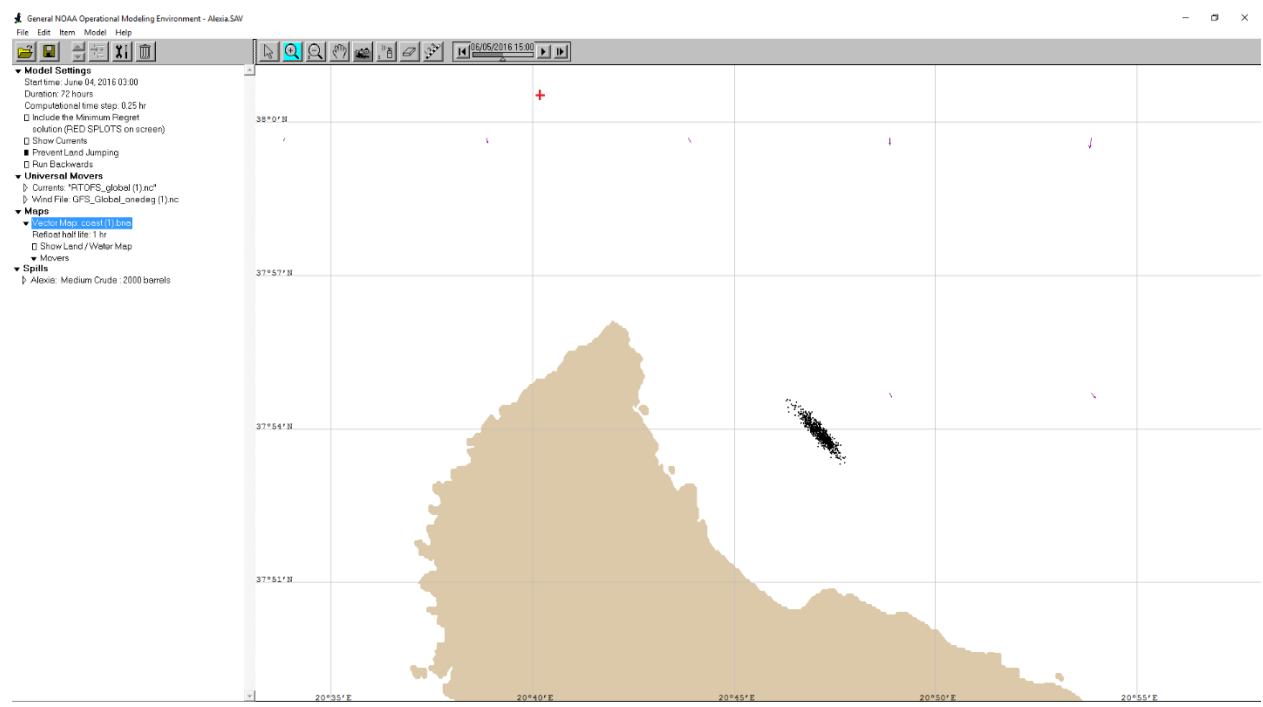
Εικόνα 13: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 12 ώρες μετά την ρίψη.



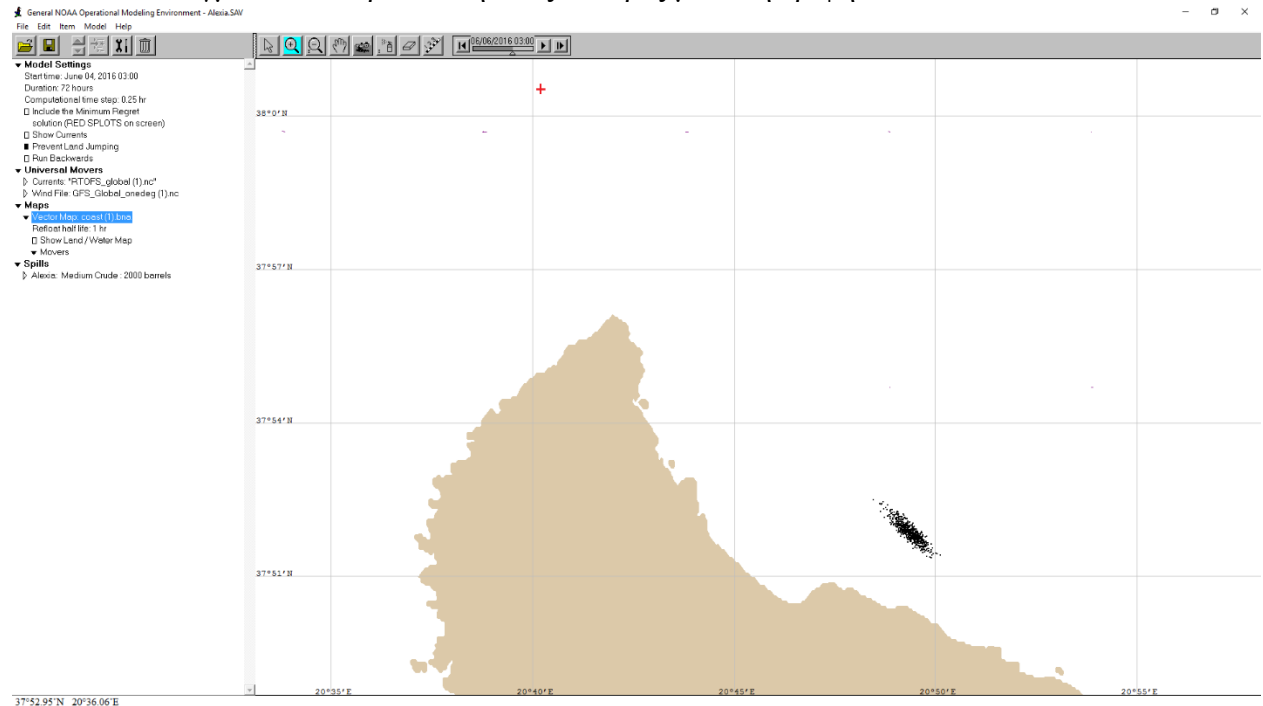
Εικόνα 14: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 24 ώρες μετά την ρίψη.



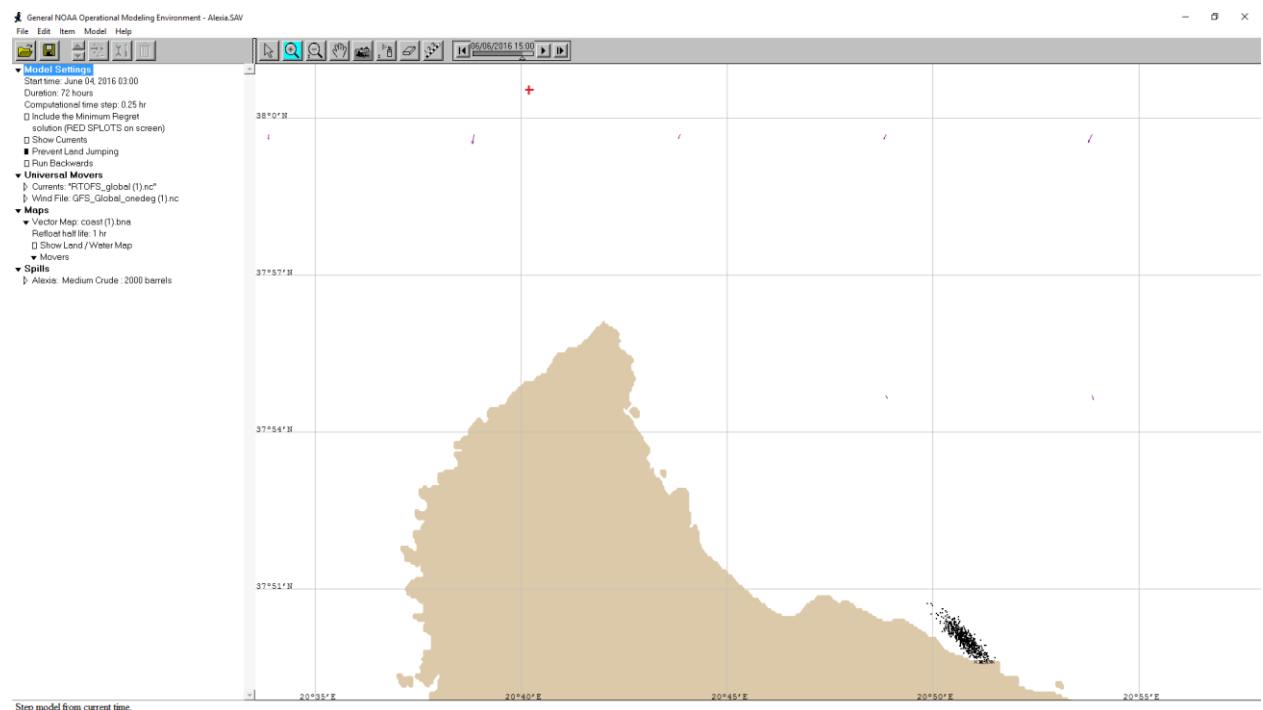
Εικόνα 15: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 36 ώρες μετά την ρίψη.



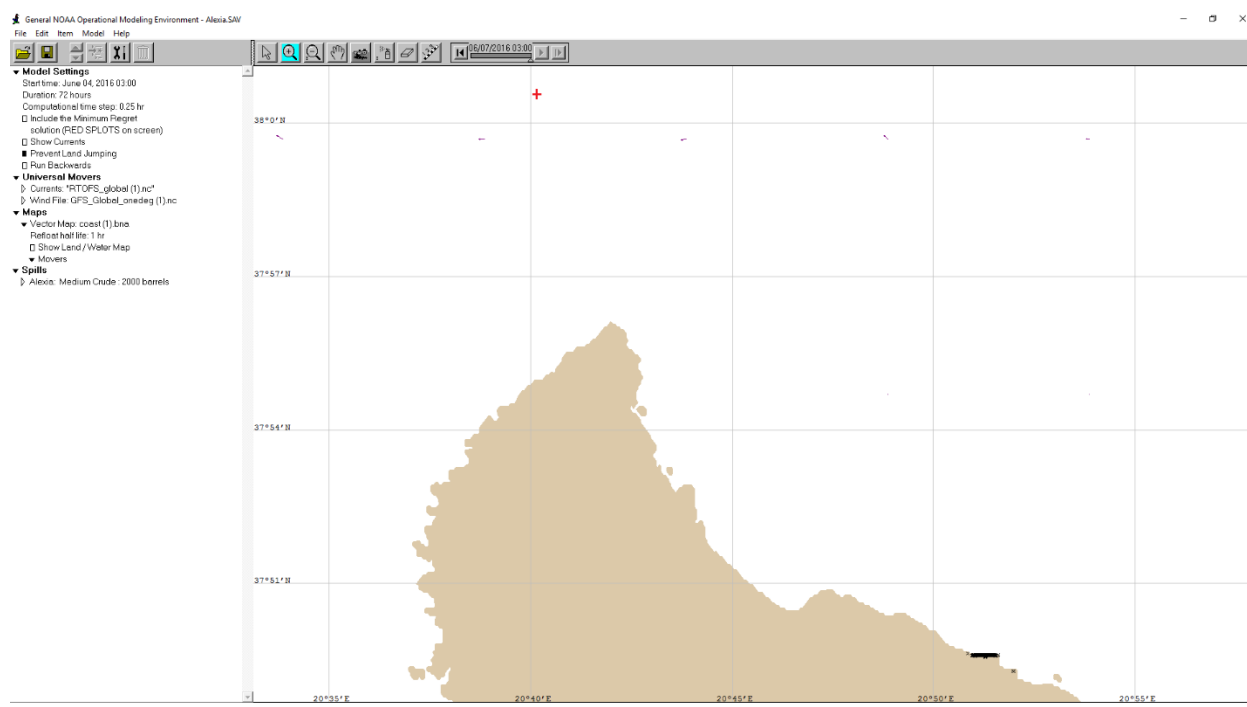
Εικόνα 16: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 48 ώρες μετά την ρίψη.



Εικόνα 17: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 60 ώρες μετά την ρίψη.



Εικόνα 18: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας 72 ώρες μετά την ρίψη.



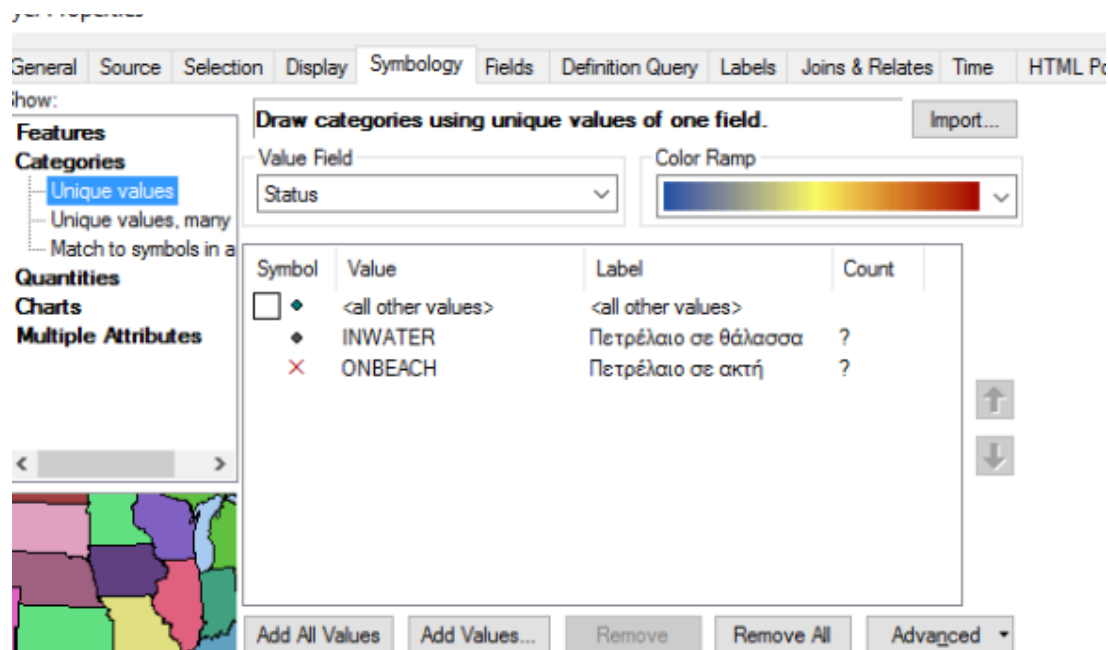
Η διαδικασία για την δημιουργία του δεύτερου animation (δυναμικού χάρτη), είναι ίδια με αυτήν της δημιουργίας του πρώτου (σενάριο Νότιας Ιταλίας). Περιγράφεται η διαδικασία περιληπτικά. Τα αρχεία που δημιουργήθηκαν από GNOME εισήχθησαν στο ArcMap μέσω του εργαλείου GNOME trajectory import tool. Έγινε η ένωση των 144^{ων} στιγμιότυπων σε ένα επεξεργάσιμο layer μέσω του εργαλείου Merge, και η σύνδεση του επιπέδου αυτού με τον πίνακα που περιέχει τα χρονικά δεδομένα. Έγινε η εισαγωγή των επιπέδων που παρουσιάζουν τα στιγμιότυπα των τεσσάρων προηγούμενων ωρών, καθώς και των επιπέδων του χάρτη όπως το πολύγωνο της Ζακύνθου (σχήμα νησιού), ο θαλάσσιος χώρος που το περιβάλλει, το οδικό δίκτυο και οι τοποθεσίες καθώς και το σημείο εκκίνησης πετρελαίου.

Η διαφορά των δύο σεναρίων (στην δημιουργία της δυναμικής απεικόνισης) είναι ότι στο πρώτο η πετρελαιοκηλίδα παραμένει στην θαλάσσια περιοχή και δεν έρχεται σε επαφή με ακτές (για το διάστημα κατά το οποίο υπάρχουν δεδομένα). Στο σενάριο της Ζακύνθου το πετρέλαιο καταλήγει σχεδόν εξολοκλήρου στην παραλία στο βορειοδυτικό κομμάτι του νησιού. Αυτό αλλάζει και τον τρόπο με τον οποίο οι πληροφορίες θα παρουσιάζονται στο χάρτη. Μέσα στον πίνακα στοιχείων του πετρελαίου, υπάρχει η στήλη Status (υφιστάμενη κατάσταση), σε αυτήν προσδιορίζεται αν ένα στοιχείο πετρελαίου παραμένει στο νερό (inwater) ή έχει έρθει σε επαφή με την ακτή (onbeach).

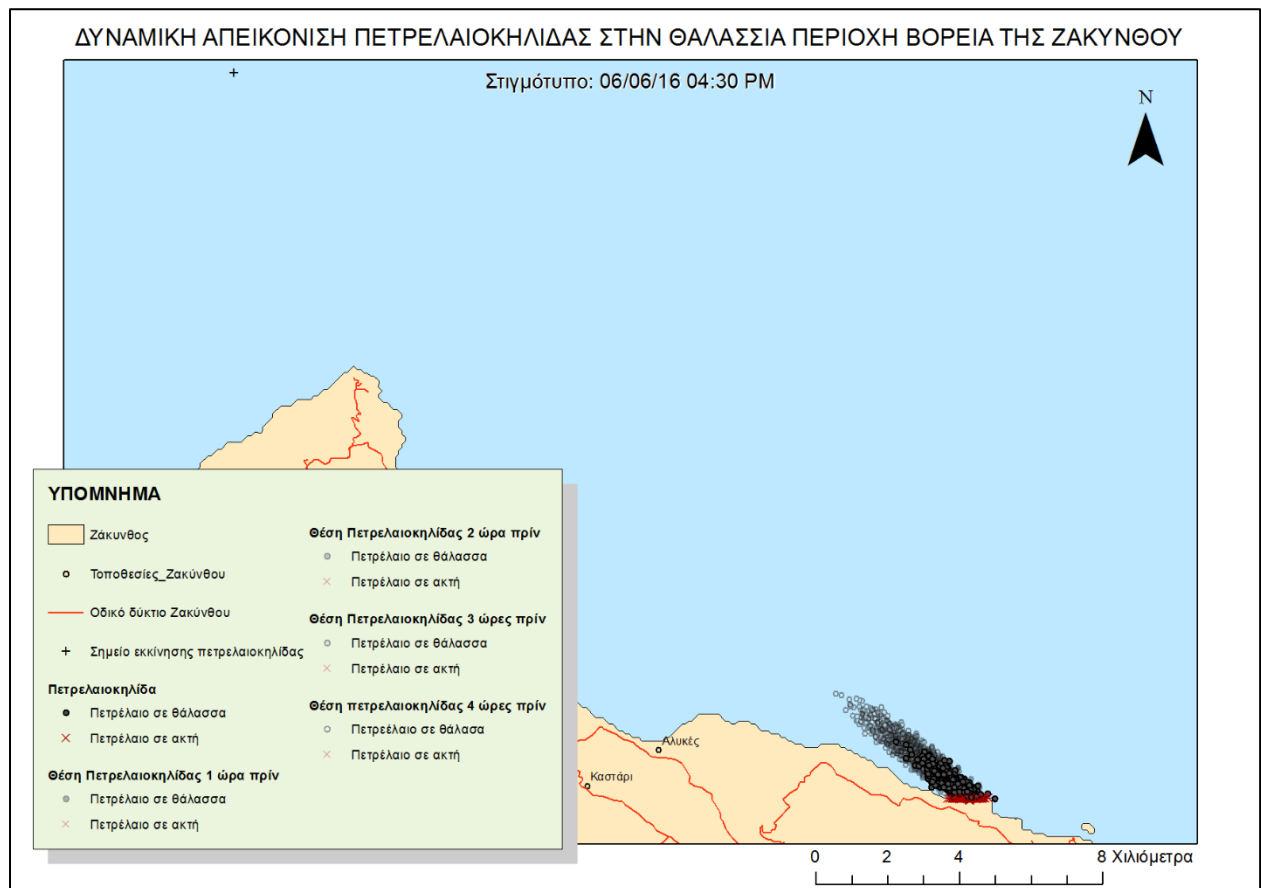
Λόγω της παραπάνω ιδιαιτερότητας της πορείας, θα πρέπει τα σημεία του πετρελαίου που έρχονται σε επαφή με την ξηρά να έχουν διαφορετική ένδειξη από αυτά που βρίσκονται στη θάλασσα. Αυτό ορίζεται ανοίγοντας στο ArcMap το παράθυρο Properties (ιδιότητες) του εκάστοτε επιπέδου, πηγαίνοντας στη λειτουργία Symbology (συμβολογία), επιλέγοντας αριστερά την ενότητα Categories (κατηγορίες) και στην συνέχεια Unique values (μοναδικές τιμές) που στην παρακάτω εικόνα χαρακτηρίζεται από ένα μπλε πλαίσιο. Πρέπει ακόμα να οριστεί η τιμή βάση της οποίας θα γίνει ο διαχωρισμός, αυτό γίνεται επιλέγοντας τη στήλη Status στο πλαίσιο Value Field (πεδίο τιμών), και στην πατώντας το Add All Values (εισαγωγή όλων των τιμών).

Για τα σημεία του πετρελαίου που βρίσκονται στην θάλασσα ορίστηκε μια αρκετά σκούρα απόχρωση του γκρι (Grey 80%) ενώ για αυτά που ήρθαν σε επαφή με την ξηρά ένα σύμβολο X με μια απόχρωση του κόκκινου (Tuscan red).

Εικόνα 18: Λειτουργία Symbology του ArcMap



Χάρτης 19: Στιγμιότυπο δυναμικής απεικόνισης για το σενάριο της Ζακύνθου



9. Αποτελέσματα και σχολιασμοί σεναρίων

Οι δυναμικές απεικονίσεις και για τα δύο σενάρια, προβάλλουν την πορεία που ακολούθησε το πετρέλαιο σε διάρκεια τριών ημερών. Και τα δύο βίντεο έχουν διάρκεια 34 δευτερόλεπτα. Ο συγκεκριμένος χρόνος επιλέχθηκε γιατί προβάλλει την διαδρομή της πετρελαιοκηλίδας αρκετά αργά ώστε να γίνονται κατανοητές οι αλλαγές στην κίνηση, διατηρώντας την ωστόσο, συνεχή (δεν παρουσιάζεται σαν εναλλαγή εικόνων).

Για την καλύτερη κατανόηση των παρατηρήσεων δημιουργήθηκαν δύο χάρτες που παρουσιάζουν την πορεία του πετρελαίου με την χρήση χρωματικού υπομνήματος. Οι χάρτες παρατίθενται στο τέλος κάθε ενότητας.

Θα πρέπει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι η Ιταλία και η Ελλάδα αποτελούν δύο χώρες οι οποίες έχουν μια άμεση και αρκετά αυστηρή πολιτική καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων. Από την στιγμή που θα αναφερθεί μία κηλίδα πετρελαίου και οι δύο χώρες έχουν την τάση να λαμβάνουν δρακόντεια μέτρα για την αντιμετώπιση της. Μερικά από αυτά είναι:

- Εγκλωβισμός της κηλίδας, με πλωτά φράγματα
- Τοποθέτηση πλωτών φραγμάτων για την αποτροπή προσβολής ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών και ακτών
- Χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών
- Χρήση απορροφητικών ουσιών
- Μηχανική διασπορά της κηλίδας,
- Φυσική αυτοδιάλυση της κηλίδας, σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται επέμβαση.
- Καθαρισμός μολυσμένης ακτογραμμής με διάφορα μηχανικά ή χειρωνακτικά μέσα

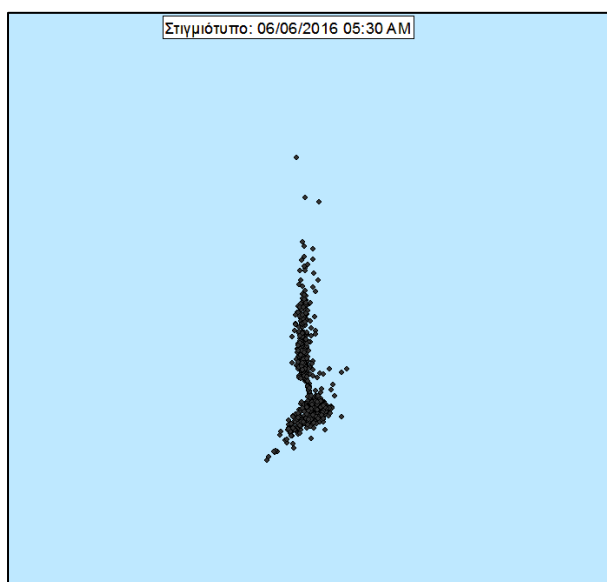
9.1. Δυναμική απεικόνιση για το σενάριο της Ιταλίας

Από το βίντεο φαίνεται το πως αλλάζει η πορεία του πετρελαίου λόγω των ανέμων και της κίνησης της θάλασσας. Αρχίζει την κίνηση του στις 03:00 π.μ. 4/6/2016 (σημείο μηδέν) και μέχρι τις 11:30 π.μ. της ίδιας ημέρας κινείται με κατεύθυνση προς το Νότο με μία μικρή Νότιο-Νοτιοδυτική κλήση. Επειδή η ρίψη έγινε ακαριαία η επιφάνεια του πετρελαίου

στο σημείο 0 είναι αρκετά μικρή, οπότε και έγινε μέτρηση της επιφάνειάς της στο δεύτερο στιγμιότυπο (03:30 4/6/2016). Η επιφάνεια που κάλυπτε το πετρέλαιο την συγκεκριμένη στιγμή ήταν 510 m² και με διαστάσεις 220 m μήκος και μέσο πλάτος ≈ 2.5 m. Από τις 11:30 και για δύο περίπου ώρες παρατηρείται σταδιακή ελάττωση της ταχύτητας με την οποία κινείται, ενώ στην συνέχεια πραγματοποιεί μια μεταβολή της πορείας του 170° προς τα ανατολικά. Η πορεία αλλάζει πάλι με το πετρέλαιο να ακολουθεί την αρχική του κατεύθυνση. Η “στροφή” αυτή ξεκινάει τις από τις 08:00 μ.μ. και ολοκληρώνεται στις 06:30 της επόμενης ημέρας (5/6/2016).

Μέχρι το σημείο αυτό δεν έχει παρουσιαστεί κάποιος ιδιαίτερος διαχωρισμός μεγάλων τμημάτων πετρελαίου, υπάρχουν ωστόσο μικρά μέρη που έχουν υποστεί διασπορά. Τη δεδομένη στιγμή το κύριο σώμα έχει φτάσει να καλύπτει 250 m² ενώ μαζί με τα διάσπαρτα μέρη φτάνει το ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο. Στις 10:00 π.μ. παρατηρείται ξανά σταδιακή ελάττωση την ταχύτητας κίνησης μέχρι τη 1:00 μ.μ. όπου φαίνεται να υπάρχει διάσπαση μερών του πετρελαίου και η Βορειοδυτική κίνηση τους σε ζώνες. Η χαρακτηριστική αυτή κίνηση συνεχίζεται μέχρι αργά το ίδιο απόγευμα στις 8:30 μ.μ., η μορφή των ζωνών αργότερα αλλοιώνεται σε ένα πιο ομογενοποιημένο σώμα. Από αυτό το σημείο και ύστερα η κηλίδα κινείται με χαρακτηριστικά πιο Ανατολική κλίση. Στις 05:30 π.μ. (6/6/2016) όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί, έχουν δημιουργηθεί δύο κύριες μάζες πετρελαίου η μία βορειότερα της άλλης, η νοτιότερη κηλίδα καλύπτει 1.64 km², ενώ το βορειότερο τμήμα έχει έκταση 1.28 km². Το συνολικό μήκος της πετρελαιοκηλίδας μαζί με τα μικρότερα τμήματα που έχουν διασπαστεί είναι περίπου 14 χιλιόμετρα.

Εικόνα 19: Στιγμιότυπο πετρελαιοκηλίδας.

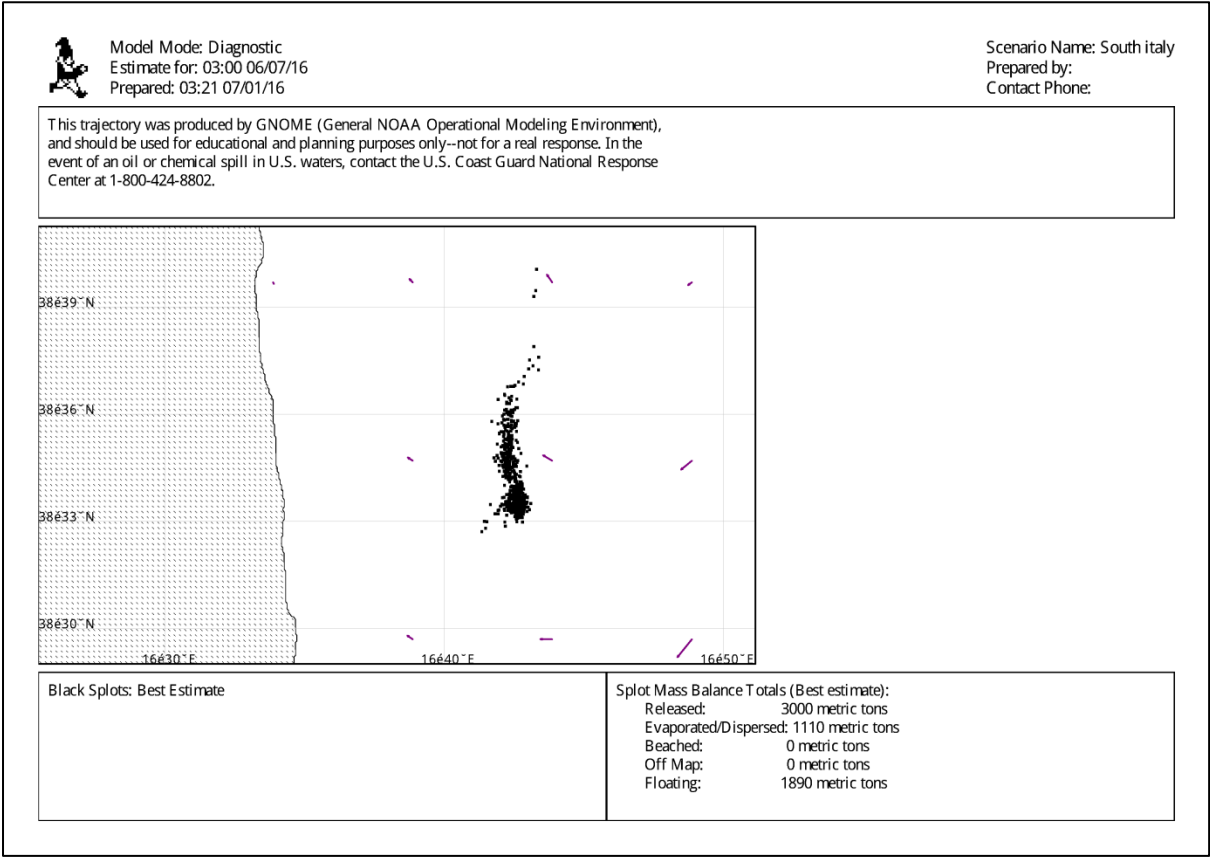


Το πετρέλαιο αλλάζει και πάλι κατεύθυνση καθώς κινείται αρχικώς προς τη δύση ενώ στην συνέχεια, αφού διαγράψει ένα ημικύκλιο, με την πλέον δυτική θέση να εντοπίζεται στις 3:30(6/6/2016) και καταλήγει στην τελική της θέση 18 χιλιόμετρα πιο βόρεια (με απόκλιση δύο χιλιόμετρα προς τα δεξιά. Στην τελική θέση το κύριο τμήμα του πετρελαίου έχει φτάσει να καταλαμβάνει 6.2 km² ενώ η διασπορά και τα καιρικά φαινόμενα έχουν παρασύρει μέρη του σε ακτίνα μεγαλύτερη των έντεκα χιλιομέτρων. Το επιφανειακό πετρέλαιο που φτάνει στο τέλος της απεικόνισης αποτελεί το 63% της αρχικής ποσότητας, από τα δεδομένα του GNOME παρατηρείται πως 1110 τόνοι αργού πετρελαίου είτε χάθηκαν μέσω της εξάτμισης είτε βυθίστηκαν μέσω της διασποράς. Η συνολική απόσταση που διένυσε η πετρελαιοκηλίδα στο διάστημα των τριών ημερών ξεπερνάει τα 49 χιλιόμετρα παρότι αρκετές φορές η ταχύτητα κίνησης έφτασε το μηδέν.

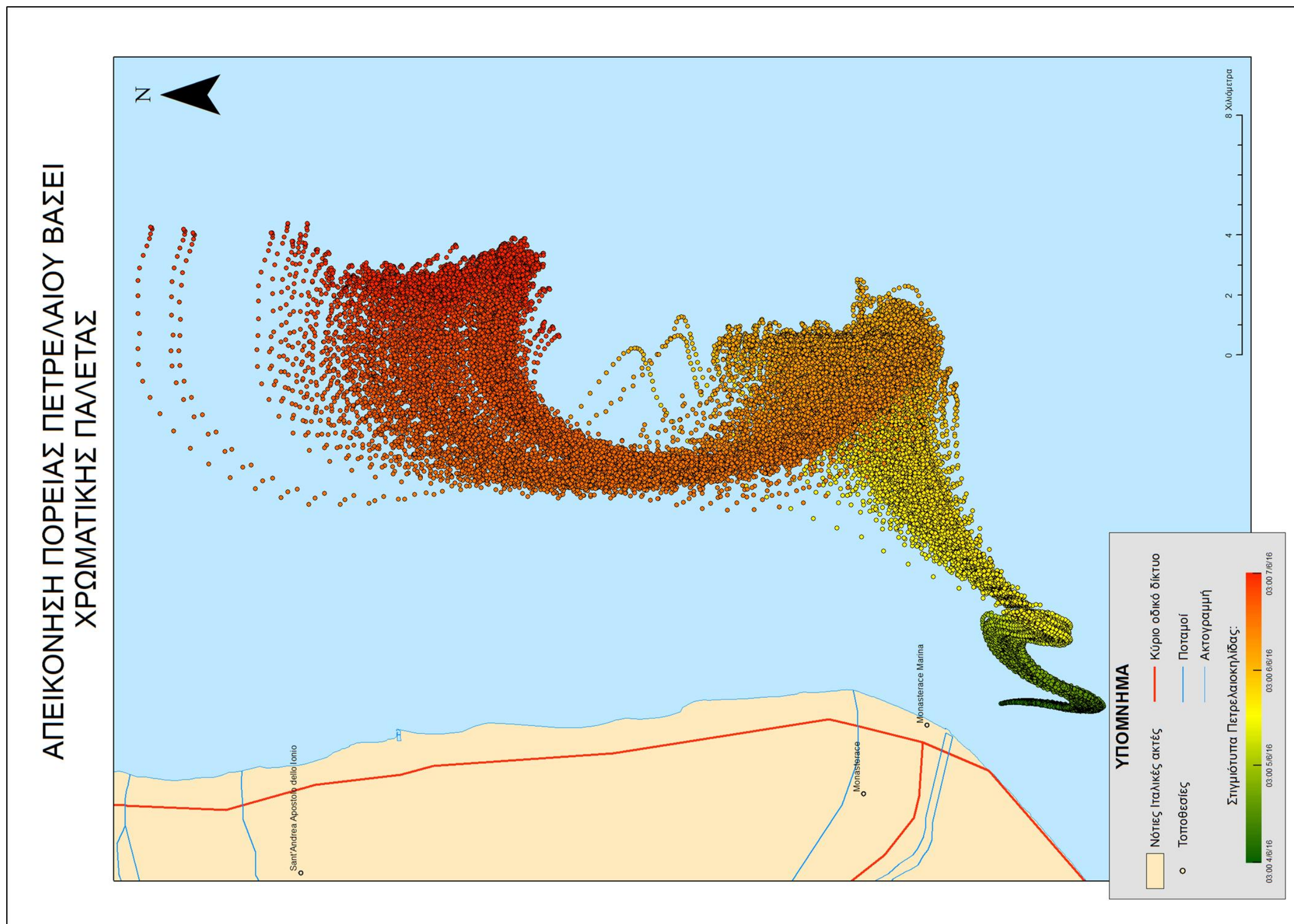
Από την στιγμή που δεν υπάρχει κάποια ένδειξη για το βάθος της κηλίδας και από το ότι δεν έρχεται σε επαφή με την ακτή, κάνει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων δύσκολη. Η έλλειψη επαφής με την ξηρά κατατάσσει την πετρελαιοκηλίδα στις λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον και για τον άνθρωπο. Υπάρχει όμως ο κίνδυνος το πετρέλαιο να φτάσει στους θαλάσσιους οργανισμούς ακόμα και στον άνθρωπο μέσω της διατροφικής αλυσίδας. Πιο συγκεκριμένα μικροποσότητες που προσκολλώνται στους θαλάσσιους οργανισμούς ή ακόμα και μέσω της άμεσης πρόσληψης του ρύπου από αυτούς, είναι πιθανό να επηρεάσουν τους θηρευτές τους. Έτσι οι μικροποσότητες αυτές συγκεντρώνονται ολοένα και περισσότερο σε οργανισμούς (φαινόμενο βιοσυσώρευσης). Αν η ρυπογόνα ουσία δεν είναι βιοδιασπώμενη τότε θα περάσει από τον ένα κρίκο της τροφικής αλυσίδας στον επόμενο, καταλήγοντας έτσι ακόμα και στον άνθρωπο. Ευτυχώς οι μη βιοδιασπώμενες ενώσεις του πετρελαίου είναι λίγες και αποτελούν συνήθως πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Το πετρέλαιο ακόμα έχει την τάση να μειώνει τα επίπεδα του οξυγόνου και ηλιακής ακτινοβολίας στα νερά της θάλασσας έχοντας έτσι επιβλαβείς συνέπειες για τους θαλάσσιους οργανισμούς. Ακόμα το συγκεκριμένο σενάριο καλύπτει τρεις μέρες από την πορεία της κηλίδας, δεν υπάρχουν στοιχεία που να διαβεβαιώνουν ότι δεν θα καταλήξει σε κάποια ακτή ή σε κάποιο ευαίσθητο οικοσύστημα.

Η μικρή απόσταση του σημείου ρίψης από την ακτή (1.44 χιλιόμετρα) και η μη διάσπαση της πετρελαιοκηλίδας σε περεταίρω τμήματα (για τις πρώτες 20 ώρες) είναι σίγουρο ότι θα είχαν θετική επίδραση στις διαδικασίες καθαρισμού.

Εικόνα 20: Αναφορά του GNOME για την τελική θέση του πετρελαίου.



Χάρτης 20: Συνολική απεικόνιση πρώτου σεναρίου



9.2. Δυναμική απεικόνιση για το σενάριο της Ζακύνθου

Η πορεία του πετρελαίου στο δεύτερο σενάριο δεν παρουσιάζει τόσες εναλλαγές όσες αυτή του πρώτου. Η κίνηση της πετρελαιοκηλίδας ακολουθεί μια γενικότερη Νοτιοανατολική κατεύθυνση και η έκταση που καταλαμβάνει η κηλίδα αγγίζει τα 318 m², με μήκος 250 m και πλάτος 1,5 m. Στις 4:30 μ.μ. (4/6/2016) όπου και παρατηρείται ή πρώτη εμφανής μεταβολή της πορείας, το κύριο σώμα του πετρελαίου εκτείνεται πάνω από μία επιφάνεια 210.000 m² (1.200 μέτρα μήκος, 730 μέτρα πλάτος). Σε αυτό το σημείο η πορεία της κηλίδας συνεχίζεται με μία πιο Νότια κλίση μέχρι τις 10:30 π.μ. (5/6/2016), ενώ η έκταση, που αφορά τον κύριο κορμό, έχει αυξηθεί περισσότερο από τρεις φορές (συνολική εξάπλωση 1.8 km²).

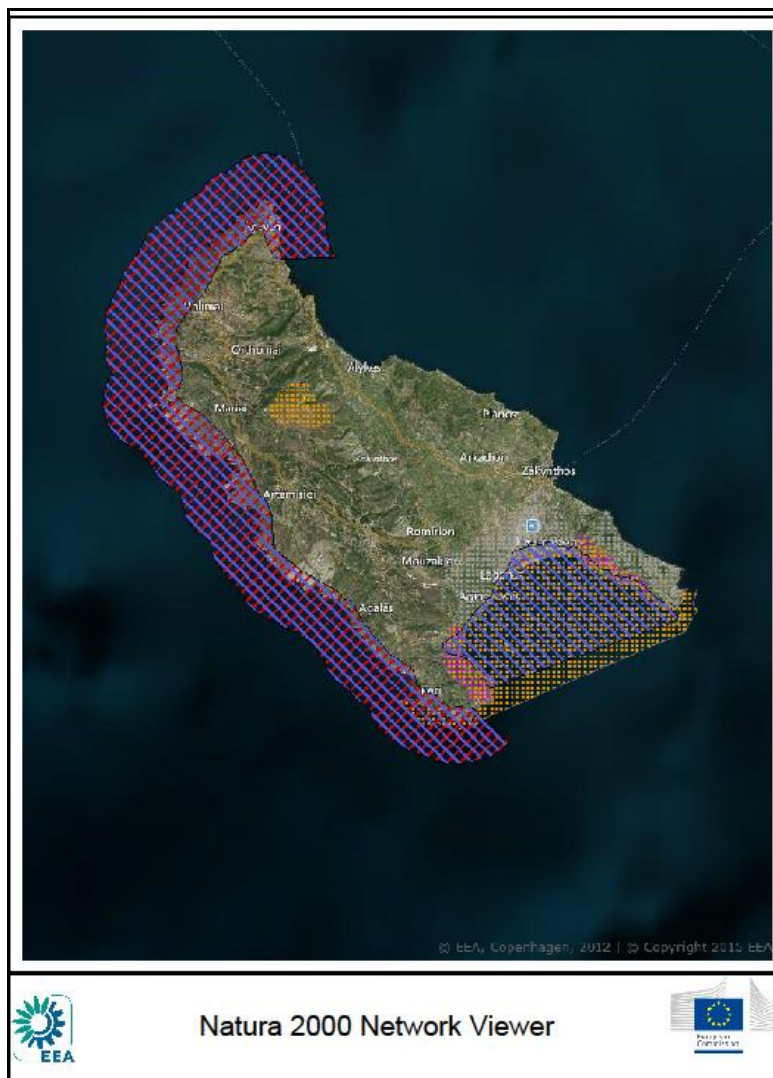
Για τις επόμενες δώδεκα ώρες το πετρέλαιο θα ακολουθήσει την αρχική κατεύθυνση παρατηρείται ακόμα μείωση του ρυθμού εξάπλωσης, η οποία στις 10:30 μ.μ. (5/6/2016) έχει η συνολική επιφάνεια 2.4 km². Συνεχίζοντας η πετρελαιοκηλίδα πραγματοποιεί την τελευταία αλλαγή στην πορεία της, ξανά κλίνοντας προς το Νότο. Η κηλίδα κινείται Νοτιοανατολικά για 11 ώρες (μέχρι 09:30 6/6/2016), ύστερα και για μία ακόμη φορά το πετρέλαιο θα κινηθεί με τον αρχικό του προσανατολισμό.

Μισή ώρα πριν η πρώτη ποσότητα πετρελαίου αγγίζει την ακτή, η συνολική έκταση της κηλίδας έχει φτάσει τα 3.4 km², με διαστάσεις 4.2 km σε μήκος και 740 m σε πλάτος. Η γεωγραφία της περιοχής και η σταθερή κατεύθυνση του πετρελαίου, έχουν ως αποτέλεσμα όλη η ποσότητα να εκβραστεί σε μία μικρή σχετικά, με το μέγεθος της κηλίδας, έκταση 1.200 μέτρων. Με εξαίρεση ελάχιστα θραύσματα πετρελαίου που αποσπάστηκαν περεταίρω, και προσέγγισαν την ακτή σε διαφορετική τοποθεσία (παρατίθεται εικόνα). Το τμήμα της ακτής που κατέληξε το πετρέλαιο απέχει από το σημείο ρίψης 27 χιλιόμετρα.

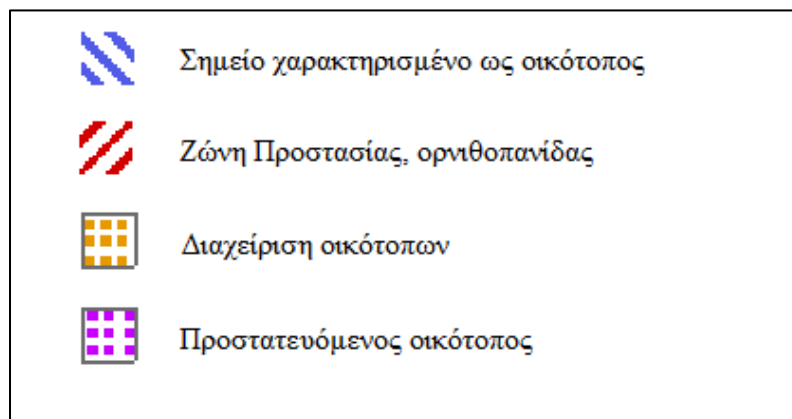
Ο κολπίσκος στον οποίο κατέληξε το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου βρίσκεται δεξιά της παραλίας του χωριού Τσιλιβί, στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού, 5 χιλιόμετρα βορειοδυτικά από την πόλη της Ζακύνθου. Δεν αποτελεί περιοχή Natura ούτε είναι μέρος του Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου της Ζακύνθου²².

²² <http://natura2000.eea.europa.eu/#>

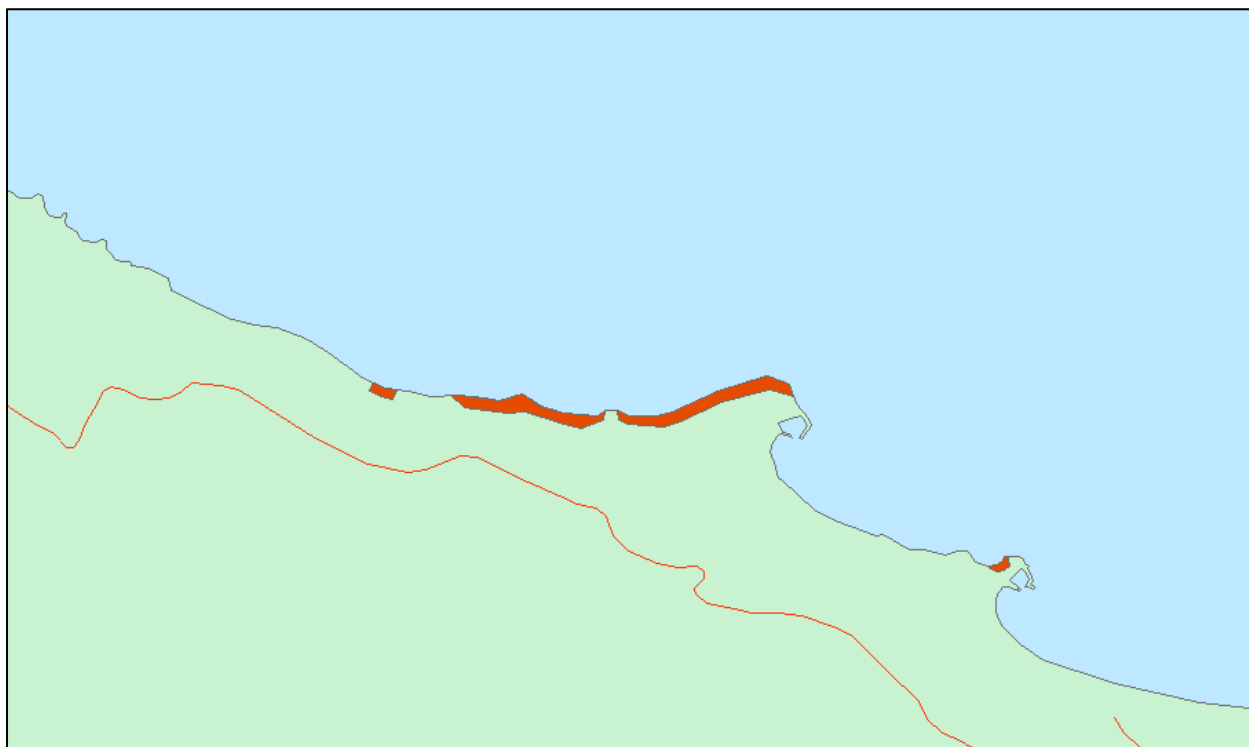
Εικόνα 21: Περιοχές Natura στην νήσο Ζάκυνθο.



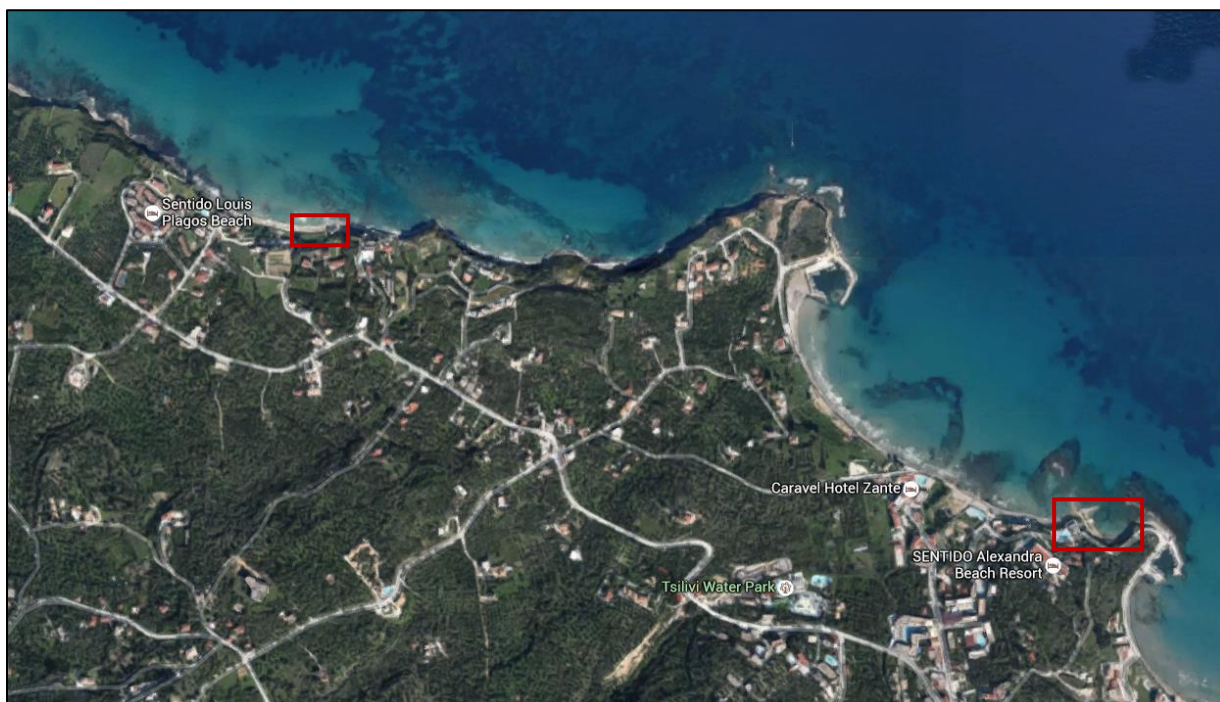
Υπόμνημα:



Εικόνα 22: Περιοχή επαφής πετρελαίου με ακτή

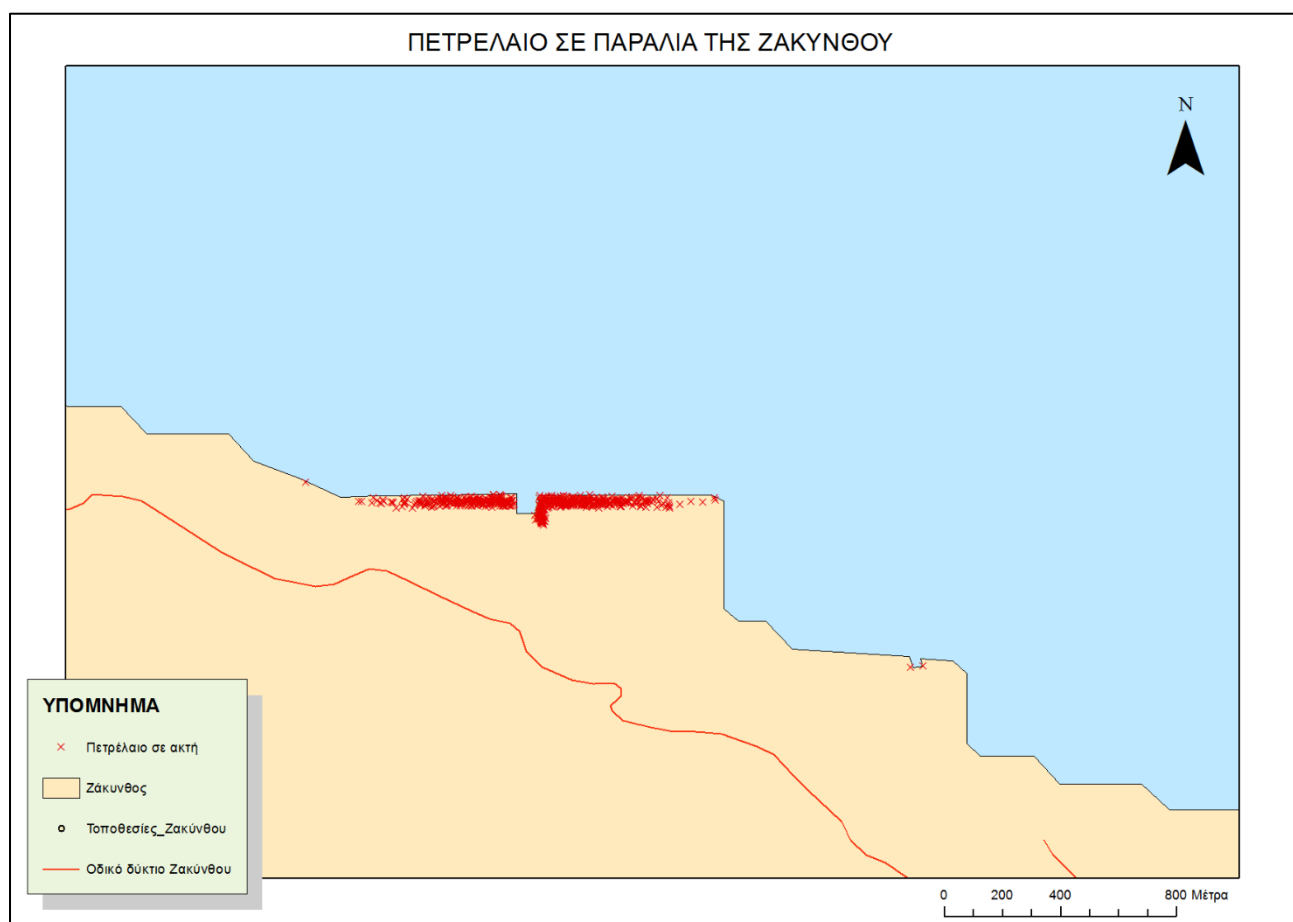


Εικόνα 23: Δορυφορική εικόνα περιοχής (Google Map)



Η ποσότητα πετρελαίου που έφτασε τελικά στην ακτή αποτελεί και σε αυτή τη περίπτωση το 37% της αρχικής ποσότητας (1260 τόνοι από 2000). Στον επόμενο χάρτη φαίνεται το πετρέλαιο που κατέληξε στην ακτή της Ζακύνθου. Το κάθε στίγμα στον χάρτη αντιστοιχεί σε 2 τόνους (2000 τόνοι αρχικά αντιπροσωπεύονταν από 1000 στοιχεία στο ArcMap), επομένως με βάση τα προηγούμενα προκύπτει ότι οι ποσότητες που κατέληξαν αριστερά και δεξιά της παραλίας είναι 2 τόνοι και 4 τόνοι αντίστοιχα.

Χάρτης 21: Ποσότητες πετρελαίου σε ακτή

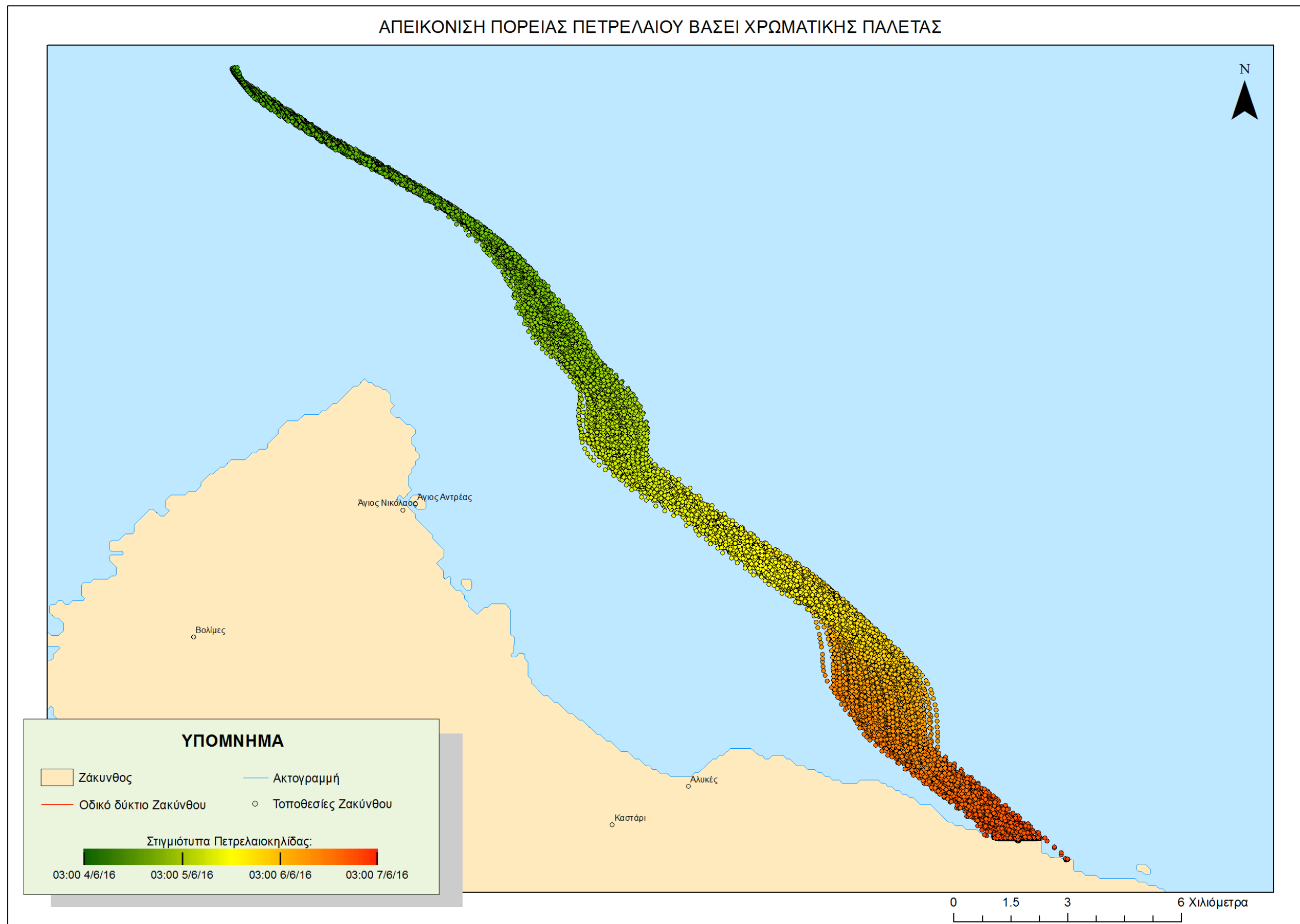


Η ευρύτερη περιοχή, αποτελείται από ξενοδοχειακές μονάδες, κάμπινγκ, και εστιατόρια. Πέρα από τις οικολογικές επιπτώσεις που θα έχει το πετρέλαιο στην περιοχή, είναι πολύ πιθανόν οι παραπάνω επιχειρήσεις να ζημιωθούν. Το πετρέλαιο από την στιγμή που θα αγγίζει την ακτή είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αφαιρεθεί, και οι προσπάθειες, όπως έχει αναφερθεί, μπορεί τελικά να επιβαρύνουν περισσότερο το περιβάλλον. Η μορφολογία της περιοχής χαρακτηρίζεται από βραχώδες έδαφος, και τσιμεντένιες μορφές (δρόμοι κατασκευασμένοι δίπλα στην θάλασσα, από τις ξενοδοχειακές μονάδες).

Το γεγονός ότι το πετρέλαιο θα έρθει σε επαφή με κάποιο λιγότερο πορώδες έδαφος δρα ευεργετικά και όσον αφορά το περιβάλλον αλλά και στις προσπάθειες καθαρισμού. Οι εκτεθειμένες, βραχώδεις ακτές αποτελούν μια ιδανική επιφάνεια στις οποίες μεγάλες ποσότητες πετρελαίου μπορούν να αποθεθούν. Αρκετά γρήγορα καθαρίζονται από τη μηχανική επίδραση της μεταγενέστερης ενέργειας των κυμάτων, και ως εκ τούτου υποφέρουν σχετικά λιγότερη ζημιά από τις πετρελαιοκηλίδες. Μόνο στις περιπτώσεις των δύο ποσοτήτων (κόκκινα πλαίσια στην εικόνα 23) που κατέληξαν στις εκατέρωθεν παραλίες υπάρχει επαφή με αμμώδες υλικό. Είναι ωστόσο λεπτόκοκκη άμμος η οποία έχει την τάση να κρατά τις πετρελαϊκές ενώσεις στην επιφάνεια, αποτρέποντας έτσι επιβλαβείς ουσίες να εισχωρήσουν σε βάθος και να καταστρέψουν τις βιοκοινότητες που υπάρχουν στο υπέδαφος.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι το βάθος σε αυτή την περιοχή είναι σχετικά μικρό και παρότι το πετρέλαιο τείνει να μένει στην επιφάνεια, με τις αναταράξεις των κυμάτων μπορεί να μολύνει τμήματα του πυθμένα. Είναι πιθανό πως θα υπάρξουν επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον της περιοχής, καθώς πανίδα και χλωρίδα είναι αρκετά ευαίσθητες στην πετρελαϊκή ρύπανση.

Χάρτης 21: Συνολική απεικόνιση δεύτερου σεναρίου



10. Συμπεράσματα

Το θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί παράγοντα ιδιαίτερης σημασίας, με οποιαδήποτε μορφή και αν παρουσιάζεται. Είτε ως θαλάσσια οδός, είτε ως μια δεξαμενή βιοποικιλότητας, είτε ως οικονομικό, κοινωνικό ή συνοριακό μέσο, η θάλασσα ήταν και είναι αυτή που επέτρεψε στον άνθρωπο να φτάσει εδώ που είναι σήμερα.

Οι επιπτώσεις της θαλάσσιας ρύπανσης είναι εξίσου σοβαρές σε όλους τους τομείς. Τα θαλάσσια οικοσυστήματα, η ανθρώπινη υγεία και οι οικονομικές δραστηριότητες είναι οι κύριοι τομείς που επιβαρύνονται άμεσα από την θαλάσσια ρύπανση. Ειδικότερα όταν παρατηρείται συνέργεια φαινομένων όπως η πετρελαϊκή ρύπανση, η εισροή ξένων οργανισμών, η άνοδος της θαλάσσιας θερμοκρασίας και ο ευτροφισμός θέτει σε κίνδυνο την βιωσιμότητα της υδάτινης ζωής και ύπαρξης με τις επιπτώσεις να έχουν χαρακτήρα πιο άμεσο από ποτέ.

Καλό είναι να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως το μεγαλύτερο ποσοστό της θαλάσσιας ρύπανσης που προξενείται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αποτελείται από τα απόβλητα που προκύπτουν από την ξηρά (land based discharges) και την ατμοσφαιρική ρύπανση (atmospheric inputs) και αγγίζει το 77%. Η ναυτιλία (marine transport) είναι υπεύθυνη για το 12%, και τέλος 10% ανήκει στις απορρίψεις (dumping) ρυπογόνων ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον (IMO GHG Study 2009). Ωστόσο ακόμα και αν το ποσοστό της ρύπανσης που προκαλείται από την ναυσιπλοΐα είναι σχετικά μικρό, έχει τεράστια επιβάρυνση στο περιβάλλον και υπονομεύει την βιωσιμότητα του πλανήτη ως σύνολο.

Οι μεταφορές μέσω θαλάσσης αδιαμφισβήτητα συνεισφέρουν στην θαλάσσια ρύπανση. Με την πετρελαϊκή ρύπανση να παραμένει έναν από τους βασικούς παράγοντες ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τα τελευταία χρόνια φαίνεται πως η θέσπιση νόμων πρόληψης και αντιμετώπισης ναυτικών ατυχημάτων έχει καταλυτικό χαρακτήρα στην συχνότητα και τον αριθμό των ατυχημάτων. Σε αντίθεση με την κοινή γνώμη η πετρελαϊκή ρύπανση πλέον δεν έχει την ίδια βαρύτητα με άλλες μορφές ρύπανσης. Οι αέριες μορφές ρύποι που προέρχονται από τα φορτηγά πλοία, επιβαρύνουν σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό το περιβάλλον από ότι το πετρέλαιο.

Από την έρευνα προκύπτει ότι η Μεσόγειος αποτελεί μία θάλασσα με επιβαρυνόμενο ιστορικό, όσον αφορά την πετρελαϊκή ρύπανση. Ορισμένες περιοχές εντός αυτής όμως

χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη επικινδυνότητα, από άλλες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Αιγαίο που αποτελεί και την περιοχή με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ατυχημάτων στη Μεσόγειο. Όπως έχει αναφερθεί, το Αιγαίο αποτελεί μία από τις πιο δύσκολες θάλασσες για την μεταφορά φορτίων λόγω της μορφολογίας του.

Ακόμα ο μεγαλύτερος αριθμός των ατυχημάτων στις Ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου προδίδει τις μεγαλύτερες ανάγκες κατανάλωσης πετρελαίου από τις χώρες αυτές. Ίσως η παραπάνω σχέση να αναδεικνύει ένα λανθάνον “φαύλο κύκλο” καθώς οι ανάγκες της Ευρώπης για πετρέλαιο ολοένα και αυξάνονται, επομένως αυξάνονται και οι μεταφορές, με αποτέλεσμα μεγαλύτερες πιθανότητες ναυτικού ατυχήματος. Με την σειρά τους οι ναυτιλιακές εταιρίες τείνουν να γίνονται πιο ανταγωνιστικές, αλλά με τι αντίτιμο; Δεν είναι σπάνιο φαινόμενο για χάρη της ανταγωνιστικότητας να μην γίνονται σωστοί έλεγχοι και να αποφεύγονται οι ζωτικής σημασίας, για το πλοίο, συντηρήσεις και επισκευές, και κυρίως μέσα σε ένα καθεστώς παγκόσμιας χρήσης με περικοπές κονδυλίων και επιχορηγήσεων.

Η ρίψη πετρελαιοειδών αλλά και άλλων επικίνδυνων χημικών ουσιών από ατυχήματα πλοίων αποτελεί ένα σημαντικό παγκόσμιο πρόβλημα. Και δυστυχώς η πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα με ανυπολόγιστες συνέπειες παραμένει μεγάλη. Η πιθανότητα αυτή παραμένει αυξημένη, καθώς επηρεάζεται άμεσα από τον ανθρώπινο παράγοντα (ανθρώπινο σφάλμα), ο οποίος είναι ο κύριος υπαίτιος πρόκλησης ατυχημάτων, και από τον αριθμό της παγκόσμιας μεταφοράς φορτίων (η ανάγκη για την κάλυψη της ζήτησης οδηγεί στην αύξηση των μεταφερόμενων εμπορευμάτων).

Επομένως, για να μειωθεί στο ελάχιστο η πιθανότητα ρύπανσης του περιβάλλοντος από την ναυτιλία, θα πρέπει να θεσμοθετηθεί ένα οικουμενικό και ολιστικό πλαίσιο πρόληψης ατυχημάτων, το οποίο θα επιτρέψει να υπάρξει περεταίρω έρευνα και επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες για την άμεση και έγκαιρη αντιμετώπιση, αλλά και την αποκατάσταση της ζημιάς στις περιπτώσεις απελευθέρωσης. Ενώ ταυτόχρονα να καταστεί αδύνατο να διεξαχθεί ασφαλιστική απάτη με σκοπό την αποζημίωση.

Μέσω των δύο δυναμικών απεικονίσεων επισημαίνεται η επικινδυνότητα ενός πετρελαϊκού περιστατικού. Αν μόνο σε τρεις ημέρες το πετρέλαιο είναι ικανό να διανύσει τέτοιες αποστάσεις, τι θα συμβεί μετά από ένα μήνα που θα έχουν δημιουργηθεί γαλακτώματα, τα οποία αρκετές φορές περιέχουν τα πλέον τοξικά στοιχεία του πετρελαίου. Η αδυναμία εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων για την πορεία του πετρελαίου μετά το πέρας των τριών ημερών, δεν συνεπάγεται και εφησυχασμού, ίσως σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να εστιάζουμε στην χειρότερη περίπτωση.

Στο σενάριο της Ζακύνθου το πετρέλαιο χρειάστηκε λιγότερο από τρεις ημέρες για να φτάσει την ακτή. Σε αντίστοιχη περίπτωση για το Αιγαίο που οι αποστάσεις ανάμεσα στα νησιωτικά συμπλέγματα είναι πολύ μικρότερες, είναι αρκετά πιθανό η επιπτώσεις να είχαν άμεσο και καταστροφικό χαρακτήρα. Πόσο μάλλον αν διαρρεύσει όλη η ποσότητα πετρελαίου που μεταφέρει ένα δεξαμενόπλοιο, όπου οι συνέπειες για την περιοχή και τα ελληνικά νησιά θα ήταν ανυπολόγιστες.

Τέλος πέραν των δυνατοτήτων του προγράμματος GNOME που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, θα μπορούσε κανείς μέσα από το πρόγραμμα να καταστρώσει ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας. Ακόμη μπορεί να γίνει περεταίρω έρευνα βασισμένη στα αποτελέσματα της εργασίας, για την ανάλυση των βιολογικών επιπτώσεων που προκύπτουν από διαρροές πετρελαίου και άλλων χημικών ουσιών.

Βιβλιογραφία

Ελληνική:

1. Braudel, F. (1990) *Η Μεσόγειος: Ο χώρος και η ιστορία* [μτφρ]. Ε. Αβδέλα & Π. Μπένβενίτσε] Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
2. Κολλινιάτη, Ι. (2002), *Ναυπηγία*, Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
3. Ψαράυτης, Χ. (2007), *Θαλάσσια Ρύπανση : Πρόληψη & Καταστολή*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
4. Τριανταφύλλου, Γ. & Βεργέτης, Μ. (2004), *Περιβάλλον και Ανάπτυξη*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
5. Αλεξόπουλος, Α. (2004), *Διεθνές Θαλάσσιο Περιβαλλοντικό Δίκαιο*, Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
6. Παναγιωτίδης, Π. (2005), *Το θαλάσσιο οικοσύστημα της Μεσογείου*, Αθήνα: Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών.
7. Πολυξένη, Μ. (2007), *Η θαλάσσια μεταφορά πετρελαίου. Απειλή στην ανάπτυξη του θαλάσσιου τουρισμού*, Νόμος και Φύση, Απρίλιος, σελ. 1-17

Ξενόγλωσση:

1. Ambasht, R. & Ambasht, P. (1990), *Environment and Pollution (an ecological approach)*, Lanka: Students' friends & CO.
2. Waineright, J. (2004), *Environmental issues in the Mediterranean: processes and perspectives from the past and present*, London New York: Routledge
3. IMO (1978). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL (1973/1978))*.
4. REMPEC (2008). *Study of Maritime Traffic Flows in the Mediterranean Sea*. MEDA/SAFEMED.

5. IPIECA (2000), Guidelines on Biological Impacts of Oil Pollution. Report Series. Volume One, London SE1 8NL

Διαδίκτυο:

1. www.imo.org
2. http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/0/fce542845e592448c22578ce003c49f3?OpenDocument&ExpandSection=3%2C1#_Section3
3. www.rempec.org
4. www.itopf.com
5. www.unep.org
6. www.ypeka.gr
7. <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
8. <http://www.eea.europa.eu/el>
9. <http://wwz.cedre.fr/en>

Δεδομένα Χαρτών:

1. <http://www.arcgis.com/home/group.html?owner=esri&title=esri%20maps%20and%20data>
2. http://thematicmapping.org/downloads/world_borders.php
3. <http://www.diva-gis.org/gdata>

Δεδομένα Gnome:

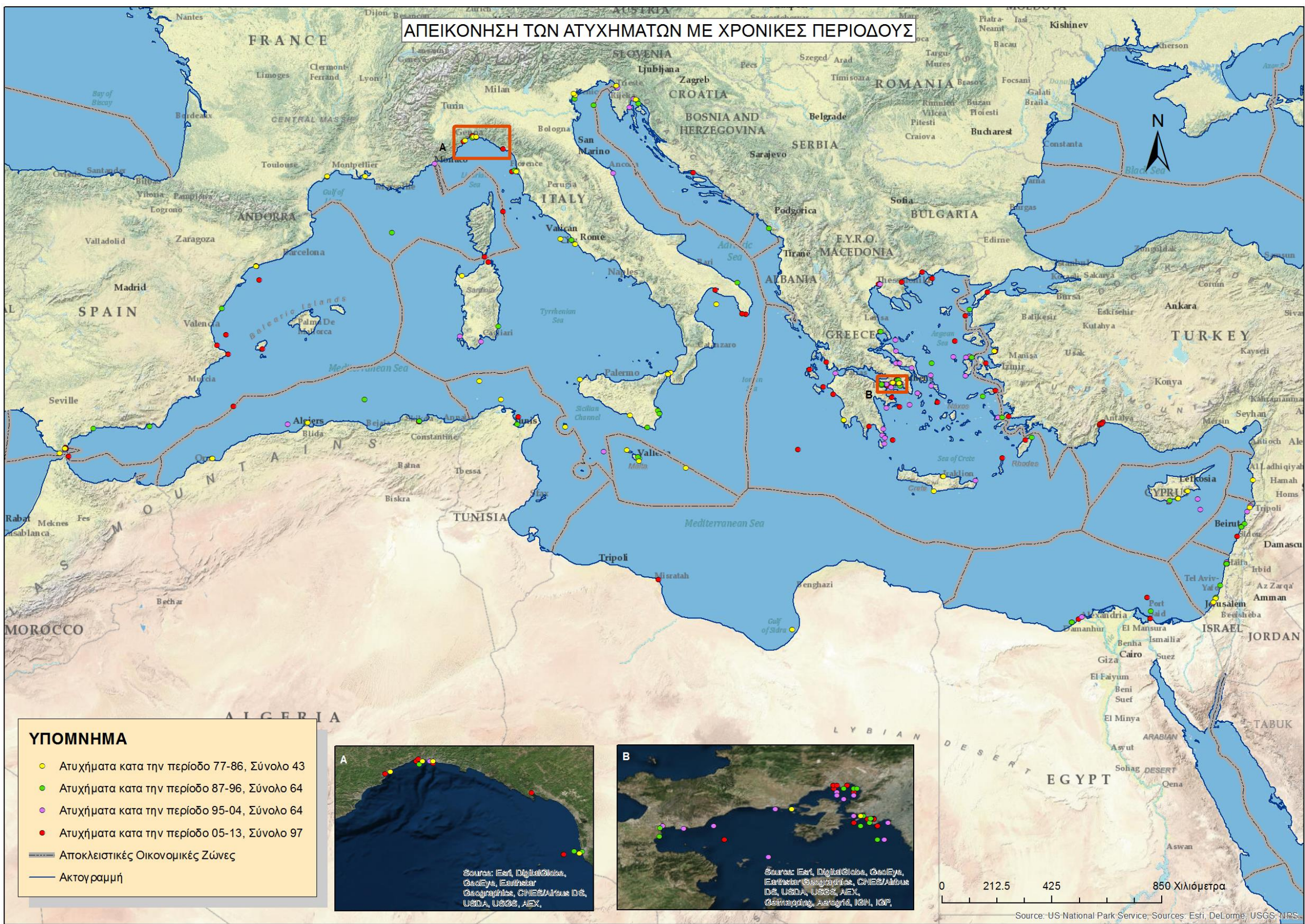
1. <http://response.restoration.noaa.gov/gnome>
2. <https://gnome.orr.noaa.gov/goods>

Παράρτημα Χαρτών:

Κατά την διαδικασία της συγγραφής δημιουργήθηκαν αρκετοί χάρτες, ωστόσο δεν κρίθηκε απαραίτητο να είναι όλοι στον κύριο κορμό της εργασίας. Στην συνέχεια παρουσιάζονται αυτοί οι χάρτες.

Στον πρώτο χάρτη (βλέπε χάρτη 22) παρουσιάζονται τα ατυχήματα με χρονολογική σειρά χωρισμένα στις τέσσερις χρονολογικές περιόδους. Οι χάρτες 23 και 24 εστιάζουν σε περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση. Τέλος στον Χάρτη 25 χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα μεγέθους εκροής της ΙΤΟΡΕ.

Χάρτης 22: Χρονολογική απεικόνιση ατυχημάτων



Χάρτης 23: Χρονολογική απεικόνιση των ατυχημάτων στο Σαρωνικό κόλπο



Χάρτης 24: Χρονολογική απεικόνιση των ατυχημάτων στην ευρύτερη περιοχή της Βόρειας Ιταλίας



Χάρτης 25: Απεικόνιση σε στατιστικές πίτες των ποσοτήτων των ατυχημάτων\

