ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
στην
ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Δορυφορικός Εντοπισμός Πετρελαϊκής Ρύπανσης
*
SATELLITE DETECTION OF OIL POLLUTION

Νικολάου Παναγιώτα

Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Οκτώβριος 2016

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής είναι:

– Τσελεπίδης Αναστάσιος (Επιβλέπων Καθηγητής),

– Τσελέντης Βασίλειος-Στυλιανός,

–Τζαννάτος Ερνεστοσπυρίδων.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.»

Περιεχόμενα

Εισαγωγή 1
Κεφάλαιο 1ο 3
Πετρέλαιο και Θαλάσσιο Περιβάλλον 3
1.0 Ο ωκεανός 3
1.0.1 Το Θαλασσινό νερό 5
1.1 Ρύπανση από υδρογονάνθρακες πετρελαίου 7
1.2 Σύσταση του πετρελαίου 10
1.2.1 Ιδιότητες του πετρελαίου 11
1.3 Πηγές εισόδου και τύχη του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον 12
1.3.1 Φυσικές πηγές 13
1.3.2 Εξόρυξη πετρελαίου 13
1.3.3. Μεταφορά πετρελαίου 14
1.4 Η συμπεριφορά του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον 19
1.5 Οι επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον 25
1.5.1 Η περίπτωση των θαλάσσιων οργανισμών 25
1.5.2 Τοξικότητα στα θαλασσοπούλια 26
1.5.3 Επιδράσεις στην ανθρώπινη δραστηριότητα 26
Κεφάλαιο 2ο 28
Διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος – Το νομικό πλαίσιο 28
2. Εισαγωγή – Ορισμοί 28
2.1 Το φαινόμενο της θαλάσσιας ρύπανσης 30
2.2 Νομοθετικές πολιτικές διαχείρισης 32
2.2.1. Διεθνής σύμβαση για τη Ρύπανση της Θάλασσας από τα Πλοία (1973/1978) - MARPOL 33
2.2.2 Η προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση 34
Κεφάλαιο 3ο 47
Εισαγωγή στον εντοπισμό πετρελαιοκηλίδων μέσω δορυφόρου 47
3.1 Εντοπισμός πετρελαιοκηλίδων μέσω δορυφόρου 47
3.2 Η υπηρεσία CleanSeaNet 48
Κεφάλαιο 4ο 55

Χειροκίνητη και αυτόματη προσέγγιση για τη διάκριση μεταξύ πετρελαιοκηλίδων βασιζόμενοι σε αναγνώριση προτύπων 55
4.1 Δορυφορική κάλυψη της πετρελαϊκής ρύπανσης 55
4.1.1. Η περίπτωση των Synthetic Aperture Radar 56
4.1.2 Μια σύνθετη επιλογή απεικόνισης 58
Συμπεράσματα 61
Βιβλιογραφία 64
Ξένη Βιβλιογραφία 64
Ελληνική Βιβλιογραφία 69
Παράρτημα 72

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1.1: Τα είδη ατυχημάτων από πλοία 15
Πίνακας 1.2 : Τα σοβαρότερα ατυχήματα δεξαμενόπλοιων το χρονικό διάστημα (1960-1996) 18
Πίνακας 2.1: Παράγοντες που οδήγησαν στην ανάπτυξη του φαινομένου της θαλάσσιας ρύπανσης 31
Πίνακας 2.2: Οι παράγοντες από τους οποίους καθορίζεται η επιλογή της μεθόδου καταπολέμησης της θαλάσσιας ρύπανσης 36

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1.1: Μολυσμένα Πτηνά 1 9
Εικόνα 1.2 Διεργασίες πετρελαιοκηλίδας 1 24
Εικόνα 3.1: Γραφεία της EMSA Λισαβόνα 1 49
Εικόνα 3.2: CleanSeaNet δίκτυο σταθμών 1 51
Εικόνα 3.3: Ενοπισμός πετρελαιοκηλίδας 1 52
Εικόνα 3.4: Η περίπτωση του Maersk Kiera 1 53

Περίληψη

Σύμφωνα με τη διεθνή συμφωνία MARPOL 73/78 απαγορεύεται οποιαδήποτε απόρριψη πετρελαίου στη θάλασσα. Η παράνομη απόρριψη δε αποτελεί σημαντική αιτία υποβάθμισης των θαλασσών και της παράκτιας ζωής.

Η ρύπανσης από πετρέλαιο στην επιφάνεια της θάλασσας είναι φαινόμενο που παρατηρείται τις τελευταίες τρεις δεκαετίες περίπου. Τέτοιου τύπου ρύπανση μπορεί να προκληθεί από μη τυχαίες απορρίψεις (τυχαίες ζημιές από τα πλοία, έξαψη δεξαμενή, φυσικά διαρροή) καθώς και τυχαίες διαρροές από κατεστραμμένα πλοία ή υπεράκτιες εγκαταστάσεις.

Στη πρώτη περίπτωση έχουμε να κάνουμε συνήθως με μικρή σε έκταση μόλυνση, που αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο μέρος του συνολικού ποσού του πετρελαίου που εισάγεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η δεύτερη είναι πολύ λιγότερο συχνή αλλά συνήθως συνεπάγεται μεγαλύτερο όγκο απελευθέρωσης. Και στις δύο περιπτώσεις, οι πετρελαιοκηλίδες αποτελούν σημαντική απειλή για το περιβάλλον και τα ευαίσθητα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Ως εκ τούτου, οι δράσεις ταχείας ανίχνευσης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης που απαιτούνται για τον εντοπισμό, τον περιορισμό και την ανάκτηση του πετρελαίου που χύνεται στη θάλασσα είναι κομβική. Σε τούτη την εργασία θα μελετήσουμε τα εργαλεία δορυφορικού εντοπισμού των πετρελαιοκηλίδων. Κυρίαρχο μεταξύ αυτών αποτελεί το αυτοματοποιημένο σύστημα εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων με χρήση δορυφορικών τηλεσκοπικών απεικονίσεων Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος SAR.

Abstract

According to the international agreement MARPOL 73/78, any discharge of oil into the sea is prohibited. Illegal dumping is a major cause of degradation of marine and coastal life.

Oil pollution at sea level is a phenomenon observed in the last three decades. Such pollution can be caused by accidental discharge (accidental damage from ships flushing tank, natural leakage) and accidental leaks from damaged ships or offshore installations. In the first case, we are usually dealing with small land contamination, which represents a large part of the total amount of oil entering the marine environment. The second, is less common but usually implies higher volume release. In both cases, oil spills are a major threat to the environment and vulnerable marine ecosystems. Therefore, it is considered crucial to take action for rapid detection; effective emergency response is required for the detection, containment and recovery of oil spilled at sea. On this thesis we will study the satellite detection tools of oil spills. Dominant element is the automatic oil spill detection system using satellite remote sensing illustration Synthetic Aperture Radar SAR.

Εικόνα 1: εικόνα ραντάρ που αποκτήθηκε από τον αισθητήρα ASAR εν πλω δορυφόρο Envisat της ESA στις 17 Νοεμβρίου 2002. Η εικόνα δείχνει μια διαρροή πετρελαίου που προέρχεται από το πετρελαιοφόρο Prestige, και βρίσκεται 100 χιλιόμετρα ανοικτά των Ισπανικών ακτών.

<u>Πηγή</u>: ESA

Εισαγωγή

Οι ωκεανοί και οι θάλασσες καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του πλανήτη, περί το 70% αυτού. Δε θα μπορούσε παρά η ρύπανσή τους να είναι σημαντική και να επηρεάζει άμεσα τόσο την φύση όσο και τον άνθρωπο. Συγκεκριμένα η ρύπανση που προέρχεται από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες εκτιμάται ότι έχει δημιουργήσει μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα καθότι το πετρέλαιο αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας και άρα η παραγωγή μεταφορά και χρήση του είναι αυξημένη.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα καταγράφουμε τη σύσταση και τις ιδιότητες του πετρελαίου. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με την καταγραφή της θαλάσσιας μόλυνσης από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες. Η διαρροή των πετρελαϊκών υδρογονανθράκων στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να συμβεί με διάφορους τρόπους. Οι πετρελαιοκηλίδες που σχηματίζονται υπόκεινται σε διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές εξαρτώνται τόσο από τη φύση του υδρογονάνθρακα όσο και τις τοπικές ωκεανολογικές συνθήκες. Αυτές οι μεταβολές επηρεάσουν καθοριστικά την επιλογή των τεχνικών καταπολέμησης της μόλυνσης.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα καταγράψουμε την διεθνή και εθνική νομοθεσία που είναι αποτέλεσμα του ρυπογόνου πλαισίου που σχηματοποιήθηκε περί τα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Στις νομικές πολιτικές διαχείρισης κυρίαρχο ρόλο έως σήμερα έχει η Διεθνής σύμβαση για τη Ρύπανση της Θάλασσας από τα Πλοία (MARPOL).

Στην συνέχεια και στο τρίτο κεφάλαιο επικεντρωνόμαστε στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (EMSA) ο οποίος προσφέρει ένα πλήθος υπηρεσιών για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τη θαλάσσια κυκλοφορία των πλοίων στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο. Ο οργανισμός χρησιμοποιεί τις τελευταίες πληροφορίες σχετικά με τη θέσης των πλοίων που λαμβάνονται από δορυφόρους.

Το στάδιο ανίχνευσης από τον δορυφόρο είναι κομβικό καθότι επιβοήθα στην ανίχνευση της εστίας μόλυνσης, τη καταγραφή της μόλυνσης, καθώς και αυτό που προκαλεί την μόλυνση. Για την ανίχνευση αυτών των ρυπογόνων εστιών και δη αυτών που είναι κοντά σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ραντάρ συνθετικού διαφράγματος (SAR).

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο θα δούμε λεπτομερέστερα την χρήση των δορυφόρων , τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους και τον ρόλο τους στην ολιστική αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού προβλήματος που δημιουργούν οι πετρελαιοκηλίδες .

Κεφάλαιο 1ο

Πετρέλαιο και Θαλάσσιο Περιβάλλον

1.0 Ο ωκεανός

Ο ωκεανός είναι απέραντος: καλύπτει τα επτά δέκατα του πλανήτη, έχει κατά μέσο όρο περίπου 4.000 μέτρα βάθος και περιέχει 1,3 δισεκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα νερού (97 τοις εκατό του συνόλου του νερού στην επιφάνεια της Γης). Ταυτόχρονα, υπάρχουν 7 δισεκατομμύρια άνθρωποι στη Γη. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε έναν από εμάς αναλογεί μόνο το ένα πέμπτο ενός κυβικού χιλιομέτρου του ωκεανού. Αυτό το μικρό ποσοστό, το ένα πέμπτο ενός κυβικού χιλιομέτρου, παράγει το ήμισυ της ετήσιας παραγωγής του οξυγόνου που ο καθένας από εμάς αναπνέει, καθώς και όλα τα θαλάσσια ψάρια και άλλα θαλασσινά που ο καθένας μας καταναλώνει. Τέλος, είναι η απόλυτη πηγή όλων των γλυκών υδάτων που ο καθένας μας θα πίνουν στη διάρκεια της ζωής μας. [1]

Ο ωκεανός είναι η θαλάσσια "εθνική οδός" για τα πλοία που μεταφέρουν τα εμπορεύματα που παράγουμε και καταναλώνουμε. Στον βυθό και τα στρώματα κάτω από αυτόν βρίσκονται τα ορυκτά καθώς και κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου για τα οποία η ζήτηση ολοένα και αυξάνει. Τα υποβρύχια καλώδια κατά μήκος του πυθμένα του ωκεανού μεταφέρουν το 90 τοις εκατό της ηλεκτρονικής κυκλοφορίας των επικοινωνιών, των χρηματοοικονομικών συναλλαγών και την ανταλλαγή πληροφοριών. Ο ενεργειακός εφοδιασμός μας θα βασίζεται όλο και περισσότερο στη θάλασσα. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα των θαλάσσιων ανεμογεννητριών καθώς και οι αυξανόμενες μελέτες πάνω στην χρήση της παλιρροϊκής ενέργειας από τον ωκεανό.

Το ένα πέμπτο ενός κυβικού χιλιομέτρου πάσχει επίσης από τα λύματα, τα σκουπίδια, το χυμένο πετρέλαιο και τα βιομηχανικά απόβλητα τα οποία συλλογικά επιτρέπουμε ή έστω

[1] United Nations, 2016

παραβλέπουμε ότι καταλήγουν κάθε μέρα στον ωκεανό. Οι απαιτήσεις στον ωκεανό συνεχίζουν να αυξάνονται όσο αυξάνεται και ο παγκόσμιος πληθυσμός. Μέχρι το έτος 2050, εκτιμάται ότι θα υπάρχουν 10 δισεκατομμύρια άνθρωποι στη Γη. Αυτό αυτομάτως σημαίνει ότι το τμήμα του ωκεανού που μας αναλογεί, ή θα αναλογεί στους απογόνους μας θα είναι το ένα όγδοο ενός κυβικού χιλιομέτρου. Παρότι μειώνεται το τμήμα αυτό θα πρέπει να συνεχίσει να παρέχει στον καθένα από εμάς οξυγόνο, τρόφιμα και νερό, ενώ παράλληλα θα εξακολουθεί η ρύπανση και τα απόβλητα που εισέρχονται στον ωκεανό. [2]

Οι επιπτώσεις ανθρωπογενών παραγόντων στην διαχείριση και μεταβολή του περιβάλλοντος στον ωκεανό αποτελεί και θα αποτελέσει μέρος της κληρονομιάς μας και του μέλλοντός μας. Η επιτυχής διαχείριση της κάθε δραστηριότητας, ωστόσο, απαιτεί επαρκή κατανόηση της δραστηριότητας και του πλαισίου εντός του οποίου λαμβάνει χώρα. Μια τέτοια κατανόηση είναι απαραίτητη ακόμα περισσότερο όταν οι εργασίες διαχείρισης χωρίζονται μεταξύ πολλών παικτών: εκτός αν καθένας ξέρει ότι ο ρόλος που έχει εντάσσεται σε έναν γενικότερο σχεδιασμό, υπάρχουν κίνδυνοι σύγχυσης, αντιφατικές ενέργειες και παραλείψεις. Παράλληλα η διαχείριση των ανθρώπινων χρήσεων των ωκεανών δε μπορεί παρά αναπόφευκτα να διαιρεθεί μεταξύ πολλών παικτών. Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων τους, τα άτομα και οι εμπορικές επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τον ωκεανό σε σταθερή βάση, λαμβάνουν αποφάσεις που επηρεάζουν τις ανθρώπινες επιπτώσεις στον ωκεανό.

Η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας καθορίζει το νομικό πλαίσιο εντός του οποίου όλες οι δραστηριότητες στους ωκεανούς και τις θάλασσες θα πρέπει να πραγματοποιείται. Οι εθνικές κυβερνήσεις και οι περιφερειακές και παγκόσμιες διακυβερνητικές οργανώσεις πρέπει να έχουν ρόλο στην των δραστηριοτήτων αυτών. Ωστόσο, κάθε μία από αυτές τείνει να έχει μια περιορισμένη θέα στα ζητήματα που αφορούν τον ωκεανό, καθώς επικεντρώνεται στον εξειδικευμένο τομέα των συμφερόντων τους. Χωρίς ένα υγιές ολιστικό πλαίσιο μπορεί κάλλιστα επιμέρους λύσεις να αποτύχουν. Τέτοιες αποτυχίες μπορεί να προσθέσουν στην

[2] United Nations, 2016

πολυπλοκότητα των ήδη πολλαπλών προβλημάτων που υπάρχουν. Σχετικά με το νομοθετικό περιβάλλον θα δούμε πιο αναλυτικά σε ακόλουθο κεφάλαιο.[3]

1.0.1 Το Θαλασσινό νερό

Αν και η αναλογία των διαφορετικών χημικών συστατικών που διαλύονται στο θαλασσινό νερό είναι ουσιαστικά σταθερά στο χρόνο, το νερό δεν είναι ομοιόμορφο: υπάρχουν πολύ σημαντικές φυσικές και χημικές μεταβολές εντός του θαλασσινού νερού. Η αλατότητα ποικίλλει ανάλογα με τη σχετική ισορροπία μεταξύ των εισόδων του γλυκού νερού και την εξάτμιση. Οι διαφορές της αλατότητας και της θερμοκρασίας των μαζών του νερού μπορεί να προκαλέσει στο θαλασσινό νερό μια στρωματοποίηση σε ξεχωριστά στρώματα. Τέτοια διαστρωμάτωση μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολές στην κατανομή αμφότερα οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών, με προφανή ποικίλες συνέπειες και στις δύο περιπτώσεις για τους ζώντες οργανισμούς ευαίσθητους στους παράγοντες αυτούς. Μια περαιτέρω αλλαγή αφορά στην διείσδυση του φωτός, η οποία ελέγχει τη φωτοσύνθεση.

Υπέρθεση για όλα αυτά είναι μια αλλαγή στην οξύτητα του ωκεανού. Ο ωκεανός απορροφά ετησίως περί το 26 τοις εκατό του ανθρωπογενούς διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Το αέριο αντιδρά με το θαλασσινό νερό για να σχηματίσει ανθρακικό οξύ, το οποίο καθιστά τον ωκεανό περισσότερο οξύ. Ο ωκεανός είναι έντονα συνδεδεμένος με την ατμόσφαιρα λόγο της αμοιβαίας μεταφοράς ουσιών (κυρίως αέρια), θερμότητας και ορμής στην επιφάνειά του, σχηματίζοντας ένα ενιαίο συζευγμένο σύστημα.

Το σύστημα αυτό επηρεάζεται από τις εποχιακές αλλαγές που προκαλούνται από την κεκλιμένη περιστροφής της Γης σε σχέση με τον ήλιο. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στα διάφορα μέρη του ωκεανού είναι σημαντική στη δημιουργία ανέμων, των περιοχών υψηλής και χαμηλής πίεσης του αέρα και καταιγίδες

[3] United Nations, 2016

(συμπεριλαμβανομένων των ιδιαίτερα καταστροφικών θυελλών αλλά και τυφώνων και κυκλώνες). Με τη σειρά τους, οι άνεμοι βοηθούν να διαμορφώσουν τα επιφανειακά ρεύματα των ωκεανών, την οποία θερμότητα μεταφοράς από τους τροπικούς προς τους πόλους. Η επιφάνεια του νερού των ωκεανών που φθάνει στις πολικές περιοχές παγώνει εν μέρει, καθιστώντας το υπόλοιπο πιο φυσιολογικό ορό και έτσι βαρύτερο.

Οι κινήσεις του θαλασσινού νερού επιβοηθούν στον έλεγχο της διανομής των θρεπτικών ουσιών στον ωκεανό. Ο ωκεανός βρίσκεται σε μια σταθερή, εισόδου από τη γη, ανόργανων θρεπτικών ουσιών που απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών (κυρίως άζωτο, φώσφορο και οι ενώσεις τους, αλλά και μικρότερες ποσότητες άλλων ζωτικών θρεπτικών συστατικών) και μιας συνεχούς ανακύκλωσης όλων των θρεπτικών ουσιών που έχουν ήδη εισέλθει στον ωκεανό μέσω βιοχημικών διεργασιών συμπεριλαμβανομένης της βακτηριακής δράσης. Περιοχές ανάβλυσης, όπου το νερό είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά , είναι ιδιαίτερα σημαντικές, διότι οδηγούν σε ένα υψηλό επίπεδο της πρωτογενούς παραγωγής από τη φωτοσύνθεση από το φυτοπλαγκτόν στη ζώνη της διείσδυση του φωτός, συνδυάζοντας άνθρακα από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα με τα άλλα θρεπτικά συστατικά, και απελευθερώνουν οξυγόνο πίσω στην ατμόσφαιρα.

Είτε στη στήλη του νερού ή όταν βυθίζεται στον πυθμένα της θάλασσας, η πρωτογενής παραγωγή αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία είναι χτισμένο η ωκεάνιος τροφικής αλυσίδας, μέσα από κάθε διαδοχικό στρώμα που φτάνει μέχρι τα αρπακτικά (μεγάλα ψάρια, θαλάσσια θηλαστικά, θαλάσσια ερπετά, τα θαλασσοπούλια) και μέσα από την αλιεία στον άνθρωπο.[4]

[4] United Nations, 2016

1.1 Ρύπανση από υδρογονάνθρακες πετρελαίου

Η παγκόσμια ναυτιλία έχει αυξηθεί σταθερά κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Μεταξύ 1980 και 2013, η ετήσια ποσότητα που έχει πραγματοποιηθεί στις πέντε κύριες ναυτιλιακές συναλλαγές αυξήθηκαν κατά 158 τοις εκατό. Αν και η χρήση του ωκεανού από ένα πλοίο δεν είναι συνεχής, Με τις πιο πυκνά διακινούνται διαδρομές, οι θαλάσσιες οδοί μπορεί να μην χρησιμοποιούνται με τους όρους ασφάλειας που τους αναλογεί. Μερικά είδη από τους μεγαλύτερους πληθυσμούς των θαλάσσιων πτηνών στο βόρειο ημισφαίριο τέμνονται από τις πολυχρησιμοποιούμενες ναυτιλιακές γραμμές, με επακόλουθο την διαταραχή της άγριας ζωής και τη θνησιμότητα από χρόνιες ή καταστροφικές πετρελαϊκές διαρροές αλλά και άλλες τέτοιες. [5]

Η θεμελιώδης αλλαγή στις θαλασσιές μεταφορές παρήγαγαν μια συνολική αλλαγή της φύσης των λιμένων που λειτουργούν ως τερματικά για την εν λόγω κίνηση, καθώς μεγάλες περιοχές απαιτούνται για το χειρισμό των δοχείων, τόσο κατά την αναχώρηση αλλά και την άφιξη. Η ναυτιλιακή κυκλοφορία συνεχίζει να αυξάνεται. Η βυθοκόρηση για τη δημιουργία των λιμένων και τη διατήρηση διαύλου ναυσιπλοΐας παράγει μεγάλες ποσότητες των υλικών βυθοκόρησης που πρέπει να απορρίπτονται. Τα περισσότερα από τα εν λόγω υλικού απορρίπτονται στη θάλασσα.

Όπως είδαμε και νωρίτερα οι ωκεανοί έχουν βασικό ρόλο στην βιωσιμότητα ειδών και στην ανάπτυξη συνολικά ενός βιώσιμου περιβάλλοντος για τον άνθρωπο. Ταυτόχρονα και υπό το πρίσμα της αύξησης της ναυσιπλοΐας τα συνολικά λύματα που καταλήγουν στην θάλασσα αποτελούν μια κορυφαία παράμετρο προς αντιμετώπιση για την εξυγίανση των ωκεανών και της διατήρησης του περιβάλλοντος τους. Ένας σοβαρός ρύπος είναι και αυτός που προέρχεται από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του.

Η θαλάσσια ρύπανση που μπορεί να προκληθεί από την έκχυση πετρελαίου μπορεί να επηρεάσει σοβαρά το θαλάσσιο περιβάλλον. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων εξαρτώνται από την ποσότητα και τον τύπο του πετρελαίου που χύθηκε, τις συνθήκες περιβάλλοντος

[5] United Nations, 2016

και την ευαισθησία των επηρεαζόμενων οργανισμών και των βιοτόπων. Το φαινόμενο που μόλις περιγράψαμε έχει εμφανιστεί μόλις πρόσφατα στο ιστορικό μόλυνσης των θαλασσών, παρόλα αυτά το μέγεθος των αρνητικών επιπτώσεων που επιφέρει χρήζει , όπως και παρακάτω θα εξηγήσουμε, επιτακτικής και ενδελεχούς μελέτης.(ITOPF, 2011) Παρά το γεγονός ότι η ρύπανση από το πετρέλαιο και άλλους υδρογονάνθρακες συνδέονται με την υπεράκτια παραγωγή και τις θαλάσσιες μεταφορές, σημαντικές εισροές των υδρογονανθράκων προκύψει από χερσαίες πηγές, ιδιαίτερα τα διυλιστήρια πετρελαίου.[6]

Οι πετρελαιοκηλίδες, οι ποσότητες δηλαδή του πετρελαίου που λόγο αμέλειας ή ατυχήματος καταλήγουν στην θάλασσα, μπορούν να προκαλέσουν ένα ευρύ φάσμα των επιπτώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον. Σε ένα σοβαρό περιστατικό οι βραχυπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές, προκαλώντας σοβαρή δυσφορία στα οικοσυστήματα και στους ανθρώπους που ζουν κοντά στη μολυσμένη ακτογραμμή καθώς επηρεάζουν την επιβίωσή τους και μειώνουν σημαντικά την ποιότητα της ζωής τους.[7]

Οι εικόνες πουλιών (Εικόνα 1.1) επικαλυμμένα με πετρέλαιο μετά από διαρροή, ενθαρρύνει την ευρέως διαδεδομένη αντίληψη της μόνιμης περιβαλλοντικής ζημίας με την παράλληλη αναπόφευκτη απώλεια των θαλάσσιων πόρων. Δεδομένης της εξαιρετικά φορτισμένης συναισθηματικά αντίδρασης που συνήθως συνδέεται με τις πετρελαιοκηλίδες, μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί μια ισορροπημένη άποψη επί των πραγματικών μεγεθών των επιπτώσεων μιας τέτοιας διαρροής και της επακόλουθης περιβαλλοντικής ανάκαμψης.

[6] United Nations, 2016
[7] EMSA, 2016

Εικόνα 1.1: Μολυσμένα Πτηνά 1

(Πτηνά επικαλυμμένα με πετρέλαιο στις ακτές της Σαχαλίνης)

Πηγή : Sakhalin Watch and Club Boomerang, http://www.knom.org/

Μια πρόσφατη επιστημονική αξιολόγηση των τυπικών επιπτώσεων των πετρελαιοκηλίδων αποκαλύπτει ότι, ενώ οι ζημίες μπορεί να είναι βαθιές σε επίπεδο μεμονωμένων οργανισμών, οι πληθυσμοί στο σύνολο τους δείχνουν να είναι πιο ανθεκτικοί. Με τον καιρό, οι φυσικές διεργασίες αποκατάστασης είναι σε θέση να αποκαταστήσουν τις ζημιές ώστε να επιστρέψει το σύστημα στην κανονική λειτουργία του.[8]

Η διαδικασία ανάκτησης μπορεί να επικουρείται από την αφαίρεση του πετρελαίου μέσω εργασιών εκκαθάρισης, και μερικές φορές μπορεί να επιταχυνθεί με την προσεκτική διαχείριση των μέτρων αποκατάστασης, τα οποία θα μελετήσουμε και στην συνέχεια. Μακροπρόθεσμη ζημιά δε, έχει καταγραφεί σε λίγες περιπτώσεις.

[8] ITOPF, 2011

Προς την παραπάνω κατεύθυνση εκκαθάρισης καταλυτική είναι η βοήθεια που προέρχεται από τα συλλεχθέντα δεδομένα από δορυφόρους. Τέτοια δεδομένα μπορεί να παρέχουν βοήθεια όσον αφορά την επιτήρηση ρουτίνας, μιας μεγάλης θαλάσσιας περιοχής, ή μπορεί να συμβάλουν σε μια στοχευόμενη τοποθεσία για την παρακολούθηση συγκεκριμένων γεγονότων. Η δορυφορική εποπτεία και ανίχνευση ρύπανσης από πετρέλαιο στην επιφάνεια της θάλασσας, η παρακολούθηση τυχαίας ρύπανσης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, καθώς επίσης και η συμβολή στην αναγνώριση των ρυπαντών είναι σημαντικοί παράμετροι για την διατήρηση ή και αναβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. [9]

1.2 Σύσταση του πετρελαίου

Το πετρέλαιο αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας σε όλο τον σύγχρονο κόσμο. Παράλληλα αποτελεί την κύρια ύλη για την παραγωγή και άλλων αγαθών, όπως χημικά και φαρμακευτικά προϊόντα. Το αργό πετρέλαιο, δηλαδή το ακατέργαστο πετρέλαιο, είναι ένα κολλώδες, σκούρο υγρό μίγμα υδρογονανθράκων. Σε αυτό το μίγμα είναι διαλυμένοι στερεοί και αέριοι υδρογονάνθρακες. Περισσότερες από 3000 ενώσεις έχουν ταυτοποιηθεί στο αργό πετρέλαιο και περιλαμβάνουν από αέρια , όπως το μεθάνιο, μέχρι και βαριές ασφαλτικές ενώσεις που δεν αποστάζουν. Η σύστασή του κατά βάρος είναι κατά 80-87% από άνθρακα (ενώσεις με αριθμό ατόμων C από 5 μέχρι και 100) και κατά 11-16% από υδρογόνο (πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από ότι τους άνθρακες),ενώ βρίσκονται σε μικρότερες ποσότητες οξυγόνο (<3%), θείο (<4%) και άζωτο (<1%). Επίσης απαντώνται και πολύ μικρές συγκεντρώσεις (μέχρι 0,1%) μετάλλων ,όπως σίδηρος , νικέλιο , χρώμιο, βανάδιο , κ.α.[10]

[9] EMSA, 2016
[10] Ανδρίτσος, 2008

Ακολούθως θα καταγράψουμε τις κυριότερες κατηγορίες υδρογονανθράκων του πετρελαίου:

Αλκάνια (παραφίνες): Αλκάνια ονομάζονται οι άκυκλοι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες στο μόριο των οποίων τα άτομα άνθρακα συνδέονται με απλούς δεσμούς. Όσο πιο μικρότερος είναι ο αριθμός των ατόμων άνθρακα τόσο πιο πτητικές και ευδιάλυτες στο νερό είναι οι ενώσεις.

Κυκλοαλκάνια: Τα κυκλοακάνια είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες που στα μόρια τους εμφανίζονται κυκλικές αλυσίδες. Τα κυκλοαλκάνια 5-6 ατόμων άνθρακα αποτελούν το 30-60% του πετρελαίου.

Αρωματικές ενώσεις: Είναι πτητικές ενώσεις που περιέχουν δακτυλίους βενζολίου και αποτελούν το 2-4% του πετρελαίου. Ειδικά οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (Poly Aromatic Hydrocarbons – PAHs) είναι ενώσεις ύποπτες για πρόκληση καρκινογένεσης. Επίσης, συχνά περιέχει χλωριούχο νάτριο, το οποίο αφαιρείται όπως και το θείο. Τέλος, το αργό πετρέλαιο μπορεί να περιέχει ανθεκτικά στη διάσπαση υπολείμματα, όπως θραύσματα πυριτικών σκελετών οργανισμών, ξύλο, σπόρια, ρητίνες, άνθρακα κ.ά.[11]

Η ποιότητα και η σύσταση του πετρελαίου διαφέρει σε κάθε κοίτασμα, μπορεί δε να μεταβάλλεται ακόμη και στο ίδιο το κοίτασμα, ανάλογα με τον χρόνο που χρειάστηκε από την έναρξη άντλησής του. [12]

1.2.1 Ιδιότητες του πετρελαίου

Οι ιδιότητες του ακατέργαστου πετρελαίου που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του στο περιβάλλον είναι η πυκνότητα, η διαλυτότητα στο νερό, η πτητικότητα, το ιξώδες καθώς και το σημείο ροής.

Η πυκνότητα του αργού πετρελαίου εξαρτάται από την ακριβή του σύσταση και σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας κυμαίνεται στα 0,7 g/cm^3 για ένα ελαφρύ αργό

[11] Clark, 2003
[12] USEPA, 2011

πετρέλαιο έως 1,0 g/cm^3 για βαριά πισσώδη πετρέλαια. Συγκριτικά, η πυκνότητα του (γλυκού) νερού στους 25°C είναι 0,997 g/cm^3 .[13]

Το αργό πετρέλαιο είναι ένα μίγμα ουσιών με διαφορετική πτητικότητα. Ένα μέτρο της πτητικότητας του πετρελαίου αποτελούν τα χαρακτηριστικά διύλισής του. Η διύλιση είναι μια διαδικασία κλασματικής απόσταξης. Στη διύλιση το πετρέλαιο θερμαίνεται και τα κλάσματά του φτάνουν στο σημείο βρασμού τους, εξατμίζονται και κατόπιν ψύχονται και συμπυκνώνονται ξεχωριστά. Με αυτόν τον τρόπο διαχωρίζονται.

Η ελαφριά βενζίνη αποτελεί τη βάση για τη βενζίνη, η νάφθα αποτελεί πρώτη ύλη για τη βιομηχανία των πετροχημικών, το μαζούτ χρησιμοποιείται ως καύσιμο για τα ποντοπόρα πλοία και τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και το ασφαλτικό υπόλειμμα χρησιμοποιείται στην παραγωγή πίσσας.

Τα πετροχημικά προϊόντα που προέρχονται από τη νάφθα περιλαμβάνουν πλαστικά, εντομοκτόνα, παυσίπονα, αντιβιοτικά, συντηρητικά, αρώματα, απορρυπαντικά και πολλά άλλα προϊόντα πολύτιμα για την καθημερινή ζωή. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίζουμε ότι ορισμένα πετρέλαια περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά ασφαλτενίων, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εξατμίζονται δύσκολα και να παραμένουν ανέπαφα στο θαλάσσιο περιβάλλον για μεγαλύτερα διαστήματα. [14]

1.3 Πηγές εισόδου και τύχη του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον

Το πετρέλαιο μπορεί να εισέλθει στο θαλάσσιο περιβάλλον με πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα είναι δυνατό να εκρέει στο θαλάσσιο περιβάλλον σε μεγάλες ποσότητες πετρέλαιο από τις φυσικές του πηγές, κατά την διεργασία της εξόρυξής του, ή να έχουμε

[13] National Research Council, 2003
[14] CLARK, 2003

διαρροή κατά τη μεταφορά του αλλά και κατά τη χρήση του. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια η συνολική ποσότητα πετρελαϊκών υδρογονανθράκων που εισέρχεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Παρόλα αυτά εκτιμάται ότι η ποσότητα αυτή έχει μειωτική τάση. Προς την κατεύθυνση αυτή επιβοηθούν οι νέοι κανονισμοί όπως ο MARPOL και εθνικοί κανονισμοί, όπως επίσης και οι τεχνολογικές εξελίξεις.

Παρακάτω θα εξερευνήσουμε αναλυτικότερα τις πηγές εισόδου πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον όπως αναφέρονται στην έκθεση του National Research Council των ΗΠΑ (2003):

1.3.1 Φυσικές πηγές

Κοιτάσματα πετρελαίου κοντά στην επιφάνεια της γης ρέουν αργά στην επιφάνεια εδώ και χιλιάδες χρόνια. Σύμφωνα με την εκτίμηση του National Research Council (2003), οι φυσικές πηγές αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον σε ποσοστό 46% επί του συνόλου τέτοιων εισροών.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, ενώ οι διαρροές αυτές είναι τεράστιες, αυτές συμβαίνουν με αργό ρυθμό με αποτέλεσμα να επιτρέπουν στους οργανισμούς να εγκλιματιστούν, έτσι οι συνέπειές τους στη τοπική βιοκοινότητα φαίνεται να είναι αναλογικά μικρότερες σε σχέση με το μέγεθος της μόλυνσης που δέχεται.

1.3.2 Εξόρυξη πετρελαίου

Η εξόρυξη πετρελαίου αποτελεί σημαντική πηγή πετρελαιοειδών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Με την βελτίωση της τεχνολογίας και την εφαρμογή αυστηρότερου νομικού πλαισίου έχουν μειωθεί σημαντικά οι διαρροές αυτές.

Σύμφωνα πάλι με το National Research Council, (2003) κατά την εξόρυξη πετρελαίου οι μεγαλύτερες εκπομπές πετρελαίου στη θάλασσα προέρχονται από το παραγόμενο νερό (produced water). “Πρόκειται για νερό παγιδευμένο σε υπόγειους σχηματισμούς, που

έρχεται στην επιφάνεια κατά την εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επίσης, μπορεί να είναι νερό που έχει εγχυθεί ώστε να υποβοηθήσει την εξόρυξη του πετρελαίου. Επειδή το νερό αυτό έχει έρθει σε επαφή με το πετρέλαιο, περιέχει ίχνη πετρελαίου, άλατα, χημικά εξόρυξης, βαρέα μέταλλα και ραδιενέργεια. Θεωρείται βιομηχανικό απόβλητο που χρήζει κατάλληλης επεξεργασίας και διάθεσης".

Εκτός του παραγόμενου νερού, η λάσπη από τις γεωτρήσεις είναι ομοίως ρυπασμένη με πετρέλαιο. Συνολικά, η εξόρυξη πετρελαίου συνεισφέρει κατά 5,7% στο σύνολο του πετρελαίου που εισέρχεται παγκοσμίως στο θαλάσσιο περιβάλλον από ανθρωπογενείς πηγές. [15].

1.3.3. Μεταφορά πετρελαίου

Η μεταφορά του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του είναι η δεύτερη σημαντικότερη αιτία μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος καθώς κατά 23% περίπου του πετρέλαιο που εισέρχεται παγκοσμίως στο θαλάσσιο περιβάλλον από ανθρωπογενείς πηγές προέρχεται από το στάδιο διαχείρισης του.

Επίσης, στατιστικά αυτές οι διαρροές μπορεί να συμβούν οπουδήποτε υπάρχει κίνηση πετρελαιοφόρων ή υποθαλάσσιοι αγωγοί. Είναι συχνότερες βέβαια κοντά σε μεγάλα διυλιστήρια και σε περιοχές φόρτωσης.

Αναλυτικότερα στην κατηγορία αυτή μπορούμε να εντάξουμε τις διαρροές των αγωγών, αυτές που προκύπτουν από ατυχήματα των μεταφορικών μέσων (πετρελαιοφόρα), τις λειτουργικές διαρροές και τέλος αυτές που συμβαίνουν σε παράκτιες περιοχές.

Διαρροές αγωγών

Οι διαρροές από αγωγούς συμβαίνουν καθώς το πετρέλαιο μεταφέρεται από το κοίτασμα στα διυλιστήρια και από τα διυλιστήρια στην κατανάλωση. Η σχετική συνεισφορά των αγωγών εκτιμάται στο 1,8% του συνόλου των ανθρωπογενών εισροών.

[15] National Research Council, 2003

Ατυχήματα πετρελαιοφόρων

Πρόκειται για μια πηγή η συνεισφορά της οποίας μειώνεται διαρκώς με τα χρόνια, λόγω των κανονισμών που αφορούν το ίδιο το πλοίο. Εκτιμάται δε ότι οι ποσότητες πετρελαίου που εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον από τα ατυχήματα πετρελαιοφόρων, παγκοσμίως ανέρχονται στο 14,9% των ανθρωπογενών εισροών. [16]

Τα θέματα των ατυχημάτων των πλοίων αφορούν την ασφάλεια του πλοίου και τη ρύπανση και αντιμετωπίζονται από τον Κώδικα Διερεύνησης Ατυχημάτων του IMO (Casualty Investigation Code) και την κοινοτική οδηγία 2009/18/ΕΚ. Βάσει των οδηγιών αυτών τα είδη των ατυχημάτων είναι[17]:

κλίση ή ανατροπή (listing/capsizing)
σύγκρουση (collision)
επαφή (contact)
βλάβη στον εξοπλισμό (damage on equipment)
προσάραξη (grounding/stranding)
εξαφάνιση (missing)
απώλεια ελέγχου (loss of control)
αστοχία της γάστρας (hull failure)
πλημμύρισμα/βύθιση (flooding/foundering)
πυρκαγιά/έκρηξη (fire/explosion)

Πίνακας 1.1: Τα είδη ατυχημάτων από πλοία

[16] National Research Council, 2003
[17] EMSA, 2014

Σύμφωνα με την EMSA (2014), την περίοδο 2011-2013 η κυριότερη αιτία των πολύ σοβαρών ατυχημάτων σε πλοία που έφεραν σημαία χώρας της ΕΕ ή που έλαβαν χώρα στα ευρωπαϊκά χωρικά ύδατα ή στα εσωτερικά ευρωπαϊκά ύδατα, ήταν η προσάραξη (28%), ακολουθούμενη από την απώλεια ελέγχου (18%) και τη σύγκρουση (15%). Από το σύνολο των ατυχημάτων που έλαβαν χώρα κατά την περίοδο αυτή, τα οποία αριθμούν σε 5.816, μόνο ένας μικρός αριθμός , περί τα 126, είχε ως αποτέλεσμα την ρύπανση της θάλασσας. Τα ατυχήματα των πετρελαιοφόρων έχουν ως αποτέλεσμα ασήμαντες διαρροές πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το ατύχημα μπορεί να μην προκαλέσει ρήγμα στις δεξαμενές φορτίου, το σκάφος μπορεί να διασωθεί ή το φορτίο του μπορεί να μεταφερθεί σε άλλα πλοία. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις ατυχημάτων που προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές, διότι οι ποσότητες του πετρελαίου ήταν μεγάλες και οι μετεωρολογικές συνθήκες τέτοιες που το πετρέλαιο εξαπλώθηκε και μεταφέρθηκε γρήγορα παράκτια.[18]

Οι κίνδυνοι αυξάνονται κοντά στις ακτές, σε στενά, και κοντά στις εισόδους λιμανιών, όπου η πυκνότητα της ναυσιπλοΐας είναι αυξημένη. Τα περισσότερα ατυχήματα που συμβαίνουν κοντά στις ακτές έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση τους.

Όταν συμβαίνει ένα ατύχημα, η ποσότητα του πετρελαίου που διαρρέει στη θάλασσα δεν είναι απαραίτητα ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τη σοβαρότητα της κατάστασης. Η φυσικοχημική συμπεριφορά και η τύχη του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον και οι επιπτώσεις του εξαρτώνται επίσης σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του πετρελαίου, τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες και την κατάσταση της θάλασσας, όπως επίσης και από τα φυσικά, οικολογικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής του ατυχήματος. Επίσης, ρόλο παίζει η εποχή του χρόνου, οι τρόποι αντιμετώπισης που επιλέγονται.

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται αναλυτική παρουσίαση των σοβαρότερων ατυχημάτων δεξαμενόπλοιων για μία αρκετά μεγάλη χρονική περίοδο (1960-1996) από την πλευρά των ποσοτήτων πετρελαίου που εκχύθηκαν στο θαλάσσιο περιβάλλον.

[18] White & Baker, 1999

ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ (κράτος)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (σε τόνους)
Atlantic Empress	19.7.79	Τομπάγκο	287,000
ABT Summer	28.5.91	Αγκόλα	260,000
Castillo deBellver	06.8.83	ΝότιαΑφρική	252,000
Amoco Cadiz	16.3.78	Γαλλία	221,000
Odyssey	10.11.88	Νέα Σκοτία	132,000
Sea Star	19.12.72	Ομάν	121,000
Torrey Canyon	18.3.67	Αγγλία	119,000
Urquiola	12.5.76	Ισπανία	100,000
Hawaiian Patriot	23.2.77	ΗΠΑ	95,000
Independenta	15.11.79	Τουρκία	95,000
Jakob Maersk	29.1.75	Πορτογαλία	88,000
Braer	05.1.93	Σκοτία	85,000
Irenes Serenade	23.2.80	Ελλάδα	82,000
Khark 5	19.12.89	Μαρόκο	80,000
Aegean Sea	03.12.92	Ισπανία	74,000
Sea Empress	15.2.96	Ουαλία	72,000
Katina P.	17.04.92	Μοζαμβίκη	70,000
Nova	06.12.85	Ιράν	69,000
Epic Colocotronis	13.5.75	ΠουέρτοΡίκο	58,000
Sinclair Petrolore	06.12.60	Βραζιλία	56,000
Assimi	07.1.83	Ομάν	53,000
Yuyo Maru	09.11.74	Ιαπωνία	52,000

No.10			
Metula	09.8.74	Χιλή	51,000
Haven	11.4.91	Ιταλία	50,000
Andros Patria	31.12.78	Ισπανία	48,000
World Glory	14.6.68	ΝότιαΑφρική	46,000
Br. Ambassador	10.1.75	Ιαπωνία	45,000
Pericles G.C.	09.12.83	Κατάρ	44,000
Burmah Agate	01.11.79	ΗΠΑ	41,000
Wafra	27.2.71	Νότια Αφρική	40,000
J. A. Lavalleja	28.12.80	Αλγερία	39,000
Napier	09.6.73	Χιλή	38,000
Exxon Valdez	24.3.89	ΗΠΑ	37,000
Corinthos	31.1.75	ΗΠΑ	36,000
Trader	11.6.72	Ελλάδα	34,000

Πίνακας 1.2 : τα σοβαρότερα ατυχήματα δεξαμενόπλοιων το χρονικό διάστημα (1960-1996)
Πηγή: HOOKE N. (1997), Maritime Disasters

Όπως μπορούμε να δούμε και στον πίνακα, από τον οποίο αποκλείονται στοιχεία που αφορούν διαρροές που έρχονται ως αποτέλεσμα εχθροπραξιών, μεγάλος αριθμός ατυχημάτων αφορούν θάλασσες που βρέχουν την Ευρωπαϊκή Ήπειρο.

Λειτουργικές διαρροές

Οι απορρίψεις φορτίου (λειτουργικές διαρροές) μπορεί να συμβούν είτε γιατί ξεπλύθηκαν οι δεξαμενές φορτίου με νερό οπότε και τα απόνερα καταλήγουν στη θάλασσα, είτε γιατί έρμα φορτώθηκε στο λιμάνι εκφόρτωσης με αποτέλεσμα να ρυπανθεί με πετρέλαιο και κατόπιν το έρμα απορρίφθηκε στη θάλασσα στο λιμάνι φόρτωσης. Μέσω του κανονισμού MARPOL, αυτές οι πηγές λειτουργικής ρύπανσης έχουν σήμερα ελαχιστοποιηθεί, συγκεκριμένα συνεισφέρουν επί του 5,4% του συνόλου των ανθρωπογενών εισροών πετρελαίου στη θάλασσα σύμφωνα με την έκθεση του 2003 του National Research Council.

Διαρροές από παράκτιες εγκαταστάσεις

Ως παράκτιες εγκαταστάσεις θεωρούμε τις πηγές όπως παράκτια ναυπηγεία, διυλιστήρια, εγκαταστάσεις υποδοχής αποβλήτων πλοίων, θαλάσσιους τερματικούς σταθμούς και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η συνεισφορά των πηγών αυτών εκτιμάται στο 0,7% επί του συνόλου των ανθρωπογενών εισροών.

Ατμοσφαιρική εναπόθεση

Ένα κλάσμα του πετρελαίου, το ελαφρύτερο, περιέχει πτητικούς υδρογονάνθρακες ή αλλιώς πτητικές οργανικές ενώσεις- VOCs (Volatile Organic Compounds). Οι ενώσεις αυτές απελευθερώνονται από τις δεξαμενές στην ατμόσφαιρα κατά τη φόρτωση, την πλύση με αργό πετρέλαιο και στη διάρκεια του ταξιδιού. Η ποσότητα των VOCs που εκπέμπεται εξαρτάται από τις ειδικές επιμέρους συνθήκες και έχουν να κάνουν από τις ιδιότητες του φορτίου, τον βαθμό ανάμιξής του και τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται. Μια ακόμη παράμετρος έχει να κάνει με το πλαίσιο εφαρμογής συστήματος ανάκτησης ατμών κατά την φόρτωση. Τελικά, η ατμοσφαιρική εναπόθεση από τις ανθρωπογενείς εισροές εκτιμώνται περί του 0,1%. [19]

1.4 Η συμπεριφορά του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον

Αμέσως μετά τη διαρροή του πετρελαίου ή προϊόντων του στο θαλάσσιο περιβάλλον ξεκινούν διεργασίες μετασχηματισμού του, που καταλήγουν σε ουσίες με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες από τις αρχικές ή στην απομάκρυνση του πετρελαίου από το νερό. Το πετρέλαιο, όπως είδαμε και σε προγενέστερη ενότητα είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων με μικρότερη πυκνότητα από το νερό και δυσδιάλυτο σε αυτό. Όταν πετρέλαιο εκχυθεί στη θάλασσα εξαπλώνεται (spreading) στην επιφάνεια του νερού και δημιουργεί ένα λεπτό στρώμα (πετρελαιοκηλίδα). Ο ρυθμός εξάπλωσης του και το πάχος του στρώματος αυτού εξαρτώνται από την θερμοκρασία της θάλασσας και τα ιδιαίτερα

[19] National Research Council, 2003

χαρακτηριστικά του πετρελαίου. Έτσι για παράδειγμα ένα ελαφρύ πετρέλαιο θα εξαπλωθεί γρηγορότερα σε σχέση με ένα βαρύ πετρέλαιο. Ομοίως σε μια πιο ζεστή θάλασσα η διασπορά θα είναι γρηγορότερη και άρα μεγαλύτερη υπό συνθήκες. Υπολογίζεται ότι 1tn περσικού αργού πετρελαίου σχηματίζει μέσα σε 10 min κηλίδα πάχους 0,1 mm και διαμέτρου 48 m.

Μετακίνηση

Μια πετρελαιοκηλίδα ως είναι φυσικό δεν παραμένει σε ένα σημείο, αλλά μετακινείται ανάλογα τα ρεύματα του αέρα και της θάλασσας και λοιπών φυσικών φαινομένων. Υπολογίζεται ότι μια σχετική ταχύτητα κίνησης της πετρελαιοκηλίδας είναι ίση με το 60% της ταχύτητας των ρευμάτων και 2-4% της ταχύτητας του ανέμου. Στη φάση όπου το πετρέλαιο έχει διασπαρθεί στη στήλη του νερού (φαινόμενο γαλακτωματοποίησης), η μετακίνησή του επηρεάζεται κυρίως από τα θαλάσσια ρεύματα.

Εξάτμιση

Η σύσταση της πετρελαιοκηλίδας μεταβάλλεται διαρκώς. Τα κλάσματα μικρού μοριακού βάρους εξατμίζονται γρηγορότερα. Οι ρυθμοί της εξάτμισης πέρα από το βάρος εξαρτώνται και από τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου, την ηλιακή ακτινοβολία, το πάχος της κηλίδας και τη φύση του πετρελαίου. Έτσι, οι υψηλές θερμοκρασίες και ο δυνατός άνεμος ευνοούν την εξάτμιση. Επίσης, όσο μικρότερο είναι το πάχος της πετρελαιοκηλίδας τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο λόγος επιφάνειας προς όγκο και τόσο μεγαλύτερη η εξάτμιση, καθώς είναι επιφανειακό φαινόμενο.

Εκτιμάται ότι ανάλογα με τη σύσταση του πετρελαίου και τις μετεωρολογικές συνθήκες ποσοστό 20-50% του όγκου του αργού πετρελαίου απομακρύνεται λόγω εξάτμισης. Πετρελαιοκηλίδες προϊόντων πετρελαίου όπως η κηροζίνη και η βενζίνη μπορεί να εξατμιστούν τελείως μέσα 53 σε λίγες ώρες. [20]

[20] ITOPF, 2011a; Clark, 2003

Διάλυση

Η διαλυτότητα των συστατικών του πετρελαίου στο νερό είναι πολύ μικρή και μειώνεται απότομα με την αύξηση του μοριακού τους βάρους. Έτσι, ένα μικρό μόνο ποσοστό του πετρελαίου, κυρίως των συστατικών με μικρό μοριακό βάρος, διαλύεται στο θαλασσινό νερό. Παρατηρείται σημαντικός βαθμός διάλυσης σε περιπτώσεις χαμηλών θερμοκρασιών και ανατάραξης των νερών με δημιουργία τύρβης.[21]

Διασπορά

Όταν τα σταγονίδια πετρελαίου έχουν διάμετρο μικρότερη από 70 μm περίπου, "παραμένουν ευκολότερα σε αιώρηση στη στήλη του νερού, διότι η φυσική τους τάση να ανέβουν και πάλι στην επιφάνεια ως αραιότερα του νερού αντισταθμίζεται από τις τυρβώδεις δυνάμεις". Έτσι τα μεγαλύτερα σταγονίδια επανέρχονται στην επιφάνεια της θάλασσας όπου συσσωματώνονται με άλλα και ξαναδημιουργούν κηλίδα.

Η διασπορά του πετρελαίου το απομακρύνει από την επιφάνεια, οπότε τα πουλιά που βουτάνε στην επιφάνεια του νερού για να βρουν τροφή δεν εκτίθενται στο πετρέλαιο. Η αιώρηση των μικρών σταγονιδίων πετρελαίου στη στήλη του νερού έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή ανάμιξή τους με μεγαλύτερες ποσότητες νερού και συνεπώς τη μείωση των συγκεντρώσεων του πετρελαίου στο νερό, μειώνοντας έτσι την έκθεση των οργανισμών που βρίσκονται στη στήλη του νερού. Επιπλέον, ο σχηματισμός μικρών σταγονιδίων με αυξημένο λόγο επιφάνειας προς όγκο σε σχέση με αυτόν της πετρελαιοκηλίδας επιταχύνει τη βιοδιάσπαση του πετρελαίου, διότι τα βακτήρια βρίσκουν μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια για να δράσουν.

Από την άλλη πλευρά, η διασπορά δεν εξαφανίζει το πετρέλαιο από τη θάλασσα (όπως γίνεται με την εξάτμιση ή τη μικροβιακή διάσπαση), απλά το μεταφέρει από την επιφάνεια σε όλη τη στήλη του νερού, όπου μπορεί να προσροφήξει σε αιωρούμενα σωμάτια, να εναποτεθεί στο ίζημα ή εμφανίσει τοξική δράση σε οργανισμούς στη στήλη του νερού. Υπό κατάλληλες συνθήκες, μια πετρελαιοκηλίδα μπορεί να διασπαρθεί τελείως μέσα σε λίγες μέρες. [22]

---

[21] Clark 2003

[22] ITOPF, 2011a

Γαλακτωματοποίηση

Όπως και μόλις παραπάνω είδαμε πολλά πετρέλαια απορροφούν νερό και σχηματίζουν γαλακτώματα νερού σε πετρέλαιο. Αυτό μπορεί να αυξήσει τον όγκο του πετρελαίου έως πέντε φορές. Τα γαλακτώματα σχηματίζονται ευκολότερα όταν η συγκέντρωση νικελίου/βαναδίου στο πετρέλαιο ξεπερνά συνδυαστικά τα 15 ppm ή όταν το πετρέλαιο περιέχει ασφαλτένια σε ποσοστό μεγαλύτερο του 0,5%. Η παρουσία των συστατικών αυτών και παράλληλα άνεμοι πάνω από 3 μποφόρ καθορίζουν τον ρυθμό δημιουργίας του γαλακτώματος. Πετρέλαια με μεγαλύτερο ιξώδες, όπως το HFO, γαλακτωματοποιούνται δυσκολότερα σε σχέση με πιο ρευστά πετρέλαια.

Ο σχηματισμός γαλακτωμάτων νερού σε πετρέλαιο επιβραδύνει άλλες διεργασίες μετασχηματισμού του πετρελαίου και αποτελεί τον κύριο λόγο για την παραμονή των ελαφριών και μεσαίων πετρελαίων ανέπαφων στη θάλασσα και στις ακτές .

Φωτοοξείδωση

Οι υδρογονάνθρακες αντιδρούν με το οξυγόνο παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοοξείδωση λαμβάνει χώρα σε όλη τη διάρκεια ζωής της πετρελαιοκηλίδας. Ακόμη και υπό έντονη ηλιακή ακτινοβολία, λεπτού πάχους κηλίδες φωτοδιασπώνται αργά και όχι πάνω από 0,1% ανά ημέρα. Η φωτοδιάσπαση συστατικών με μεγάλο ιξώδες δημιουργεί σταθερότερα προϊόντα. Αυτό είναι εμφανές σε κομμάτια πίσσας στις παραλίες, τα οποία σταδιακά επικαλύπτονται από μια σταθερή κρούστα οξειδωμένου πετρελαίου μαζί με σωμάτια ιζήματος, ενώ εσωτερικά περιέχουν πιο φρέσκο, μαλακό πετρέλαιο.

Βύθιση και ιζηματοποίηση

Τα περισσότερα πετρέλαια έχουν χαμηλή πυκνότητα και επιπλέουν στο θαλασσινό νερό, εκτός και αν αλληλεπιδράσουν με πυκνότερα υλικά. Ρηχές παράκτιες θαλάσσιες περιοχές ή οι εκβολές ποταμών έχουν μεγάλες ποσότητες αιωρούμενης ύλης στη στήλη του νερού.

Μικροβιακή διάσπαση

Θαλάσσιοι μικροοργανισμοί όπως βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα που χρησιμοποιούν τους υδρογονάνθρακες του πετρελαίου ως πηγή άνθρακα και ενέργειας έχουν αναπτύξει την ικανότητα να διασπούν το πετρέλαιο. Οι μικροοργανισμοί αυτοί βρίσκονται παντού στις θάλασσες, αλλά είναι τυπικά περισσότεροι σε περιοχές με φυσικές εκροές πετρελαίου και σε χρόνια ρυπασμένες, κυρίως παράκτιες περιοχές που δέχονται αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.

Στον ρυθμό και το μέγεθος της μικροβιακής διάσπασης επιδρούν τα εξής στοιχεία:

- τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου,
- η διαθεσιμότητα σε οξυγόνου,
- η διαθεσιμότητα σε θρεπτικά συστατικά και
- η θερμοκρασία.

Κάθε τύπος μικροοργανισμού τείνει να διασπά συγκεκριμένες κατηγορίες υδρογονανθράκων και έτσι απαιτείται μεγάλο εύρος οργανισμών να δράσουν ταυτόχρονα ή διαδοχικά για να προχωρήσει η βιοδιάσπαση. Καθώς εξελίσσεται η διαδικασία, αναπτύσσεται μια σύνθετη βιοκοινότητα στην περιοχή.

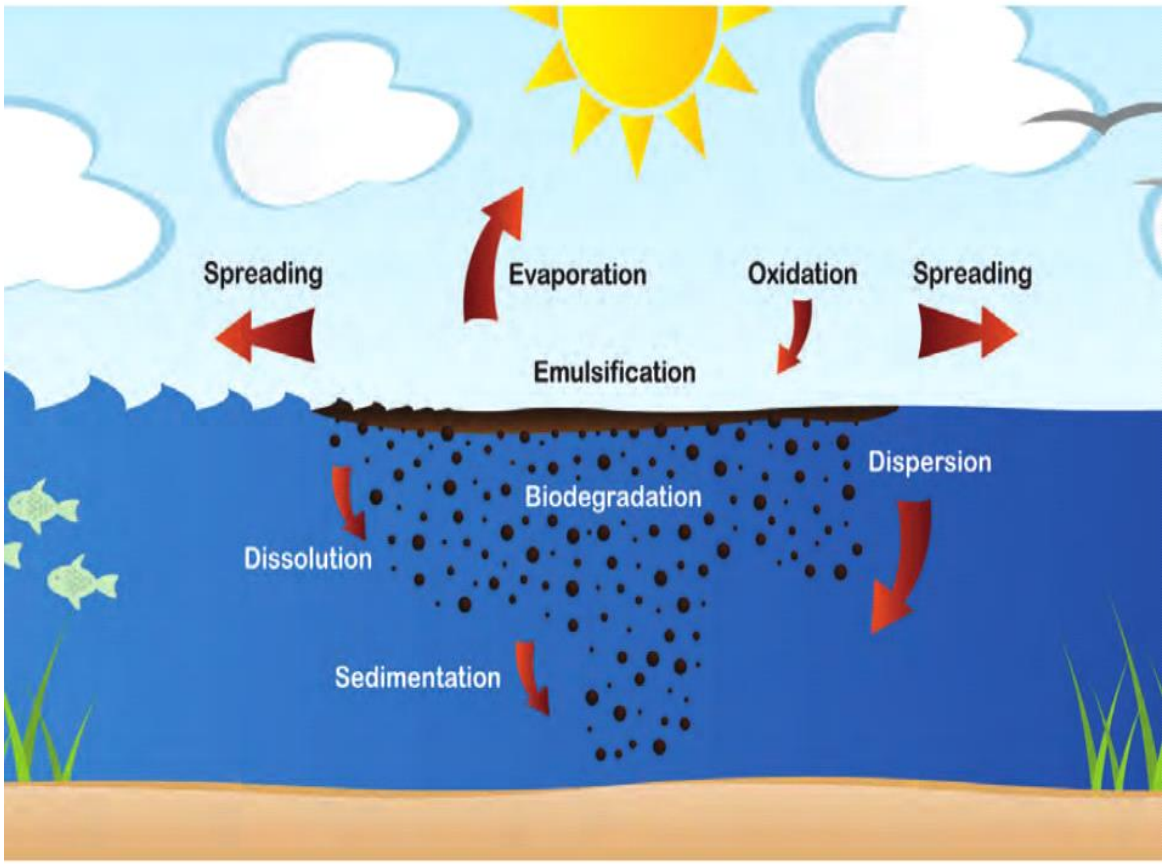
Τα τελικά προϊόντα είναι κυρίως CO_2 και H_2O

Συγκεντρωτικά:

Από την στιγμή που θα βρεθεί το πετρέλαιο στη θάλασσα, υπόκειται αμέσως σε διεργασίες μετασχηματισμού. Οι πρώτες είναι η εξάπλωση, η εξάτμιση, η διασπορά, η γαλακτωματοποίηση, η διάλυση και η μετακίνηση. Σε επόμενο χρόνο ακολουθούν η

φωτοοξείδωση, η καταβύθιση και η βιοδιάσπαση, οι οποίες και καθορίζουν την τελική τύχη του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. [23]

Στο γράφημα που ακολουθεί απεικονίζεται όλες οι παραπάνω διεργασίες:



Εικόνα 1.2 Διεργασίες πετρελαιοκηλίδας 1

Πηγή : ITOPF, 2011a

[23] ITOPF, 2011a

1.5 Οι επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον

Ακολούθως θα καταγράψουμε τις επιπτώσεις της θαλάσσιας μόλυνσης από πετρέλαιο στους θαλάσσιους οργανισμούς, στα πτηνά και στον άνθρωπο.

1.5.1 Η περίπτωση των θαλάσσιων οργανισμών

Η τοξικότητα των συστατικών του πετρελαίου ανάλογα με τη χημική δομή τους αυξάνει ως εξής:

αλκάνια < ναφθένια < αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Για ενώσεις με την ίδια χημική δομή, τα διάφορα κλάσματα μικρού μοριακού βάρους είναι τοξικότερα από αυτά μεγαλύτερου μοριακού βάρους. Έτσι, τα οκτάνια και τα δεκάνια είναι ισχυρά τοξικά, ενώ τα δωδεκάνια και οι μεγαλύτερου μοριακού βάρους παραφίνες είναι σχεδόν μη τοξικές ενώσεις. [24]

Το πετρέλαιο επιδρά στην αναπαραγωγή, την ανάπτυξη, και τη συμπεριφορά των οργανισμών. Σε γενικές γραμμές, στην ανοιχτή θάλασσα και τις παράκτιες περιοχές, τα ενήλικα ψάρια αποφεύγουν περιοχές στις οποίες επιπλέει πετρέλαιο. Τα αυγά των ψαριών και οι προνύμφες τους όμως είναι ευάλωτα στη ρύπανση από πετρέλαιο και έχει παρατηρηθεί θάνατος των προνυμφών και μείωση του ποσοστού εκκολαπτόμενων αυγών σε συγκεντρώσεις πετρελαίου 10-25 ng/L. Επίσης το πετρέλαιο αυξάνει την ευαισθησία των ψαριών στις ασθένειες.

Οι επιβλαβείς επιδράσεις του πετρελαίου είναι μεγαλύτερες στους οργανισμούς που διαβιούν σε διαπαλιρροιακά ή ρηχά νερά αμμώδη υποστρώματα μάλιστα η βλάβη μπορεί να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το πλαγκτόν, που ζει στα ανώτερα μικρόμετρα (μm) της στήλης του νερού, επηρεάζεται από την παρουσία του πετρελαίου. Το αρωματικό κλάσμα του πετρελαίου είναι τοξικότερο στο πλαγκτόν σε σύγκριση με τις αλειφατικές ενώσεις (π.χ. αλκάνια και

[24] Clark, 2003

κυκλοαλκάνια). Γενικά, ενώ έχει παρατηρηθεί ότι μετά από ένα έντονο επεισόδιο ρύπανσης από πετρέλαιο οι πλαγκτονικοί οργανισμοί πεθαίνουν, οι επιδράσεις αυτές είναι βραχύβιες και γρήγορα το σύστημα επανέρχεται.

1.5.2 Τοξικότητα στα θαλασσοπούλια

Εκτιμάται ότι δεκάδες ενδεχομένως κ εκατοντάδες χιλιάδες πτηνά υφίστανται την επιβλαβή επίδραση του πετρελαίου στον βορειοανατολικό Ατλαντικό κάθε χρόνο, κάτι που πλήττει καίρια τους πληθυσμούς των πτηνών αυτών.

Αντίθετα με τους περισσότερους θαλάσσιους οργανισμούς, τα θαλασσοπούλια βλάπτονται έμμεσα, κυρίως λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του επιπλέοντος πετρελαίου. Όταν το φτέρωμα ενός πουλιού καλυφθεί από πετρέλαιο, παύει πια να απωθεί το νερό. Έτσι το νερό διεισδύει στο φτέρωμα και εκτοπίζει τον αέρα που βρίσκεται παγιδευμένος μεταξύ των φτερών και του δέρματος των πουλιών. Έτσι, το πουλί βυθίζεται στο νερό και είτε πεθαίνει από υποθερμία είτε πνίγεται.

Επιπλέον, τα πουλιά προσπαθούν να καθαρίσουν το φτέρωμά τους από το πετρέλαιο με το ράμφος τους, με αποτέλεσμα να το καταπίνουν. Ανάλογα με την τοξικότητά του, το πετρέλαιο μπορεί να τους δημιουργήσει εντερικές διαταραχές, νεφρική και ηπατική ανεπάρκεια.

1.5.3 Επιδράσεις στην ανθρώπινη δραστηριότητα

Οι ιχθυοκαλλιέργειες και οι οστρακοκαλλιέργειες είναι ιδιαίτερα ευπαθείς σε διαρροές πετρελαίου, διότι τα ψάρια και τα οστρακοειδή δεν μπορούν να διαφύγουν από τη ρυπασμένη περιοχή. Τα ψάρια είναι πιθανό να εκτεθούν σε συγκεντρώσεις πετρελαίου οι οποίες είναι χαμηλές και άρα μη τοξικές, όμως και σε αυτή τη περίπτωση σημειώνονται αλλοιώσεις στη μυρωδιά και στην γεύση τους. Αυτό προκαλεί μείωση της εμπορικής τους αξίας.

Μια ακόμη ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζεται σημαντικά από τη ρύπανση με πετρελαιοειδή, είναι ο τουρισμός, καθότι οι μολυσμένες παράκτιες περιοχές ως είναι φυσικό δεν είναι θελκτικές ούτε για λουόμενους ούτε για απλούς παραθεριστές.

Επιπλέον, κάποιοι υδρογονάνθρακες πετρελαίου είναι τοξικοί για τον άνθρωπο και έχουν καταγραφεί λίγα περιστατικά όπου μικρά παιδιά αρρώστησαν ή ακόμη και πέθαναν μετά από ακούσια κατάποση κηροζίνης.

Το πετρέλαιο περιέχει πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), κάποιοι εκ των οποίων έχουν χαρακτηριστεί ως καρκινογόνες ουσίες για τον άνθρωπο. Έχει αποδειχτεί ότι η κατανάλωση θαλασσινών που έχουν επηρεαστεί από τέτοιου τύπου μόλυνση αποτελεί το 2-3% της λήψης των PAHs σε ένα σύνηθες διατροφολόγιο.[25]

[25] Clark , 2003

Κεφάλαιο 2ο

Διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος – Το νομικό πλαίσιο

2. Εισαγωγή – Ορισμοί

Το Σύνταγμα της Ελλάδας (1975) στο άρθρο 24παρ.1 ορίζει ότι η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους.

Ο νόμος 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος δίνει τους εξής ορισμούς:

Ρύπανση είναι η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβων, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Μόλυνση του περιβάλλοντος είναι ειδικός τύπος ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων παθογόνων μικροοργανισμών ή ιζημάτων στο περιβάλλον.

Υποβάθμιση του περιβάλλοντος σημαίνει την πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης ή όποιας άλλης μεταβολής στο περιβάλλον που πιθανόν να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία, στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και στις αισθητικές αξίες.

Καταστροφή του περιβάλλοντος είναι εκείνη που αφορά στη συνολική απώλεια του περιβαλλοντικού αγαθού.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να είναι:

(α) Ατμοσφαιρική ή από τον αέρα γενικότερα. Πηγές αυτών των μορφών ρύπανσης αποτελούν κυρίως οι βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες, οι γεωργικές καλλιέργειες και οι διεθνείς μεταφορές.

(β) Ρύπανση των υδάτων η οποία αφορά τόσο το θαλάσσιο περιβάλλον (ωκεανοί και θάλασσες) όσο και τα χερσαία επιφανειακά ύδατα, δηλαδή ποταμούς και λίμνες. Αυτή προκαλείται από:

τις διαρροές φορτίων,

την απόρριψη αποβλήτων, καταλοίπων και λυμάτων,

τις γεωργικές καλλιέργειες,

τη χρήση φυτοφαρμάκων και τέλος

την υποθαλάσσια εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου. (Soni, 1985)

(γ) Θερμική ρύπανση που αποτελεί μία πολύ ειδική μορφή ρύπανσης και συνδέεται άμεσα με τη ρύπανση των υδάτων.

(δ) Ηχητική ρύπανση η οποία συχνά συνδέεται με τις μεταφορές, δηλαδή με την προσγείωση και απογείωση των αεροσκαφών ή τη λειτουργία μεγάλων βιομηχανικών μονάδων αλλά και των οικιακών και άλλων συσκευών (ραδιόφωνο, τηλεόραση). (Κώττης, 1994)

(ε) Ρύπανση από στερεά απόβλητα τα οποία μπορούν να διακριθούν σε πολλές υποκατηγορίες. Το μεγαλύτερο πρόβλημα σ' αυτή τη μορφή ρύπανσης είναι η εύρεση του κατάλληλου μέρους για την απόρριψη αυτών των αποβλήτων.

(στ) Πυρηνική ρύπανση που έχει ταυτιστεί με την ιονική ακτινοβολία και η οποία υποδιαιρείται σε ραδιενέργεια εκλυόμενη από πυρηνικούς σταθμούς που συνήθως αποβλέπει σε ειρηνικούς σκοπούς

(ζ) Οπτική ρύπανση δηλαδή αυτή που προκαλείται από αντιαισθητικές διαφημίσεις σε δημόσιους χώρους ή ακαλαίσθητες κατασκευές. (Rabie , 1976)

Η καταστροφή του περιβάλλοντος δεν είναι σύγχρονο φαινόμενο αλλά έχει πολύ μακριά γραμμή μέσα στον χρόνο. Από την προϊστορική περίοδο υπήρχαν προβλήματα ρύπανσης

του περιβάλλοντος λόγο διαφόρων, κυρίως φυσικών , καταστροφών όπως πυρκαγιές, πλημμύρες, μεγάλης διάρκειας ξηρασίες, κ.α.
Ο γενικός κανόνας, ανεξάρτητα από την εποχή, είναι ότι ρύπανση του περιβάλλοντος υπήρχε πάντοτε με τη μόνη διαφορά ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το περιβάλλον είχε τη δυνατότητα να προβαίνει σε σταδιακή αυτοκάθαρση του. Η κατάσταση όμως άλλαξε δραματικά την τελευταία εικοσαετία διότι η ρύπανση βρίσκεται σε κάθε σημείο της γης και αυτό το γεγονός προκάλεσε το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης και των κρατών για τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

2.1 Το φαινόμενο της θαλάσσιας ρύπανσης

Η συστηματική ανάλυση και έρευνα για το θαλάσσιο περιβάλλον και δη τη θαλάσσια ρύπανση εντοπίζεται κυρίως στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Είναι τότε που μια σειρά ατυχημάτων δεξαμενόπλοιων ανάγκασαν τα παράκτια κράτη να στρέψουν το ενδιαφέρον τους στις βραχυπρόθεσμες και μακροχρόνιες επιπτώσεις που η ρύπανση φέρει στο θαλάσσιο περιβάλλον. [26]

Η ρύπανση και επομένως η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος αποτελούν πλέον σημαντικότατο κομμάτι για επιστημονική έρευνα και ανάλυση. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι η προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος καλύπτεται πλέον από έναν μεγάλο αριθμό διεθνών και περιφερειακών συμβάσεων αλλά και διακρατικών συμφωνιών που αναλυτικότερα θα δούμε σε επόμενη υποενότητα. (Αλεξόπουλος, 1997)

Όπως ήδη αναφέραμε η πρώτη φορά που γίνεται αντιληπτό το πρόβλημα της ρύπανσης του θαλασσίου περιβάλλοντος ανήκει στο χρονικό διάστημα αμέσως μετά τη λήξη του Β’ παγκόσμιου πολέμου. Αφορά κυρίως στη θαλάσσια ρύπανση από πετρέλαιο και αυτό διότι πολλά συμμαχικά εμπορικά πλοία που μετέφεραν καύσιμα ήταν σχεδόν

[26] Corbet, 1986

αποκλειστικός στόχος των γερμανικών υποβρυχίων για να πλήξουν την ενεργειακή επιβίωση του αντιπάλου. [27]

Αυτό οδήγησε στην πρώτη ιστορικά μαζική θαλάσσια ρύπανση, καθώς εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια του πολέμου χύθηκαν πάνω από 4.000.000 τόνοι πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Εάν προσθέσουμε και τα πλοία που υπήρξαν θύματα ναρκοπεδίων και υποθαλάσσιων εκρήξεων μετά το τέλος του πολέμου, τότε ο αριθμός αυτός είναι ακόμη μεγαλύτερος.[28]

Στις ημέρες που ακολούθησαν παρατηρήθηκε μία βαθμιαία αύξηση στην εισαγωγή ρυπογόνων στοιχείων στο θαλάσσιο περιβάλλον ενώ σήμερα έφθασε να αποτελεί καθημερινό ερώτημα για τους επιστήμονες. Οι παράγοντες που άσκησαν σημαντική επίδραση στη γρήγορη ανάπτυξη του φαινόμενου της θαλάσσιας ρύπανσης είναι οι εξής:

η έντονη αστικοποίηση
Συμπύκνωση ενός ικανού αριθμού βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές
η χρήση του πετρελαίου ως βασική πηγή ενέργειας
η μεγάλη αύξηση στις θαλάσσιες μεταφορές πετρελαίου και άλλων επικίνδυνων χημικών φορτίων
η τεχνολογική πρόοδος
η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
το φαινόμενο της πληθυσμιακής έκρηξης στο δυτικό κόσμο
το φαινόμενο της υπερκατανάλωσης στις βιομηχανικές χώρες

Πίνακας 2.1: Παράγοντες που οδήγησαν στην ανάπτυξη του φαινομένου της θαλάσσιας ρύπανσης
Πηγή:(Αλεξόπουλος, 2004)

Από όποια πλευρά και να το εξετάσει κανείς η θάλασσα αποτελεί το απώτατο σημείο βύθισης των διάφορων καταλοίπων σε παγκόσμιο επίπεδο (ultimate sink) τα οποία έχουν

[27] Ντούλα, Χ.Χ.
[28] Αλεξόπουλος, 2004

την καταγωγή τους είτε στην ξηρά είτε στις παράκτιες και υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις είτε στην κίνηση, τις λειτουργικές διαδικασίες και τα ατυχήματα των πλοίων ή ακόμη και στην εσκεμμένη απόρριψη πυρηνικών ουσιών και άχρηστου στρατιωτικού υλικού. Φυσικό και επόμενο είναι ορισμένες περιοχές, ειδικότερα αυτές που βρίσκονται κοντά στην ακτή λ.χ. Γαλλικές και Ιταλικές ακτές στη Μεσόγειο θάλασσα και ο κόλπος του Μεξικού, αντιμετωπίζουν χρόνιο πρόβλημα ρύπανσης και έχουν επιτακτική ανάγκη μεθόδων ελέγχου και διαχείρισης των αποβλήτων.[29]

Συγκεντρωτικά οι σημαντικές κατηγορίες ρύπων που καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι τα βαρέα μέταλλα, το πετρέλαιο και τα προϊόντα του, τα διάφορα φυτοφάρμακα και απορρυπαντικά, τα απορρίμματα (πλαστικά, ελαστικά και μεταλλικά αντικείμενα), τα αστικά λύματα και οι μικροοργανισμοί (βακτηρίδια, μύκητες και ιοί), τα απόβλητα (άχρηστα βιομηχανικά υλικά κατεργασίας τροφίμων, βυρσοδεψείων και σφαγείων) και τα ραδιενεργά υλικά. [30]

2.2 Νομοθετικές πολιτικές διαχείρισης

Το ενδεχόμενο μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος αναγνωρίστηκε από τη Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης της Θάλασσας από Πετρέλαιο, του 1954 (OILPOL 1954). Η Διάσκεψη υιοθέτηση της Σύμβασης διοργανώθηκε από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου. Η σύμβαση Oilpol αποτέλεσε την πρώτη Διεθνή ναυτιλιακή σύμβαση που προέβλεπε ορισμένες λειτουργίες για τον περιορισμό της πετρελαϊκής ρύπανσης.

Η Σύμβαση OILPOL αναγνώρισε ότι η μεγαλύτερη πετρελαϊκή ρύπανση προέκυψε από χειρισμούς ρουτίνας στο πλοίο, όπως ο καθαρισμός των δεξαμενών φορτίου. Στη δεκαετία του 1950, η συνήθης πρακτική ήταν απλά να πλένονται οι δεξαμενές με νερό και στη συνέχεια να αντλείται το προκύπτον μίγμα ελαίου και ύδατος στη θάλασσα.

[29] Smith, 1985
[30] Clark, 1992; Κώττης, 1994

Η σύμβαση OILPOL 54 απαγόρευσε την απόρριψη καταλοίπων πετρελαιοειδών μέσα σε μια ορισμένη απόσταση από την ξηρά και σε «ειδικές ζώνες», όπου ο κίνδυνος για το περιβάλλον ήταν ιδιαίτερα μεγάλος. Το 1962 τα όρια επεκτάθηκαν μέσω μιας τροπολογίας που εγκρίθηκε σε συνέδριο που διοργανώθηκε από τον IMO.

Εν τω μεταξύ, IMO του 1965, συστήνει μια υποεπιτροπή για την πετρελαϊκή ρύπανση, υπό την αιγίδα της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας του, για την αντιμετώπιση θεμάτων πετρελαϊκής ρύπανσης.

2.2.1. Διεθνής σύμβαση για τη Ρύπανση της Θάλασσας από τα Πλοία (1973/1978) - MARPOL

Η Διεθνής σύμβαση για τη Ρύπανση της Θάλασσας από τα Πλοία (MARPOL) θεωρείται από τις σπουδαιότερες στον τομέα της θαλάσσιας ρύπανσης σύμβαση και περιλαμβάνει πέντε παραρτήματα:

(α) ρύπανση από πετρέλαιο (ισχύει από το 1983),

(β) ρύπανση από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύμα (σε ισχύ από το 1987),

(γ) ρύπανση από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται δια θαλάσσης σε συσκευασίες, εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές ή βυτιοφόρα οχήματα (ισχύει από το 1992),

(δ) ρύπανση από λύματα (δεν έχει τεθεί ακόμη σε ισχύ),

(ε) ρύπανση από απορρίμματα (ισχύει από το 1988).

Το 1973 σκιαγραφείται ένα νέο σκηνικό στην ναυτιλιακή κοινότητα. Αυτό συμβαίνει διότι σημειώνεται αύξηση στο θαλάσσιο εμπόριο πετρελαίου, αυξήθηκε η μέση χωρητικότητα των τάνκερ, επομένως διακινούνται πολλαπλάσια μεγέθη φορτίων και ταυτόχρονα έχει πάρει έκταση η προσπάθεια προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος που σημαίνει ότι εξετάζεται αναλυτικότερα κάθε πτυχή που το αφορά.[31]

[31] Curtis, 1985

Η νέα σύμβαση όμως θα αντιμετώπιζε πολλά προβλήματα στην πορεία για την έναρξη ισχύος της. Πολλά κράτη, ανάμεσα τους ορισμένα που διέθεταν μεγάλους στόλους δεξαμενόπλοιων, είχαν επικυρώσει την προηγούμενη σύμβαση (OILPOL) και επόμενο ήταν αυτή να είναι το κύριο νομικό εργαλείο τους.

Γενικότερα μέχρι το 1980 είχαν ήδη τεθεί σε ισχύ αρκετές συμβάσεις, διεθνείς και περιφερειακές, εκτός της MARPOL, οι ακόλουθες : Ειδικότερα οι συμβάσεις του IMO: CLC (1969), Intervention (1969), FUND (1971), LDC (1972), η Διάσκεψη της Στοκχόλμης (1972) και οι περιφερειακές συμβάσεις: ODC (1972), Helsinki (1974), Paris (1974).

Μέχρι το 1976 μόλις τρία κράτη είχαν δεχθεί την από κοινού επικύρωση και των δύο πρωτοκόλλων. Τα περισσότερα κράτη έδειχναν φανερή απροθυμία να υπογράψουν κάποιο πρωτόκολλο που θα επέβαλλε αυστηρότερα μέτρα από τα ήδη υπάρχοντα. Είναι αρκετά ειρωνικό ότι η μόνη πρόταση για τροποποίηση και συγχρόνως ενδυνάμωση της σύμβασης δεν ήταν σχετική με το θαλάσσιο περιβάλλον. [32]

2.2.2 Η προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση

Η εξαιρετικά σημαντική γεωγραφική θέση της Ελλάδας, τα πολλά νησιά της και το μεγάλο μήκος της ακτογραμμής της ως είναι λογικό καθιστούν επιτακτική την ανάγκη υιοθέτησης μέτρων που έχουν ως σκοπό την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος.

Πλέον την ευθύνη για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχει το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας (ΥΕΝ). Παλαιότερα οι κανόνες εσωτερικού δικαίου που ρύθμιζαν θέματα προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος εντοπίζονταν στους διάφορους κανονισμούς λιμένων καθώς και σε ορισμένες διατάξεις του Κώδικα Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου (ΚΔΝΔ). Όμως οι εξελίξεις και οι ιδιάζουσες συνθήκες του Ελληνικού

[32] Curtis, 1985

θαλάσσιου χώρου όπως εν πολύς περιγράφηκαν και πιο πάνω δημιούργησαν την άμεση ανάγκη ενός πιο συγκεκριμένου, επικαιροποιημένου και αυστηρού τέτοιου πλαισίου.

Στο πλαίσιο των προσπαθειών για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τη ρύπανση με πετρελαιοειδή, που προέρχονται είτε από πλοία είτε από εγκαταστάσεις ξηράς, η Ελλάδα έχει ακολουθήσει διάφορες μεθόδους προστασίας. Σε πρώτη φάση οι αρχές λαμβάνουν μέτρα πρόληψης και καταπολέμησης. Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται η Διεύθυνσης Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, Αιγαίου και Νησιωτικής πολιτικής, όπως φαίνεται και στο εγχειρίδιο «ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ», το οποίο περιλαμβάνει τις απαραίτητες γνώσεις για την ορθή εκτίμηση περιστατικών ρύπανσης, τα τεχνικά στοιχεία του εξοπλισμού απορρύπανσης που διαθέτει το Υ.Ε.Ν., ώστε να διασφαλίζεται έτσι η επιλογή των κατάλληλων μέσων και υλικών και η εφαρμογή των πιο αποτελεσματικών μεθόδων καταπολέμησης ρύπανσης της θάλασσας.

Το Εθνικό Σχέδιο Καταπολέμησης Πετρελαιοκηλίδων [βλέπε **Παράρτημα Α**], όπως εντάσσεται στο Εθνικό Σχέδιο Πρόληψης και Καταπολέμησης της Ρύπανσης, αφορά τη προετοιμασία και την οργάνωση όλων των απαραίτητων ενεργειών, καθώς και το καθορισμός του τρόπου ενεργοποίησης των εμπλεκόμενων Κρατικών και Ιδιωτικών Φορέων σε όλη την Ελληνική Επικράτεια. Έχει ως στόχο σε περίπτωση περιστατικού ρύπανσης ή άμεσου κινδύνου πρόκλησης ρύπανσης της θάλασσας ή των ακτών, να αναληφθούν έγκαιρα και συντονισμένα μέτρα για την εξουδετέρωση των δυσμενών επιπτώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον. [33]

Αναλυτικότερα οι μέθοδοι καταπολέμησης της ρύπανσης βάσει του Εθνικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης εξαρτώνται από συγκεκριμένους παράγοντες όπως:

1. Η ποιότητα και το είδος της ρυπογόνου ουσίας
2. Η απόσταση από τις ακτές και ο κίνδυνος προσβολής ευαίσθητων περιοχών
3. Οι επικρατούσες και αναμενόμενες καιρικές συνθήκες
4. Η διαθεσιμότητα εξοπλισμού καταπολέμησης

[33] Γενικομσίδου 2010

Οι κύριες μέθοδοι καταπολέμησης της ρύπανσης επιλέγονται λαμβάνοντας υπόψη τους παρακάτω παράγοντες [Παράρτημα Α]:

Τον εγκλωβισμό της κηλίδας με πλωτά φράγματα και την περισυλλογή του πετρελαίου με μηχανικά μέσα
Την τοποθέτηση πλωτών φραγμάτων για τη αποτροπή προσβολής ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών και ακτών
Τη χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών
Τη μηχανική διασπορά της κηλίδας, σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται καταπολέμηση
Τη φυσική αυτοδιάλυση της κηλίδας, σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται επέμβαση
Τον καθαρισμό της ρυπανθείς ακτογραμμής με διάφορα μηχανικά ή χειρονακτικά μέσα

*Πίνακας 2.2: Οι παράγοντες από τους οποίους καθορίζεται η επιλογή της μεθόδου καταπολέμησης της θαλάσσιας ρύπανσης*rmlrle
(Γενικομσίδου 2010 ; Παράρτημα Α)

Σύμφωνα με το Ελληνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης ορίζεται ότι πρωταρχική μέθοδος αντιμετώπισης σε παράκτιες περιοχές είναι η μηχανική ανάκτηση πετρελαίου ενώ η χρήση ΧΔΟ επιτρέπεται μόνο στην ανοιχτή θάλασσα εκτός περίκλειστων και ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών, όταν η μηχανική ανάκτηση πετρελαίου είναι αδύνατη λόγω ειδικών καιρικών συνθηκών.

Τα βήματα που ακολουθούνται αμέσως μόλις εντοπισθεί ρύπανση με πετρέλαιο στις Ελληνικές Θάλασσες είναι τα εξής:

- Ανάλογα με τη σοβαρότητα του περιστατικού ο Τοπικός Συντονιστής (Λιμενάρχης) ενεργοποιεί το Τοπικό Σχέδιο Καταπολέμησης της Ρύπανσης.
- Αν το περιστατικό είναι σοβαρό, ο Τοπικός Συντονιστής μπορεί να χρησιμοποιήσει το προσωπικό και τον εξοπλισμό που ανήκουν σε εταιρίες πετρελαιοειδών και ιδιωτικές εταιρίες απορρύπανσης.

- Σε ιδιαίτερα σοβαρά περιστατικά, ο Τοπικός Συντονιστής μπορεί να ζητήσει από τη ΔΠΘΠ την αποστολή ενισχύσεων σε ανθρώπινο δυναμικό και εξοπλισμό, ενώ η σχεδίαση και ο συντονισμός των εργασιών καταπολέμησης σε αυτές τις περιπτώσεις αναλαμβάνεται από τον Εθνικό Συντονιστή (ΔΠΘΠ) με Κλιμάκιο που αποστέλλεται στην περιοχή.
- Σε εξαιρετικά σοβαρά περιστατικά, ο Εθνικός Συντονιστής μπορεί να ζητήσει βοήθεια σε μέσα και εξοπλισμό από άλλες Μεσογειακές ή Ευρωπαϊκές χώρες μέσω του Περιφερειακού Κέντρου

Θα επιχειρήσουμε παρακάτω μία αναφορά στους κυριότερους νόμους, προεδρικά διατάγματα και τις υπουργικές αποφάσεις που σχετίζονται με την προστασία του ελληνικού θαλάσσιου περιβάλλοντος:

Νόμος 4529/66 (ΦΕΚ Α'154 27.7.66) κύρωση της διεθνούς σύμβασης (OILPOL 1954) «για τη ρύπανση της θάλασσας από πετρέλαιο» η οποία δεν ισχύει πλέον διότι έχει αντικατασταθεί από τη νέα σύμβαση του IMO την MARPOL 73'78.
Νόμος 314/76 (ΦΕΚ 106Α' 5.5.76) κύρωση της διεθνούς σύμβασης των Βρυξελών (CLC 1969) «περί αστικής ευθύνης συνεπεία ζημιών ρύπανσης από πετρελαιοειδή».
Νόμος 468/76 (ΦΕΚ Α'302) «περί αναζητήσεως έρευνας και εκμεταλλεύσεως υδρογονανθράκων και ρύθμισης συναφών θεμάτων» ο οποίος προβλέπει τα αναγκαία μέτρα για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος από μόνιμες ή επιπλέουσες εγκαταστάσεις εξόρυξης πετρελαίου.

Ειδικότερα, με την έκδοση επιμέρους προεδρικών διαταγμάτων καθορίζονται: το είδος και οι τύποι των εγκαταστάσεων,
οι υποθαλάσσιοι αγωγοί πετρελαίου,
οι χώροι αποθήκευσης
η ασφάλεια των εργαζομένων και των περιουσιακών στοιχείων,
η θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα,
η αλιεία και η ναυσιπλοΐα και
η επιβολή των κυρώσεων.

Παράλληλα με τον **Νόμο 786/1978** επικυρώθηκε η διμερής συμφωνία Ελλάδας - Ιταλίας για την οριοθέτηση της υφαλοκρηπίδας ανάμεσα στα δύο κράτη ο οποίος προβλέπει ότι η εξόρυξη υδρογονανθράκων και άλλων φυσικών στοιχείων δεν θα μεταβάλλει την οικολογική ισορροπία ή να εμποδίσει άλλες δραστηριότητες στη θάλασσα.

Νόμος 743/77 (ΦΕΚ 319Α' 17.10.77) εκδόθηκε βάσει του άρθρου 24 του συντάγματος και του άρθρου XI της σύμβασης OILPOL 1954. Με τον νόμο αυτό που συνεπικουρείται από ένα αριθμό Υπουργικών αποφάσεων γίνεται προσπάθεια για την προσαρμογή της εθνικής νομοθεσίας στην υφιστάμενη διεθνή νομοθεσία ενώ παράλληλα διευκολύνθηκε η κύρωση από την Ελλάδα της σύμβασης MARPOL 73'78. Η έκταση εφαρμογής του νόμου καθορίζεται με τα άρθρα 1 και 2 όπου δίνονται οι ορισμοί της ρύπανσης, των εγκαταστάσεων και σταθμών ευκολιών υποδοχής καταλοίπων, του πετρελαίου και των μιγμάτων του, των λυμάτων και των απορριμμάτων για την καλύτερη ερμηνεία των διατάξεων.

Συμπληρωματικά υπάρχουν οι Υπουργικές Αποφάσεις **181051/ 2079/14.12.78** «περί πινάκων ουσιών των οποίων απαγορεύεται η απόρριψη στην θάλασσα» και **181051/536/2.3.80** «περί των όρων και προϋποθέσεων ιδρύσεως και λειτουργίας χερσαίων ευκολιών υποδοχής και κατεργασίας πετρελαιοειδών καταλοίπων». Επίσης γίνεται αναφορά στις προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα δεξαμενόπλοια και άλλων τύπων πλοία όταν καταπλέουν στους λιμένες, τις ακτές και τα χωρικά ύδατα.

Νόμος 855/78 (ΦΕΚ Α'235/23.12.78) κύρωση της διεθνούς σύμβασης της Βαρκελώνης για την προστασία της Μεσογείου θάλασσας από τη ρύπανση μαζί με τα πρωτόκολλα «περί προλήψεως ρυπάνσεως της Μεσογείου εκ της απορρίψεως ουσιών εκ των πλοίων και αεροσκαφών» και «περί συνεργασίας δια την καταπολέμησιν ρυπάνσεως της Μεσογείου εκ πετρελαίου και άλλων επιβλαβών ουσιών σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης».

Νόμος 1147/81 (ΦΕΚ 110Α'/18.4.81) κύρωση της διεθνούς σύμβασης του Λονδίνου «περί προλήψεως ρυπάνσεως της θάλασσας εξ απορρίψεως καταλοίπων και άλλων υλών από πλοία και αεροσκάφη». Ο νόμος συμπληρώνεται από την Υπουργική Απόφαση 3221.2/2/91-12/3/91 «για την αναπροσαρμογή τελών».

Νόμος 1267/82 (ΦΕΚ 85Α'/5.7.82) για την κύρωση της συμφωνίας συνεργασίας μεταξύ Ελληνικής και Ιταλικής δημοκρατίας που υπογράφηκε στην Ρώμη (1979) για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος του Ιονίου Πελάγους και των παράκτιων ζωνών του.

Νόμος 1269/82 (ΦΕΚ 89Α'/21.7.82) κύρωση της διεθνούς σύμβασης MARPOL 1973 για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από τα πλοία και του πρωτοκόλλου 1978. Οι μεταγενέστερες τροποποιήσεις έγιναν αποδεκτές με τα Προεδρικά Διατάγματα 404/ 7.11.86 «διατάξεις αναφορών περιστατικών ρύπανσης με επιβλαβείς ουσίες», 254/89 και του 46/92 «σχετικά με την προσθήκη των κανονισμών 13ΣΤ και 13Ζ του παραρτήματος Ι της ΔΣ MARPOL».

Νόμος 1634/86 (ΦΕΚ 104Α'/86) κύρωση των πρωτοκόλλων της σύμβασης της Βαρκελώνης για την προστασία της Μεσογείου θάλασσας από τη ρύπανση από χερσαίες πηγές (1980) και περί των ειδικά προστατευόμενων περιοχών της Μεσογείου (1982).

Νόμος 1638/86 (ΦΕΚ 108Α'/86) κύρωση της διεθνούς σύμβασης των Βρυξελών (FUND convention 1971) για την ίδρυση διεθνούς κεφαλαίου για την αποζημίωση ζημιών ρύπανσης από πετρελαιοειδή. Η διαδικασία καταβολής συνεισφορών στο διεθνές κεφάλαιο αποζημίωσης καθορίζεται με την Υπουργική Απόφαση 747/Φ 183507/87.

Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/Α/16-10-86) "Για την προστασία του περιβάλλοντος" όπως εναρμονίστηκε με τις οδηγίες 97/11 και 96/ 61 ΕΕ βάσει του Ν. 3010/2002, ο οποίος αντικατέστησε τα άρθρα 3,4, 5 του Ν. 1650/1986 και τροποποίησε το άρθρο 30 αυτού. Αποτελεί το Νόμο Πλαίσιο για το περιβάλλον. Κατά επιταγή του έχει εκδοθεί πλήθος

κοινών Υπουργικών Αποφάσεων (Κ.Υ.Α.), Υπουργικών Αποφάσεων (Υπ. Απ.), Προεδρικών Διαταγμάτων (Π.Δ.) και λοιπών νομοθετικών πράξεων, χωρίς όμως να έχει εκδοθεί το σύνολο των προβλεπομένων και απαιτουμένων.

Με το Ν. 1650/86 καθορίζονται οι κατευθυντήριοι άξονες για την προστασία του περιβάλλοντος από έργα και δραστηριότητες και για την προστασία του περιβάλλοντος από τη ρύπανση (Ατμόσφαιρα, εδάφη, Στερεά απόβλητα, θόρυβος, επικίνδυνες ουσίες και παρασκευάσματα, φυσικοί αποδέκτες-Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, ραδιενέργεια), για την προστασία της φύσης και του τοπίου και για τον καθορισμό των ζωνών ειδικών περιβαλλοντικών ενισχύσεων και ζωνών ανάπτυξης παραγωγικών δραστηριοτήτων. Γίνεται αναφορά στις υπηρεσίες του περιβάλλοντος όπως επίσης και στις κυρώσεις και την αστική ευθύνη.

Για την πλήρη ενεργοποίηση του νόμου, ιδιαίτερη σημασία φαίνεται να έχει η **Υπουργική Απόφαση 25.10.90 (ΦΕΚ678Β')** μετά από απαίτηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συγκεκριμένα δημιουργείται ένα σύνολο κανόνων που προσδιορίζουν τις διαδικασίες έγκρισης για οποιοδήποτε νέο έργο (του δημοσίου ή του ιδιωτικού τομέα) που μπορεί να έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον:

(α) επιβάλλεται η σύναψη ειδικής περιβαλλοντικής μελέτης, τόσο για τα έργα που πρόκειται να εκτελεστούν όσο και για αυτά που έχουν ήδη εκτελεστεί (σ'αυτή την περίπτωση δίνεται προθεσμία προσαρμογής του όλου έργου στις νέες απαιτήσεις περίπου 4 ετών),

(β) γίνεται προσαρμογή της Ελληνικής νομοθεσίας στις αντίστοιχες απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης,

(γ) όλες οι δραστηριότητες του πρωτογενούς και δευτερογενούς τομέα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, δηλαδή στην πρώτη όπου υπάγονται 90 περίπου δραστηριότητες με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην δεύτερη όπου υπάγονται όλες οι υπόλοιπες δραστηριότητες, θεωρούμενες ότι έχουν ελάχιστες ή καθόλου περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Γεγονός είναι ότι στην Ελλάδα αφενός δεν υπάρχει κεντρικός σχεδιασμός και έλεγχος της διαχείρισης και διάθεσης των απορριμμάτων και λυμάτων και αφετέρου δεν υφίσταται επαρκής επιτήρηση και αντίστοιχος έλεγχος στις παράκτιες περιοχές με αποτέλεσμα να διατίθενται ανεξέλεγκτα κάθε είδους απορρίμματα και άχρηστα υλικά. Επίσης, δεν έχει γίνει μέχρι σήμερα καμία προσπάθεια καταγραφής των μόνιμων και εποχιακών χερσαίων πηγών ρύπανσης και ιδιαίτερα εκείνων που βρίσκονται εντός ή κοντά στα αστικά κέντρα και επομένως απορρίπτουν τα διάφορα απόβλητα ανενόχλητα χωρίς ποινικές ή διοικητικές κυρώσεις.

Σαν συνέπεια δεν μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά η ισχύουσα νομοθεσία αλλά και εμφανίζεται με την πάροδο του χρόνου μία έντονη ποιοτική υποβάθμιση των κλειστών θαλάσσιων περιοχών λ.χ. κόλπος της Ελευσίνας, καθώς και των περιοχών που βρίσκονται πλησίον των μεγάλων αστικών κέντρων λ.χ. Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Βόλος και με την επίδραση των ανέμων και θαλάσσιων ρευμάτων τα απορρίμματα εκβράζονται στις ακτές δημιουργώντας μία αντιαισθητική εικόνα καθιστώντας τες ακατάλληλες για τουριστική χρήση.

Η **Ευρωπαϊκή Ένωση** έχει εκδώσει ένα μεγάλο αριθμό κοινοτικών πράξεων που αφορούν το περιβάλλον, αυτές παρατίθενται παρακάτω :

ΟΔΗΓΙΑ (76/464/ΕΟΚ) της 4.5.1976 «περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας» και ΟΔΗΓΙΑ (86/280/ΕΟΚ) 12.6.1986 «σχετικά με τις οριακές τιμές και τους ποιοτικούς στόχους για τις απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στο κατάλογο Ι του παραρτήματος της οδηγίας 76/464».

ΟΔΗΓΙΑ (79/116/ΕΟΚ) «περί των ελάχιστων προδιαγραφών ορισμένων δεξαμενοπλοίων που καταπλέουν ή αποπλέουν από κοινοτικούς λιμένες», η οποία συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε από την ΟΔΗΓΙΑ (79/1034/ΕΟΚ) της 6.12.1979 για ορισμένα δεξαμενόπλοια που εισέρχονται ή εξέρχονται από κοινοτικούς λιμένες. Στο άρθρο 1 το κείμενο αντικαθίσταται ως εξής: «όταν μεταφέρονται χημικά προϊόντα χύμα

ή/και υγροποιημένα αέρια χύμα, ενδείξεις δια το εάν το πλοίο κατέχει πιστοποιητικό καταλληλότατος ή μη βάσει των όρων του κωδικού ΙΜΟ σχετικά με την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα χημικά προϊόντα χύμα ή υγροποιημένα αέρια χύμα».

ΓΝΩΜΟΔΟΤΗΣΗ **(82/452/ΕΟΚ)** της Επιτροπής της 1.7.1982 απευθυνόμενη στην Ελληνική κυβέρνηση, σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας του Συμβουλίου της 21.12.1978 «περί των ελαχίστων απαιτούμενων προδιαγραφών για ορισμένα δεξαμενόπλοια που καταπλέουν ή αποπλέουν από κοινοτικούς λιμένες» και της οδηγίας της 6.12.1979, τροποποιητικής της προηγούμενης. Επίσης υπάρχει και η τροποποίηση στην πρόταση ΟΔΗΓΙΑΣ (ΚΟΜ (90) 452 31.10.90) «για τις ελάχιστες προδιαγραφές που απαιτούνται για τα πλοία που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα ή ρυπαντικές ουσίες σε δέματα».

ΑΠΟΦΑΣΗ (80/686/ΕΟΚ) της Επιτροπής της 25.6.1980 «περί συστάσεως συμβουλευτικής επιτροπής στον τομέα του ελέγχου και της μειώσεως της ρυπάνσεως που προξενείτε από την έκχυση υδρογονανθράκων στην θάλασσα» λόγω του ατυχήματος του δεξαμενοπλοίου AMOCO CADIZ (1978) που προκάλεσε σημαντική ρύπανση στις ακτές της Γαλλίας και της Κορνουάλλης. Έχει όμως τροποποιηθεί με την ΑΠΟΦΑΣΗ (85/208/ΕΟΚ) της 25.3.1985 ώστε να επεκταθούν οι αρμοδιότητες της συμβουλευτικής επιτροπής και στις άλλες επικίνδυνες ουσίες εκτός των υδρογονανθράκων και την ΑΠΟΦΑΣΗ (87/144/ΕΟΚ) η οποία μειώνει τον αριθμό των εθνικών αντιπροσώπων από τρείς σε δύο και δίνει δυνατότητα συμμετοχής ενός ή περισσοτέρων προσώπων με ειδικές γνώσεις στον σχετικό τομέα.

ΑΠΟΦΑΣΗ (81/420/ΕΟΚ) «ρύπανση της Μεσογείου θάλασσας από τους υδρογονάνθρακες και άλλες επιβλαβείς ουσίες» καθώς και **ΑΠΟΦΑΣΗ (81/971/ΕΟΚ)** «συστήματα πληροφόρησης για την έκχυση υδρογονανθράκων στη θάλασσα».

ΟΔΗΓΙΑ (86/85/ΕΟΚ) «για την καθιέρωση κοινοτικού συστήματος πληροφόρησης για τον έλεγχο και την μείωση της ρύπανσης που προξενεί η απόρριψη υδρογονανθράκων και άλλων επικίνδυνων ουσιών στην θάλασσα» η οποία τροποποιήθηκε με την ΑΠΟΦΑΣΗ (88/346/ΕΟΚ) της 16.6.1988. Το κείμενο αντικαθίσταται ως εξής

«καθιερώνεται σύστημα πληροφόρησης προκειμένου οι αρμόδιες αρχές των κρατών - μελών να έχουν στην διάθεσή τους τα στοιχεία που είναι αναγκαία για τον έλεγχο και την μείωση της ρύπανσης που προκαλείται από την απόρριψη σημαντικών ποσοτήτων υδρογονανθράκων και άλλων επικίνδυνων ουσιών στη θάλασσα ή στα κύρια εσωτερικά ύδατα και ειδικότερα μεταξύ αυτών στις διεθνείς υδάτινες οδούς».

Η οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου **2005/35 / ΕΚ** του Συμβουλίου της 7ης Σεπτεμβρίου 2005, όπως τροποποιήθηκε από την οδηγία **2009/123 / ΕΚ** του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009 «σχετικά με τη ρύπανση από τα πλοία και τη θέσπιση κυρώσεων, περιλαμβανομένων των ποινικών κυρώσεων, για αδικήματα ρύπανσης" , αναφέρει ότι ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας στη Θάλασσα έχει
(Α) « κοινό έργο με τα κράτη μέλη στην ανάπτυξη τεχνικών λύσεων και την παροχή τεχνικής βοήθειας σε δράσεις όπως η ανίχνευση απορρίψεων με δορυφορική παρακολούθηση και εποπτεία»
(Β) «επικουρεί την Επιτροπή κατά την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας», σύμφωνα με το άρθρο 3 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1406/2002».

Η οδηγία αναγνωρίζει ότι ο EMSA (European Maritime Safety Agency) έχει να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη συνεργασία με τα κράτη μέλη στην ανάπτυξη τεχνικών λύσεων και στην παροχή τεχνικής βοήθειας που συνδέεται με την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας, και επικουρεί την Επιτροπή στην εκτέλεση των καθηκόντων που της ανατίθενται σε αυτήν για την αποτελεσματική εφαρμογή της παρούσας οδηγίας.

Τα ναυάγια όμως των πετρελαιοφόρων AEGEAN SEA (1992) στη Λα Κορούνια της Ισπανίας (70.000 τόνοι) και του BRAER (1993) στα νησιά Σέτλαντ της Σκωτίας (85.000 τόνοι) θορύβησαν σε μεγάλο βαθμό την Κοινότητα με άμεση συνέπεια τη λήψη αυστηρών μέτρων για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος μετά από προτάσεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

Τα αντικρουόμενα συμφέροντα ανάμεσα στα κράτη - μέλη και η απροθυμία να προχωρήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση σε μονομερή νομοθεσία για την ενίσχυση της

ασφάλειας στην θάλασσα έρχεται σε αντιδιαστολή με την ευρύτερη συναίνεση και αποδοχή των νέων μέτρων από τον IMO. Με τη συμφωνία της Κορσικής, η Ιταλία και η Γαλλία αποφάσισαν τον αποκλεισμό της διέλευσης δεξαμενόπλοιων και πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία από τα στενά του Μπονιφάτσιο, μεταξύ Κορσικής και Σαρδηνίας. Στα στενά αυτά οι δύο χώρες επιθυμούν να δημιουργήσουν «διεθνές θαλάσσιο πάρκο». Ακόμη, η Γερμανία ζητά από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ειδικούς ελέγχους σε όλα τα κοινοτικά λιμάνια των δεξαμενόπλοιων που δεν φέρουν την κλάση ενός από τους μεγάλους νηογνώμονες, ενώ προχωρά σε καθιέρωση αυστηρών κανόνων για την διέλευση των δεξαμενοπλοίων από τις ακτές της σύμφωνα με το αμερικάνικο πρότυπο. [34]

Επί Δανικής Προεδρίας το 1993 συγκαλέστηκε συμβούλιο των Υπουργών Μεταφορών και Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης με σκοπό την εξέταση μέτρων που θα μπορούσαν να ελαχιστοποιήσουν τους κινδύνους ατυχημάτων σε περιπτώσεις μεταφοράς ρυπογόνων και επικίνδυνων φορτίων. Στο συμβούλιο συζητήθηκε η σταδιακή αντικατάσταση του υπάρχοντος στόλου των δεξαμενόπλοιων με νέα που είναι εφοδιασμένα με διπλούς πυθμένες, όπως ισχύει στην Αμερική (νόμος OPA 1990). Συγκεκριμένα η Γερμανία κατέθεσε μία πρόταση που στηρίχθηκε στους εξής παράγοντες:

(α) στην απόσυρση ή τον εκσυγχρονισμό δεξαμενοπλοίων ηλικίας άνω των 10 ετών

(β) στην κατάρτιση μαύρου καταλόγου που θα περιλαμβάνει πλοία χαμηλών προδιαγραφών (Sub-Standard Vessels).

(γ) στην καθιέρωση της απεριόριστης ευθύνης του πλοίου σε περιπτώσεις οικολογικών καταστροφών. Η άλλη άποψη είναι οι ευθύνες να περιορίζονται στα προβλεπόμενα όρια από τις διεθνείς συμβάσεις CLC και FUND του IMO,

(δ) στον καθορισμό ευαίσθητων περιοχών και πορειών πλοίων που παρουσιάζουν αυξημένους κινδύνους ρύπανσης.

[34] White & Baker, 1999 ; Γενικομσίδου, 2010 ; Anyanova, 2012

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η παρακίνηση των κρατών – μελών για την αναθεώρηση της σύμβασης περί "εκπαίδευσης ναυτιλλομένων, πιστοποιητικών ικανότητας και τήρησης φυλακών" και την επικύρωση το ταχύτερο δυνατόν των συμβάσεων του IMO:

(α) CLC 1969 και FUND 1971 «περί αστικής ευθύνης και αποζημίωσης» μαζί με τα πρωτόκολλα τους (1984, 1992),

(β) SAR 1989 «περί διάσωσης στη θάλασσα»,

(γ) OPRC 1990 «για την προετοιμασία, παρέμβαση και συνεργασία σε περιπτώσεις ρύπανσης από πετρέλαιο».

Σύμφωνα με το μνημόνιο του Παρισιού, σημαντική είναι η ενίσχυση του κρατικού ελέγχου των λιμένων, η καθιέρωση κοινής γλώσσας για την επικοινωνία επί των πλοίων, η επιτήρηση της κυκλοφορίας και τα βοηθήματα ναυσιπλοΐας όπως η θέσπιση συστημάτων διαχείρισης της κίνησης των πλοίων (VTS), η εγκατάσταση συστημάτων τηλεπικοινωνίας ανοιχτής θάλασσας προς υποστήριξη του παγκόσμιου συστήματος ναυτιλιακής βοήθειας (GMDSS) και η δημιουργία σταθμών υποδοχής καταλοίπων. [35]

Κατά τη διάρκεια του μικτού συμβουλίου υπουργών μεταφορών και περιβάλλοντος οι συζητήσεις περιστράφηκαν γύρω από το ζήτημα της νέας αμερικάνικης νομοθεσίας OPA 1990 καθώς και της αναγκαιότητας για την εφαρμογή των διπλών περιβλημάτων και διπλών πυθμένων στα νέα δεξαμενόπλοια. Το νέο σχέδιο ουσιαστικά στρέφεται γύρω από μια λογική ανανέωσης του γερασμένου στόλου, πράγμα που έρχεται σε αντιδιαστολή με το προβλεπόμενο υψηλό κόστος κατασκευών διπλών πυθμένων στα δεξαμενόπλοια. [36]

Συγκεντρωτικά, και μέσα από την προσπάθεια αποτύπωσης του θεσμικού πλαισίου που αναπτύχθηκε μέσα στο χρόνο, σχετικά με την διαχείριση των θεμάτων που άπτονται της μεταφοράς του πετρελαίου στις θαλάσσιες μεταφορές, συμπεραίνουμε την μεγάλη και κλιμακούμενη ανάγκη συγκεκριμενοποίησης του πλάνου και του σχεδιασμού της διαχείρισης αυτής.

---

[35] Γενικομσίδου, 2010 ; Anyanova, 2012

[36] OPA, 1990 ; Anyanova, 2012

Σε συνδυασμό δε με το περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος που φέρει η πετρελαϊκή ρύπανση, το νομοθετικό πλαίσιο είναι λογικό να συγκεκριμενοποιείται και να αυστηροποιείται μέσα στο χρόνο.

Κεφάλαιο 3ο

Εισαγωγή στον εντοπισμό πετρελαιοκηλίδων μέσω δορυφόρου

3.1 Εντοπισμός πετρελαιοκηλίδων μέσω δορυφόρου

Ένα πολύ σημαντικό σημείο στην αντιμετώπιση της πετρελαϊκής ρύπανσης είναι ο έγκαιρος εντοπισμός μιας πετρελαιοκηλίδας. Αν μια πετρελαιοκηλίδα αντιμετωπιστεί νωρίς, η απορρύπανση αυτής εκτιμάται ότι είναι πιο αποτελεσματική. Υπό την συνθήκη αυτή μπορεί ευκολότερα να βρεθεί η πηγή της ρύπανσης αλλά και βάση της νομοθεσίας να επιβληθούν οι σχετικές κυρώσεις.

Οι δορυφόροι που είναι εξοπλισμένοι με Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (ΡΣΑ) (Synthetic Aperture Radar – SAR) αποτελούν ιδανικά εργαλεία για τη συμπλήρωση των συμβατικών αεροπορικών μέσων εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων, λόγω της ικανότητάς τους να ανιχνεύουν πετρελαιοκηλίδες στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά και να επιθεωρούν μεγάλες θαλάσσιες περιοχές ανεξάρτητα από το φως του ήλιου και τη νεφοκάλυψη. Η κρίβεια της μεθόδου εντοπισμού κηλίδων και διαχωρισμού τους από άλλους σχηματισμούς ξεπερνά το 95%.[37] .

Ο εντοπισμός μέσω των δεκτών συνθετικού ανοίγματος γίνεται έμμεσα. Δηλαδή, οφείλεται στο ότι η ύπαρξη της πετρελαιοκηλίδας εξασθενεί τα τριχοειδή κύματα επιφανείας (short gravity - capillary waves) που δημιουργούνται από τον άνεμο στην επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τη μείωση της οπισθοσκέδασης της ακτινοβολίας του ραντάρ, με συνέπεια οι περιοχές που περιέχουν πετρελαιοκηλίδες να

[37] Τοπουζέλης et al., 2005

παρουσιάζονται με σκούρο χρώμα στις απεικονίσεις ραντάρ συνθετικού ανοίγματος, έχοντας έντονη αντίθεση από τις γειτονικές περιοχές καθαρής θάλασσας .

Στις αρχές του 2006, ο EMSA ξεκινά διαβουλεύσεις με τη βιομηχανία και τις εθνικές αρχές προκειμένου να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με τους υπάρχοντες πόρους επιχειρησιακής επιτήρησης και τις περαιτέρω απαιτήσεις για την παρακολούθηση της ρύπανσης από πετρέλαιο. Ο EMSA λαμβάνει επίσης σημαντικές πληροφορίες από τους λοιπούς σχετικούς οργανισμούς, όπως η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος, το σύνολο των οποίων είχε χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την ανάπτυξη της υπηρεσίας CleanSeaNet, η οποία άρχισε να λειτουργεί τον Απρίλιο του 2007.

3.2 Η υπηρεσία CleanSeaNet

Επί του παρόντος, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (EMSA) προσφέρει ένα πλήθος υπηρεσιών για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τη θαλάσσια κυκλοφορία των πλοίων στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο. Οι Θαλάσσιες υπηρεσίες υποστήριξης του EMSA (Εικόνα 1) στοχεύετε να γίνουν ένα «one stop-shop» που θα παρέχει στα κράτη μέλη και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μια συνολική εικόνα σχετικά με τη κυκλοφορία των πλοίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χρησιμοποιώντας τις τελευταίες πληροφορίες σχετικά με τη θέση αυτών ληφθέντες από δορυφόρους. [38]

Στο πλαίσιο του EMSA αναπτύχθηκε το CleanSeaNet που είναι ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα εντοπισμού μέσω δορυφόρου, πετρελαιοκηλίδων και πλοίων που σχετίζονται με ρυπάνσεις. Το CleanSeaNet είναι πλέον η κεντρική υπηρεσία αναγνώρισης και παρακολούθησης πετρελαιοκηλίδων στην Ευρώπη, και προμηθεύει, ανά έτος, με πάνω από 2000 δορυφορικές εικόνες τα 28 συμμετέχοντα κράτη, συμπεριλαμβανομένων των κρατών μελών της ΕΕ και των υπερπόντιων εδαφών τους.

[38] EMSA, N.D

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται στα ευρωπαϊκά κράτη μέσω του CleanSeaNet είναι οι εξής:

- Εντοπισμός/ανίχνευση ρύπανσης από πετρέλαιο στην επιφάνεια της θάλασσας.
- Παρακολούθηση της ατυχηματικής ρύπανσης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.
- Εντοπισμός των πλοίων που σχετίζονται με τη ρύπανση.

Εικόνα 3.1: Γραφεία της EMSA Λισαβόνα 1

(Ο επιχειρησιακός χώρος Maritime Support Services στα κεντρικά γραφεία της EMSA στη Λισαβόνα)

Πηγή : http://www.emsa.europa.eu

Η υπηρεσία CleanSeaNet βασίζεται σε δορυφορικές εικόνες ραντάρ που καλύπτουν όλες τις θαλάσσιες περιοχές της Ευρώπης, οι οποίες αναλύονται με σκοπό τον εντοπισμό

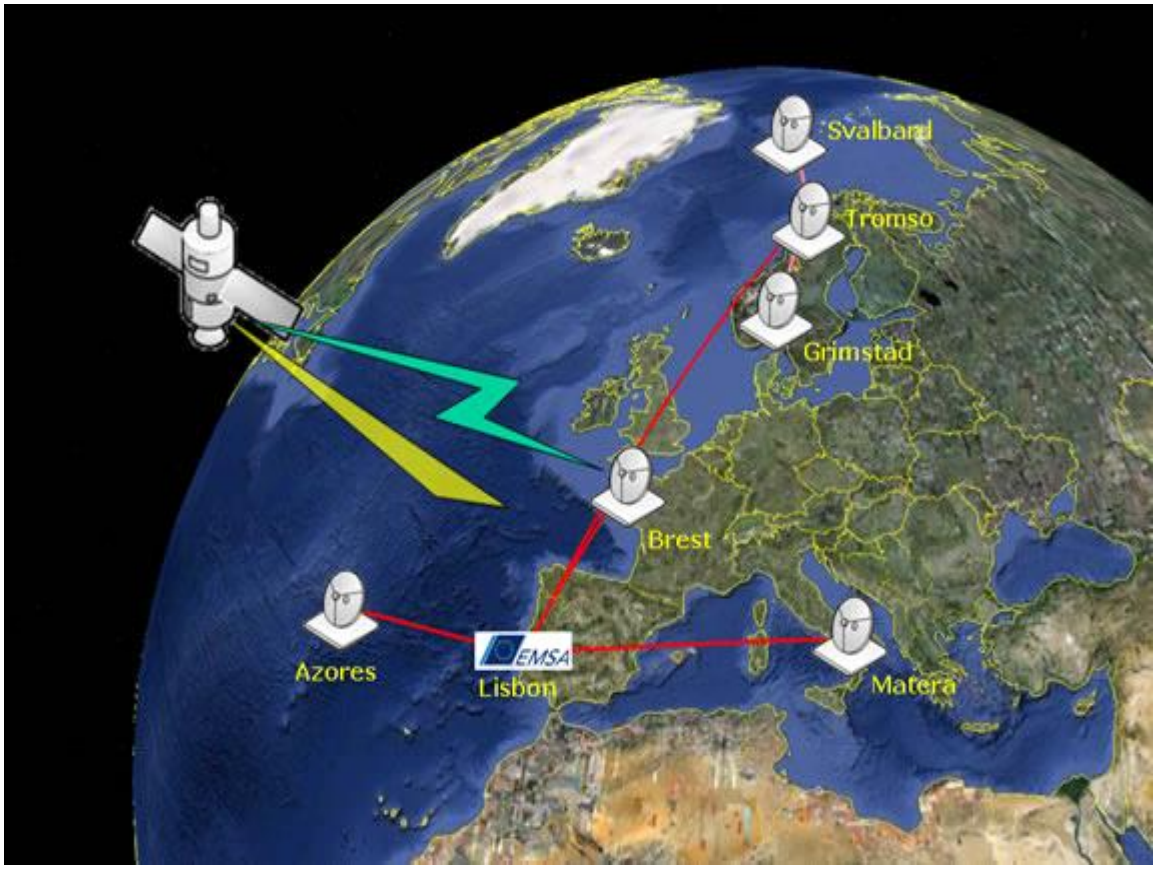
πιθανών πετρελαιοκηλίδων στην επιφάνεια της θάλασσας. Όταν μια πιθανή πετρελαιοκηλίδα ανιχνευτεί σε εθνικά ύδατα, αποστέλλεται ένα προειδοποιητικό μήνυμα στην αντίστοιχη χώρα, εντός 30 λεπτών από τη λήψη των δεδομένων του δορυφόρου. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συσχετιστούν με τα δεδομένα της κυκλοφορίας των πλοίων (SafeSeaNet) και να εντοπιστεί το πλοίο που προκάλεσε τη ρύπανση.

Από το 2007, το CleanSeaNet χρησιμοποιεί τρεις δορυφόρους SAR: ENVISAT, RADARSAT-1 και RADARSAT-2 για την παροχή των υπηρεσιών της. Από τα τέλη του 2015, οι υπηρεσίες παρέχονται επίσης από το δορυφόρο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος SENTINEL-1.

Οι δορυφορικές εικόνες αποκτήθηκαν από τμήματα ύψους έως 1 400 χιλιομέτρων και ακτίνας έως 500 χιλιόμετρα (Εικόνα 2). Η κάλυψη Swath ακτίνας αναφέρεται στο πλάτος της λωρίδας που καλύπτεται από το ραντάρ σε κάθε αερογέφυρα. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η συχνότητα των παρατηρήσεων για τους δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά, είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη από ότι στον ισημερινό. [39]

Τα ραντάρ ανίχνευσης χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα αντικείμενα και τα τοπία μέσα από τη διαβίβαση των παλμικών μικροκυμάτων (ραδιοκύματα) δοκών. Οι δοκοί αναπήδησης μεταβάλλονται από, αντικείμενα και επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με (το φαινόμενο αυτό ονομάζεται οπισθοσκέδασης). Η οπίσθια σκέδαση μεταδίδεται πίσω στο δορυφόρο, και η δύναμη και η προέλευση αυτών επιστρέφουν τις αντανακλάσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες. Τα προκύπτοντα δεδομένα μπορούν να αναλυθούν για την παροχή διαφόρων ειδών πληροφοριών. Για παράδειγμα, μπορούμε να πάρουμε πληροφορία για το εάν μια περιοχή της επιφάνειας της θάλασσας έχει μια ασυνήθιστη υφή η οποία μπορεί να οφείλεται σε χυμένο πετρέλαιο. Γενικότερα, το Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (SAR) διαθέτει αισθητήρες που έχουν βελτιωμένες δυνατότητες και ως εκ τούτου παράγει εικόνες υψηλότερης ποιότητας.

[39] EMSA, N.D



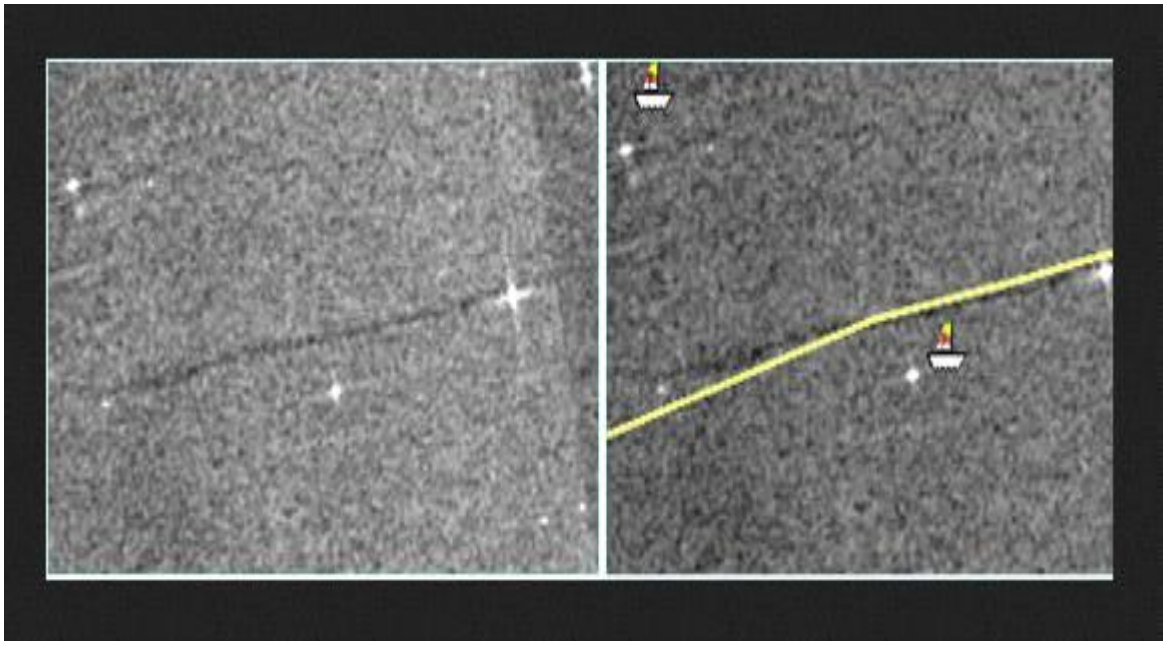
Εικόνα 3.2: CleanSeaNet δίκτυο σταθμών 1

Πηγή : http://www.emsa.europa.eu

Ακόμα και ένα πολύ λεπτό φιλμ λαδιού, μερικά μόνο μικρόμετρα, μπορεί να είναι ορατό από το διάστημα. Παρ' όλα αυτά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι CleanSeaNet δεν ανιχνεύει "πετρελαιοκηλίδες", αλλά "ενδεχόμενες πετρελαιοκηλίδες". Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι SAR δορυφορικές εικόνες δεν μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη φύση μιας διαρροής. Η διάκριση μεταξύ των πετρελαιοκηλίδων και όμοιων κηλίδων απαιτούν περισσότερες πληροφορίες.

Οι εικόνες SAR που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση πετρελαιοκηλίδων επιτρέπει επίσης και τον εντοπισμό σκαφών, δεδομένου ότι είναι σε θέση να μετρήσει την αντανάκλαση των φωτεινών στόχων στο πλαίσιο της θάλασσας. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα τα πλοία να εμφανίζονται ως φωτεινές κηλίδες στην επιφάνεια της θάλασσας (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3: Εντοπισμός πετρελαιοκηλίδας 1

(Η πετρελαιοκηλίδα ανιχνεύεται από CleanSeaNet (αριστερά). Ίδια διαρροή επικαλύφθηκε με το SafeSeaNet και εντοπισμός πλοίων(δεξιά))

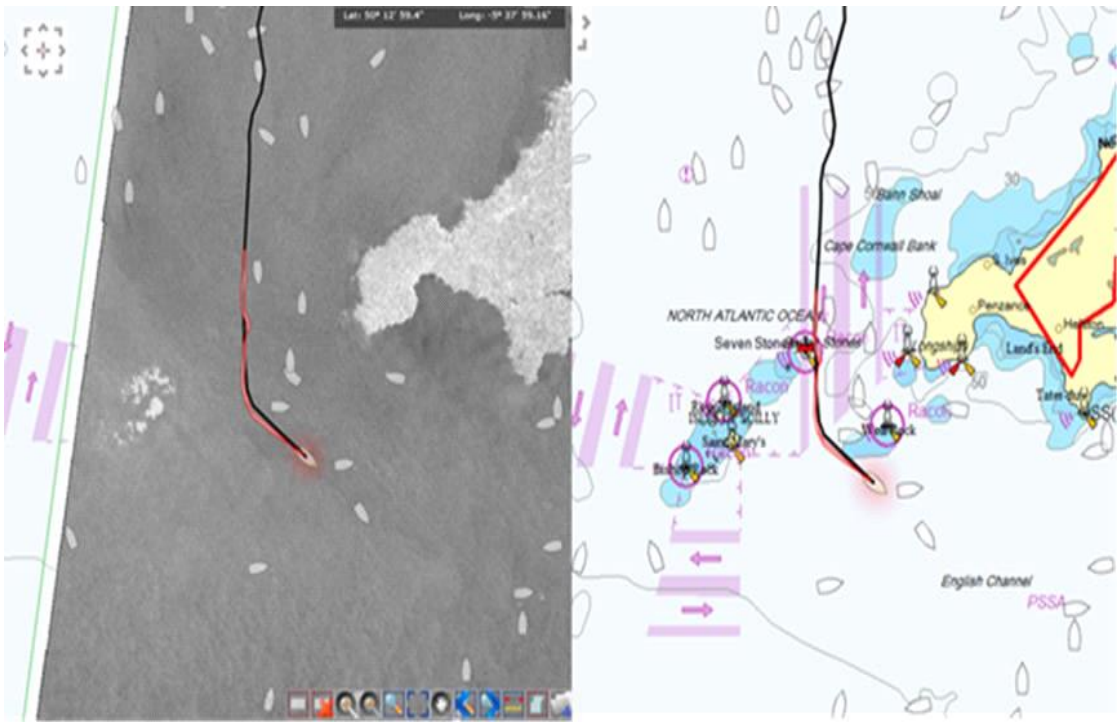
Πηγή : http://www.emsa.europa.eu

Οι δορυφορικές εικόνες πρέπει πάντα να συνδυάζονται με επιπλέον, υποστηρικτικές , πληροφορίες ώστε όταν ανακύπτει περίπτωση που θα χρειαστεί η ποινική δίωξη μιας υπόθεσης πλοίου που ρυπαίνει, οι εικόνες αυτές να μπορούν να στοιχειοθετούν επαρκών την αφήγηση μιας περίπτωσης μόλυνσης τη δεδομένη ώρα και σε δεδομένο τόπο. Έτσι οι δορυφορικές εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως κύρια αποδεικτικά στοιχεία σε μια ποινική δίωξη θαλάσσιας ρύπανσης. Ακολουθεί ένα σχετικό παράδειγμα.

Στις 25 του Φεβρουαρίου του 2012 ο EMSA ανίχνευσε μια πιθανή ρύπανση σε μια δορυφορική εικόνα στα ανοικτά των ακτών της Κορνουάλης, στο Ηνωμένο Βασίλειο. Με το συνδυασμό της δορυφορικής εικόνας με πληροφορίες AIS κομμάτι σκάφους από το SafeSeaNet, το πλοίο ταχτοποιείται ως το δεξαμενόπλοιο Maersk Kiera, που έχει καταχωρηθεί στη Σιγκαπούρη Private Ltd.

Το πλοίο ήρθε σε επαφή με την ακτοφυλακή, και αρχικά αρνήθηκε ότι είχε αποθέσει πετρελαϊκά απόβλητα στη θάλασσα. Στη συνέχεια, παραδέχθηκε ότι έγινε καθαρισμός της δεξαμενής του και την απόρριψη των αποβλήτων (πετρέλαιο και τον καθαρισμό της δεξαμενής), αλλά δήλωσε ότι αυτό ήταν έξω από τη ναυτική ζώνη των 12 μιλίων (δηλαδή περισσότερο από 12 ναυτικά μίλια από την ακτή), όπου οι απορρίψεις αυτές είναι νόμιμες. Τα στοιχεία από την δορυφορική εικόνα έδειξε ότι η κηλίδα ήταν εντός των 12 ναυτικών, και φυσικά ότι η απαλλαγή ήταν παράνομη.

Ο ιδιοκτήτης της Maersk Kiera, η εταιρεία Maersk Tankers Singapore Pte Limited, κρίθηκε ένοχος και επιβλήθηκε πρόστιμο. Ο ερευνών λειτουργός της Ακτοφυλακής, σημείωσε ότι δεν θα ήταν σε θέση να διώξει την συγκεκριμένη ρυπογόνο εταιρεία αν δεν του παρέχονταν οι αποδείξεις που λήφθεισαν από τον δορυφόρο (Εικόνα 4).



Εικόνα 3.4: Η περίπτωση του Maersk Kiera 1

Πηγή : *www.emsa.europa.eu*

Αυτή η σύνθετη εικόνα δείχνει, στην αριστερή πλευρά, μια εικόνα από δορυφορικά ραντάρ με την τοποθεσία, όπου σημειώνονται με κόκκινο χρώμα, η μολυσμένη από πετρέλαιο θαλάσσια επιφάνεια. Το σχήμα της διαρροής δείχνει μια πιθανή πίσω κηλίδα ελαιωδών αποβλήτων. Στη δεξιά εικόνα, οι AIS πληροφορίες που παρέχονται για το κομμάτι του σκάφους από το SafeSeaNet προσδιορίζει το δεξαμενόπλοιο, δηλαδή το Maersk Kiera.

Κεφάλαιο 4ο

Χειροκίνητη και αυτόματη προσέγγιση για τη διάκριση μεταξύ πετρελαιοκηλίδων βασιζόμενοι σε αναγνώριση προτύπων

4.1 Δορυφορική κάλυψη της πετρελαϊκής ρύπανσης

Πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι, ετησίως, το 48% της πετρελαϊκής ρύπανσης στους ωκεανούς προέρχεται από τα καύσιμα και το 29% από το αργό πετρέλαιο. Όπως είδη έχουμε σημειώσει και σε προηγούμενη ενότητα τα ατυχήματα δεξαμενοπλοίων συμβάλλει με μόνο το 5%περίπου επί του συνόλου της ρύπανσης που εισέρχονται στη θάλασσα (Fingas, 2001). Μέσα από την ανάλυση 190 ERS-1-1 των δορυφορικών εικόνων SAR της Μεσογείου Pavlakis et al. (1996) βρήκαν ότι οι bdeliberateQ πετρελαιοκηλίδες εμφανίζονται σε σημαντικά υψηλότερη συχνότητα από ότι πετρελαιοκηλίδες που αντιστοιχεί σε αυτές που προέρχονται από ατυχήματα σε πλοία.

Σύμφωνα δε με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (1998), το 45% της πετρελαϊκής ρύπανσης προέρχεται από λειτουργικές απορρίψεις από τα πλοία. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι συμβαίνουν συχνά τέτοιες διαρροές, ο τακτικός έλεγχος για πετρελαιοκηλίδες μπορεί να αποτρέψει από μια σοβαρή μολυσματική απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον και το οικοσύστημα. Σε αυτό το πλαίσιο ακριβώς υπάγεται και η σχετική νομοθεσία που μελετήσαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Στη σημερινή εποχή ο αντίκτυπος της μη παρακολούθησης πετρελαιοκηλίδων είναι προς το παρόν άγνωστος καθώς τα εργαλεία ελέγχου που χρησιμοποιούνται ευρέως, με

κυρίαρχα αυτά της δορυφορικής κάλυψης, θεωρείται ότι επιτυγχάνουν το πλαίσιο λειτουργίας τους.

Από την άλλη, στις περιπτώσεις της πετρελαϊκής θαλάσσιας μόλυνσης, ως κύρια περιβαλλοντική επίπτωση αναφέρονται τα θαλασσοπούλια και η ζημία στο παράκτιο οικολογία (Shepherd, 2004). Το ενδιαφέρον και πάλι σε αυτή τη περίπτωση, όπως αναφέρουν οι Šimeček-Beatty και Clemente-Colón (2004) είναι ο τρόπος με τον οποίο λαδωμένο πουλιά μπορούν να βοηθήσουν και μέσω της χρήσης του SAR στον εντοπισμό ενός βυθισμένου πλοίου από το οποίο διαρρέει πετρέλαιο.

4.1.1. Η περίπτωση των Synthetic Aperture Radar

Οι ενεργοί αισθητήρες μικροκυμάτων όπως Synthetic Aperture Radar (SAR) καταγράφουν δισδιάστατες απεικονίσεις . Η φωτεινότητα της εικόνας είναι μια αντανάκλαση των ιδιοτήτων μικροκυμάτων οπισθοσκέδασης της επιφάνειας. Το SAR έχει αναπτυχθεί σε δορυφόρους και είναι σήμερα ένα σημαντικό εργαλείο για την παρακολούθηση της πετρελαιοκηλίδας λόγω της ευρείας κάλυψης της περιοχής και την ημέρα και τη νύχτα και έχει "παντός καιρού δυνατότητες".

Χαρακτηριστικό, είναι το παράδειγμα της δορυφορικής δυνατότητες παρακολούθησης της ρύπανσης του πετρελαίου στα Νορβηγικά ύδατα ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, χρησιμοποιώντας εικόνες από το ERS-1 δορυφόρο (Βέρνη et al, 1992b ; Wahl et al, 1994b). Σήμερα, οι δορυφόροι RADARSAT-1 και ENVISAT είναι οι δύο κύριοι πάροχοι των εικόνων δορυφόρου SAR για την παρακολούθηση της πετρελαιοκηλίδας.

Η πρόσβαση σε αυξημένη ποσότητα εικόνων SAR σημαίνει ένα ταυτοχρόνως αυξανόμενο φόρτο εργασίας για τους φορείς λειτουργίας των σχετικών κέντρων ανάλυσης των δορυφορικών αυτών δεδομένων. Επιπλέον, η πρόσφατη έρευνα έχει καταδείξει ότι ακόμη και αν οι χειριστές περνούν από εκτεταμένη εκπαίδευση για να μάθουν την χειροκίνητη ανίχνευση πετρελαιοκηλίδων μπορούν να ανιχνεύσουν

διαφορετικές κηλίδες και να δώσουν διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης στα ίδια αποτελέσματα . [40]

Προς την κατεύθυνση επίλυσης του παραπάνω ζητήματος χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι για την αυτόματη ανίχνευση στοιχείων. Οι αλγόριθμοι μπορούν να βοηθήσουν στην εξέταση των εικόνων και την ιεράρχηση των συναγερμών, έτσι ώστε να υπάρχει κοινή διαβάθμιση στα ερευνητικά δεδομένα. Η έρευνα σε αυτόν τον τομέα είναι σε εξέλιξη για περισσότερο από μια δεκαετία.

Όμως το SAR είναι μόνο ένα από τους πολλούς τηλεπισκόπικους αισθητήρες που είναι διαθέσιμοι για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση των πετρελαιοκηλίδων. Υπάρχουν μελέτες και για λοιπές αερομεταφερόμενες τεχνικές τηλεπισκόπησης που όμως βάση μη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων αποκλείονται.

Η ικανότητα ανίχνευσης των πετρελαιοκηλίδων σε εικόνες SAR συζητούνται, όσον αφορά τις συνθήκες του ανέμου, τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα και ασάφειες που προκαλούνται από άλλα φαινόμενα που αφορούν τις πετρελαιοκηλίδες.

"Απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη της αντίθεσης είναι η ύπαρξη ανέμου (με ταχύτητα μεγαλύτερη 2-3 m/sec) ο οποίος με τη σειρά του θα προκαλέσει την δημιουργία των μικρών τριχοειδών κυμάτων επιφανείας με αποτέλεσμα να γίνεται δυνατός ο εντοπισμός. Σε διαφορετική περίπτωση η επιφάνεια της θάλασσας θα λειτουργεί ως μια λεία επιφάνεια στην οποία όλη η εκπεμπόμενη ακτινοβολία θα σκεδάζεται και δεν θα φτάνει στο δέκτη ραντάρ. Το αποτέλεσμα θα είναι μια απεικόνιση ΡΣΑ η οποία στις απάνεμες περιοχές θα έχει σκούρο χρώμα αντίστοιχο με αυτό των κηλίδων κάνοντας έτσι αδύνατο τον εντοπισμό." [41]

Τέλος, έμφαση έχει δοθεί στο κομμάτι που αφορά τη μεθοδολογία και τους αλγορίθμους για την ανίχνευση πετρελαιοκηλίδων στη διαστημική εικόνων SAR

---

[40] Indregard et al., 2004
[41] http://liberty.tee.g/digital/m2045/m2045_topouzelis.pdf

4.1.2 Μια σύνθετη επιλογή απεικόνισης

Η εναέρια επιτήρηση περιορίζεται από το υψηλό κόστος και είναι λιγότερο αποτελεσματική για την εποπτεία μιας ευρύτερης περιοχή λόγω της περιορισμένης κάλυψης που μπορεί να προσφέρει. Στον αντίποδα η διαστημική SAR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια προσπάθεια ευρεία απεικόνιση. Θα πρέπει να σημειώσουμε δε, ότι τα αεροσκάφη θεωρούνται καταλληλότερα για να βοηθήσουν στον εντοπισμό του "ρυπαίνων", καθώς και την έκταση και το είδος της διαρροής.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραπάνω προσέγγισης είναι η γερμανική εναέρια επιτήρηση, η οποία εντοπίζει τις απορρίψεις πετρελαίου από SLAR, η υπέρυθρος/υπεριώδη ακτινοβολία (IR / UV) σάρωσης χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της έκταση της ταινίας, ένα ραδιόμετρο μικροκυμάτων (MWR) χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση του πάχους και ένα λέιζερ-φθορο-αισθητήρα (LFS) χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση του τύπου ελαίου. [42]

Εκτός του SAR, υπάρχουν και άλλες διαστημικές συσκευές τηλεπισκόπησης που έχουν κάποιες δυνατότητες για την παρακολούθηση μιας πετρελαιοκηλίδας. Friedman et al. (2002) συγκρίνει μια εικόνα RADAR-SAT-1 SAR με αντίστοιχη SeaWifs Wide Field-of-view αισθητήρα (αισθητήρες SeaWifs). Πρόκειται για έναν οπτικό αισθητήρα με ευαισθησία στο χρώμα (colour sensitive) που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των χρωματικών μεταβολών των ωκεανών της γης. Ο σκοπός του είναι η συνεχής παροχή στοιχείων σχετικά με τις βιο-οπτικές ιδιότητες των ωκεανών (εκείνες τις ιδιότητες των οργανισμών που μπορούν ουσιαστικά να καταγραφούν).

Η κύρια εφαρμογή του αισθητήρα είναι να ανιχνεύει τις μεταβολές στο χρώμα των ωκεανών. Συγκεκριμένα, οι χρωματικές μεταβολές αποτελούν ένδειξη της περιεκτικότητας του φυτοπλαγκτού, των αιωρούμενων ιζημάτων και της παρουσίας των διαλυμένων οργανικών ουσιών. Το πράσινο χρώμα της χλωροφύλλης είναι ευδιάκριτο από τα μπλε νερά των ωκεανών, επομένως, ο SeaWiFS μπορεί να ανιχνεύσει τις

[42] Trieschmann et al., 2003

συγκεντρώσεις του φυτοπλαγκτού στον ωκεανό. Ακριβώς διότι το φυτοπλαγκτόν αποτελεί τον κύριο δείκτη περιβαλλοντικών μεταβολών.
Επομένως, η παρακολούθηση της συγκέντρωσής του μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη για πολλές εφαρμογές.
Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών, είναι τα ακόλουθα:

- Παροχή πληροφοριών σχετικά με τις ακριβείς τοποθεσίες των πληθυσμών των ψαριών για τις εμπορικές αλιευτικές δραστηριότητες.
- Παροχή στοιχείων σχετικά με τα ωκεάνια ρεύματα για τη βιομηχανία των πλοίων.
- Παροχή πληροφοριών σχετικά με τους παγκόσμιους κύκλους του άνθρακα, του οξυγόνου και του αζώτου μέσα και έξω από τους ωκεανούς.
- Ενίσχυση των ερευνητών στην προσπάθειά τους να καθορίσουν τη συνεισφορά του φυτοπλαγκτού στη μείωση των παγκοσμίων συγκεντρώσεων του CO2.
- Παροχή πληροφοριών σχετικά με επιβλαβή και επικίνδυνα βακτήρια.
- Επίδειξη περιοχών με έντονη παρουσία μολυσματικών στοιχείων.

Το SeaWifs μετρά τα υψηλά επίπεδα της χλωροφύλλης για τις περιοχές με πλεόνασμα φύκους, ενώ οι εικόνες SAR έχουν χαμηλά επίπεδα οπισθοσκέδασης σε αυτές τις περιοχές. Απ' την άλλη, ο αισθητήρας SeaWiFS δεν έχει την ικανότητα να ανιχνεύσει την εισερχόμενη ακτινοβολία σε περιοχές πάνω από τις οποίες επικρατεί έντονη νέφωση και γενικά άσχημες καιρικές συνθήκες.

Το συμπέρασμα είναι ότι πολλά σύνολα δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκριση των διαφόρων περιπτώσεων, όπως το παράδειγμα μας, φυκιών και τεχνητές κηλίδες. Ένα μειονέκτημα του αισθητήρα SeaWifs είναι χονδροειδής χωρική ανάλυση του ~ 1 km.

Οι Hu et al. (2003) καταδεικνύουν τη δυνατότητα παρακολούθησης πετρελαιοκηλίδων από το μέσο Medium-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), που

μεταφέρονται από τους δορυφόρους της NASA Terra και Aqua, με ένα παράδειγμα από τη λίμνη Μαρακαΐμπο, Βενεζουέλα.

Το όργανο MODIS έχει μέτρια ζώνη ανάλυση της τάξεως των 250 m έως 500 m πλάτους φασματική περιοχή. Αυτό επιτρέπει στο όργανο MODIS να παρέχει εικόνες της ημέρας- με ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία και τη διάρκεια της νύχτας με θερμικές εκπομπές. Το όργανο MODIS αρχικά είχε σχεδιαστεί για την απεικόνιση της γης, και με μεσαία ανάλυση δίνει επίσης τη δυνατότητα για την καθημερινή παρακολούθηση των παράκτιων ζωνών με σκοπό τον εντοπισμό πετρελαιοκηλίδων.

Συμπεράσματα

Η μεταφορά του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του είναι η δεύτερη σημαντικότερη αιτία μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος σήμερα. Η μόλυνση αυτή συμβαίνει είτε μετά από διαρροές των αγωγών, είτε από ατυχήματα των μεταφορικών μέσων (πετρελαιοφόρα), είτε διαρροές λειτουργικής φύσεως. Τέλος, στο κομμάτι των διαρροών θα πρέπει να εντάξουμε και αυτές που συμβαίνουν σε παράκτιες περιοχές.

Από την στιγμή που θα βρεθεί το πετρέλαιο στη θάλασσα, υπόκειται αμέσως σε πλήθος διεργασιών μετασχηματισμού. Οι πρώτες είναι η εξάπλωση, η εξάτμιση, η διασπορά, η γαλακτωματοποίηση, η διάλυση και η μετακίνηση. Σε επόμενο χρόνο ακολουθούν η φωτοοξείδωση, η καταβύθιση και η βιοδιάσπαση, οι οποίες και καθορίζουν την τελική τύχη του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Ως είναι φυσικό η αντιμετώπιση της ρύπανσης αυτής επιδέχεται διαφορετικούς χειρισμούς ανάλογα με την φάση που αυτή βρίσκεται. Πρωτεύον εργαλείο προς την κατεύθυνση της απορρύπανσης είναι φυσικά ο εντοπισμός της. Στο πλαίσιο αυτό έγκειται η χρηστικότητα ενός δορυφορικού συστήματος επιτήρησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος και δη της πετρελαϊκής ρύπανσης αυτού.

Η αποδοτικότητα ενός τέτοιου μέσου επιτήρησης αναδεικνύεται και μέσα από τα αποτελέσματα της μόλυνσης που προσπαθεί να αντισταθμίσει. Οι επιβλαβείς επιδράσεις του πετρελαίου είναι μάλλον εμφανείς με γυμνό μάτι. Η μόλυνση που επέρχεται είναι μεγαλύτερη στους οργανισμούς που διαβιούν σε διαπαλιρροιακά ή ρηχά νερά αμμώδη υποστρώματα, μάλιστα σε αυτή τη περίπτωση η βλάβη μπορεί να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Δεκάδες ενδεχομένως κ εκατοντάδες χιλιάδες είναι και τα πτηνά που υφίστανται την επιβλαβή επίδραση του πετρελαίου που διαρρέει στη θάλασσα. Ενώ πλήττονται επίσης οι ιχθυοκαλλιέργειες και οι οστρακοκαλλιέργειες. Ως αποτέλεσμα, στο πλαίσιο αυτό, σε συνδυασμό και με την κλιματική αλλαγή, η θαλάσσια βιοποικιλότητα να υπόκεινται σε ραγδαίες μεταβολές. Η μείωση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας προκαλεί προβληματισμό όχι μόνο λόγο της εγγενούς αξίας της, αλλά

και επειδή η θαλάσσια βιοποικιλότητα αποτελεί στοιχείο που συντελεί στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη, προσφέρει νέες ευκαιρίες για επένδυση και εργασία.

Η διατήρηση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο αποτελεί αναγκαιότητα, καθώς η εκμετάλλευσή της δίνει άμεσα οφέλη στον άνθρωπο. Μας εξασφαλίζει τροφή, ενέργεια φάρμακα, γνώση αποδίδοντας σημαντικά κεφάλαια στην παγκόσμια οικονομία.

Έτσι για την εξερεύνηση, τη διατήρηση και την καλύτερη χρήση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και του θαλάσσιου περιβάλλοντος γενικότερα, χρειάζεται μια βαθύτερη κατανόηση της προέλευσης του και της σύνθεσης του. Επίσης είναι απαραίτητο η βελτίωση των προσεγγίσεων και των εργαλείων για την παρακολούθηση του θαλάσσιου οικοσυστήματος, καθώς και η καλύτερη πληροφόρηση και ενημερωτική πολιτική για την αξία του τόσο περιβαλλοντικά, κοινωνικά, πολιτιστικά όσο και οικονομικά.

Η αναγνώριση της ιδιαίτερης σημασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος, τόσο για την οικολογική ισορροπία του πλανήτη, όσο και για την οικονομική και κοινωνική ευημερία, σε συνδυασμό με το διασυνοριακό χαρακτήρα της θαλάσσιας ρύπανσης, ώθησε τα κράτη να αναλάβουν δράση για την προστασία του σε διεθνές και περιφερειακό επίπεδο.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, τη δημιουργία ενός συνόλου ρυθμιστικών κειμένων για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Προς την νομοθετική κατεύθυνση ρύθμισης του προβλήματος επεκτάθηκε η Διεθνής σύμβαση για τη Ρύπανση της Θάλασσας από τα Πλοία (MARPOL) η οποία θεωρείται από τις σπουδαιότερες στον τομέα της θαλάσσιας ρύπανσης και περιλαμβάνει πέντε παραρτήματα: Την ρύπανση από πετρέλαιο , την ρύπανση από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύμα, την ρύπανση από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται δια θαλάσσης σε συσκευασίες, εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές ή βυτιοφόρα οχήματα , την ρύπανση από λύματα και τέλος την ρύπανση από απορρίμματα.

Εν γένη το νομοθετικό πλαίσιο που κυοφορείται τις τελευταίες δεκαετίες έχει διαμορφώσει ένα αυστηρό περιβάλλον ελέγχου πρόληψης και ποινής του «ρυπαίνον». Είναι ακριβώς αυτό το πλαίσιο πάνω στο οποίο σχηματοποιήθηκε και η δορυφορική εποπτεία για πετρελαϊκούς ρύπους των θαλασσών.

Οι δορυφόροι που είναι εξοπλισμένοι με Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (ΡΣΑ) (Synthetic Aperture Radar – SAR) αποτελούν τα ιδανικά εργαλεία για τη συμπλήρωση των συμβατικών αεροπορικών μέσων εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων, λόγω της ικανότητάς τους να ανιχνεύουν πετρελαιοκηλίδες στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά και να επιθεωρούν μεγάλες θαλάσσιες περιοχές ανεξάρτητα από το φως του ήλιου και τη νεφοκάλυψη. Στο ίδιο πλαίσιο έχουν χρησιμοποιηθεί και λοιπά πανομοιότυπα εργαλεία.

Η CleanSeaNet είναι πλέον η πιο περιεκτική υπηρεσία αναγνώρισης και παρακολούθησης πετρελαιοκηλίδων στην Ευρώπη. Η CleanSeaNet προμηθεύει με πάνω από 2000 εικόνες δορυφόρου τα 28 συμμετέχοντα κράτη, συμπεριλαμβανομένων των κρατών μελών της ΕΕ και των υπερπόντιων εδαφών τους.

Σημαντικό δε σημείο αποτελεί η σύνθετη παρατήρηση των θαλασσών από διαφόρων τύπου μέσα με σκοπό την σύνθεση μιας έγκυρης και ολοκληρωμένης εικόνας σχετικά με το όποιο πρόβλημα ανακύπτει.

Καταλυτικά, η λύση για την πρόληψη και καταπολέμηση της θαλάσσιας ρύπανσης και γενικότερα των περιβαλλοντικών προβλημάτων βρίσκεται σε μια ολοκληρωμένη θαλάσσια πολιτική που να στοχεύει στη βελτίωση της συνεργασίας για την διαχείριση των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της θαλάσσιας κληρονομιάς και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

Anyanova E. (2012) Oil Pollution and International Marine Environmental Law, Sustainable Development – Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management.

Bern, T. -I., Wahl, T., Anderssen, T., & Olsen, R. (1992b, 4–6 November) Oil spill detection using satellite based SAR: Experience from a field experiment. Proc. 1st ERS-1 Symposium, Cannes, France.

C.P. Wang, "A Review of the Enforcement Regime for Vessel- Source Oil Pollution Control", Ocean Development and International Law, Vol. 16, No 4, p. 317-319.

Cardiff, Wales.

Clark R. B. (2003). Marine Pollution, in collaboration with Frid, Ch. & Attrill, M., Oxford: Oxford University Press.

Clark, R.B., (1992), Marine Pollution, Oxford University Press, Oxford (UK)

Corbet, A.G. (1986), "The Development of Methods of Marine Traffic Control with Special Reference to the Amoco Cadiz and Christos Bitas Incidents", UWIST.

Dissolution in Saline Water. Water, Air and Soil Pollution, 37, 55-64.

EMSA (2014). Annual Overview of Marine Accidents and Incidents, 2014. Lisbon: European Maritime Safety Agency,

EMSA (χ.χ.). Clean SeaNet.

EPA (2015). Exxon Valdez.

European Maritime Safety Agency, EMSA (2016) EFFECTS OF OIL POLLUTION ON THE MARINE ENVIRONMENT, Praça Europa 4

European Space Agency. (2002). ASAR product handbook. Tech. Rep., European Space Agancy-ENVISAT Product Handbook, Issue 1.1

EVOS Trustee Council (2015). Exxon Valdez Oil Spill.

Fingas, M. (2001). The basics of oil spill cleanup. Lewis Publishers.

Fingas, M. F., & Brown, C. E. (1997). Review of oil spill remote sensing.
Spill Science and Technology Bulletin.

First Global Integrted Marine Assessment (First World Ocean Assessment), United Nations, (2016)

Friedman, K. S., Pichel, W. G., Clemente-Colón, P., & Li, X. (2002). GoMEx—an experimental GIS system for the Gulf of Mexico Region using SAR and additional satellite and ancillary data. Proc. IGARSS'02, vol. 6

Gr. Timagenis, (1980), "International Control of Marine Pollution

H. Smith, (1985), Oceans and Seas, Man and Environment

Hamam, S. E. M., Hamoda, M. F., Shaban, H. I. & Kilani, A. M. (1988). Crude Oil Dissolution in Saline Water. Water, Air and Soil Pollution, 37, 55-64.

Hu, C., Mqller-Krager, F. E., Taylor, C. J., Myhre, D., Murch, B., Odriozola, A. L., et al. (2003). MODIS detects oil spills in Lake Maracaibo, Venezuela. EOS, Transactions, American Geophysical Union, 84(33)

IMO (2010). Tanker safety – Preventing accidental pollution.

Indregard, M., Solberg, A., Clayton, P. (2004). D2-report on benchmarking oil spill recognition approaches and best practice. Tech. rep., Oceanides project, European Commission, Archive No. 04-10225-A-Doc

ITOPF (2011a). Fate of Marine Oil Spills. Technical Information Paper, The International Tanker Owners Pollution Federation

ITOPF (2011b). Use of Booms in Oil Pollution Response. Technical Information Paper, The International Tanker Owners Pollution Federation

ITOPF (2011c). Use of Dispersants to Treat Oil Spills. Technical Information Paper, The International Tanker Owners Pollution Federation

ITOPF (2011d). Disposal of oil and Debris. Technical Information Paper, The International Tanker Owners Pollution Federation

ITOPF (2012a). Use of Skimmers in Oil Pollution Response. Technical Information Paper,The International Tanker Owners Pollution
Federation

ITOPF (2012b). Use of Sorbent Materials in Oil Spill Response. Technical Information Paper,The International Tanker Owners Pollution Federation,

ITOPF (2014). Shoreline Cleanup and Response.

J. Curtis, (1985), "Vessel-Source Oil Pollution and MARPOL 73/78: An International Success Story ? ", Environmental Law, Vol. 15.

Johnson, D. & Butt, N. (2006). The Sea Empress Disaster – 10 Years on. Southampton Solent University, WWF-UK

Kubat M., Holte C.R. and Matwin S., (1998) Machine Learning for the Detection of Oil Spills in Satellite Radar Images, Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands.

Law R. J. & Kelly C. (2004). The impact of the “Sea Empress” oil spill. Aquat. Living Resour., 17, 389-394.

M' Gonigle - Zacher, (1981), "Pollution, Politics and International Law. Tankers at Sea", p. 112.

M.A. Rabie , (1976), South African Environmental Legislation, Heer, Pretoria

National Research Council (2003). Oil in the sea III: inputs, fates, and effects. Washington: Ocean Studies Board and Marine Board, The National Academies Press.

NOAA (χ.χ.). Oil Spills. National Oceanic and Atmospheric Administration & National Ocean Service,

OIL POLLUTION ACT OF 1990, OPA (2000) OIL POLLUTION LIABILITY AND COMPENSATION

Oxford: Oxford University Press.

Report of Tromso University: Pollution and Fisheries in the North Sea", University of Tromso, (1986).

Pavlakis, P., Sieber, A., & Alexandry, S. (1996, June). Monitoring oil-spill pollution in the Mediterranean with ERS SAR. ESA Earth Observation Quarterly

"Pollution and Fisheries in the North Sea", University of Tromso, (1986).

Shepherd, I. (2004). Developing an operational oil-spill service in GMES. Version 2, OCEANIDES workshop, 25 May, 2004, EEA, Copenhagen

Simecek-Beatty, D., & Clemente-Colón, P. (2004). Locating a sunken vessel using SAR imagery: Detection of oil spilled from the SS Jacob Luckenbach. International Journal of Remote Sensing, 25

Soni, R (1985), Control of Marine Pollution in International Law, Juta and Co, Cape Town

Spill Science and Technology Bulletin

Springner, A., (1977), Towards a Meaningful Concept of Pollution in International Law,Cambridge Univ Press

THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED, ITOPF (2011) TECHNICAL INFORMATION PAPER 13, United Kingdom

Trieschmann, O., Huns7nger, T., Tufte, L., & Barjenbruch, U. (2003). Data assimilation of an airborne multiple remote sensor system and of satellite images for the North- and Baltic sea. Proceedings of the SPIE 10th int. symposium on remote sensing, conference bremote sensing of the ocean and sea ice 2003Q

USEPA (2011). Screening-Level Hazard Characterization, Crude Oil Category. U.S. Environmental Protection Agency, Hazard Characterization

Wahl, T., Skbelv, 2., & Andersen, J. H. S. (1994b). Practical use of ERS-1 SAR images in pollution monitoring. Proc. IGARSS'94, vol. 4

White, I. C. & Molloy, F. (2003). Factors that Determine the Cost of Oil Spills. International Oil Spill Conference 2003, Vancouver, Canada, 6-11 April 2003.

White I. C. & Baker J. M. (1999). The Sea Empress Oil Spill in Context. International Conference on the Sea Empress Oil Spill, 11-13th February 1998, Cardiff, Wales

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αλεξόπουλος Α.Β., (1997) Οι Περιφερειακές Συμβάσεις και Διακρατικές Συμφωνίες που διέπουν την Προστασία του Θαλασσίου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Αλεξόπουλος Α.Β.,(2004) Διεθνές θαλάσσιο Περιβαλλοντικό Δίκαιο, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Θαλάσσιων Επιστημών

Ανδρίτσος Ν., (2008) Ενέργεια και Περιβάλλον, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Γενικομσίδου, Ι. (2010). Διερεύνηση του επιχειρησιακού επιπέδου για την αντιμετώπιση πετρελαιοκηλίδων με χρήση πολύ-πρακτορικών μοντέλων, ενόψει της κατασκευής του πετρελαιαγωγού Μπουργκάς - Αλεξανδρούπολη. Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών. Αθήνα, ΕΜΠ.

Κώττης, Γ., (1994), «Οικολογία και Οικονομία», Παπαζήσης, Αθήνα.

Ντούλα Μ. (Χ.Χ.) Φαινόμενα ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον Επιπτώσεις στις βιοκοινωνίες, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών, Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας

Ρούκουνας, Ε, (1985) Διεθνές Δίκαιο, Τόμος ΙΙ, ΝΟΜΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τοπουζέλης, Κ., Καραθανάση, Β., Παυλάκης, Π., Ρόκος, Δ. (2005). Ανάπτυξη τηλεσκοπικού συστήματος ραντάρ για τον εντοπισμό πετρελαιοκηλίδων στις ελληνικές θάλασσες, Εισήγηση στο συνέδριο Heleco ’05, ΤΕΕ, Αθήνα, 3-6 Φεβρουαρίου 2005, http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_topouzelis.pdf

Διαδικτυακές πηγές

https://www.diavgeia.gov.gr/f/nautilias_new

http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122 HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122 HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122&id=2360"& HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122&id=2360"id=2360" HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122&id=2360"& HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122 HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122&id=2360"& HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122&id=2360"id=2360" HYPERLINK "http://www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet/items.html?cid=122&id=2360"id=2360

http://www.emsa.europa.eu/news-a-press-centre/external-news/item/2303-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2014.html

https://www.epw.senate.gov/opa90.pdf

http://www.evostc.state.ak.us

http://www.hcg.gr/node/489

http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Regulations/Pages/OilTankers.aspx

http://www.itopf.com/

http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-8-use-of-sorbent-materials-in-oil-spill-response

http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/response-techniques/shoreline-clean-up-and-response/

hhttp://www2.epa.gov/emergency-response/exxon-valdez-spill-profile

http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-2-fate-of-marine-oil-spills/
http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-3-use-of-booms-in-oil-pollution-response/
http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-4-use-of-dispersants-to-treat-oil-spills/

http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-9-disposal-of-oil-and-debris/

http://www.petroleumhpv.org/~/media/petroleumhpv/documents/category
http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills
_crude%20oil_march_2011.pdf
http://www.seos-project.eu

http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/ma_seaemp10yrson.pdf