



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Τεχνικές απορρύπανσης πετρελαιοκηλίδων



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σαμαρογιάννης Αντώνιος

2018

Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Τεχνικές απορρύπανσης πετρελαιοκηλίδων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σαμαρογιάννης Αντώνιος

2018

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ελένη Κόκκινου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Επιτροπή Αξιολόγησης : Δρ. Ελένη Κόκκινου
: Δρ. Παντελεήμων Σουπιός
: Δρ. Καλδέρης Δημήτριος

Ημερομηνία Παρουσίασης :

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Κεφάλαιο 1: Στατιστικά στοιχεία και γενικά περί πετρελαιοκηλίδων.....	7
1.1 Εισαγωγή.....	7
1.2 Λίγα λόγια για τις πετρελαιοκηλίδες.....	7
1.3 Αριθμοί και ποσότητες	8
1.4 Αιτίες πρόκλησης περιστατικών διαρροών	11
1.5 Η πορεία των πετρελαιοκηλίδων	14
1.6 Η ανθεκτικότητα του πετρελαίου.....	15
1.7 Κατηγορίες Ανθεκτικότητας.....	16
Κεφάλαιο 2: Τρόποι αντιμετώπισης θαλάσσιας ρύπανσης από πετρελαιοειδή	19
2.1 Φράγματα	19
2.2 Πετρελαιοσυλλέκτες.....	25
2.3 Σκάφη περισυλλογής	29
2.4 Συσκευές εκτόξευσης χημικών διασκορπιστικών	32
2.5 Απορροφητικές ουσίες	36
2.6 Επιτόπια καύση	38
2.7 Η μέθοδος της βιοαποκατάστασης	42
2.8 Καθαρισμός των ακτών.....	44
Κεφάλαιο 3: Οι επιπτώσεις της διαρροής πετρελαίου στο θαλάσσιο χώρο	49
3.1 Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις	49
3.1.1 Πλαγκτόν	50
3.1.2 Θαλάσσια πτηνά	50
3.1.3 Θαλάσσια Θηλαστικά.....	51
3.1.4 Παράκτια Ύδατα.....	51
3.2 Οικονομικές επιπτώσεις	52
3.2.1 Αλιεία και Θαλασσοκαλλιέργειες.....	52
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα.....	54
4.1 Συμπεράσματα	54
Ξένη Βιβλιογραφία.....	55
Ελληνική Βιβλιογραφία	56

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των τεχνικών απορρύπανσης των πετρελαιοκηλίδων. Πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των στατιστικών στοιχείων που αφορούν τις πετρελαιοκηλίδες όπως είναι για παράδειγμα οι ποσότητες πετρελαίου που διαρρέονται κατά καιρούς στους θαλάσσιους χώρους και που σε όγκο φτάνουν τους 700 τόννους για τα έτη 2010-2017 και που αποτελούν μόνο το 7% των περιστατικών που συνέβησαν στον θαλάσσιο χώρο την δεκαετία του 1970. Συνήθεις αιτίες πρόκλησης διαρροών πετρελαίου στο θαλάσσιο χώρο είναι είτε συγκρούσεις πλοίων ή προσaráξεις πολύ κοντά στη στεριά και πολύ σπάνια πυρκαγιές ή εκρήξεις λόγω εύφλεκτων υλικών. Στο ίδιο κεφάλαιο αναφέρονται συνοπτικά οι φυσικοχημικές μεταβολές που υφίσταται το πετρέλαιο όπως είναι για παράδειγμα η εξάτμιση, η διάχυση, η διάλυση και άλλα. Έπειτα στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται διεξοδικά οι τρόποι αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης από πετρελαιοειδή, όπως είναι η χρήση πλωτών φραγμάτων, οι πετρελαιοσυλλέκτες, τα σκάφη περισυλλογής, η επιτόπια καύση και άλλα. Τέλος στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται σε πρώτη φάση οι περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που έχει η διαρροή και η ρύπανση των θαλάσσιων περιοχών στους έμβιους οργανισμούς που το αποτελούν όπως είναι το πλαγκτόν, τα θαλάσσια πτηνά και θηλαστικά. Ωστόσο εκτός από τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που προκαλεί η διαρροή πετρελαίου δημιουργεί και ένα πλήθος οικονομικών επιπτώσεων σε τομείς όπως είναι ο τουρισμός όσο και σε ομάδες επαγγελματιών που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την καλή κατάσταση του θαλάσσιου οικοσυστήματος όπως είναι οι αλιείς.

Κεφάλαιο 1: Στατιστικά στοιχεία και γενικά περί πετρελαιοκηλίδων

1.1 Εισαγωγή

Ο κόσμος έχει γίνει όλο και περισσότερο εξαρτώμενος από τα προϊόντα με βάση το πετρέλαιο. Τα προϊόντα του πετρελαίου χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των αυτοκινήτων, για την θέρμανση των κατοικιών, την παραγωγή ενέργειας και χρησιμοποιείται για την λειτουργία των μηχανημάτων σε διάφορες βιομηχανίες. Ορισμένα από τα προϊόντα που προέρχονται από το πετρέλαιο είναι η βενζίνη, το ντίζελ, το λάδι κινητήρα, η κηροζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης, η ασφαλτος και τα πλαστικά. Το πετρέλαιο συνήθως αποθηκεύεται και μεταφέρεται σε μεγάλες ποσότητες με δεξαμενόπλοια καθώς οι μεγάλες σε πληθυσμό χώρες χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες πετρελαίου, οπότε είναι πιο αποδοτικό από άποψη οικονομική να μεταφέρεται το πετρέλαιο με αυτό τον τρόπο. Ωστόσο, κατά την διάρκεια της αποθήκευσης ή της μεταφοράς το πετρέλαιο ενδέχεται λόγω διαρροής να διοχευθεί στην γη ή στην θάλασσα. Έτσι προκαλούνται με αυτό τον τρόπο οι πετρελαιοκηλίδες που αποτελεί ένα πρόβλημα που το συναντά κανείς στο πολλά μέρη του εξωτερικού. Τέτοιες μεγάλες καταστροφές είναι η πετρελαιοκηλίδα Deep Water Horizon και η πετρελαιοκηλίδα του Exxon Valdez, που απέδειξαν περίτρανα ότι ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδων κοντά σε παράκτιες περιοχές θέτει σε κίνδυνο τόσο την οικονομία της περιοχής όσο και τους φυσικούς πόρους και το πιο σημαντικό είναι ότι μπορεί να θέσει σε κίνδυνο και την υγεία του κοινού. (Boufadel, Bobo, & Xia, 2011).

1.2 Λίγα λόγια για τις πετρελαιοκηλίδες

Με βάση το Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης Πετρελαίου οι όγκοι μιας πετρελαιοκηλίδας έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι η μικρή Διαρροή όπου πραγματοποιείται διαρροή πετρελαίου λιγότερο από 10.000 γαλόνια, εν συνεχεία έχουμε την μέτρια διαρροή όπου έχουμε εκκένωση πετρελαίου από 10.000 έως 100.000 γαλόνια, και την μεγάλη διαρροή που ορίζεται από την εκροή πετρελαίου που υπερβαίνει τα 100.000 γαλόνια

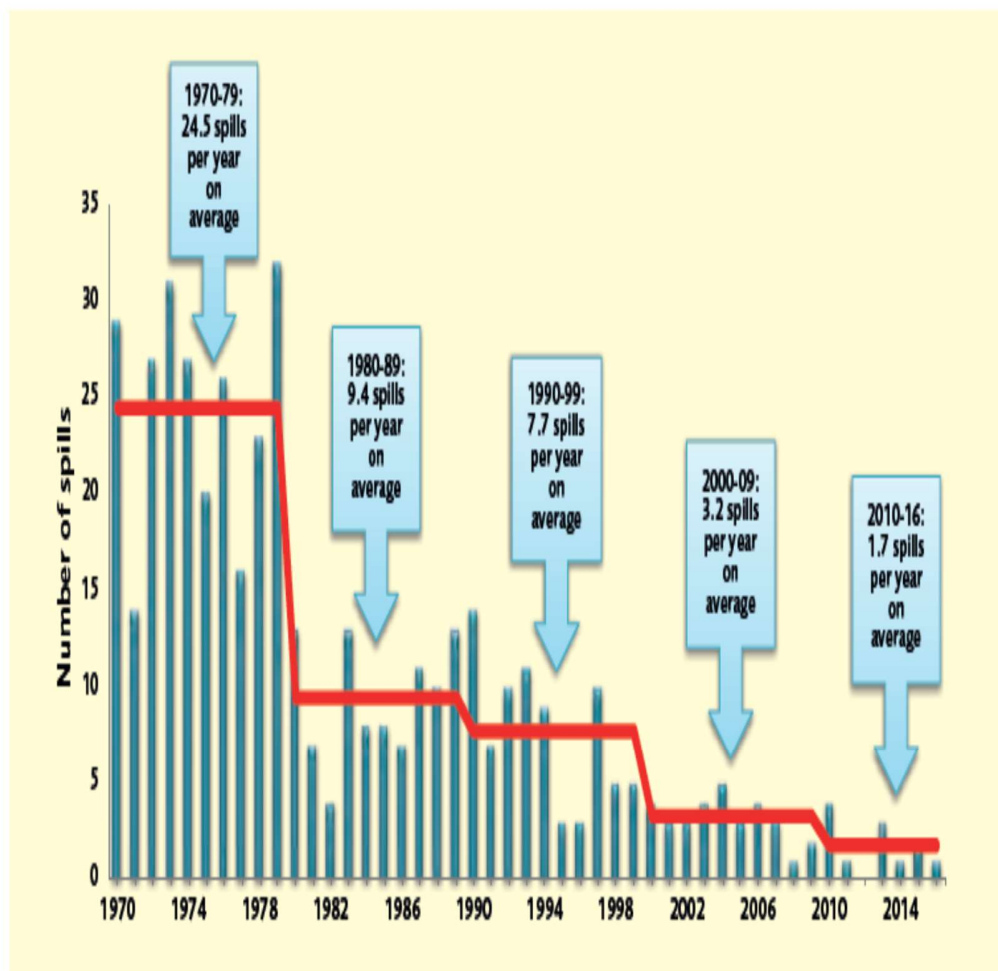
(Samudro & Mangkoedihardjo, 2012). Για τον καθαρισμό του πετρελαίου στη σημερινή εποχή χρησιμοποιούνται μέθοδοι τεχνολογίας περιορισμού απορριμμάτων. Ειδικότερα για τον καθαρισμό των παράκτιων περιοχών χρησιμοποιούνται τα φράγματα, οι πετρελαιοσυλλέκτες, τα σκάφη περισυλλογής, ειδικά απορροφητικά υλικά, η επί τόπου καύση και χημικά καθαριστικά. Ωστόσο, θα πρέπει να γίνει σαφές ότι υπάρχει ένα σύνολο παραμέτρων που μπορούν να επηρεάσουν άμεσα και έμμεσα τον καθαρισμό και είναι σημαντικό να έχουμε μια σαφή κατανόηση του τι είναι αυτές οι μεταβλητές. Αυτές οι παράμετροι είναι το νερό, η θερμοκρασία, το μέγεθος της διαρροής, η διάρκεια του χρόνου καθαρισμού, η ταχύτητα του ανέμου, τα οικοσυστήματα που βρίσκονται σε κίνδυνο, το δημόσιο συμφέρον, τα πολιτικά κόμματα που ενδεχομένως είναι υπεύθυνα για αυτή την οικολογική καταστροφή και άλλα (Azevedo, Oliveira, Fortunato, Zhang, & Baptista, 2014). Ένα σύστημα εκτέλεσης εντολών και αντιμετώπισης συμβάντων είναι μια συνισταμένη πολιτικών και μιας ομάδας που πρέπει να αντιμετωπίσει καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Εντός του συστήματος εκτέλεσης εντολών και αντιμετώπισης περιστατικών περιλαμβάνονται ομάδες όπως είναι για παράδειγμα οι επιχειρήσεις και τα οικονομικά τους συμφέροντα που θίγονται από ατυχήματα τέτοιου τύπου και τα οποία θα πρέπει να μελετώνται και να εξετάζονται προσεκτικά από τον υπεύθυνο αντιμετώπισης. Εν συνεχεία η συνεργασία του αρμόδιου αντιμετώπισης των περιστατικών με το προσωπικό θα πρέπει να είναι όσο πιο γρήγορη και άμεση γίνεται προκειμένου να εργαστούν συντονισμένα για την άμεση αντιμετώπιση του συμβάντος της διαρροής πετρελαίου στην θάλασσα και του καθαρισμού της.

Η βάση δεδομένων του οργανισμού ΙΤΟΡΡΕ περιέχει πληροφορίες για περίπου 10.000 περιστατικά πετρελαιοκηλίδων που έχουν προέλθει από δεξαμενόπλοια, φορτηγίδες και άλλους τύπους σκαφών από τις οποίες το 81% αυτών ήταν μικρότερες από επτά τόννους συνολικά [Handbook ΙΤΟΡΡΕ, 2017-2018].

1.3 Αριθμοί και ποσότητες

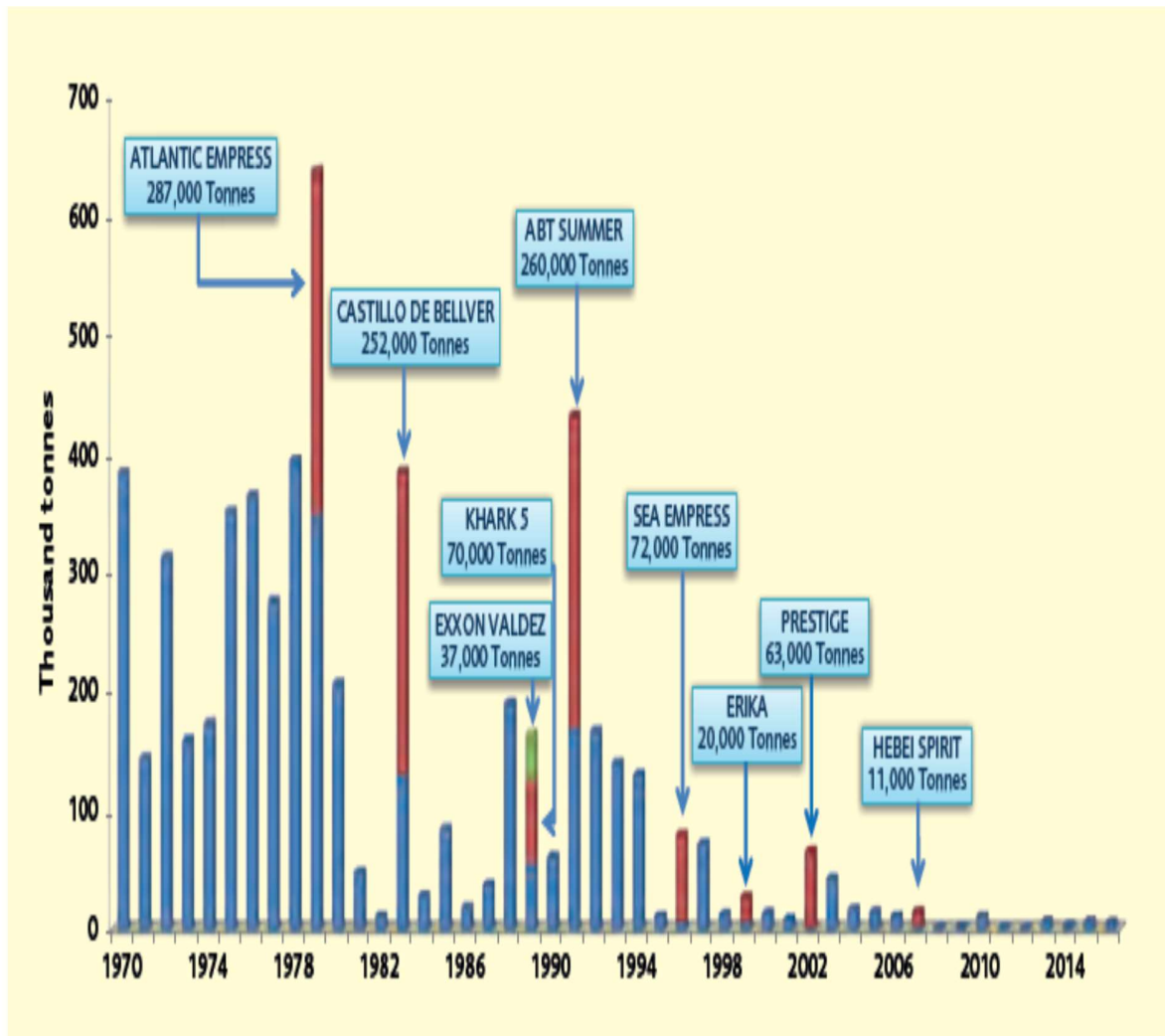
Ο μέσος αριθμός πετρελαιοκηλίδων που έχουν λάβει χώρα από τα έτη 2010 έως και τώρα (2017) ξεπερνάει σε όγκο τους 700 τόννους (> 700 τόννοι) και το πιο αξιοσημείωτο είναι ότι αποτελούν μόλις το 7% των ποσοτήτων πετρελαιοκηλίδων που χύθηκαν στις θάλασσες κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 (Σχήματα 1, 2).

Αυτή η δραματική μείωση οφείλεται κατά κύριο λόγο στις συντονισμένες προσπάθειες της Ναυτιλιακής βιομηχανίας και των κυβερνήσεων που έχουν σαν στόχο και σκοπό την βελτίωση των συνθηκών ασφαλούς μεταφοράς των προϊόντων μέσω θαλάσσης και την ταυτόχρονη και έγκαιρη πρόληψη προστασίας του περιβάλλοντος. Μάλιστα η συνολική ποσότητα πετρελαίου που χύνεται στις θάλασσες και τους ωκεανούς κάθε χρόνο ποικίλει σημαντικά, με ορισμένα περιστατικά τεράστιων διαρροών να είναι υπεύθυνα για την περαιτέρω αύξηση της συνολικής ετήσιας ποσότητας [Handbook ITOPF 2017-2018].



Numbers of large spills (over 700 tonnes), 1970–2016

Σχήμα 1. Πλήθος διαρροών που συνέβησαν από το 1970-2016 (Handbook ITOPF, 2017-2018)

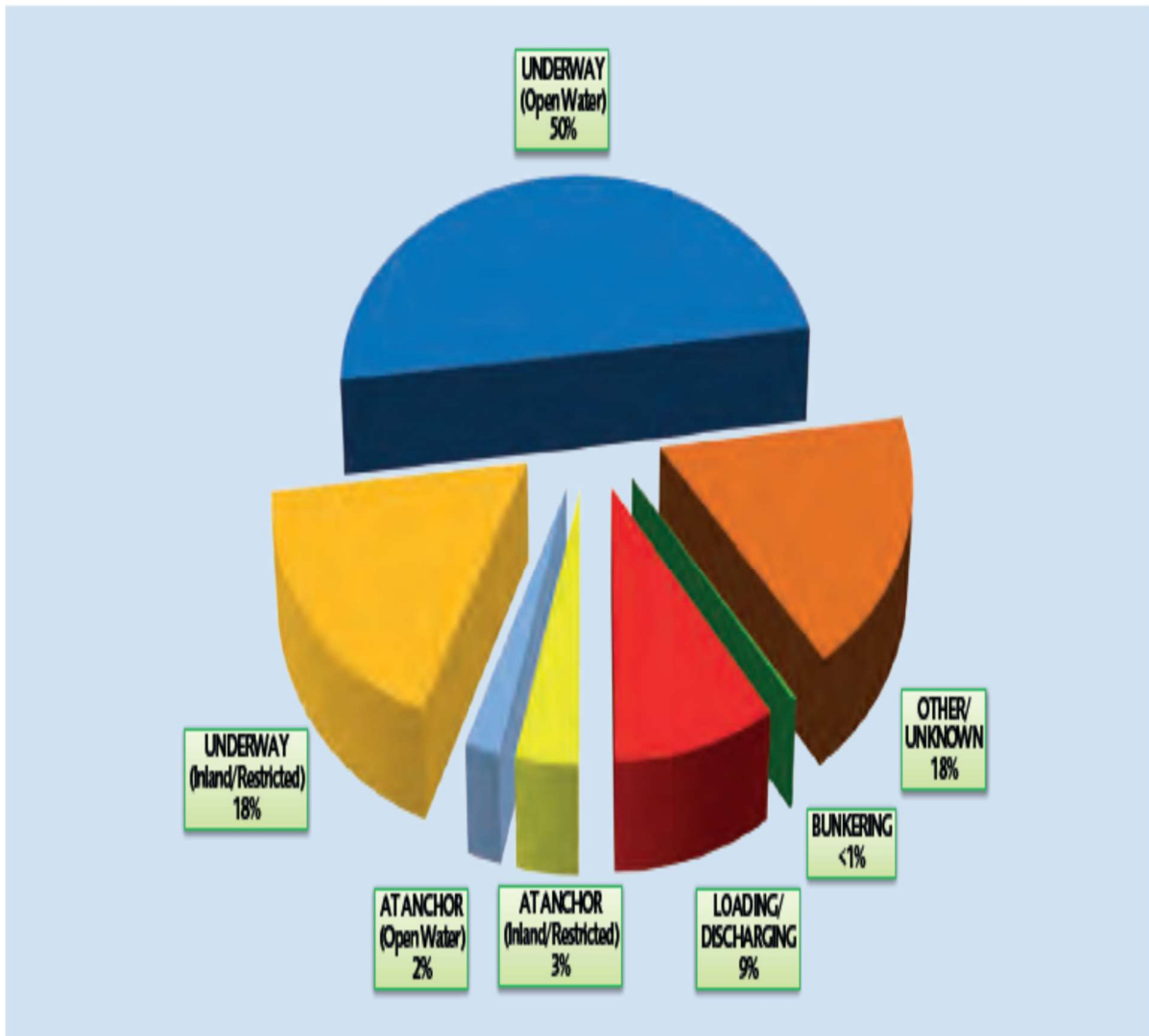


Quantities of oil spilt, 1970-2016

Σχήμα 2. Ποσότητες διαρροών καυσίμων η χημικών από το 1970-2016 (Πηγή Handbook ITOPE, 2017-2018)

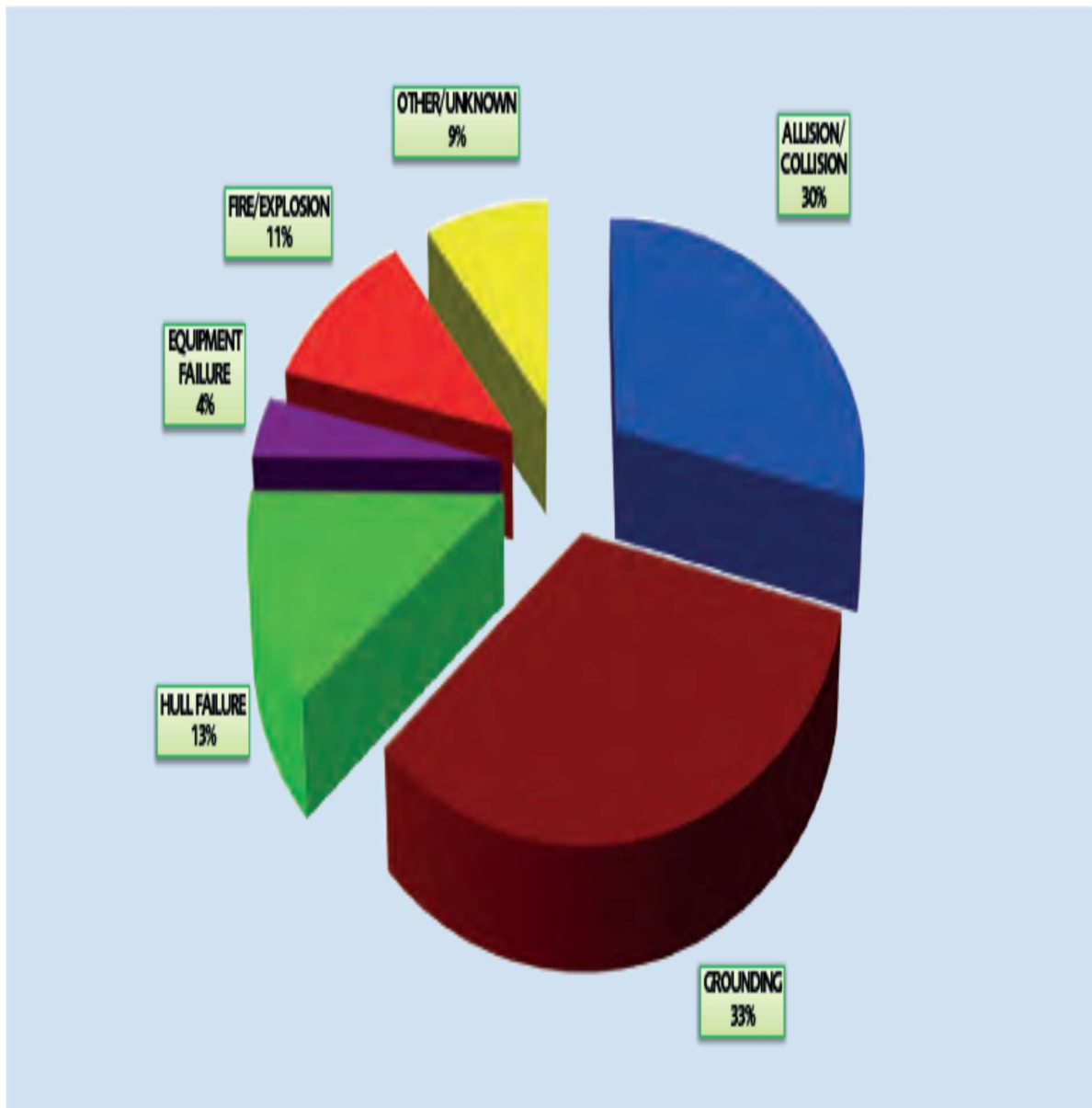
1.4 Αιτίες πρόκλησης περιστατικών διαρροών

Τα μεγέθη των διαρροών που λαμβάνουν χώρα, αξιολογούνται κατά την διάρκεια που πραγματοποιείται η επιχείρηση περιορισμού και καθαρισμού της πετρελαιοκηλίδας και εξετάζονται οι συνθήκες που οδήγησαν στον ατύχημα. Κατά την περίοδο 1970-2016 και με βάση τα στατιστικά στοιχεία του οργανισμού ITOPF, το 50% των περιστατικών των μεγάλων διαρροών που αντιστοιχούν σε περισσότερο από 700 τόννους, σημειώθηκαν όταν τα πλοία βρίσκονταν σε ανοιχτή θάλασσα και ταξίδευαν στο προορισμό τους ενώ σε ποσοστό μόλις 18% τα πλοία βρίσκονταν κοντά στη στεριά (Σχήμα 3). Οι κυριότερες αιτίες πρόκλησης των περιστατικών διαρροών στα πλοία είναι οι συγκρούσεις πλοίων μεταξύ τους σε ποσοστό 30% και περιστατικών προσάραξης (grounding) πολύ κοντά προς την στεριά σε ποσοστό (33%). Επίσης δεν θα πρέπει να ξεχνά κανείς ότι οι πυρκαγιές ή οι εκρήξεις λόγω εύφλεκτων υλικών (fire/explosion) που μεταφέρει το πλοίο καθώς και πιθανόν ζημιές στα ύφαλα του πλοίου (hull failure) λόγω κακών χειρισμών του πληρώματος αποτελούν επιπλέον λόγους (Σχήμα 4) ατυχημάτων (Handbook ITOPF 2017-2018; Τριανταφύλλου και Βεργέτης, 2004).



Operation at time of incident for large spills (>700 tonnes), 1970-2016

Σχήμα 3. Διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα για την αντιμετώπιση των τεράστιων διαρροών (> 700 τόννους) από τα έτη 1970-2016 [Πηγή Handbook ITOPF 2017-2018]

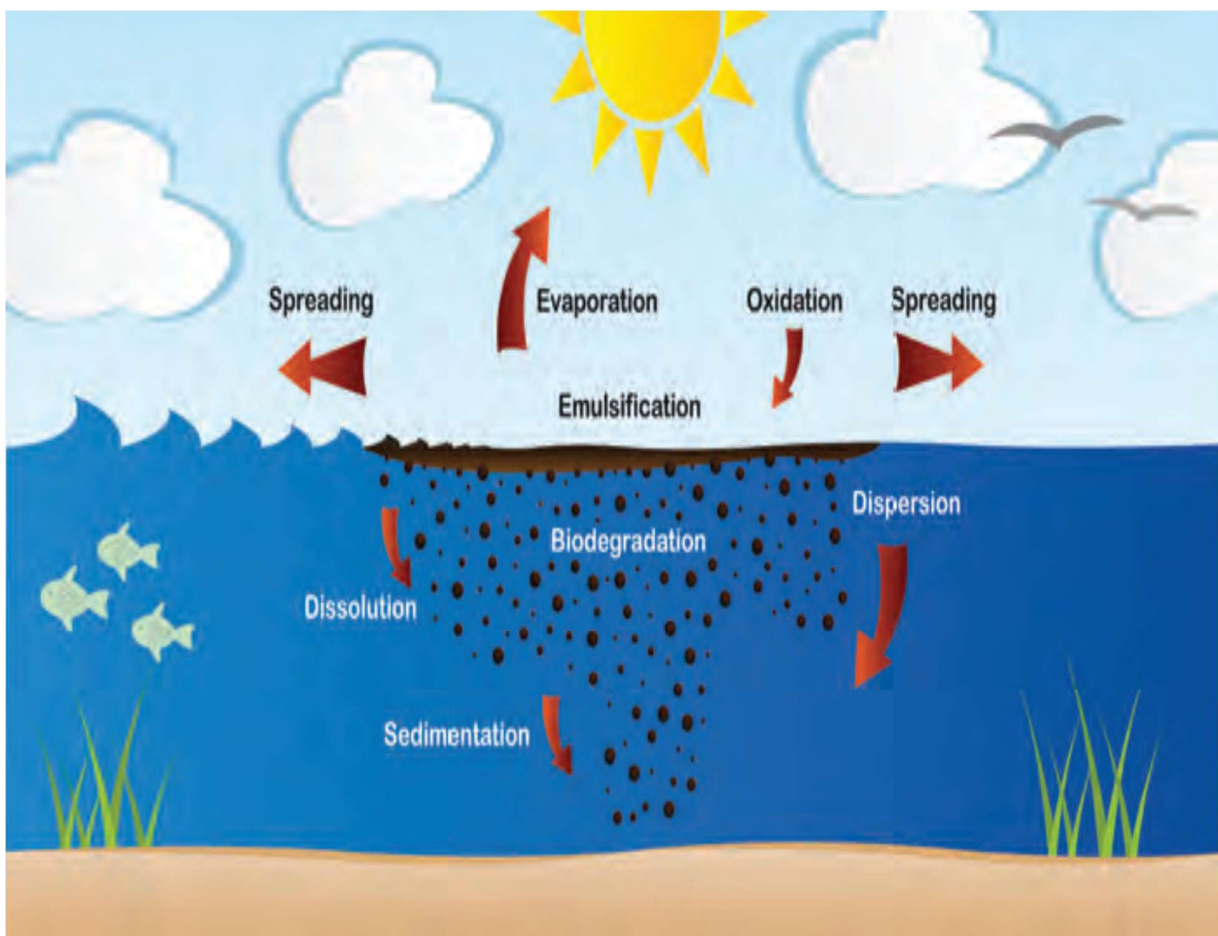


Causes of large spills (>700 tonnes), 1970-2016

Σχήμα 4. Αιτίες πρόκλησης τεράστιων διαρροών στην θάλασσα (> 700 τόννους) από το 1970-2016 [Πηγή Handbook ITOPF 2017-2018]

1.5 Η πορεία των πετρελαιοκηλίδων

Όταν συμβεί διαρροή του πετρελαίου από το πλοίο στην επιφάνεια της θάλασσας, τότε η πετρελαιοκηλίδα εξαπλώνεται σταδιακά σε όλο τον θαλάσσιο χώρο και στην συνέχεια υφίσταται μια σειρά χημικών και φυσικών αλλαγών. Οι φυσικές και χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Φυσικοχημικές μεταβολές [Πηγή Handbook ITOPF 2017-2018]

Οι περισσότερες από τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα όπως η εξάτμιση (evaporation), η διάχυση (dispersion), η διάλυση (dissolution) και η κατακάθιση (sedimentation) συμβάλουν στην απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας. Ενώ άλλες διαδικασίες προωθούν την παραμονή του εκεί όπως είναι η γαλακτοποίηση (mouse oil grill) και η αύξηση του ιξώδους.

Η ποσότητα, ο τύπος του πετρελαίου, οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες και η κατάσταση της θάλασσας επηρεάζουν τη ταχύτητα των διαδικασιών. Ακόμα το θαλάσσιο περιβάλλον εξαλείφει τις εναπομείναντα τμήματα των πετρελαιοκηλίδων μέσω της μακροπρόθεσμης διαδικασίας της βιοαποικοδόμησης (Biodegradation) (Handbook ITOPF, 2017-2018; Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004).

1.6 Η ανθεκτικότητα του πετρελαίου

Κατά την εξέταση της εν γένει πορείας των πετρελαιοκηλίδων στη θάλασσα, συνήθως πραγματοποιείται μια διάκριση μεταξύ των μη ανθεκτικών πετρελαίων (τα οποία έχουν την τάση να εξαφανίζονται γρήγορα από την επιφάνεια της θάλασσας) και των ανθεκτικών πετρελαίων που διαλύονται πιο αργά και συνήθως απαιτούν την εφαρμογή τεχνικών καθαρισμού.

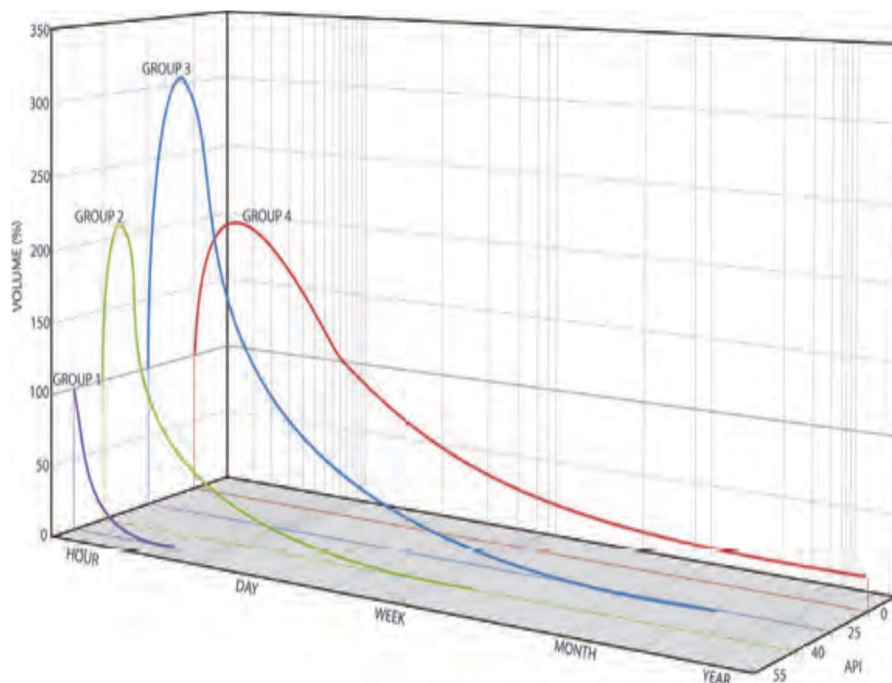
Μάλιστα ο ορισμός του ανθεκτικού πετρελαίου στηρίζεται στα χαρακτηριστικά διάλυσης που εμφανίζει σε συνήθεις εργαστηριακές συνθήκες, που ωστόσο δεν αντανακλούν πλήρως την συμπεριφορά του πετρελαίου στο πραγματικό περιβάλλον καθώς μπορεί να υπάρχουν παράγοντες όπως είναι η καθίζηση που μπορεί να οδηγήσει σε μακροχρόνια διάλυση του πετρελαίου και το οποίο θα αποκαλούνταν υπό κανονικές συνθήκες μη-ανθεκτικός τύπος πετρελαίου (Handbook ITOPF, 2017-2018).

1.7 Κατηγορίες Ανθεκτικότητας

Είναι γνωστό ότι τα κύρια χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των πετρελαιοκηλίδων στο θαλάσσιο χώρο είναι το λεγόμενο ειδικό βάρος (special gravity) (που είναι η πυκνότητα της ουσίας σε σχέση με το καθαρό νερό), η μεταβλητότητά του, το ιξώδες και το σημείο συμπύκνωσης, όπου κάτω από συγκεκριμένη θερμοκρασία το υλικό δεν ρέει.

Με δεδομένο ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυσικών και χημικών διεργασιών δεν είναι εύκολα αντιληπτές και κατανοητές, οι ερευνητές χρησιμοποιούν συνήθως εμπειρικά μοντέλα που στηρίζονται σε ιδιότητες διαφορετικών τύπων πετρελαίου. Οπότε είναι σκόπιμο να ταξινομούνται οι πιο δημοφιλείς τύποι πετρελαίων που διακινούνται συνεχώς, σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες με βάση το ειδικό βάρος τους. Έτσι με βάση την κατηγοριοποίησή τους, είναι σε θέση οι ερευνητές να προβλέψουν και να υπολογίσουν τους ρυθμούς διασποράς (dissipation rates).

Όλα αυτά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 6), όπου λαμβάνεται επίσης υπόψη και η διαδικασία της γαλακτοποίησης.



Σχήμα 6. Κατηγορίες ταξινόμησης τύπων πετρελαίου (Handbook ITOPE, 2017-2018)

Τα είδη του πετρελαίου που ανήκουν στην πρώτη ομάδα (Group 1) τείνουν να διαχέονται εντελώς μέσω της εξάτμισης μέσα σε λίγες ώρες και συνήθως δεν προκαλούν τον σχηματισμό γαλακτωμάτων. Εν συνεχεία, στις κατηγορίες των ομάδων 2 και 3 τα είδη πετρελαίου μπορούν να χάσουν έως και 40% του συνολικού όγκου τους λόγω της διαδικασίας της εξάτμισης αλλά λόγω της τάσης να σχηματίζουν ιξώδη γαλακτώματα υπάρχει μια αρχική αύξηση όγκου καθώς και μια μείωση της διασποράς, ιδιαίτερα στην περίπτωση των πετρελαίων που ανήκουν στη κατηγορία 3. Ενώ στην κατηγορία 4 οι τύποι πετρελαίων είναι πολύ ανθεκτικοί λόγω του ότι δεν περιέχουν πτητικά υγρά και λόγω του υψηλού συντελεστή ιξώδους, πράγμα που εμποδίζει τόσο την διαδικασία της εξάτμισης όσο και της διασποράς (Σχήμα 7).

Τέλος είναι σημαντικό να εκτιμηθούν οι υποθέσεις που βασίζονται σε αυτά τα μοντέλα και να μην επικεντρωθούν σε τόσο μεγάλο βαθμό στα αποτελέσματα. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμεύσουν ως οδηγός για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ένας συγκεκριμένος τύπος πετρελαίου μπορεί να συμπεριφερθεί και να βοηθήσει στην περαιτέρω εκτίμηση της καταστροφής που μπορεί να προκαλέσει μια πιθανή διαρροή (Handbook ITOPF 2017-2018).

CLASSIFICATION OF OILS ACCORDING TO THEIR SPECIFIC GRAVITY

Group 1 oils					
A: °API > 45 (Specific gravity < 0.8)					
B: Pour point °C					
C: Viscosity @ 10–20°C: less than 3 Cst					
D: % boiling below 200°C: greater than 50%					
E: % boiling above 370°C: between 20 and 0%					
	A	B	C	D	E
Asgard	49	-28	2 @ 10°C	58	14
Arabian Super Light	51	-39	2 @ 20°C		
Cossack	48	-18	2 @ 20°C	51	18
Curlew	47	-13	2 @ 20°C	57	17
F3 Condensate	54	<-63	1 @ 10°C	81	0
Gippsland	52	-13	1.5 @ 20°C	63	8
Hidra	52	-62	2.5 @ 10°C	60	11
Terengganu condensate	73	-36	0.5 @ 20°C	>95	0
Wollybutt	49	-53	2 @ 20°C	55	4
Gasoline	58		0.5 @ 15°C	100	0
Kerosene	45	-55	2 @ 15°C	50	0
Naptha	55		0.5 @ 15°C	100	0

Group 2 oils					
A: °API 35–45 (Specific gravity 0.8–0.85)					
B: Pour point °C					
C: Viscosity @ 10–20°C: between 4 Cst and semi-solid					
D: % boiling below 200°C: between 20 and 50%					
E: % boiling above 370°C: between 15 and 50%					
Low pour point <6°C					
	A	B	C	D	E
Arabian Extra Light	38	-30	3 @ 15°C	26	39
Azeri	37	-3	8 @ 20°C	29	46
Brent	38	-3	7 @ 10°C	37	33
Draugen	40	-15	4 @ 20°C	37	32
Dukhan	41	-49	9 @ 15°C	36	33
Liverpool Bay	45	-21	4 @ 20°C	42	28
Sokol (Sakhalin)	37	-27	4 @ 20°C	45	21
Rio Negro	35	-5	23 @ 10°C	29	41
Umm Shaif	37	-24	10 @ 10°C	34	31
Zakum	40	-24	6 @ 10°C	36	33
Marine Gas oil (MGO)	37	-3	5 @ 15°C		
High pour point >5°C					
	A	B	C	D	E
Amna	36	19	Semi-solid	25	30
Beatrice	38	18	32 @ 15°C	25	35
Bintulu	37	19	Semi-solid	24	34
Escravos	34	10	9 @ 15°C	35	15
Sarir	38	24	Semi-solid	24	39
Statfjord	40	6	7 @ 10°C	38	32

Group 3 oils					
A: °API 17.5–35 (Specific gravity 0.85–0.95)					
B: Pour point °C					
C: Viscosity @ 10–20°C: between 8 Cst and semi solid					
D: % boiling below 200°C: between 10 and 35%					
E: % boiling above 370°C: between 30 and 65%					
Low pour point <6°C					
	A	B	C	D	E
Alaska North Slope	28	-18	32 @ 15°C	32	41
Arabian Heavy	28	-40	55 @ 15°C	21	56
Arabian Medium	30	-21	25 @ 15°C	22	51
Arabian Light	33	-40	14 @ 15°C	25	45
Bonny Light	35	-11	25 @ 15°C	26	30
Iranian Heavy	31	-36	25 @ 15°C	24	48
Iranian Light	34	-32	15 @ 15°C	26	43
Khafji	28	-57	80 @ 15°C	21	55
Sirri	33	-12	18 @ 10°C	32	38
Thunder Horse	35	-27	10 @ 10°C	32	39
Tia Juana Light	32	-42	500 @ 15°C	24	45
Troll	33	-9	14 @ 10°C	24	35
IFO 180	18–20	10–30	1,500–3,000 @ 15°C		–
High pour point >5°C					
	A	B	C	D	E
Cabinda	33	12	Semi-solid	18	56
Coco	32	21	Semi-solid	21	46
Gamba	31	23	Semi-solid	11	54
Mandji	30	9	70 @ 15°C	21	53
Minas	35	18	Semi-solid	15	58

Group 4 oils					
A: °API <17.5 (Specific gravity >0.95) or					
B: Pour point >30°C					
C: Viscosity @ 10–20°C: between 1500 Cst and semi-solid					
D: % boiling below 200°C: less than 25%					
E: % boiling above 370°C: greater than 30%					
	A	B	C	D	E
Bachaquero 17	16	-29	5,000 @ 15°C	10	60
Boscan	10	15	Semi-solid	4	80
Cinta	33	43	Semi-solid	10	54
Handil	33	35	Semi-solid	23	33
Merey	17	-21	7,000 @ 15°C	7	70
Nile Blend	34	33	Semi-solid	13	59
Pilon	14	-3	Semi-solid	2	92
Shengli	24	21	Semi-solid	9	70
Taching	31	35	Semi-solid	12	49
Tia Juana Pesado	12	-1	Semi-solid	3	78
Widuri	33	46	Semi-solid	7	70
IFO 380	11–15	10–30	5,000–30,000 @ 15°C		

Note: High pour point oils only behave as Group 3 at ambient temperatures above their pour point. Below this treat as Group 4 oils.

Note: High pour point oils only behave as Group 2 at ambient temperatures above their pour point. Below this treat as Group 4 oils.

Σχήμα 7. Ταξινόμηση ειδών πετρελαίου με βάση το ειδικό βάρος (Handbook ITOPF 2017-2018)

Κεφάλαιο 2: Τρόποι αντιμετώπισης θαλάσσιας ρύπανσης από πετρελαιοειδή

2.1 Φράγματα

Το πετρέλαιο μετά την διαρροή του στη θάλασσα δεν παραμένει στάσιμο αλλά διαρκώς μετακινείται και επεκτείνεται. Ο διασκορπισμός της πετρελαιοκηλίδας γίνεται με τη βοήθεια της βαρύτητας, των θαλάσσιων ρευμάτων και του ανέμου, παράγοντες που δυσκολεύουν όπως είναι λογικό οποιαδήποτε προσπάθεια που πραγματοποιείται για απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας. Κάθε εμπόδιο στην πορεία του πετρελαίου μπορεί να επηρεάσει την κατεύθυνση της κίνησης του αλλά μόνο η ακτή μπορεί τελικά να σταματήσει την πορεία του πετρελαίου. Ο στόχος της εφαρμογής των μέτρων περιορισμού της πετρελαιοκηλίδας, είναι ο έλεγχος της κίνησής της και της εξάπλωσής της και η ανακοπή της πορείας της προς τις πλησιέστερες ακτές.

Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αυτοσχέδια φράγματα που αποτελούνται από δοκάρια, πασσάλους, φουσκωμένους σωλήνες πυρόσβεσης ή φράγματα από χώμα και άμμο που είναι σε θέση να αποδώσουν κάποια αποτελέσματα όσον αφορά τον περιορισμό του πετρελαίου. Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι μόνο τα πλωτά φράγματα είναι σε θέση να δώσουν ένα σχετικά ικανοποιητικό βαθμό ελέγχου και περιορισμού της πετρελαιοκηλίδας.

Αναλυτικά τα πλωτά φράγματα (booms) είναι συσκευές που έχουν κατασκευαστεί με ειδικό τρόπο, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η πορεία της κίνησης του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εγκλωβισμό, την συγκέντρωση και την κατεύθυνση στις θέσεις που μπορεί να επιτευχθεί εύκολα ο καθαρισμός της.

Στο εμπόριο τα περισσότερα φράγματα ανεξάρτητα από το σχήμα που έχουν αποτελούνται από τέσσερα βασικά μέρη:

- Το πλωτήρα (μέρος που επιπλέει)
- Η ποδιά (μέρος που συγκρατεί το πετρέλαιο)
- Τα έρμα
- Τους εντατήρες

- Σύνδεσμοι
- Σημεία αγκυροβολίας

Τα πλωτά φράγματα μπορούν να διακριθούν σε 2 ομάδες με βάση τον τρόπο κατασκευής τους: α) στα φράγματα τύπου φράκτη (Σχήμα 8) και στα β) φράγματα τύπου κουρτίνας. Πιο αναλυτικά τα φράγματα τύπου φράκτη παρουσιάζουν ένα κάθετο παραπέτασμα που μπορεί να εκτείνεται πάνω και κάτω από την επιφάνεια του νερού και το οποίο μπορεί ταυτόχρονα να λειτουργεί σαν ποδιά. Ο δε πλωτήρας ενσωματώνεται στο φράγμα ώστε να μπορεί να εξασφαλίζει την πλευστότητα του φράγματος. Ενώ τα φράγματα τύπου κουρτίνας (Σχήμα 9) αποτελούνται από διαμήκεις πλωτήρες που δρουν σαν έζαλα και το υποθαλάσσιο τμήμα του κρέμεται από τους πλωτήρες. Τις περισσότερες φορές τα έρμα τοποθετούνται στη βάση της ποδιάς για να μπορεί να την κρατάει σε κατακόρυφη θέση (Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου Και Νησιωτικής Πολιτικής Λιμενικό Σώμα (2009), www.economist.gr, www.enet.gr). Σύμφωνα με πληροφορίες από το <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BE%CE%B1%CE%BB%CE%B1>: “Γενικά με τον όρο έζαλα (*freeboard*) χαρακτηρίζονται τα ορατά μέρη του πλοίου από την ισάλο και πάνω, δηλαδή από την επιφάνεια της θάλασσας όταν αυτό πλέει ζυγοσταθμισμένο ή βρίσκεται σε ηρεμία. Αντίθετος όρος είναι τα ύφαλα ή βρεχάμενα. Με τον ίδιο όρο “έζαλα”, ως μέγεθος σε ένα έμφορτο πλοίο χαρακτηρίζεται η απόσταση μεταξύ της ισάλου και του κυρίου καταστρώματος, εξ ου και ονομάζεται “κατάστρωμα εξάλων” (*freeboard deck*). Η απόσταση αυτή ονομάζεται ύψος εξάλων και αποτελεί ιδιαίτερο στοιχείο στην ασφάλεια του πλοίου. Το ελάχιστο ύψος εξάλων, (και στη πραγματικότητα το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα) κάθε πλοίου κατά εποχές και γεωγραφικές ζώνες καθορίζεται από ειδικό πιστοποιητικό (*load line certificate*) που εκδίδουν οι Νηογνώμονες ή άλλες κυβερνητικές αρχές, π.χ. η Ε.Ε.Π.”



Σχήμα 8. Φράγμα τύπου φράκτη [Πηγή:www.oilspillresponse.gr]



Σχήμα 9. Φράγμα τύπου κουρτίνας [Πηγή: www.oilspillresponse.gr]

Με βάση τον τρόπο συμπεριφοράς του υλικού κατασκευής, τα φράγματα μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Τα δύσκαμπτα φράγματα
- Τα ημιεύκαμπτα φράγματα
- Τα εύκαμπτα φράγματα

Επιπρόσθετα ο τρόπος που θα χρησιμοποιηθεί το φράγμα και ο αντίστοιχος τύπος εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως είναι:

- η κίνηση της πετρελαιοκηλίδας
- το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας
- οι μετεωρολογικές συνθήκες
- οι προτεραιότητες προστασίας
- η μορφολογία της ξηράς

Τα πλωτά φράγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκεκριμένες διαδικασίες όπως είναι ο εγκλωβισμός, η απόκλιση, η προστασία και η περισυλλογή. Κατά την διάρκεια του εγκλωβισμού τα φράγματα τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο προκειμένου να μπορεί να εμποδιστεί η περαιτέρω εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας στην επιφάνεια της θάλασσας και έτσι να περιοριστούν οι επιπτώσεις από τις τυχόν διαρροές του πετρελαίου από το εκάστοτε δεξαμενόπλοιο. Η διαδικασία της απόκλισης χρησιμοποιείται όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί εκτροπή της εξάπλωσης του πετρελαίου από περιοχές όπως είναι κόλποι, λιμάνια, παραλίες σε περιοχές που δεν συγχάζουν λουόμενοι και από άποψη γεωγραφική είναι πιο εύκολο να συλληχθεί εκεί το πετρέλαιο. Η προστατευτική περίφραξη αναπτύσσεται όταν μια ιδιαίτερως ευαίσθητη περιοχή πρέπει να προστατευθεί. Τέλος η μέθοδος της περισυλλογής εφαρμόζεται όταν πρόκειται να συλληχθεί το πετρέλαιο που επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας και να ελαχιστοποιηθεί όσο γίνεται δυνατόν η εξάπλωσή του. Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής συνήθως χρησιμοποιούνται 2 ή τρία σκάφη και φράγμα. Σε περίπτωση που ο ρυθμός περισυλλογής του πετρελαίου είναι μικρότερος από το ρυθμό έκχυσης του στην θάλασσα τότε θεωρείται μη αποτελεσματική η περισυλλογή.

Η απόδοση των φραγμάτων επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τους ανέμους, τα κύματα και τα θαλάσσια ρεύματα. Οι πιο συνήθεις τρόποι διαφυγής του πετρελαίου είναι να μπορεί να διαφεύγει είτε από την ποδιά του φράγματος ή από τα έξαλα αυτού. Τα θαλάσσια ρεύματα συμβάλουν στην διαφυγή του πετρελαίου από την ποδιά του φράγματος ενώ τα θαλάσσια κύματα και ο άνεμος βοηθούν στην απομάκρυνσή του πάνω από το φράγμα.

Τέλος παρουσιάζουμε ορισμένα είδη φραγμάτων που χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις θαλάσσιας ρύπανσης από πετρελαιοειδή (Σχήμα 10) (Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου Και Νησιωτικής Πολιτικής Λιμενικό Σώμα (2009)).



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 10. Πλωτά φράγματα (<http://www.anatropinews.gr/>,<http://www.oilspillresponse.gr/proion/gr>)

2.2 Πετρελαιοσυλλέκτες

Οι πετρελαιοσυλλέκτες (Skimmers) είναι μηχανικές συσκευές που έχουν ειδικά κατασκευαστεί για να συλλέγουν το πετρέλαιο από την επιφάνεια της θάλασσας, χωρίς ωστόσο να αλλάξουν τα φυσικά ή και τα χημικά χαρακτηριστικά του. Ειδικότερα οι συσκευές αυτές έχουν σχεδιαστεί με βασικό σκοπό την καλή λειτουργία και τον εύκολο χειρισμό του κάθε μέρους του εξοπλισμού. Έχει την δυνατότητα να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα στην περιοχή της ρύπανσης και να εγκαθίσταται πολύ εύκολα αρκεί να συνδεθεί η έξοδος της αναρροφητικής αντλίας με μια δεξαμενή συλλεγόντων πετρελαιοειδών. Οι συγκεκριμένες συσκευές έχουν την δυνατότητα να μπορούν να περισυλλέξουν οποιοδήποτε πετρελαιοειδές, σε όποια θερμοκρασία και να είναι, αρκεί να είναι σε ρευστή μορφή. Ο δε ρυθμός συλλογής των συσκευών αυτών εξαρτάται σε πολύ μεγάλο ρυθμό από την ταχύτητα περιστροφής των δίσκων που διαθέτουν, το εκάστοτε ιξώδες του πετρελαιοειδούς, το πάχος της πετρελαιοκηλίδας και το βαθμό γαλακτοποίησης των πετρελαιοκηλίδων. Στο Σχήμα 11 παρουσιάζονται ενδεικτικά διάφορες συσκευές πετρελαιοσυλλεκτών (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004).



(α)



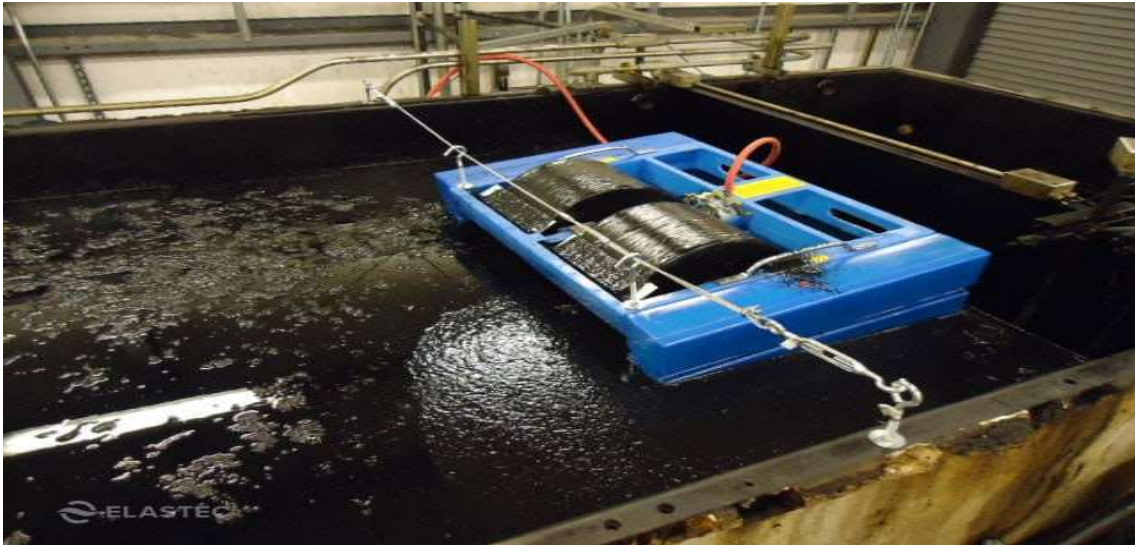
(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Σχήμα 11. Πετρελαιοσυλλέκτες (skimmers)

www.puretechindia.com, [/www.nauticexpo.com](http://www.nauticexpo.com), www.lamor.com)

2.3 Σκάφη περισυλλογής

Τα σκάφη περισυλλογής (skimmers vessels) είναι σκάφη ειδικού τύπου που έχουν προσαρμοσμένη με ειδικό σχεδιασμό κάποιο τύπο συσκευής περισυλλογής και χρησιμοποιούνται πρωτίστως για την ανάκτηση του επιφανειακού στρώματος του ρύπου (πετρελαίου κατά κύριο λόγο) από τη θάλασσα (Σχήμα 12) (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004).



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Σχήμα 12. Σκάφη περισυλλογής πετρελαίου (www.nj.gov/pvsc/protect/skim/, www.nauticexpo.com/boat-manufacturer/ship-oil-skimmer-21353.html)

2.4 Συσκευές εκτόξευσης χημικών διασκορπιστικών

Είναι γνωστό ότι τα χημικά διασκορπιστικά είναι μίγματα από οργανικούς διαλύτες που περιλαμβάνουν ουσίες που μειώνουν την επιφανειακή τάση μεταξύ πετρελαίου και νερού. Πιο αναλυτικά η δράση των ουσιών αυτών καθιστά δυνατή την διάσπαση μιας πετρελαιοκηλίδας σε πολύ μικρά σταγονίδια που εν συνεχεία αυτά διασκορπίζονται γρήγορα στην υδάτινη στήλη λόγω της φυσικής κίνησης που έχει το νερό. Τα πρώτα χημικά διασκορπιστικά που χρησιμοποιήθηκαν τη δεκαετία του '60 αποτελούνταν από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι ήταν ιδιαίτερα τοξικοί, προκαλώντας επικίνδυνες επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Μάλιστα η επικινδυνότητά τους ανάγκασε τις αρχές να θεσπίσουν κατάλληλο νομικό πλαίσιο, με το οποίο απέκλειαν ευαίσθητες περιοχές από τη χρήση χημικών διασκορπιστικών. Ωστόσο τα σημερινά χημικά διασκορπιστικά δεν είναι τόσο τοξικά. Μετά την χρήση των χημικών διασκορπιστικών τα μικρά αυτά σταγονίδια μπορούν να ανέβουν αργά στην επιφάνεια του νερού όταν αυτό παραμένει ακίνητο, ενώ ειδικά συστατικά που υπάρχουν στα χημικά διασκορπιστικά εμποδίζουν την επανασυσσωμάτωσή τους. Επιπλέον, η απόδοσή τους ευνοείται σε μεγάλο βαθμό από τον κυματισμό της θάλασσας, καθώς εμφανίζουν αυξημένη αποδοτικότητα εκεί που οι υπόλοιπες μέθοδοι αδυνατούν να ανταπεξέλθουν. Εντούτοις παράλληλα, εφόσον υπάρχει το απαραίτητο νομικό πλαίσιο, αποτελούν την ταχύτερη μέθοδο απορρύπανσης (Handbook ITOPF 2017-2018; Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004).

Σε γενικές γραμμές δύο είναι οι τύποι διασκορπιστικών πετρελαίου που χρησιμοποιούνται και οι οποίοι είναι τα “ Συμπυκνωμένα” και τα “ Συμβατικά”. Τα συμπυκνωμένα διασκορπιστικά είναι μίγματα γαλακτοποιητών, διϋγραντών και οξυγονομένων διαλυτών, ενώ τα συμβατικά είναι διαλύτες με βάση τους υδρογονάνθρακες και περιέχουν μίγμα γαλακτοποιητικών. Τα τελευταία διαθέτουν λιγότερα ενεργά συστατικά από τα συμπυκνωμένα και σε γενικές γραμμές επιφέρουν ταχύτερο και καλύτερο διασκορπισμό του πετρελαίου.

Γενικά τα διασκορπιστικά αποτελούνται από δύο κύρια συστατικά. Ένα προσκολλητικό επιφανείας και κατάλληλο διαλύτη. Πιο αναλυτικά τα προσκολλητικά είναι μόρια που έλκονται από δύο διαφορετικά υγρά, τα οποία δεν αναμιγνύονται και τα οποία δεν δρουν ως διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ τους. Μάλιστα ένα μέρος των ουσιών αυτών παρουσιάζει ελαιοφιλικές ιδιότητες ενώ την ίδια στιγμή έλκεται από το νερό, ενώ ο διαλύτης συντελεί στην διάσπαση του πετρελαίου σε σταγονίδια. Η μεγάλη διαφορά που εμφανίζεται μεταξύ της χρήσης χημικών διασκορπιστικών και των μηχανικών μεθόδων είναι ότι το πετρέλαιο δεν απομακρύνεται άμεσα

από το θαλάσσιο περιβάλλον, απλώς διασκορπίζεται σε αυτό, μειώνοντας κατά αυτό το τρόπο τις επιπτώσεις. Στην πραγματικότητα η αναλογία διασκορπιστικού προς το πετρέλαιο είναι 1:15 για τα αδιάλυτα συμπυκνωμένα διασκορπιστικά και 1:2 για τα συμβατικά και τα συμπυκνωμένα (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004; Χριστοφορίδης, 2010).

Επιπλέον από εργαστηριακές δοκιμές και μελέτες έχει αποδειχθεί ότι τα συμβατικά ή αλλιώς τα συμπυκνωμένα διασκορπιστικά, που έχουν διαλυθεί σε νερό μπορούν να διασκορπίσουν μέχρι 8πλάσιο όγκο πετρελαίου, ενώ τα συμπυκνωμένα (αδιάλυτα) διασκορπιστικά μπορούν να διασκορπίσουν μέχρι και 80πλάσιο όγκο πετρελαίου (Ζαγοραίος, 2008).

Στην πραγματικότητα οι συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο χώρο δεν είναι ποτέ αυτές που επιθυμεί κανείς. Ειδικότερα οι κηλίδες του πετρελαίου δεν καλύπτουν ποτέ ομοιόμορφα την επιφάνεια του θαλάσσιου χώρου αλλά αντίθετα διασπάται σε μικρότερα κομμάτια και το κυριότερο, το πάχος του δεν είναι το ίδιο σε όλη την επιφάνεια που καλύφθηκε από το πετρέλαιο. Οπότε είναι ξεκάθαρο ότι η δόση διασκορπιστικού που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι περισσότερη ή λιγότερη από την κανονική δόση. Ωστόσο με τελευταίες έρευνες που έχουν γίνει, αναφέρουν ότι είναι πολύ σπάνιο γεγονός το πετρέλαιο να διασκορπιστεί σε βάθος μεγαλύτερο από 2 μέτρα και σε ορισμένες περιπτώσεις θα ακολουθήσει η διάλυσή του σε χαμηλότερα σημεία της υδάτινης στήλης (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004).

Ο γενικότερος βαθμός διασκορπισμού μίας κηλίδας πετρελαίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σημείο ροής της και το ιξώδες σε θερμοκρασία θάλασσας. Οι καιρικές συνθήκες και η γαλακτοποίηση αυξάνουν γρήγορα το ιξώδες και τον βαθμό ρευστότητας με επακόλουθο την αύξηση της αντίστασης στο διασκορπισμό. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει η κατάσταση της θάλασσας, η θερμοκρασία και η αλατότητα. Επιπρόσθετα οι χρήστες διασκορπιστικών θα πρέπει να εξετάσουν τις θερμοκρασίες θάλασσας που επικρατούν κατά το χρόνο της διαρροής, τις φυσικές ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας, την κατάσταση της θάλασσας και το διαθέσιμο τύπο διασκορπιστικών. Μάλιστα σε περιπτώσεις που οι συνθήκες θάλασσας είναι δύσκολες και η χρήση μηχανικών μέσων δεν ενδείκνυται, τα διασκορπιστικά είναι η μόνη μέθοδος που είναι ικανή να διαλύσει το πετρέλαιο προκειμένου να αποφευχθεί η ρύπανση των ακτών (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004; Ζαγοραίος, 2008).

Σε περίπτωση ανοικτής θάλασσας είναι δυνατόν τα χημικά να εκτοξεύονται από πλοία και αεροσκάφη (Σχήμα 13), ενώ σε προστατευόμενες περιοχές είναι δυνατόν να εκτοξευθούν από φορητές συσκευές ή οχήματα που είναι εφοδιασμένα με ψεκαστικό εξοπλισμό και σε ορισμένες

περιπτώσεις από αεροσκάφη. Αξίζει να τονίσουμε ότι είναι απαραίτητο να γίνεται χρήση δοκιμασμένου εξοπλισμού και θα πρέπει να ακολουθούνται απαραίτητως οι οδηγίες των κατασκευαστών του εξοπλισμού και των διασκορπιστικών. Επίσης οι εργασίες εκτόξευσης διασκορπιστικών θα πρέπει να αρχίζουν όσο το δυνατό γρηγορότερα μετά την οριστική απόφαση για χρήση διασκορπιστικών. Μάλιστα πολλά πετρέλαια σχηματίζουν σταθερά γαλακτώματα νερού στο πετρέλαιο (chocolate mousse), όπου το ιξώδες είναι μεγαλύτερο από αυτό του αρχικού πετρελαίου.

Το γαλακτοποιημένο πετρέλαιο είναι πολύ δύσκολο να διασκορπισθεί, οπότε είναι απαραίτητη η χρήση χημικών διασκορπιστικών προκειμένου να μην γίνει εκτεταμένη γαλακτοποίηση του πετρελαίου.

Τέλος οι φυσικές συνέπειες που προκαλεί η χρήση χημικών διασκορπιστικών στο περιβάλλον είναι:

- αν τα χημικά διασκορπιστικά χρησιμοποιηθούν αμέσως ή κατά την διάρκεια συνεχιζόμενης διαρροής, όπως συμβαίνει σε περιπτώσεις υπερχείλισης σε εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου, η άμεση έκλυση στην ατμόσφαιρα των υδρογοναθράκων μπορεί να περιορίσει και να μειώσει τον κίνδυνο έκρηξης και πυρκαγιάς.
- Το πετρέλαιο όταν απομακρύνεται από την επιφάνεια της θάλασσας δεν ρυπαίνει ούτε τις ακτές αλλά ούτε και τα πτηνά που ζουν στην επιφάνεια της. Ωστόσο το διασκορπισμένο πετρέλαιο στο νερό μπορεί να προκαλέσει την μόλυνση ψαριών και οστρακοειδών για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα που εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες.
- Δεν σχηματίζεται γαλάκτωμα πετρελαίου σε νερό.
- Η ποσότητα του διασκορπιστικού που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει εφικτός ο διασκορπισμός της πετρελαιοκηλίδας προστίθεται στο οικοσύστημα.
- Εξαιτίας των θαλάσσιων ρευμάτων και της εν γένει κυκλοφορίας του νερού το διαλυμένο νερό και τα σταγονίδια μπορούν να υποστούν χημικές, φυσικές και βιολογικές αλλαγές.



(α)



(β)

Σχήμα 13. Τρόποι χρήσης διασκορπιστικών μέσων (με αεροπλάνο, σκάφος) (www.emaze.com)

2.5 Απορροφητικές ουσίες

Οι απορροφητικές ουσίες είναι υλικά που έχουν απορροφητικές ή προσκολλητικές ιδιότητες προκειμένου να μπορούν να περισυλλέγουν ρευστά (Σχήμα 14). Μάλιστα τα απορροφητικά υλικά είναι ειδικά σχεδιασμένα προκειμένου να περισυλλέγουν πετρέλαιο από την επιφάνεια του νερού.

Τα υλικά αυτά διακρίνονται ανάλογα με την πρώτη ύλη κατασκευής τους στις εξής βασικές κατηγορίες:

- Τα κατεργασμένα Φυτικά (Natural Organic Sorbents)
- Τα κατεργασμένα Ορυκτά (Mineral Sorbents)
- Τα Συνθετικά - Πολυμερή (Synthetic Sorbents)

Με βάση την μορφή που διατίθενται στην αγορά μπορούν να διαχωριστούν σε 2 κατηγορίες (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004) στα:

- Απορροφητικά Χύμα: Πιο ειδικά τα προϊόντα αυτής της μορφής είναι συνήθως λεπτά σωματίδια, σκόνες, μικρού μεγέθους, οργανικές ίνες ή ενδεχομένως βιομηχανικά κατάλοιπα.
- Απορροφητικά Φράγματα-μαξιλάρια-φύλλα: τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατασκευάζονται υπό την μορφή φραγμάτων, ή μαξιλαριών ή φύλλων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση και καταπολέμηση μικρών διαρροών ή προς το τέλος των εργασιών καθαρισμού (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004). Πιο αναλυτικά τα απορροφητικά υλικά διασκορπίζονται στην περιοχή που βρίσκονται οι πετρελαιοκηλίδες όπου αφήνονται να κορεστούν από το πετρέλαιο και εν συνεχεία περισυλλέγονται. Ακόμα αξίζει να αναφέρουμε ότι χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό και με άλλα μέσα απορρύπανσης (Ζαγοραίος 2008).

Στις περισσότερες περιπτώσεις η ποσότητα απορροφητικών που είναι απαραίτητη για την άμεση αντιμετώπιση των μεγάλων πετρελαιοκηλίδων καθιστούν τελικά τη χρήση εφικτή μόνο για πετρελαιοκηλίδες μεσαίων και μικρών μεγεθών που αντιστοιχεί σε λίγους τόννους. Σε

γενικές γραμμές ο τρόπος λειτουργίας των απορροφητικών μέσων είναι ως εξής αφού διασκορπιστούν πάνω στην περιοχή επιφάνειας της κηλίδας, εν συνεχεία μπορούν να κορεστούν και να συλλεχθούν (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004).

Για να είμαστε σε θέση να χαρακτηρίσουμε την απόδοση των απορροφητικών υλικών έχουμε τα εξής μεγέθη. Αρχικά έχουμε την

- Απορροφητική Ικανότητα (Recovery Capacity): Είναι ο λόγος της συνολικής ποσότητας πετρελαίου που ανακτάται προς το βάρος του απορροφητικού μέσου.
- Απόδοση Απορροφητικότητας (Recovery Efficiency): Πρόκειται για το λόγο της ποσότητας της ρυπογόνου ουσίας (πετρέλαιο εν προκειμένω) προς την συνολική ποσότητα μίγματος νερού-πετρελαίου που ανακτάται. Πρόκειται για ένα μέγεθος που μπορεί να χαρακτηρίσει ένα υλικό αν είναι ελαιοφιλικό (παρουσιάζει συγγένεια με το πετρέλαιο ή όχι).
- Χρόνου Κορεσμού (Recovery Rate): Αποτελεί ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει την ποσότητα του ρύπου που μπορεί να ανακτηθεί στην μονάδα του χρόνου. Οπότε πρακτικά, θα πρέπει τα απορροφητικά να παρουσιάζουν πολύ καλές ελαιοφιλικές ιδιότητες. Συνήθως τα αποτελεσματικά απορροφητικά είναι αβύθιστα και απωθούν το νερό. Επιπλέον τα απορροφητικά υλικά για να είναι αρκετά αποτελεσματικά θα πρέπει να εκδηλώνουν μικρό χρόνο κορεσμού, μεγάλη απορροφητική ικανότητα, να έχουν μεγάλη αντοχή συγκράτησης του πετρελαίου και να αντέχουν σε μεγάλο βαθμό κατά την ανάκτηση αυτού. (Τριανταφύλλου, Βεργέτης, 2004; Ζαγοραίος 2008)



Σχήμα 14. Απορροφητικά Υλικά [Πηγή: www.oilspillsolutions.org]

2.6 Επιτόπια καύση

Η επιτόπια καύση (in-situ burning) είναι ένας όρος που σημαίνει την ελεγχόμενη καύση του πετρελαίου στο σημείο της εκροής του στη θάλασσα και αποτελεί την πιο σύγχρονη μέθοδο αντιμετώπισης των εκτεταμένων κυρίως περιστατικών ρύπανσης (Σχήμα 15). Σημαντικό στοιχείο για την επιτυχία της μεθόδου είναι η ύπαρξη πυρίμαχων φραγμάτων, προκειμένου να περιορίζεται η έκταση του ρυπαντή και να αυξάνεται το πάχος της κηλίδας, που δεν πρέπει να είναι μικρότερο από μερικά χιλιοστά. Παράλληλα, η μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική (σε ποσοστό έως και 99%) στην πρώτη φάση του ατυχήματος, προτού δηλαδή εξατμισθούν τα εύφλεκτα συστατικά του πετρελαίου ή εξελιχθεί το φαινόμενο της γήρανσης της κηλίδας. Για να μπορέσει να επιτευχθεί η επιτόπια καύση θα πρέπει το πετρέλαιο να περιοριστεί προκειμένου η πετρελαιοκηλίδα να αποκτήσει ένα ελάχιστο πάχος και να υπάρχει μια πηγή ανάφλεξης. Με λίγα λόγια οι συνθήκες που θα πρέπει να υπάρχουν για να μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος είναι οι ακόλουθες:

- Θα πρέπει το ελάχιστο πάχος της κηλίδας να είναι περίπου 2-3 χιλιοστά προκειμένου να παρέχεται ένα σταθερό καύσιμο και να μπορεί να αντιμετωπιστεί ο ανασχετικός ρόλος του νερού. Κατά την καύση του πετρελαίου αυτό που συνήθως καίγεται είναι οι ατμοί του πετρελαίου και σε πολύ μικρό βαθμό το υγρό πετρέλαιο. Μάλιστα ένα μικρό

ποσοστό της ενέργειας που απελευθερώνεται από την καύση απορροφάται από το πετρέλαιο προκαλώντας περαιτέρω εξάτμιση και συνέχιση της καύσης. Σε περίπτωση που το πάχος της πετρελαιοκηλίδας είναι μικρότερο από 2-3 χιλιοστά τότε η θερμότητα απορροφάται από το νερό με αποτέλεσμα να μην παράγονται ατμοί πετρελαίου και η καύση να σταματά παντελώς. Μάλιστα η αύξηση του πάχους της πετρελαιοκηλίδας επιτυγχάνεται με άκαυστα φράγματα που περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό την εξάπλωση του πετρελαίου.

- Από πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχει διαπιστωθεί ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι εφικτή όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ήπιες. Ειδικότερα θα πρέπει οι ταχύτητες των ανέμων στην περιοχή που βρίσκεται η πετρελαιοκηλίδα να είναι χαμηλότερες από 5 μποφόρ και το ύψος των κυμάτων να μην ξεπερνάει τα 3 πόδια. Διαφορετικά το πετρέλαιο δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να συγκρατηθεί στα φράγματα και η γαλακτοποίηση προχωρά αργά.
- Οπότε λόγω της γαλακτοποίησης, το πετρέλαιο αναμιγνύεται με το νερό και θα πρέπει το νερό να είναι το 25% του όγκου του πετρελαίου προκειμένου να μπορεί να επιτευχθεί και να συντηρηθεί η καύση.
- Λόγω του γεγονότος ότι τα ελαφρά κλάσματα του πετρελαίου είναι πολύ πιο εύφλεκτα από τα βαριά αλλά ταυτόχρονα και πιο πτητικά το ποσοστό του πετρελαίου που έχει εξατμιστεί θα πρέπει να είναι λιγότερο από 30%.
- Τα θαλάσσια ρεύματα στην περιοχή της πετρελαιοκηλίδας θα πρέπει να έχουν ταχύτητα μικρότερη από έναν κόμβο καθώς υπό άλλες συνθήκες το πετρέλαιο θα διαφύγει είτε πάνω ή είτε κάτω από το φράγμα.

Εύκολα κανείς καταλαβαίνει ότι το χρονικό περιθώριο για την εφαρμογή της μεθόδου είναι αρκετά μικρό. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει κανείς για να χρησιμοποιήσει την συγκεκριμένη μέθοδο είναι:

- Η ανάφλεξη και η διατήρηση της καύσης του πετρελαίου που σαν διαδικασία είναι αρκετά δύσκολη λόγω των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, του κυματισμού και της μεταβολής των ιδιοτήτων του πετρελαίου καθώς περνάει ο χρόνος.
- Σε περίπτωση που η καύση επιτευχθεί τότε εκπέμπονται αέριοι ρύποι όπως είναι για παράδειγμα το μονοξείδιο του άνθρακα και ο καπνός που είναι επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία. Οπότε είναι πασιφανές, ότι η καύση πετρελαίου θα πρέπει να γίνεται στην ανοιχτή θάλασσα και όχι κοντά στις ακτές.
- Οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν την μέθοδο αυτή ώστε να αντιμετωπίσουν την πετρελαιοκηλίδα.
- Κατά την καύση του πετρελαίου τα πιο βαριά κλάσματα παραμένουν άκαυστα και δημιουργούν στερεά υπολείμματα που εν συνεχεία βυθίζονται.

Τέλος καταλαβαίνει κανείς ότι η επιτόπου καύση θα πρέπει να εκτελείται σε πολύ μικρό χρόνο μετά την διαρροή προκειμένου να μην εξατμιστεί ή γαλακτοποιηθεί. Απαιτεί ήπιες καιρικές συνθήκες ώστε να μπορεί να περιοριστεί η περαιτέρω ρύπανση του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Ταυτόχρονα θα πρέπει να υπάρχει άριστος συντονισμός της επιχείρησης με άριστα και εξοπλισμένα σκάφη ώστε να περατώνεται με σημαντική επιτυχία και να μην εκτίθεται όσο γίνεται εφικτό ο πληθυσμός στους αέριους ρύπους. Η δε διαδικασία ολοκληρώνεται με τη μηχανική περισυλλογή των καταλοίπων της καύσης (Handbook ITOPF, 2017-2018).



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 15. Επι τόπια καύση πετρελαιοκηλίδων [Πηγή: www.linkedin.com/pulse/does-your-offshore-spill-response-plan-include-ala-a-hamdani-pmp, www.elastec.com/products/]

2.7 Η μέθοδος της βιοαποκατάστασης

Η εφαρμογή της μεθόδου της βιοαποκατάστασης (bioremediation) έχει στόχο να ενισχύει τη φυσική διεργασία διάσπασης του πετρελαίου με χρήση μικροοργανισμών (Σχήμα 16). Πραγματοποιείται με τη χρήση διασκορπιστικών και θρεπτικών συστατικών. Πιο αναλυτικά η βιοδιάσπαση λαμβάνει χώρα στη διεπιφάνεια πετρελαίου–νερού. Οπότε, η αύξηση της διεπιφάνειας κάνοντας χρήση των διασκορπιστικών βελτιώνει σε σημαντικό βαθμό τη ρυθμούς της βιοδιάσπασης. Επίσης όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενα εδάφια ο ρόλος των χημικών διασκορπιστικών είναι να βοηθούν τη μεταφορά του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού σε όλη τη στήλη του νερού, υπό μορφή μικρών σταγονιδίων πετρελαίου σε νερό, αυξάνοντας κατά αυτό τον τρόπο τον λόγο επιφάνειας/όγκο και διευκολύνοντας συνάμα τη βιοδιάσπαση.

Το μεγαλύτερο σύνολο των μικροοργανισμών διασπά της οργανικές ουσίες που παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη αναλογία άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Η δε παρουσία του πετρελαίου αυξάνει σε σημαντικό βαθμό το ποσοστό του άνθρακα με συνέπεια η αναλογία C:N:P να μην ευνοεί τη βιοδιάσπαση. Οπότε για αυτό το λόγο, προστίθενται στην πετρελαιοκηλίδα νιτρικές και φωσφορικές ουσίες. Η μέθοδος αυτή καταπολέμησης των πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιήθηκε στο ατύχημα του Exxon Valdez, χωρίς όμως να έχει

επαληθευτεί σε πλήρη βαθμό η αποτελεσματικότητά της. Ωστόσο το μόνο σίγουρο είναι ότι η αποκατάσταση βαριά ρυπασμένων περιοχών μπορεί να διαρκέσει για χρονικά διαστήματα που ξεκινούν από μήνες και διαρκούν χρόνια.

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε επίσης στη διαρροή του Deepwater Horizon στον Κόλπο του Μεξικού με σαφώς καλύτερα αποτελέσματα. Ο λόγος είναι ότι στον Κόλπο του Μεξικού υπάρχουν ήδη φυσικές υποθαλάσσιες διαρροές πετρελαίου, οπότε υπάρχουν ήδη πληθυσμοί μικροοργανισμών που είναι έτοιμοι να διασπασουν το πετρέλαιο. Επιπλέον το πετρέλαιο εκτοξευόταν από μεγάλο βάθος προς την επιφάνεια και κατά την διάρκεια της πορείας του διασκορπιζόταν. Επίσης η φύση του πετρελαίου (ελαφρύ πετρέλαιο) ήταν τέτοια που ευνοούσε την διασπορά του. Επιπρόσθετα ο τρόπος αντιμετώπισης του συμβάντος αυτού στηριζόταν αποκλειστικά στην χρήση χημικών διασκορπιστικών στο σημείο εκροής του πετρελαίου που έφτανε τα 1500 μέτρα προκειμένου να μπορεί να διασπείρεται στη στήλη του νερού και να μην μπορεί να φτάσει στη επιφάνεια δημιουργώντας πετρελαιοκηλίδα. Ωστόσο ούτε και σε αυτή την περίπτωση η μέθοδος της βιοδιάσπασης δεν είχε τα αναμενόμενα αποτελέσματα σε ορισμένες ουσίες που απαρτίζουν το πετρέλαιο όπως είναι το ασφαλικό υπόλειμμα (Handbook ITOPF, 2014).



(α)



(β)

Σχήμα 16. Εφαρμογή βιοδιάσπασης [Πηγή: www.soil-bio-remediation.com]

2.8 Καθαρισμός των ακτών

Για να μπορεί να γίνει εφικτός ο καθαρισμός των ακτών είναι απαραίτητο καθοριστεί σε σύντομο χρονικό διάστημα ο βαθμός και ο τύπος ρύπανσης καθώς και άλλα χαρακτηριστικά όπως είναι το μήκος των ακτών, η μορφή τους και η προσβασιμότητα τους. Μετά την διαρροή της πετρελαιοκηλίδας είναι απαραίτητο να ξεκινήσει σε άμεσο χρόνο ο καθαρισμός των ακτών διότι το πετρέλαιο έχει την ιδιότητα να μετασχηματίζεται, να αναμειγνύεται με την άμμο της περιοχής και να κολλάει με έντονο τρόπο στα βράχια (Σχήμα 17).

Οπότε ο καθαρισμός της ακτής πραγματοποιείται συνήθως σε τρία στάδια. Ειδικότερα το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου προκειμένου να μην υπάρχει κίνδυνος να "επιστρέψει" πίσω στη θάλασσα και να ρυπάνει γειτονικές καθαρές περιοχές. Το δεύτερο στάδιο που είναι αρκετά χρονοβόρο περιλαμβάνει την αφαίρεση του εναπομείναντος πετρελαίου όπως και του ρυπασμένου υλικού της ακτής. Το τρίτο και τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την απομάκρυνση των τελευταίων κηλίδων εάν αυτό είναι απαραίτητο.

Ωστόσο σε κάθε περίπτωση θα πρέπει οι υπεύθυνοι να λαμβάνουν υπόψιν την οικολογική σημασία της εκάστοτε ακτής, προκειμένου να μπορεί να διασφαλιστεί ότι ο καθαρισμός σε καμιά περίπτωση δεν θα προκαλέσει μεγαλύτερες βλάβες από εκείνες που έχει προκαλέσει το ίδιο το πετρέλαιο (Handbook ITOPF, 2014).

Για την απομάκρυνση του πετρελαίου από τις ακτογραμμές υπάρχει ένα σύνολο τεχνολογιών, από τις οποίες θα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά η κατάλληλη ανάλογα με το είδος της ακτής και το στάδιο καθαρισμού. Δηλαδή για παράδειγμα, στο πρώτο στάδιο καθαρισμού μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι άντλησης. Σε περιπτώσεις που πετρέλαιο έχει εισχωρήσει στην άμμο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μια ποικιλία μεθόδων και μηχανημάτων. Σε περίπτωση που οι ακτές δεν είναι προσβάσιμες από σκάφη ή παρουσιάζουν κάποια ευαισθησία περιβαλλοντική τότε στον καθαρισμό επεμβαίνει ανθρώπινο δυναμικό με την χρήση φτυαριών προκειμένου να μπορέσει να απομακρύνει το πετρέλαιο από εκεί (Σχήμα 17). Κατά το δεύτερο στάδιο μπορεί να γίνει ξέπλυμα της ακτής με μεγάλες ποσότητες νερού χαμηλής πίεσης, προκειμένου να απομακρυνθεί προσκολλημένο πετρέλαιο. Στο τρίτο στάδιο καθαρισμού μπορεί να γίνει έκπλυση του πετρελαίου σε σκληρές επιφάνειες όπως είναι τα βράχια, τοιχώματα λιμανιού με ζεστό ή κρύο νερό υψηλής πίεσης. Στο στάδιο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της βιοδιάσπασης και εν συνεχεία να χρησιμοποιηθούν προσροφητικά υλικά για την συλλογή του (Handbook ITOPI, 2017-2018).

Ο καθαρισμός μιας ακτής μπορεί να επιτευχθεί με φυσικό τρόπο και εφόσον περάσει κάποιο χρονικό διάστημα καθώς το πετρέλαιο έχει την ιδιότητα να μετασχηματίζεται. Μάλιστα σε ακτές που οι κυματισμοί είναι υψηλοί είναι παραπάνω από πιθανόν ότι θα καθαριστούν μόνες τους και με φυσικό τρόπο, ενώ σε αμμώδεις περιοχές που ο κυματισμός είναι χαμηλός ο φυσικός μετασχηματισμός είναι αργός και το πετρέλαιο μπορεί να μείνει ανεπηρέαστο για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η μορφή των ακτογραμμών καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για το καθορισμό τους. Πιο αναλυτικά ακτογραμμές που παρουσιάζουν ανώμαλη επιφάνεια, με βραχώδη ανάγλυφα μπορούν να καθαριστούν με νερό χαμηλής πίεσης για ένα χρονικό διάστημα 2-3ημερών μέχρις ότου το πετρέλαιο βρεθεί στη θάλασσα και μπορεί να συλλεχθεί. Σε ακτές που υπάρχουν λιμάνια (τοιχώματα) και βράχια μπορούν να καθαριστούν με νερό υπό πίεση ή με ατμό ή με διασκορπιστικά. Σε περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν χημικές ουσίες θα πρέπει να συνοδεύονται από μεγάλες ποσότητες νερού ώστε να μπορεί να διασκορπιστεί το πετρέλαιο. Σε περιοχές που καλύπτονται από άμμο δεν ενδείκνυται η χρήση χημικών διασκορπιστικών, καθώς έχουν το μειονέκτημα ότι καθοδηγούν το πετρέλαιο σε βαθύτερα στρώματα του νερού από τα οποία ένα μόνο μέρος επανέρχεται με σπάνιως στην επιφάνεια. Οπότε για τον καθαρισμό των περιοχών αυτών, είναι απαραίτητη η

χρήση μπουλντόζων για την συλλογή των επιφανειακών στρωμάτων. Ωστόσο όλες οι προαναφερθείσες μέθοδοι-τεχνικές έχουν το μειονέκτημα ότι επιδρούν σε μεγάλο βαθμό με αρνητικό τρόπο τόσο στην γλωρίδα όσο και στην πανίδα της περιοχής. Έτσι για αυτό το λόγο προτείνεται μια άλλη μέθοδος όπως είναι η χρήση των απορροφητικών υλικών όπως είναι για παράδειγμα η ξερή βλάστηση και τα άχυρα που απορροφούν το πετρέλαιο και το απομακρύνουν. Σε ακτές που έχουν πυκνή βλάστηση από φύκια, μεγάλη ποσότητα πετρελαίου εγκλωβίζεται εκεί και εν συνεχεία πολλά από αυτά κόβονται και απομακρύνονται.

Με τις προαναφερθείσες μεθόδους επιτυγχάνεται ο καθαρισμός των ακτογραμμών αλλά σε μερικό επίπεδο. Επίσης, οι τεχνικές καθαρισμού των ακτών και της ανοιχτής θάλασσας έχουν το μειονέκτημα ότι παράγουν μεγάλες ποσότητες υλικών ρυπασμένες με πετρέλαιο όπως είναι για παράδειγμα τα καταστρεμμένα φράγματα, η άμμος, τα χαλίκια, τα πλαστικά και άλλα όπου η διαχείριση τους είναι δύσκολη και αρκετά δαπανηρή. Θα πρέπει να γίνεται μια συντονισμένη προσπάθεια ελαχιστοποίησης όσο γίνεται δυνατόν των απόβλητων αυτών, με κατάλληλη επιλογή υλικών και μεθόδων καθαρισμού. Έπειτα θα πρέπει να καθαρίζεται και να επαναχρησιμοποιείται ο εξοπλισμός και οι διαθέσιμοι πόροι, όπου είναι αυτό δυνατόν. Το πετρέλαιο που συλλέγεται θα πρέπει να υφίσταται επεξεργασία σε διωλιστήριο και ότι τυχόν απομένει θα πρέπει να διαχωρίζεται ανάλογα με το υλικό και τον βαθμό ρύπανσης και να διατίθεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορεί να ρυπάνει την ξηρά. Τέτοιες επιλογές είναι η καύση σε βιομηχανικούς κλιβάνους και η εναπόθεση τους σε χώρους υγειονομικής ταφής (Handbook ITOPF, 2017-2018).



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 17. Καθαρισμός ακτογραμμών (Πηγή: Handbook ITOPF, 2017-2018)



Σχήμα 18. Σακούλες γεμάτες με ρυπασμένα με πετρέλαιο απόβλητα από τον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας (www.commons.wikimedia.org/wiki/File:Valdez_Trash_Pile.jpg)

Κεφάλαιο 3: Οι επιπτώσεις της διαρροής πετρελαίου στο θαλάσσιο χώρο

3.1 Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις

Ο σχηματισμός των πετρελαιοκηλίδων μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες στη θαλάσσια ζωή, όπως φαίνεται από φωτογραφίες των νεκρών πουλιών που εμφανίζονται αμέσως στα ΜΜΕ μετά από μια διαρροή. Τέτοιες εικόνες ενισχύουν ακόμα περισσότερο την αντίληψη της τεράστιας περιβαλλοντολογικής ζημιάς που προκαλείται μετά από κάθε διαρροή πετρελαίου στο θαλάσσιο χώρο και της αναπόφευκτης απώλειας θαλάσσιων πόρων. Με βάση επιστημονικά δεδομένα η εκτίμηση των αποτελεσμάτων αποκαλύπτει ότι, ενώ οι βλάβες μπορεί να είναι μεγάλες ακόμα και σε επίπεδο μεμονωμένων οργανισμών, ωστόσο οι πληθυσμοί είναι πιο ανθεκτικοί και οι φυσικές διαδικασίες αποκατάστασης είναι ικανές για την πλήρη επαναφορά του φυσικού συστήματος και την επιστροφή του σε προγενέστερες συνθήκες,

Το πρώτο στάδιο στην προσπάθεια για την ανάκτηση του φυσικού περιβάλλοντος, μετά από ένα ατύχημα και διαρροή πετρελαίου, είναι συνήθως η εφαρμογή μιας καλής τεχνικής καθαρισμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι καθαρισμού μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη βλάβη, οπότε σε τέτοιες περιπτώσεις είναι καλύτερο κανείς να αφήσει το περιβάλλον από μόνο του να επανέλθει.

Το θαλάσσιο οικοσύστημα είναι ιδιαίτερα περίπλοκο και χαρακτηριστικά όπως οι φυσικές διακυμάνσεις, η ποικιλία και η δομή των ειδών είναι σήμα κατατεθέν της ομαλής λειτουργίας του. Η έκταση της ζημιάς μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστεί εξαιτίας της μεταβλητότητας του υποβάθρου. Παρ' όλα αυτά, το κλειδί για την κατανόηση του μεγέθους της ζημιάς είναι η απότομη πτώση στην παραγωγικότητα των ειδών, την ποικιλομορφία και την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Η φύση και η διάρκεια της επίπτωσης που προκαλείται από τη διαρροή πετρελαίου εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων. Αυτοί περιλαμβάνουν το είδος του πετρελαίου, την ποσότητα και τη συμπεριφορά του, τα φυσικά χαρακτηριστικά της πληγείσας περιοχής, τις καιρικές συνθήκες, το είδος εφαρμογής καθαρισμού και την αποτελεσματικότητά του, τα οικονομικά και βιολογικά

χαρακτηριστικά της περιοχής και της ευαισθησίας που παρουσιάζουν στην ρύπανση από πετρέλαιο.

Οι επιπτώσεις που εμφανίζονται στους θαλάσσιους οργανισμούς ποικίλουν με βάση τη τοξικότητα, καθώς η παρουσία τοξικών συστατικών δεν προκαλεί πάντα θνησιμότητα, αλλά μπορεί να προκαλέσει προσωρινά αποτελέσματα όπως η νάρκωση και η μόλυνση των ιστών, που συνήθως υποχωρούν με την πάροδο του χρόνου. Ορισμένα παραδείγματα επίδρασης του πετρελαίου (Handbook ITOPF, 2017-2018) περιγράφονται σε επόμενη παράγραφο.

3.1.1 Πλαγκτόν

Είναι γνωστή η σπουδαιότητα του πλαγκτόν τόσο στην πρωτογενή παραγωγικότητα των ωκεανών και σε ότι φιλοξενεί τα αυγά των ψαριών, των οστρακοειδών και τους οργανισμούς της ακτογραμμής. Ωστόσο υπάρχουν λίγα στοιχεία που αποδεικνύουν εκτεταμένη βλάβη σε αυτό λόγω των διαρροών πετρελαίου που μεταφράζεται σε μακροπρόθεσμες ζημιές. (Handbook ITOPF, 2017-2018).

3.1.2 Θαλάσσια πτηνά

Τα θαλάσσια πτηνά ανήκουν στην κατηγορία των περισσότερο ευάλωτων «κατοίκων» της ανοιχτής θάλασσας καθώς μπορούν εύκολα να τους προκληθούν βλάβες λόγω της παρουσίας επιπλέοντος πετρελαίου. Μάλιστα πολλά είδη πουλιών βουτούν για να τραφούν ή συναθροίζονται στην επιφάνεια της θάλασσας θέτοντας σε μεγάλο κίνδυνο την ζωή τους. Η πιο συνηθισμένη αιτία θανάτου των πτηνών είναι από πνιγμό, πείνα και απώλεια θερμότητας λόγω ρύπανσης των φτερών τους από πετρέλαιο.

Μερικά είδη πουλιών είναι περισσότερο επιρρεπή στις επιπτώσεις του πετρελαίου σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη. Η πλήρης και επιτυχή αποκατάσταση εξαρτάται από την έγκαιρη κινητοποίηση της ομάδας των εμπειρογνομόνων και την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων και πρωτοκόλλων.

Η θνησιμότητα των περισσότερων πτηνών συμβαίνει κατά τη διάρκεια των διαρροών πετρελαίου κα μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις η έκχυση πετρελαίου έχει προκαλέσει την

καταστροφή ολόκληρων κοινοτήτων από πουλιά . Μερικά είδη για να αντιμετωπίσουν την κατάσταση αυτή αναπαράγονται πιο συχνά, ή νεότερα πουλιά ενώνονται με την ομάδα αναπαραγωγής.

Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να βοηθήσουν στην αποκατάσταση του πληθυσμού αν αυτή μπορεί να διαρκέσει αρκετά χρόνια καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι οι προμήθειες τροφίμων. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία διαρροών πετρελαίου που προκαλούν μακροπρόθεσμη επίδραση στον πληθυσμό τους (Handbook ITOPF, 2017-2018).

3.1.3 Θαλάσσια Θηλαστικά

Έχει διαπιστωθεί ότι θαλάσσια θηλαστικά όπως είναι οι φάλαινες και τα δελφίνια που κολυμπάνε στην ανοιχτή θάλασσα δεν φαίνεται να κινδυνεύουν ιδιαίτερα από την εμφάνιση πετρελαιοκηλίδων. Ωστόσο θηλαστικά όπως οι ενυδρίδες και οι φώκιες που εκτρέφονται στις ακτογραμμές είναι πολύ πιθανόν να αντιμετωπίσουν πρώτα το κίνδυνο της εμφάνισης πετρελαιοκηλίδας. Μάλιστα είδη που στηρίζονται στο τρίχωμα τους για να ρυθμίζουν την θερμοκρασία του δέρματος τους συνήθως είναι και αυτά που παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία. Γιατί σε περίπτωση που το τρίχωμα τους ρυπανθεί με πετρέλαιο, μπορεί να εμφανιστεί υποθερμία ή υπερθέρμανση σε αυτά και να επέλθει ο θάνατος τους (Handbook ITOPF, 2017-2018).

3.1.4 Παράκτια Ύδατα

Επιπτώσεις μπορεί να εμφανιστούν και στα ρηχά νερά, λόγω της ανάμειξης του πετρελαίου με τα κύματα της θάλασσας ή με τα διασκορπιστικά μέσα που έχουν χρησιμοποιηθεί με ακατάλληλο τρόπο. Σε πολλές περιπτώσεις, η χωρητικότητα διάλυσης είναι αρκετή ώστε να διατηρήσει τα επίπεδα του πετρελαίου σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις, που αν το είδος πετρελαίου είναι τοξικό ή έχει συμβεί ένα μεγάλο ατύχημα και έχει διασκορπιστεί μεγάλη ποσότητα πετρελαίου στη παράκτια περιοχή, έχουν προκληθεί τεράστιες απώλειες στους πληθυσμούς των οστρακοειδών. Τέλος υπάρχουν μελέτες που διαπιστώνουν ότι η ανάκαμψη πραγματοποιήθηκε σε πολύ μικρό διάστημα και οι επιπτώσεις ανιχνεύθηκαν μετά από λίγα χρόνια (Handbook ITOPF, 2017-2018).

3.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Η ρύπανση των παράκτιων περιοχών από πετρελαιοκηλίδες προκαλεί πρόβλημα σε δραστηριότητες όπως είναι η κολύμβηση, το ψάρεμα και οι καταδύσεις. Επίσης οι ιδιοκτήτες ξενοδοχειακών μονάδων και εστιατορίων και γενικότερα όσοι ασχολούνται με το τομέα του τουρισμού μπορεί να υποστούν οικονομικές ζημιές λόγω μιας πετρελαϊκής ρύπανσης. Οπότε η επιστροφή στις κανονικές συνθήκες πριν την ρύπανση απαιτούν την εφαρμογή αποτελεσματικών τεχνικών καθαρισμού και την ενίσχυση της σιγουριάς στο κοινό ότι τα πράγματα θα βελτιωθούν.

Επίσης οι βιομηχανίες που η λειτουργία τους βασίζεται στο θαλασσίνο νερό μπορεί να επηρεαστούν αρνητικά από τον σχηματισμό πετρελαιοκηλίδων. Μάλιστα σταθμοί παραγωγής ενέργειας και μονάδες αφαλάτωσης που αντλούν μεγάλες ποσότητες θαλάσσιου νερού μπορεί να κινδυνεύουν, ειδικά αν το νερό που χρησιμοποιούν βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, αυξάνοντας έτσι τη πιθανότητα να χρησιμοποιήσουν επιπλέον πετρέλαιο. Επίσης μπορεί να διαταραχθούν οι δραστηριότητες άλλων παράκτιων βιομηχανιών, όπως είναι τα ναυπηγεία και τα λιμάνια, από τον σχηματισμό πετρελαιοκηλίδων και τις τεχνικές καθαρισμού που θα εφαρμοστούν για την αποκατάσταση (Handbook ITOPF 2017-2018).

3.2.1 Αλιεία και Θαλασσοκαλλιέργειες

Ο σχηματισμός μιας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να βλάψει με άμεσο τρόπο τα σκάφη και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την αλίευση ή την καλλιέργεια θαλάσσιων ειδών. Μάλιστα ο πλωτός εξοπλισμός και οι παγίδες που εκτείνονται πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια είναι πιο πιθανό να ρυπανθούν από το επιπλέον πετρέλαιο, ενώ τα βυθισμένα δίχτυα είναι συνήθως καλά προστατευμένα με την προϋπόθεση ότι δεν ανυψώνονται από την επιφάνεια που περιέχει πετρέλαιο.

Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που μπορεί να επηρεάζονται από διασκορπισμένο ή βυθισμένο πετρέλαιο. Η δε λιγότερο συχνή αιτία θανάτου είναι αυτή που προκαλείται από σωματική μόλυνση ή στενή επαφή με εκχυόμενο πετρέλαιο σε ρηχά νερά όπου το νερό δεν ανανεώνεται σχεδόν καθόλου.

Η πιο συνηθισμένη αιτία οικονομικής ζημίας για τους αλιείς είναι η διακοπή της δραστηριότητας αλιείας λόγω της παρουσίας πετρελαίου ή λόγω της εφαρμογής τεχνικών

καθαρισμού της ευρύτερης περιοχής. Μερικές φορές αυτό προκύπτει από την προφύλαξη της αλίευσης και της πώληση ψαριών και οστρακοειδών από την περιοχή που έχει ρυπανθεί ώστε να διατηρηθεί η εμπιστοσύνη του αγοραστικού κοινού και κατ' επέκταση η προστασία των αλιευμάτων. Επίσης οι θαλάσσιες καλλιέργειες όπως είναι τα καλλιεργημένα φύκια και τα οστρακοειδή μπορεί να κινδυνεύουν σε μεγάλο ποσοστό από τις πετρελαιοκηλίδες καθώς το πετρέλαιο μπορεί να μολύνει τους πληθυσμούς αυτούς και να προκαλέσει μείωση του πληθυσμού τους.

Οπότε είναι σχεδόν πάντα απαραίτητο να γίνεται μια διεξοδική διερεύνηση της κατάστασης της αλιείας και των επιπτώσεων μιας πιθανής διαρροής πετρελαίου. Προκειμένου να μπορεί να γίνει μια καλύτερη εκτίμηση των ζημιών λόγω της ρύπανσης του πετρελαίου και να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα είναι απαραίτητο να γίνει σύγκριση των συνθηκών μετά την διαρροή πετρελαίου με τις συνθήκες που επικρατούσαν σε προγενέστερο χρόνο (Handbook ITOPE, 2017-2018).

Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

4.1 Συμπεράσματα

Είναι κατανοητό ότι τα περιστατικά ρύπανσης προκαλούν ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον, και μάλιστα πολύ συχνά αναφέρεται ότι ένα περιστατικό θαλάσσιας ρύπανσης αποτελεί μια «περιβαλλοντολογική καταστροφή» με τρομερές συνέπειες για την επιβίωση της θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας.

Η πραγματικότητα είναι ότι ακόμα και σε μεγάλης έκτασης περιστατικά (Torrey Canyon, Amoco Cadiz, Nakhodka, Erika, Prestige, και DEEPWATER HORIZON) από διαρροή πετρελαίου, οι αντίστοιχοι πληθυσμοί έδειξαν σημάδια γρήγορης ανάκαμψης.

Ωστόσο το πιο ίσως συναρπαστικό γεγονός είναι ότι η αλιεία και η θαλάσσια καλλιέργεια για τις περιοχές της Αλάσκας, της Ιαπωνίας, της Γαλικίας και του κόλπου του Μεξικού είναι ότι έχουν ανακάμψει σε τέτοιο επίπεδο όπως ήταν πριν λάβουν χώρα τα περιστατικά διαρροών πετρελαίου στην θάλασσα.

Παρόλα αυτά, σε βραχυπρόσθεσμο επίπεδο οι περιβαλλοντολογικές και οικονομικές επιδράσεις μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στους ανθρώπους που ζουν κοντά σε ρυπασμένη από πετρέλαιο ακτογραμμή, καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο ζωής τους. Το σίγουρο είναι ότι οι φυσικές διεργασίες, σε συνδυασμό με τις κατάλληλες τεχνικές καθαρισμού μπορούν να συμβάλουν στην γρήγορη και έγκαιρη αποκατάσταση του περιβάλλοντος (Handbook ITOPE, 2017-2018).

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Azevedo, A., Oliveira, A., Fortunato, A. B., Zhang, J., & Baptista, A. M. (2014). “A cross-scale numerical modeling system for management support of oil spill accidents”. *Marine Pollution Bulletin*, 80(1-2), 132–47
2. Boufadel, M. C., Bobo, A. M., & Xia, Y. (2011). “Feasibility of Deep Nutrients Delivery into a Prince William Sound Beach for the Bioremediation of the Exxon Valdez Oil Spill”. *Ground Water Monitoring and Remediation* 31(2):80 – 91.
3. Handbook ITOPF 2017-2018
4. Handbook ITOPF 2014
5. Samudro, G., & Mangkoedihardjo, S. (2012). “Assesment Framework for remediation technologies of oil polluted environment”, 4(2), 37–41
6. www.commons.wikimedia.org/wiki/File:Valdez_Trash_Pile.jpg
7. www.economist.gr
8. www.elastec.com/products
9. www.emaze.com
10. www.enet.gr
11. www.lamor.com
12. www.linkedin.com/pulse/does-your-offshore-spill-response-plan-include-ala-a-hamdan-pmp
13. www.nauticexpo.com
14. www.nj.gov/pvsc/protect/skim/
15. www.oilspillsolutions.org
16. www.oilspillresponse.gr
17. www.puretechindia.com
18. www.soil-bio-remediation.com

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Ζαγοραίος, Γ. (2008). *‘Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο’*. Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών. Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: 1-209
2. Τριανταφύλλου Γ., Βεργέτης Μ., 2004, *“Περιβάλλον & Ανάπτυξη - Ενότητα: Πετρελαιοκηλίδες.”*, Αθήνα
3. Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου Και Νησιωτικής Πολιτικής Λιμενικό Σώμα (2009), *“Πρόγραμμα Εθελοντικής Εκπαίδευσης και δράσης για Αντιμετώπιση Έκτακτων Αναγκών Και Ακραίων Καιρικών Φαινομένων*
4. Χριστοφορίδης Αχ. (2009). *“Προστασία Περιβάλλοντος”*. Τμήμα Τεχνολογίας Πετρελαίου, ΤΕΙ Καβάλας