



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**Δ.Π.Μ.Σ. «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις ατυχημάτων  
πετρελαιοκηλίδας από την υπεράκτια εξερεύνηση και εκμετάλλευση  
υδρογονανθράκων**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**Κωνσταντίνος Κυριαζόπουλος**

*Επιβλέπων:*

*Δημήτριος Δαμίγος, Καθηγητής ΕΜΠ*

**Αθήνα, 2020**

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**Δ.Π.Μ.Σ. «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις ατυχημάτων  
πετρελαιοκηλίδας από την υπεράκτια εξερεύνηση και εκμετάλλευση  
υδρογονανθράκων**

Μεταπτυχιακή εργασία η οποία υποβάλλεται για  
μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του  
Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Π. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

**Κωνσταντίνος Κυριαζόπουλος**

Επιβλέπων: Δημήτρης Δαμίγος, Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις 29/04/2020

Δημήτρης Δαμίγος, Καθηγητής ΕΜΠ .....

Σοφία Σταματάκη, Καθηγήτρια ΕΜΠ .....

Δημήτρης Καλιαμπάκος, Καθηγητής ΕΜΠ .....

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία, είναι αποτέλεσμα σκληρής δουλειάς και πραγματοποιήθηκε κάτω από συγκεκριμένες δυσκολίες και απαιτήσεις. Η συγκεκριμένη εργασία δεν αποτέλεσε μόνο βοηθό στη διεύρυνση των επιστημονικών γνώσεων και υποβάθρων που παρέχει το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, αλλά και μία χρήσιμη εμπειρία αντιμετώπισης ενός επιστημονικού προβλήματος, από την αρχή έως το τέλος, αξιοποιώντας μια σειρά από χρήσιμα επιστημονικά εργαλεία για τις σωρευτικές επιπτώσεις από το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας κατά τις υπεράκτιες εργασίες για την έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων.

Ως έμπνευση, για τη εκπόνηση του συγκεκριμένου θέματος, αποτέλεσε τόσο ο επιβλέπων καθηγητής μου, κ. Δημήτρης Δαμίγος, σε θέματα της οικονομικής του περιβάλλοντος, αλλά και οι καθηγητές από τις προπτυχιακές σπουδές μου, σχετικά με την έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δαμίγο για την ευκαιρία που μου έδωσε έτσι ώστε να μπορέσω να συνδυάσω, καθώς και να εντρυφήσω πάνω σε αυτά τα δύο επιστημονικά αντικείμενα. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια του, καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Τέλος, ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ σ' όλους εκείνους τους ανθρώπους που όλα αυτά τα χρόνια αποτελούν πηγή έμπνευσης, στέκονται και με βοηθούν να ακολουθήσω τα όνειρά μου.

*Κωνσταντίνος Κυριαζόπουλος,*

*Φεβρουάριος 2020*

# Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	I
ABSTRACT .....	II
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ .....	III
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ, ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	1
1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	1
1.3 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ .....</b>	<b>3</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
2.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΈΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ .....	4
2.3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ .....	6
2.3.1 Παραγωγή Πετρελαίου.....	6
2.3.2 Παραγωγή Φυσικού Αερίου .....	7
2.3.3 Υπεράκτια Παραγωγή Πετρελαίου .....	9
2.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗΝ Ε.Ε.....	11
2.4.1 Παραγωγή Πετρελαίου.....	12
2.4.2 Παραγωγή Φυσικού Αερίου .....	13
2.4.3 Υπεράκτια Παραγωγή Πετρελαίου στην Ε.Ε.....	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΩΝ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ .....</b>	<b>16</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
3.2 ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΑ ΣΥΜΒΑΝΤΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ .....	16
3.3 ΜΕΓΑΛΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ .....	19
3.3.1 Ατυχήματα με το Μεγαλύτερο Οικονομικό Κόστος Αποτίμησης στην Ιστορία .....	20
3.3.1.1 Deepwater Horizon – Macondo (Κόλπος του Μεξικού, 2010).....	20
3.3.1.2 Piper Alpha (Βόρεια Θάλασσα - Ηνωμένο Βασίλειο, 1988) .....	24
3.4 ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΑΣ .....	26
3.4.1 Διαρροή Υγρών από Σεισμικά Καλώδια.....	27
3.4.2 Διαρροή Ρευστού Διάτρησης.....	27
3.4.3 Διαρροή Πετρελαίου Κίνησης - Diesel .....	31
3.4.4 Διαρροή Αργού Πετρελαίου .....	36
3.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΕΣ .....	39
3.5.1 Υγρά από Σεισμικά Καλώδια .....	42
3.5.2 Συνθετικά Ρευστά Διάτρησης - SBFs.....	43
3.5.3 Αργό Πετρέλαιο και Πετρέλαιο Κίνησης - Diesel .....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ Ε&amp;Π ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....</b>	<b>60</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	60
4.2 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ.....	61
4.3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	62
4.4 ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	67
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>69</b>
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	69

5.2	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΔΙΑΡΡΟΗΣ SBFS .....	69
5.3	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΗ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ - DIESEL .....	71
5.4	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	75
5.4.1	<i>Διαρροή Αργού Πετρελαίου στις Η.Π.Α.</i> .....	75
5.4.2	<i>Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού</i> .....	79
5.4.2.1	Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού στον Κόλπο του Μεξικού .....	79
5.4.2.2	Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού στη Βόρεια Θάλασσα .....	84
5.4.2.3	Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού και Πρότυπα Λειτουργίας .....	88
5.4.2.4	Πιθανότητες Blowout στην Ε.Ε. ....	94
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ.....</b>		<b>95</b>
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	95
6.2	ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ .....	95
6.3	ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΡΑ BOSCEM .....	104
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>		<b>114</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>		<b>116</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Συγκριτικός πίνακας επενδύσεων και αγορών για τη διετία 2012-2013. ....	5
Πίνακας 2.2: Συγκριτικός πίνακας επενδύσεων και αγορών για τη διετία 2016-2017. ....	5
Πίνακας 2.3: Οι δέκα χώρες με την υψηλότερη παραγωγή πετρελαίου. ....	7
Πίνακας 2.4: Οι δέκα χώρες με την υψηλότερη παραγωγή φυσικού αερίου. ....	8
Πίνακας 2.5: Παραγωγή πετρελαίου στην Ε.Ε.-28, έτος 2018 .....	13
Πίνακας 2.6: Παραγωγή φυσικού αερίου στην Ε.Ε. ....	14
Πίνακας 3.1: Τα 11 μεγαλύτερα ατυχήματα που οδήγησαν στην απώλεια ανθρώπινων ζωών. ....	19
Πίνακας 3.2: Τα 6 μεγαλύτερα ατυχήματα διαρροής πετρελαίου κατά την Ε&Π υδρογονανθράκων. ....	20
Πίνακας 3.3: Τα 10 ατυχήματα με το μεγαλύτερο οικονομικό κόστος. ....	20
Πίνακας 3.4: Χρήση προσθετικών υλικών σε ρευστά διάτρησης με βάση το νερό ανάλογα με τις λειτουργικές απαιτήσεις. ....	28
Πίνακας 3.5: Κατηγορίες σύγκρουσης σκαφών με υπεράκτιες μονάδες πετρελαίου. ....	32
Πίνακας 3.6: Κύριες κατηγορίες και υποκατηγορίες απώλειας ελέγχου πηγαδιού. ....	39
Πίνακας 4.1: Διεθνείς και περιφερειακές συμβάσεις που σχετίζονται την Ε&Π υδρογονανθράκων. ....	61
Πίνακας 4.2: Ευρωπαϊκές οδηγίες οι οποίες εφαρμόζονται σε θέματα Έρευνας και Παραγωγής υδρογονανθράκων. ....	63
Πίνακας 5.1: Διαρροή SBFs άνω των 1.000bbl στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). ....	70
Πίνακας 5.2: Διαρροής SBFs στον Κόλπο του Μεξικού για την περίοδο 2001-2004. ....	70
Πίνακας 5.3: Συνολική διαρροή SBFs στην περιοχή OCS των Η.Π.Α., περίοδος 1999-2010. ....	70
Πίνακας 5.4: Συγκρούσεις πλοίων-σκαφών με μονάδες εξόρυξης πετρελαίου στον κόσμο. ....	71
Πίνακας 5.5: «Ατυχήματα» και «παρ' ολίγον ατυχήματα» στη UKCS. ....	72
Πίνακας 5.6: Ατυχήματα πρόσκρουσης με άμεσες ζημιές στις εμπλεκόμενες εγκαταστάσεις στη UKCS. ....	72
Πίνακας 5.7: Προσκρούσεις «συγγενικών» πλοίων-σκαφών ανάλογα με τον τύπο θαλάσσιων μονάδων πετρελαίου σ' όλο τον κόσμο, περίοδος 1980-2002. ....	72
Πίνακας 5.8: Προσκρούσεις «συγγενικών» πλοίων-σκαφών ανάλογα με τον τύπο θαλάσσιων μονάδων πετρελαίου στη UKCS, περίοδος 1990-2005. ....	72
Πίνακας 5.9: Προσκρούσεις «συγγενικών» πλοίων-σκαφών σε θαλάσσιες παραγωγικές ή γεωτρητικές μονάδες πετρελαίου σ' όλο τον κόσμο, περίοδος 1980-2002. ....	73
Πίνακας 5.10: Αίτια σύγκρουσης πλοίων-σκαφών με θαλάσσιες πλατφόρμες πετρελαίου στη UKCS. ....	73
Πίνακας 5.11: Ατυχήματα πρόσκρουσης πλοίων-σκαφών με πλατφόρμες πετρελαίου στη UKCS. ....	74
Πίνακας 5.12: Πετρελαιοκηλίδες από υπεράκτιες πλατφόρμες έρευνας και παραγωγής πετρελαίου στις Η.Π.Α (OCS). ....	75
Πίνακας 5.13: Αίτια πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας από υπεράκτιες πλατφόρμες Ε&Π πετρελαίου στις Η.Π.Α.(OCS). ....	77
Πίνακας 5.14: Όγκος πετρελαιοκηλίδων από πλατφόρμες πετρελαίου στην περιοχή των Η.Π.Α.(OCS) ...	77
Πίνακας 5.15: Απώλειες ελέγχου πηγαδιού στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). ....	81
Πίνακας 5.16: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). ....	81
Πίνακας 5.17: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στον Κόλπο του Μεξικού (OCS) (συνέχεια του Πίνακα 5.16). ....	82
Πίνακας 5.18: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σύμφωνα με τη φάση εργασιών και το είδος της ρύπανσης στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). ....	83
Πίνακας 5.19: Πετρελαιοκηλίδες άνω του 1bbl, σε σχέση με τις φάσεις εργασιών στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). ....	84
Πίνακας 5.20: Πετρελαιοκηλίδες άνω των 50bbl από απώλεια ελέγχου πηγαδιού στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). ....	84
Πίνακας 5.21: Απώλειες ελέγχου πηγαδιού στη Βόρεια Θάλασσα. ....	86
Πίνακας 5.22: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στη Βόρεια Θάλασσα. ....	86
Πίνακας 5.23: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στη Βόρεια Θάλασσα (συνέχεια του Πίνακα 5.22). ....	87

Πίνακας 5.24: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού στο Ηνωμένο Βασίλειο. ....	87
Πίνακας 5.25: Απώλεια ελέγχου πηγαδιού στην Νορβηγία. ....	87
Πίνακας 5.26: Συχνότητα συμβάντων όπου εφαρμόζονται τα πρότυπα λειτουργίας της Βόρειας Θάλασσας (North Sea Standard). ....	88
Πίνακας 5.27: Συχνότερες συμβάντων στον Κόλπο του Μεξικού, ανεξάρτητα από τον εφαρμοζόμενο τύπο εξοπλισμού. ....	90
Πίνακας 5.28: Συχνότητα συμβάντων όπου δεν εφαρμόζονται τα πρότυπα λειτουργίας της Βόρειας Θάλασσας (North Sea Standard). ....	92
Πίνακας 5.29: Ετήσια πιθανότητα πρόκλησης blowout για υπεράκτιες εργασίες στην Ε.Ε. ....	94
Πίνακας 6.1: Μέσο κόστος καθαρισμού (1999 US\$) θαλάσσιας πετρελαιοκηλίδα ανά χώρα. ....	99
Πίνακας 6.2: Συντελεστές των παραγόντων που καθορίζουν το κόστος καθαρισμού μίας πετρελαιοκηλίδας. ....	100
Πίνακας 6.3: Μη-γραμμικές συναρτήσεις υπολογισμού του συνολικού κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας. ....	103
Πίνακας 6.4: Κόστος Αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας ανά μονάδα όγκου. ....	108
Πίνακας 6.5: Κοινωνικοοικονομικό κόστος ανά μονάδα όγκου. ....	109
Πίνακας 6.6: Περιβαλλοντικό κόστος ανά μονάδα όγκου. ....	110
Πίνακας 6.7: Περιοχές που επηρεάζονται από την πετρελαιοκηλίδα. ....	110
Πίνακας 6.8: Βαθμός κοινωνικοοικονομικών και πολιτιστικών επιπτώσεων. ....	111
Πίνακας 6.9: Μέθοδος αντιμετώπισης και βαθμός αποτελεσματικότητας. ....	111
Πίνακας 6.10: Κατηγορίες που πλήττεται λόγω ευπάθειας φρέσκου νερού. ....	112
Πίνακας 6.11: Κατηγορίες οικοτόπων και άγριας ζωής που πλήττονται. ....	112

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.

Εικόνα 3.1: Η εξέδρα <i>Deerwater Horizon</i> στον Κόλπο του Μεξικού πριν την καταστροφή. (Πηγή: <i>The Guardian</i> , 2010).....	21
Εικόνα 3.2: Στιγμιότυπο από την έκταση και τη θέση της κηλίδας στον Κόλπο του Μεξικού (κόκκινο χρώμα). (Πηγή: <i>Chen &amp; Denison</i> , 2011).....	21
Εικόνα 3.3: Επιπτώσεις στο οικοσύστημα και στις παράκτιες περιοχές. Κίτρινο χρώμα: έκταση πετρελαιοκηλίδας Μπλε χρώμα: επιπτώσεις στην ακτογραμμή της περιοχής. (Πηγή: <i>Kinver</i> , 2011) .....	22
Εικόνα 3.4: Τα 8 βήματα που οδήγησαν στην καταστροφή. (Πηγή: <i>Rogers</i> , 2010) .....	23
Εικόνα 3.5: Η θέση της εξέδρας <i>Piper Alpha</i> και η σύνδεσή της με άλλες πλατφόρμες για τη μεταφορά πετρελαίου και φυσικού αερίου. (Πηγή: <i>Macleod &amp; Richardson</i> , 2018) ....	24
Εικόνα 3.6: Η εξέδρα <i>Piper Alpha</i> τυλίγεται στις φλόγες. (Πηγή: <i>BBC</i> , 2013) .....	25
Εικόνα 3.7: Η εξέδρα την επόμενη ημέρα του ατύχηματος. (Πηγή: <i>Gall</i> , 2015) .....	25
Εικόνα 3.8: “DEDICATED TO THE MEMORY OF THE ONE HUNDRED AND SIXTY SEVEN MEN WHO LOST THEIR LIVES IN THE PIPER ALPHA OIL PLATFORM DISASTER 6 <sup>th</sup> JULY 1988” <i>Hazlehead Park, Aberdeen</i> . Μετάφραση: “Αφιερωμένο στη μνήμη των 167 ανδρών που έχασαν τη ζωή τους στο ατύχημα της πλατφόρμας PIPER ALPHA, 6 Ιουλίου 1988” (Πηγή: <i>Boman</i> , 2018) .....	26
Εικόνα 3.9: Παρουσίαση εξοπλισμού υποθαλάσσιας διάτρησης. Θέσεις και αίτια διαρροής ρευστών διάτρησης. (Πηγή: <i>Hart, Svedeman &amp; Viana</i> , 2007) .....	31

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Παγκόσμιες επενδύσεις στην έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων. (Πηγή: Maisonnier et al., 2018) .....	6
Σχήμα 2.2: Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου. (Πηγή: British Petroleum Company, 2019) ....	7
Σχήμα 2.3: Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής Φυσικού Αερίου. (Πηγή: British Petroleum Company, 2019).....	9
Σχήμα 2.4: Παγκόσμια ημερήσια παραγωγή πετρελαίου από χερσαία και θαλάσσια κοιτάσματα, περίοδος 2005-2015. (Πηγή: Manning, 2016).....	9
Σχήμα 2.5: Γεωγραφική Κατανομή παγκόσμιας υπεράκτιας παραγωγής πετρελαίου για το 2010. (Πηγή: Serbutoviez, 2012).....	10
Σχήμα 2.6: Παγκόσμια υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου συναρτήσει του βάθους νερού (2005-2015). (Πηγή: Manning, 2016).....	11
Σχήμα 2.7: Συνολική κατανάλωση πετρελαϊκών προϊόντων και η υπεράκτια παραγωγή αργού πετρελαίου στην Ε.Ε.-28. (Πηγή: EUOAG, 2018) .....	15
Σχήμα 2.8: Υπεράκτια παραγωγή αργού πετρελαίου στην Ε.Ε-28. (Πηγή: EUOAG, 2018) .....	15
Σχήμα 3.1: Κατανομή συμβάντων ανάλογα με τη σοβαρότητά τους. (Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012).....	17
Σχήμα 3.2: Χρονολογική κατανομή συμβάντων. (Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012).....	18
Σχήμα 3.3: Γεωγραφική κατανομή καταγεγραμμένων συμβάντων . (Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012) .....	18
Σχήμα 3.4: Κατανομή διαφόρων περιστατικών στην Μεσόγειο Θάλασσα ανά χώρα. (Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012) .....	19
Σχήμα 3.5: Τυπική κατά βάρος σύνθεση ρευστών διάτρησης με βάση το νερό (αριστερά) και μη υδατίνων ρευστών διάτρησης (δεξιά). (Πηγή: IOGP, 2016).....	28
Σχήμα 3.6: Γεωπιέσεις και σχεδιασμός γεωτρήσεων. (Πηγή: Σταματάκη, 2003) .....	37
Σχήμα 5.1: Συνολικός όγκος διαρροής SBFs (άνω των 50bbl), ανάλογα με το σημείο διαρροής στη θάλασσα. Κόλπου του Μεξικού, περίοδος 2002-2006. (Πηγή: Hart, Svedeman & Viana, 2007).....	71
Σχήμα 5.2: Μέγεθος πετρελαιοκηλίδων σύμφωνα με τους «Καθοριστικούς παράγοντες». (Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016) .....	78
Σχήμα 5.3: Αίτια πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με τη φάση εργασιών. (Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016) .....	78
Σχήμα 5.4: Πετρελαιοκηλίδες που προκλήθηκαν από τυφώνες. (Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016) .....	78
Σχήμα 5.5: Ετήσια κατανομή των ερευνητικών γεωτρήσεων και των πηγαδιών ανάπτυξης στον Κόλπο του Μεξικού. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014) .....	80
Σχήμα 5.6: Ετήσια κατανομή παραγωγικών πηγαδιών με βάση το προϊόν παραγωγής στον Κόλπο του Μεξικού. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014) .....	80
Σχήμα 5.7: Ετήσια κατανομή των ερευνητικών γεωτρήσεων και των πηγαδιών ανάπτυξης στη Βόρεια Θάλασσα. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014) .....	85
Σχήμα 5.8: Ετήσια κατανομή παραγωγικών πηγαδιών με βάση το προϊόν παραγωγής στη Βόρεια Θάλασσα. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014) .....	85
Σχήμα 6.1: Παράγοντες που καθορίζουν το κόστος καθαρισμού ανά μονάδα (Etkin, 1999) .....	97
Σχήμα 6.2: Εκτίμηση κόστους καθαρισμού (1999 US\$) με μηχανικά μέσα για καύσιμο No.2 (Τέξας). (Πηγή: Etkin, 2001) .....	102
Σχήμα 6.3: Εκτίμηση κόστους καθαρισμού (1999 US\$) με μηχανικά μέσα για αργό πετρέλαιο (Τέξας). (Πηγή: Etkin, 2001) .....	102
Σχήμα 6.4: Σύνδεση του κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας και των αντίστοιχων συντελεστών διόρθωσης (Πηγή: Etkin, 2004) .....	113



## Περίληψη

Παρά τη μεγάλη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες, δεν έχει καταστεί εφικτή η απεξάρτηση του ενεργειακού συστήματος από τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας. Εκτιμάται δε, πως τα ορυκτά καύσιμα και δη οι υδρογονάνθρακες θα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο τουλάχιστον για τις επόμενες δύο δεκαετίες. Έτσι, δεν προκαλεί εντύπωση το γεγονός ότι πραγματοποιούνται συνεχείς επενδύσεις στην έρευνα και εκμετάλλευση κοιτασμάτων υδρογονανθράκων, ειδικά υπεράκτιων.

Ωστόσο, οι υπεράκτιες εργασίες χαρακτηρίζονται από αυξημένη επικινδυνότητα πρόκλησης ατυχημάτων, τα οποία είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά, ενδέχεται να οδηγήσουν σε υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και σε σοβαρούς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους εργαζομένων. Ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας αποτελεί ένα από τα πιο ανεπιθύμητα περιστατικά, ιδίως όταν είναι για μεγάλης έκτασης. Το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας και η συνεπαγόμενη ένταση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών συνεπειών εξαρτώνται από τη φάση εργασιών.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η καταγραφή και η παρουσίαση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών, καθώς και των οικονομικών συνεπειών από το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας, κατά τις υπεράκτιες εργασίες για την αναζήτηση, την έρευνα και την παραγωγή υδρογονανθράκων. Στο πλαίσιο αυτό, αρχικά εξετάζονται οι πιθανότητες εμφάνισης ατυχημάτων που σχετίζονται με διαρροή πετρελαίου αξιοποιώντας διεθνείς βάσεις δεδομένων και σχετικές εκθέσεις. Με βάση τα στατιστικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, αποδεικνύεται ότι οι σημαντικότερες επιπτώσεις συνδέονται με πετρελαιοκηλίδες αργού πετρελαίου και *blowouts*, τα οποία αποτελούν τις κυριότερες αιτίες διαρροής μεγάλων ποσοτήτων πετρελαιοειδών. Η συχνότητα τέτοιων ατυχημάτων δεν παρουσιάζει κάποια κανονικότητα, ενώ προβλήματα δημιουργούνται και από το γεγονός ότι οι εργασίες για την έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων, όπως και η καταγραφή των ατυχημάτων, εκτελούνται με διαφορετικά πρότυπα, νομικά και θεσμικά πλαίσια σε αρκετές χώρες, ακόμα και μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η εργασία ολοκληρώνεται με τη προσπάθεια να απαντηθεί ένα κρίσιμο ερώτημα που προκύπτει από σχηματισμό πραγματικής ή ενδεχόμενης πετρελαιοκηλίδας, αυτό της οικονομικής αποτίμησης του ατυχήματος. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται μια σειρά από μοντέλα υπολογισμού του συνολικού κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας και οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Αίτια Πετρελαιοκηλίδας, Κόστος Πετρελαιοκηλίδας, Συχνότητα Πετρελαιοκηλίδας, Επιπτώσεις Πετρελαιοκηλίδας, EPA Boscem.

## Abstract

Despite the development of renewable energy sources, especially in recent decades, our energy system is still dominated by fossil fuels. This is mainly due to the ever-increasing need for primary energy production. It is estimated that fossil fuels, and hydrocarbons in particular, will play an important role for at least the next two decades. Thus, it is not surprising that continuous investments are being made in the research and exploitation of hydrocarbon deposits, especially offshore ones.

Nevertheless, offshore operations are characterized by an increased risk of accidents, which can lead to a deterioration of the natural environment and serious injuries or even deaths of oil workers. Oil spill formation is one of the most undesirable incidents, especially when it is extensive. The size of the oil spill and the resulting intensity of the environmental, social and economic consequences depend on the phase of operation.

This thesis aims to present and analyze the environmental, social, and economic consequences of oil spill formation during works relating to offshore exploration and production of hydrocarbons. In this context, the potential for oil leakage accidents is first explored using international databases and reports. Based on the information gathered, it is concluded that the most significant impacts are associated with crude oil spills and blowouts, the latter being the main causes of large quantities of petroleum. The frequency of such events is not regular, and problems arise from the fact that hydrocarbon research and production works, as well as accident recording, are carried out under different standards, legal and institutional frameworks in several countries, even between Member States of the European Union. The thesis concludes with an attempt to answer a crucial question arising from the formation of a real or eventual oil spill, namely the response cost for marine oil spills. In this context, a series of models for estimating the total response of an oil spill are presented and the factors to be taken into account are discussed.

**Keywords:** Causes of oil spills, Total cost of oil spills, Frequency of oil spills, Impacts of oil spills, EPA Boscem.

## **AKΡΩΝΥΜΙΑ**

<i>ACP</i>	<i>U.S. Area Contingency Plan</i>
<i>bbl(d)</i>	<i>Barrel (per day)</i>
<i>Bcm</i>	<i>Billion cubic meter</i>
<i>BOEM</i>	<i>Bureau of Ocean Energy Management</i>
<i>BOP</i>	<i>Blow Out Preventer</i>
<i>BOSCEM</i>	<i>Basic Oil Spill Cost Estimation Model</i>
<i>BSEE</i>	<i>Bureau of Safety and Environmental Enforcement</i>
<i>cf</i>	<i>Cubic feet</i>
<i>EPA</i>	<i>US Environmental Protection Agency</i>
<i>Gbbl</i>	<i>Giga barrel</i>
<i>Mbbl(d)</i>	<i>Thousand barrels (per day)</i>
<i>MMbbl(d)</i>	<i>Million barrel (per day)</i>
<i>MMS</i>	<i>Minerals Management Service</i>
<i>NABFs</i>	<i>Non-aqueous base fluids</i>
<i>NOAA</i>	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
<i>NRC</i>	<i>National Research Council</i>
<i>OBDF</i>	<i>Oil Based Drilling Fluids</i>
<i>OCS</i>	<i>Outer Continental Shelf</i>
<i>SBFs</i>	<i>Synthetic Based Fluids</i>
<i>Tcm</i>	<i>Trillion cubic meter</i>
<i>USCG</i>	<i>U.S. Coast Guard</i>
<i>VOCs</i>	<i>Volatile Organic Compounds</i>
<i>WBFs</i>	<i>Water-based fluids</i>
<i>WOAD</i>	<i>World Offshore Accident Dataset</i>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Αντικείμενο, Σκοπός και Στόχος της Εργασίας**

Σε όλη την ιστορία της εκτέλεσης εργασιών για την υπεράκτια έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων, ένας από τους μεγαλύτερους και σημαντικότερους κινδύνους που εγκυμονούν είναι η πρόκληση ατυχήματος διαρροής πετρελαιοειδών, με άμεση συνέπεια το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα. Ο όγκος και το είδος του πετρελαίου που ενδέχεται να διαρρεύσει ποικίλει και είναι συνυφασμένος με τις διάφορες φάσεις εργασιών και των λειτουργικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται. Μία πετρελαιοκηλίδα μεγάλης έκτασης μπορεί να επιφέρει σημαντικές συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον, στην κοινωνία και στην οικονομία. Ο οικονομικός απολογισμός ενός τέτοιου περιστατικού είναι μία σύνθετη διαδικασία, όπως αποδεικνύεται και από τα ιστορικά στοιχεία. Παρ' όλα αυτά, η προσέγγιση του συνολικού κόστους ενός ατυχήματος έχει αποτελέσει πρόκληση για την επιστημονική κοινότητα εδώ και αρκετά χρόνια.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τη συγκέντρωση και αξιολόγηση όλων των κρίσιμων πηγών κινδύνου για το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας κατά τις υπεράκτιες εργασίες E&P υδρογονανθράκων. Επίσης, γίνεται προσπάθεια να περιγραφούν οι σωρευτικές συνέπειες από τη διαρροή πετρελαιοειδών στη θάλασσα, συναρτήσει των πηγών και των χαρακτηριστικών του υλικού, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που συντελούν στην εξέλιξη αυτού.

Στόχος της εργασίας είναι η αποσαφήνιση των οικονομικών συνεπειών ενός ατυχήματος διαρροής πετρελαιοκηλίδας, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα απαραίτητα στοιχεία που συλλέχθηκαν. Η ολιστική προσέγγιση για τις πηγές και τις συνέπειες ενός τέτοιου ατυχήματος, αποτιμώντας το οικονομικό κόστος αυτών, μπορεί να προσφέρει πλούσια συμπεράσματα γύρω από τα τρέχοντα ζητήματα που αφορούν την πραγματοποίηση ή μη δραστηριοτήτων σχετικά με την εκμετάλλευση υδρογονανθράκων.

### **1.2 Προβλήματα κατά την Εκπόνηση της Εργασίας**

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν ήταν η έλλειψη ελληνικής βιβλιογραφίας, στην πλειοψηφία των θεμάτων, και η δυσκολία πρόσβασης σε αρκετές χρήσιμες πηγές και βάσεις δεδομένων.

Πιο σημαντική δυσκολία ήταν η περιορισμένη πρόσβαση σε δεδομένα που αφορούν στα ατυχήματα πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας. Εταιρείες που κατέχουν βάσεις δεδομένων, που αφορούν σε ποικίλα θέματα για τον κλάδο του πετρελαίου, είτε παρέχουν πρόσβαση έπειτα από σχετικό αίτημα και καταβολή κάποιου αντίτιμου, είτε ανέφεραν εξ' αρχής ότι οι βάσεις πληροφοριών αξιοποιούνται μόνο από μέλη τους. Γι' αυτό το λόγο για την εργασία αξιοποιήθηκαν στοιχεία από άλλες δημοσιευμένες εργασίες και πηγές στατιστικών δεδομένων.

### 1.3 Διάρθρωση της Εργασίας

Η δομή της συγκεκριμένης εργασίας αποτελείται από επτά συνολικά κεφάλαια. Η διάρθρωση της εργασίας είναι η εξής:

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή στην οποία παρουσιάζεται το αντικείμενο και ο σκοπός της παρούσας εργασίας, καθώς επίσης, οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά τη συγγραφή αυτής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις επενδύσεις του κλάδου, στην παγκόσμια παραγωγή υδρογονανθράκων και στην παραγωγή εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των ανεπιθύμητων συμβάντων στην ιστορία του κλάδου του πετρελαίου. Επίσης, αναφέρονται οι πηγές πρόκλησης σχηματισμού πετρελαιοκηλίδας, καθώς και οι σωρευτικές επιπτώσεις αυτής σε κάθε περίπτωση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο Διεθνές, Ευρωπαϊκό και Εθνικό θεσμικό πλαίσιο σχετικά με την υγεία, την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος κατά την αναζήτηση, την έρευνα και την παραγωγή υδρογονανθράκων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ταξινόμηση των ανεπιθύμητων συμβάντων και στατιστικά στοιχεία που αφορούν σε αυτά. Αναφέρονται, επίσης, πιο αναλυτικά, μεγάλα ατυχήματα που έλαβαν χώρα στην ιστορία του κλάδου του πετρελαίου, σύμφωνα με βάση τον αριθμό των θυμάτων, τον όγκο διαρροής πετρελαίου και το συνολικό κόστος αποτίμησης του ατυχήματος.

Στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η παρουσίαση εμπειρικών μοντέλων που έχουν δημιουργηθεί με στόχο την εκτίμηση του συνολικού κόστους μίας πραγματικής ή ενδεχόμενης πετρελαιοκηλίδας. Από τα υφιστάμενα μοντέλα περιγράφεται αναλυτικότερα το μοντέλο «EPA BOSCEM».

Η εργασία ολοκληρώνεται με το έβδομο κεφάλαιο στο οποίο αναφέρονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

### 2.1 Εισαγωγή

Ήδη από τα μέσα προς τέλος της δεκαετίας του '90, είχε υπάρξει η πρόβλεψη για την αυξητική τάση που θα παρουσίαζε η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. Σύμφωνα με τα τότε στοιχεία του International Energy Agency (IEA) και την έκθεση World Energy Outlook (1998), σημειωνόταν ότι η κατανάλωση πετρελαίου και φυσικού αερίου παρέμενε στις βασικές ενεργειακές επιλογές τουλάχιστον μέχρι το 2020. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, εκείνη την εποχή, και με βάση τους ρυθμούς αύξησης της κατανάλωσης, η παραγωγή από τα τότε γνωστά κοιτάσματα δε θα μπορούσε να καλύψει πλήρως τις απαιτήσεις μετά το 2020. Γι' αυτό το λόγο, χώρες και Ενώσεις χωρών που υστερούσαν στη «μάχη του πετρελαίου», λόγω τεχνολογίας, τεχνογνωσίας, διαθέσιμων κοιτασμάτων και ανταγωνισμού, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, προσπάθησαν να στρέψουν το ενεργειακό τους μίγμα σε πιο ήπιες μορφές παραγωγής ενέργειας (αιολική ενέργεια, γεωθερμία κ.α.), προβάλλοντας την προστασία του περιβάλλοντος («πράσινη ανάπτυξη»). Ωστόσο, παρά την οικονομική, κοινωνική, πολιτική προσπάθεια που έχει καταβληθεί όλα αυτά τα χρόνια, δεν έχει καταστεί εφικτή η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Παράλληλα, άλλες μεγάλες οικονομικά δυνάμεις, όπως η Η.Π.Α και η Ρωσία, εστίαζαν όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον τους στην έρευνα και παραγωγή (Ε&Π)<sup>1</sup> νέων οικονομικά εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Αυτό γίνεται αντιληπτό από το γεγονός ότι, ήδη από τα τέλη τις δεκαετίας του '90, ενδιαφέρθηκαν για τον έλεγχο των πετρελαιοπηγών στις περιοχές γύρω από την Κασπία Θάλασσα και τη Μέση Ανατολή. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Center for Strategic and International Studies (C.S.I.S) του Ινστιτούτου J.I.S.S του Λονδίνου, τα αποθέματα πετρελαίου γύρω από την Κασπία Θάλασσα υπολογίζονταν σε 90 Gbbbls (Gigabarrel) πετρελαίου και 270 Tcm (Trillion m<sup>3</sup>) φυσικού αερίου. Το ενδιαφέρον των δύο χωρών, δεν στάθηκε μόνο στην έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων αλλά και στην επικράτηση των δρόμων μεταφοράς των ενεργειακών προϊόντων.

Σήμερα, η ανάγκη για αυξημένη παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει ως αποτέλεσμα την τεχνολογική πρόοδο και την ανάπτυξη νέων μεθόδων εκμετάλλευσης, όπως είναι η υδραυλική ρωγμάτωση (Hydraulic Fracturing). Στον τομέα της αναζήτησης, τεχνολογική πρόοδος παρουσιάζεται στην αποτύπωση πολύπλοκων γεωλογικών δομών, καθώς και στην απεικόνιση περιοχών οι οποίες βρίσκονται κάτω από σχηματισμούς που δημιουργούν προβλήματα (όπως είναι ο βασάλτης, οι δόμοι άλατος κ.λπ.). Η πρόοδος αυτή, έδωσε τη δυνατότητα για την περαιτέρω αξιολόγηση, όχι μόνο νέων, αλλά και παλαιότερων κοιτασμάτων. Πηγές πρώτων υλών οι οποίες έχουν ήδη ανακαλυφθεί και πηγές που παλαιότερα θεωρούνταν ως «πιθανές», σε εδάφη που στο παρελθόν δεν καθίστανται προς εκμετάλλευση, εξαιτίας του βάθους τους, της πετρολογικής τους σύστασης κ.λπ., μπορούν πλέον να καταστούν ικανά προς εκμετάλλευση.

---

<sup>1</sup>Από αυτό το σημείο ως έρευνα και παραγωγή (Ε&Π) υδρογονανθράκων θα εννοείται η αναζήτηση, η έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων.

## 2.2 Παγκόσμιες Επενδύσεις στην Έρευνα και Παραγωγή Υδρογονανθράκων

Από το 2015, ο κλάδος του πετρελαίου είναι αντιμέτωπος με σχετικά χαμηλές τιμές πώλησης του προϊόντος. Από τα δεδομένα του συγκριτικού πίνακα της ηλεκτρονικής σελίδας «Macro Trends», την τετραετία 2011-2014, η μέση ετήσια τιμή πώλησης του αργού πετρελαίου κυμάνθηκε στα 95\$ το βαρέλι. Το 2015, η αντίστοιχη τιμή πώλησης του βαρελιού σημείωσε πτώση περίπου 50%. Έτσι, η τιμή που καταγράφηκε για το συγκεκριμένο έτος ήταν 48,72\$ το βαρέλι. Η πτωτική τάση της τιμή του πετρελαίου συνεχίστηκε και τον επόμενο χρόνο, αγγίζοντας τα 43,58\$ το βαρέλι. Τη τελευταία διετία, 2017-2018, η τιμή του πετρελαίου σημείωσε αισθητή αύξηση, φτάνοντας στα 51\$ και 65\$ το βαρέλι αντίστοιχα, δίχως να πλησιάζει τις αυξημένες τιμές των προηγούμενων χρόνων.

Το 2010, εν μέσω παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, οι συνολικές παγκόσμιες επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν για την Ε&Π υδρογονανθράκων άγγιξαν τα 465 δισ. δολάρια. Τα επόμενα τρία χρόνια, οι συνολικές επενδύσεις παρουσίασαν αυξητική τάση. Το 2013, σημειώθηκε αύξηση στις επενδύσεις, περίπου 50% σε σχέση με το 2010 (**Πίνακας 2.1**). Την επόμενη χρονιά παρατηρείται μικρή πτώση στις επενδύσεις, καθώς το 2014 αποτέλεσε σταθμός για την έναρξη της πτωτικής τάσης της τιμής του πετρελαίου. Τα επόμενα δύο χρόνια, μέχρι και το 2016, οι επενδύσεις σημείωσαν μείωση της τάξης του 45% σε σύγκριση με το 2014. Το 2017, με την αισθητή αύξηση της τιμή του πετρελαίου, από τα 43\$ (2016) στα 50\$ (2017) το βαρέλι, σημειώνεται παράλληλα και αύξηση 15 δισ. δολάρια στις συνολικές επενδύσεις (**Πίνακας 2.2**) (**Σχήμα 2.1**).

Το 2017, η Βόρεια Αμερική φαίνεται να πραγματοποιεί δυναμική επιστροφή στις επενδύσεις του κλάδου, καθώς σημείωσε αύξηση 31% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Επιστροφή στις επενδύσεις καταγράφηκε, έστω και ελάχιστη, κατά 1%, και στη Μέση Ανατολή και στην Ασία. Αντίθετα, η Ευρώπη παρουσίασε μείωση 14%, ενώ η Αφρική και η Λατινική Αμερική κατέγραψαν μείωση 5% η κάθε μία. Ελάχιστη πτώση στις επενδύσεις, 1%, σημειώθηκε στις χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών<sup>2</sup> (Commonwealth Independent States-C.I.S.) (**Σχήμα 2.1**) (*Hureau et al., 2013; Maisonnier et al., 2018*).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται ότι οι επενδύσεις σχετικά με την έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων είναι συνυφασμένες με τις τρέχουσες τιμές πώλησης του πετρελαίου. Επίσης, γίνεται αντιληπτό ότι η παρουσία και η πορεία του κλάδου του πετρελαίου δύσκολα θα διακοπεί και θα συνεχίσει να υφίσταται για αρκετό καιρό.

---

<sup>2</sup> Περιφερειακός διεθνής οργανισμός του οποίου οι συμμετέχουσες χώρες είναι Πρώην Σοβιετικές Δημοκρατίες, που σχηματίστηκαν μετά την διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης.

Πίνακας 2.1: Συγκριτικός πίνακας επενδύσεων και αγορών για τη διετία 2012-2013.

SUMMARY TABLE OF INVESTMENTS AND MARKETS:		
\$ billion	2012	2013
<b>Global investments in E&amp;P</b>	<b>623</b>	<b>694</b>
North America	184	188
Latin America	69	78
Europe	56	66
CIS	53	59
Africa	66	71
Middle East	40	48
Asia-Pacific	156	183
<b>Upstream markets analysed</b>	<b>298</b>	<b>326</b>
Geophysical Market	17	19
Drilling market (*)	225	245
of which:		
Onshore drilling	29	30
Offshore drilling	45	51
Offshore construction market	56	62
<b>Refinery investments</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
Investment spending	25	26
Maintenance spending	28	28
Catalyst and chemical spending	16	17

(\*) Including equipment and services for wells

(Πηγή: Hureau et al., 2013)

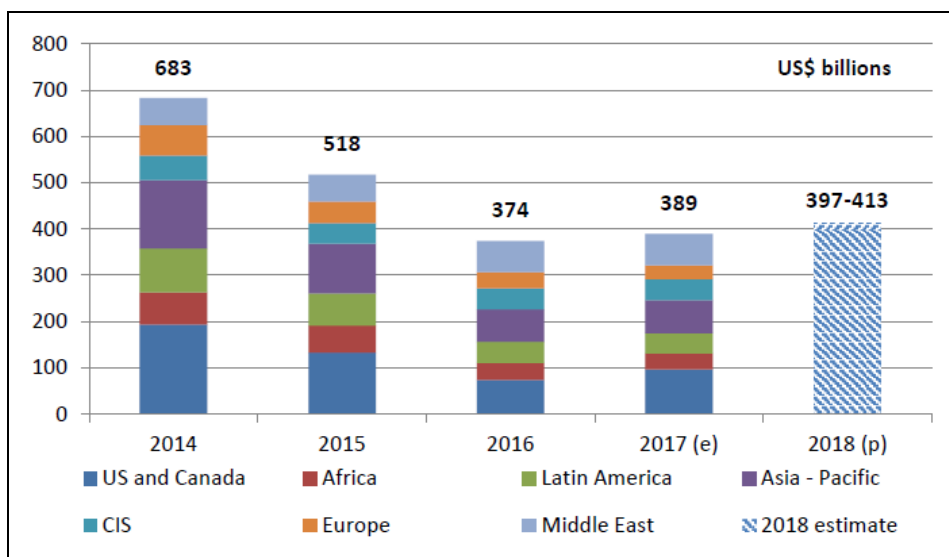
Πίνακας 2.2: Συγκριτικός πίνακας επενδύσεων και αγορών για τη διετία 2016-2017.

SUMMARY TABLE OF INVESTMENTS AND MARKETS: (2016 and 2017)		
G\$	2016	2017
<b>Global E&amp;P investments</b>	<b>374</b>	<b>389</b>
North America	74	97
Latin America	46	44
Europe	35	30
CIS	46	45
Africa	36	34
Middle-East	67	68
Asia-Pacific	70	71
<b>Upstream markets</b>	<b>178</b>	<b>181</b>
Geophysics	8	7
Drilling (*)	126	136
Onshore drilling	15	18
Offshore drilling	38	27
Hydraulic fracturing	17	27
Offshore construction market	44	38
<b>Investissements in Refining</b>	<b>97</b>	<b>81</b>
Capital expenditures	32	32
Maintenance	42	31
Catalysts and chemical products expenditures	23	18

(\*) Including well services and equipment

(Πηγή: Maisonnier et al., 2018)





Σχήμα 2.1: Παγκόσμιες επενδύσεις στην έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων. (Πηγή: Maisonnier et al., 2018)

## 2.3 Παγκόσμια Παραγωγή Υδρογονανθράκων

### 2.3.1 Παραγωγή Πετρελαίου

Στην παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου<sup>3</sup>, για το 2018, από χερσαία και θαλάσσια κοιτάσματα, στην πρώτη θέση βρίσκονται οι Η.Π.Α με 15,311 MMbbld (Million barrels per day), με ποσοστό 16% της παγκόσμιας παραγωγής. Ακολουθεί η Σαουδική Αραβία με 12,287 MMbbld, με 13%, και τρίτη η Ρωσία, η οποία παρήγαγε 11,438 MMbbld. Οι υπόλοιπες χώρες, όπως ο Καναδάς, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Ιράν, το Ιράκ κ.λπ. συμμετέχουν στην παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου με ποσοστό από 5% έως 3% (Πίνακας 2.3).

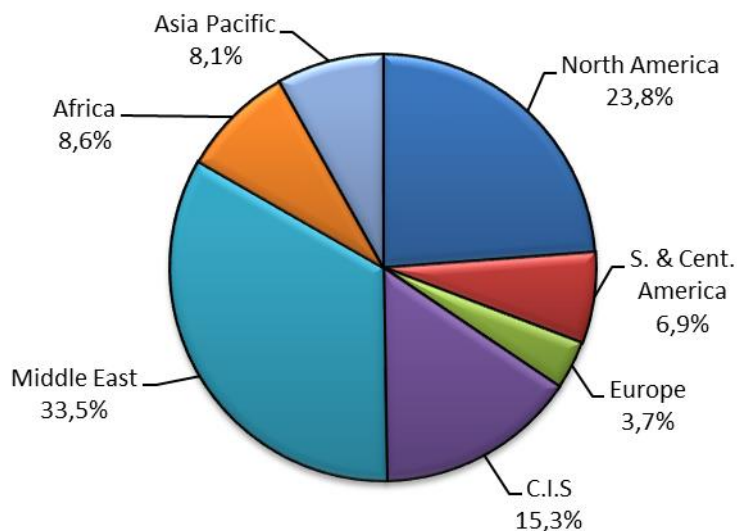
Όσον αφορά τις περιοχές, η Μέση Ανατολή παρήγαγε το 33,5% της παγκόσμιας παραγωγής το 2018. Ένα ποσοστό αρκετά υψηλό καθώς στη Μέση Ανατολή ανήκουν οι μισές χώρες (5 από τις 10) με την μεγαλύτερη ημερήσια παραγωγή πετρελαίου παγκοσμίως. Ακολουθεί η Βόρεια Αμερική, η οποία περιλαμβάνει τις Η.Π.Α., τον Καναδά και το Μεξικό, με αρκετά μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τη Μέση Ανατολή, περίπου 24%. Εξίσου δυναμικό ποσοστό φαίνεται να καταγράφεται και για τη C.I.S, όπου μετέχει με λίγο περισσότερο από 15%. Οι υπόλοιπες περιοχές, Ευρώπη, Αφρική κ.λπ. συμμετέχουν με αρκετά μικρότερο ποσοστό, λιγότερο από 9% η κάθε μία χωριστά (Σχήμα 2.2).

<sup>3</sup> Περιλαμβάνονται: αργό πετρέλαιο, ασφαλική άμμος, συμπυκνώματα και υγροποιημένο φυσικό αέριο (αιθάνιο, LPG και νάφθα χωρισμένα από την παραγωγή φυσικού αερίου). Δεν περιλαμβάνονται υγρά καύσιμα από άλλες πηγές, όπως βιομάζα και παράγωγα από φυσικό αέριο.

**Πίνακας 2.3:** Οι δέκα χώρες με την υψηλότερη παραγωγή πετρελαίου.

Χώρα	MMbbl/d	% της παγκόσμιας παραγωγής
Η.Π.Α	15,311	16,0%
Σαουδική Αραβία	12,287	13,0%
Ρωσία	11,438	12,0%
Καναδάς	5,208	5,0%
Ιράν	4,715	5,0%
Ιράκ	4,614	5,0%
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	3,942	4,0%
Κίνα	3,798	4,0%
Κουβέιτ	3,049	3,0%
Βραζιλία	2,683	3,0%
<b>Συνολική Παραγωγή των 10 Χωρών</b>	<b>67,045</b>	<b>71,0%</b>
<b>Συνολική Παγκόσμια Παραγωγή</b>	<b>94,718</b>	<b>100,0%</b>

(Πηγή: British Petroleum Company, 2019)



**Σχήμα 2.2:** Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου.

(Πηγή: British Petroleum Company, 2019)

### 2.3.2 Παραγωγή Φυσικού Αερίου

Η παραγωγή υδρογονανθράκων καθορίζεται από τις θερμικές ιδιότητες και τη θερμοδυναμική συμπεριφορά των μιγμάτων του κοιτάσματος. Επομένως, κατά την παραγωγή πετρελαίου μπορεί, παράλληλα, να παράγεται μία ποσότητα φυσικού αερίου.

Στην παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου<sup>4</sup>, το 2018, από θαλάσσια και χερσαία κοιτάσματα, πρώτη παραγωγός είναι οι Η.Π.Α με 831,1 Bcm (Billion cubic meter) φυσικού αερίου. Οι Η.Π.Α παράγουν περίπου το 1/5 της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής. Αμέσως μετά, βρίσκεται η Ρωσία, με 669,5 Bcm φυσικού αερίου, ποσοστό 17%. Οι υπόλοιπες χώρες, όπως το Ιράν, το Κατάρ, ο Καναδάς κ.λπ. συμμετέχουν χωριστά, στην παγκόσμια παραγωγή, με ποσοστό μικρότερο του 6% (**Πίνακας 2.4**).

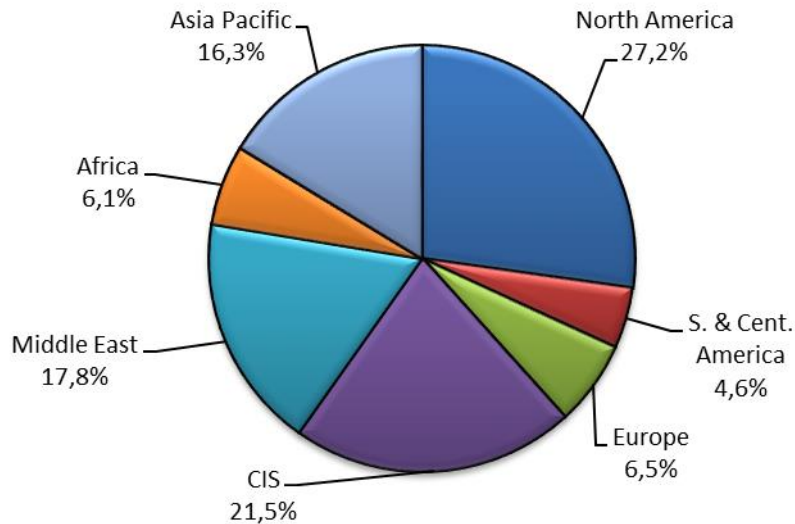
**Πίνακας 2.4:** Οι δέκα χώρες με την υψηλότερη παραγωγή φυσικού αερίου.

Χώρα	Bcm	% της παγκόσμιας παραγωγής
<b>Η.Π.Α</b>	831,1	21,0%
<b>Ρωσία</b>	669,5	17,0%
<b>Ιράν</b>	239,5	6,0%
<b>Καναδάς</b>	184,7	5,0%
<b>Κατάρ</b>	175,5	5,0%
<b>Κίνα</b>	161,5	4,0%
<b>Αυστραλία</b>	130,1	3,0%
Νορβηγία	120,6	3,0%
<b>Σαουδική Αραβία</b>	112,1	3,0%
<b>Αλγερία</b>	92,3	2,0%
<b>Συνολική Παραγωγή των 10 Χωρών</b>	<b>2.716,9</b>	<b>70,0%</b>
<b>Συνολική Παγκόσμια Παραγωγή</b>	<b>3.867,9</b>	<b>100,0%</b>

(Πηγή: British Petroleum Company, 2019)

Στην παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου, έντονη δραστηριότητα παρουσιάζεται στην περιοχή της Βόρειας Αμερικής, με συμμετοχή 27,2%. Ακολουθεί η C.I.S με ποσοστό 21,5%, καθώς στην ομάδα αυτή συμμετέχει η Ρωσίας (παράγει το 80% της C.I.S), η οποία, όπως προαναφέρθηκε, είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός φυσικού αερίου στον κόσμο. Με σημαντικό ποσοστό συμμετοχής ακολουθούν η Μέση Ανατολή και η Ασία - Ειρηνικός, 17,8% και 16,3% αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες περιοχές συνεισφέρουν στην παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου με ποσοστό χαμηλότερο του 6,5% η κάθε μία. Τέλος, παρατηρείται ότι περίπου το 50% της παγκόσμιας παραγωγής φυσικού αερίου παράγεται από τις περιοχές της C.I.S και της Βόρειας Αμερικής (**Σχήμα 2.3**).

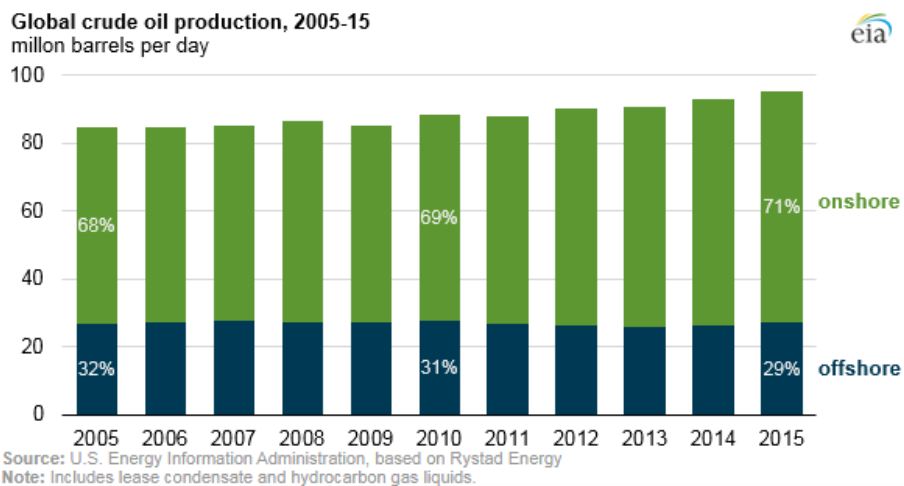
<sup>4</sup> Δεν περιλαμβάνεται το καιόμενο (flared gas) και συμπαρασυρόμενο (recycle gas) αέριο. Περιλαμβάνεται το φυσικό αέριο που πράχθηκε για τη μετατροπή από αέριο σε υγρό.



**Σχήμα 2.3:** Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής Φυσικού Αερίου.  
(Πηγή: *British Petroleum Company, 2019*)

### 2.3.3 Υπεράκτια Παραγωγή Πετρελαίου

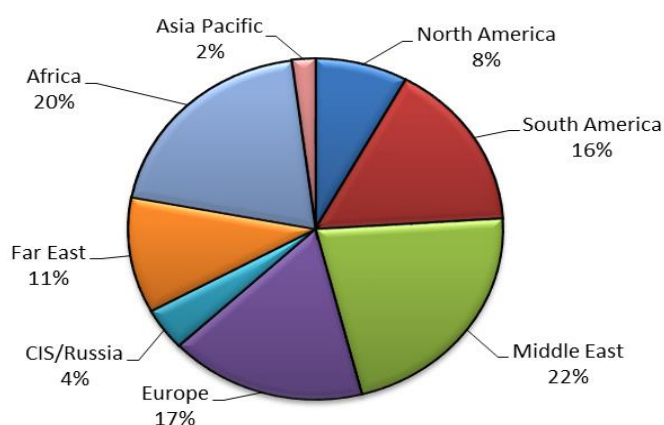
Την περίοδο 2005-2015, η μέση ημερήσια παραγωγή αργού πετρελαίου από υπεράκτια κοιτάσματα ήταν περίπου το 30% της συνολικής παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, το 2010, παράχθηκαν συνολικά 85 MMbbl/d παγκοσμίως, ενώ η υπεράκτια παραγωγή κάλυψε 31% της συνολικής παραγωγής. Τα επόμενα τρία χρόνια, μέχρι το 2013, το ποσοστό της παραγωγής από θαλάσσια κοιτάσματα μειώθηκε. Το 2014 η υπεράκτια παραγωγή κατέγραψε αύξηση, η οποία συνεχίστηκε και 2015. Το 2015 ήταν η χρονιά που η παραγωγή άγγιξε τα υψηλότερα επίπεδα μετά το 2010 (*Manning, 2016*).



**Σχήμα 2.4:** Παγκόσμια ημερήσια παραγωγή πετρελαίου από χερσαία και θαλάσσια κοιτάσματα, περίοδος 2005-2015. (Πηγή: *Manning, 2016*)

Σχετικά με τη γεωγραφική κατανομή για την υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου, ο 2010 η Μέση Ανατολή κατατάσσεται πρώτη, με ποσοστό 22%, και ακολουθεί, με μικρή διαφορά, η Αφρική με ποσοστό 20%. Στη Μέση Ανατολή η παραγωγή εκτελείται σε μικρά βάθη (μικρότερα από 200m), ενώ στην Αφρική η παραγωγή επικεντρώνεται κυρίως στις χώρες,

Νιγηρία, Αγκόλα και στην Γκάνα - πιο πρόσφατα - σε μεγάλα βάθη. Με μικρή διαφορά, από τις προηγούμενες περιοχές, η Ευρώπη συμμετέχει με ποσοστό 17% και Νότια Αμερική με 16% στην παγκόσμια παραγωγή (**Σχήμα 2.5**). Το ποσοστό της Νότιας Αμερικής προβλεπόταν να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια δεδομένου των επενδύσεων που πραγματοποιούνταν για την εκκίνηση της παραγωγής για τα τεράστια κοιτάσματα της Βραζιλίας, όπως είναι το Lula (*Serbutoviez, 2012*). Πράγματι, η Βραζιλία τα επόμενα χρόνια μετατράπηκε σε μεγάλο παραγωγό πετρελαίου. Το 2015, κατείχε τη δεύτερη θέση ως προς την υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου. Μαζί με τα Σαουδική Αραβία, το Μεξικό, τη Νορβηγία και τις Η.Π.Α. παρήγαγαν, εκείνη τη χρονιά, το 43% της συνολικής υπεράκτιας παραγωγής πετρελαίου (*Manning, 2016*).

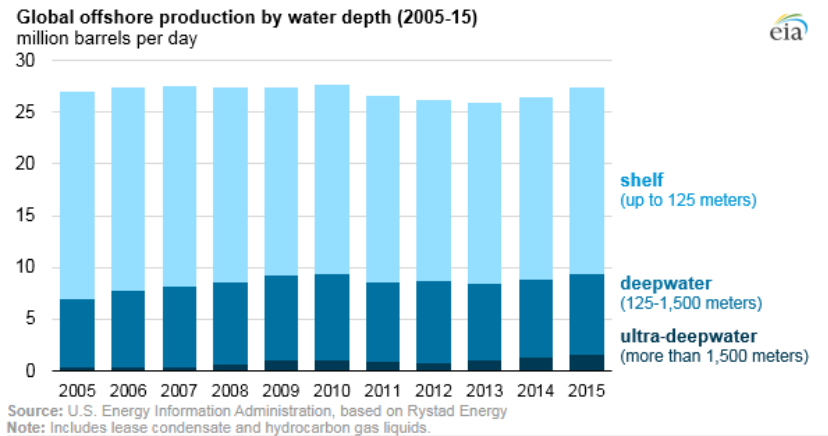


**Σχήμα 2.5:** Γεωγραφική Κατανομή παγκόσμιας υπεράκτιας παραγωγής πετρελαίου για το 2010. (Πηγή: *Serbutoviez, 2012*)

Η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα της αναζήτησης, κυρίως στην ικανότητα απεικόνισης περιοχών κάτω από σχηματισμούς που συνήθως δημιουργούν δυσκολίες στην ερμηνεία και στην επεξεργασία των δεδομένων (δόμοι άλατος, βασάλτης κ.λπ.), καθώς και σε πολύπλοκες γεωλογικές δομές, έχει καταστήσει δυνατή την αξιολόγηση και την ανακάλυψη νέων θαλάσσιων αποθεμάτων. Ωστόσο, τέτοιες ανακαλύψεις είναι όλο και πιο περιορισμένες σε μέγεθος και παρουσιάζονται σε όλο και βαθύτερα νερά. Τέτοιες περιοχές δημιουργούν σημαντικές, τόσο τεχνολογικές, όσο και οικονομικές προκλήσεις. Σήμερα, η εκμετάλλευση κοιτασμάτων σε μεγάλα και πολύ μεγάλα βάθη μπορεί να είναι τεχνολογικά εφικτή αλλά το κόστος τέτοιων γεωτρήσεων ανέρχεται σε πολλά εκατομμύρια δολάρια (*Serbutoviez, 2012*).

Την περίοδο 2005-2015, το μεγαλύτερο ποσοστό της ημερήσιας παραγωγής πετρελαίου προερχόταν από θαλάσσια κοιτάσματα σε βάθος νερού μέχρι 125m. Μέχρι το 2008, σχεδόν η συνολική υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου προερχόταν από κοιτάσματα μέχρι και τα 1.500m. Την περίοδο 2009-2015, παρατηρείται αισθητή αύξηση στην παραγωγή πετρελαίου από κοιτάσματα σε βάθος νερού άνω των 1.500m. Το 2015, η παγκόσμια υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου από ρηχά νερά (125m) έφτασε το 64% της συνολικής παραγωγής, το μικρότερο ποσοστό που έχει σημειωθεί. Την ίδια χρονιά, η παραγωγή από κοιτάσματα σε βάθος νερού 125-1.500m άγγιξε τα 9,3 MMbbl/d, αύξηση 25% σε σχέση με το

2005, ενώ η παραγωγή από κοιτάσματα σε πολύ μεγάλο βάθος (άνω των 1.500) κατέγραψε ιστορική αύξηση (**Σχήμα 2.6**) (Manning, 2016).



**Σχήμα 2.6:** Παγκόσμια υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου συναρτήσει του βάθους νερού (2005-2015). (Πηγή: Manning, 2016)

## 2.4 Παραγωγή Υδρογονανθράκων στην Ε.Ε.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), από την ίδρυσής της, είχε θέσει ως στόχο την ευημερία και την ασφάλεια των πολιτών της. Ο στόχος αυτός ήταν στενά συνδεδεμένος με το συνεχή εφοδιασμό και με άφθονη ενέργεια. Τα περισσότερα κράτη-μέλη της δεν αντιμετώπισαν προβλήματα σχετικά με τον ενεργειακό ανεφοδιασμό όπως τη δεκαετία του '70, εξαιτίας της παγκόσμιας πετρελαϊκής κρίσης, η οποία ξέσπασε το 1973 και το 1979. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις οι οποίες ξέσπασαν σε μικρό μεταξύ τους διάστημα, είχαν ως αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της τιμής του πετρελαίου, και αυτή με τη σειρά της, την πρόκληση έντονης ύφεσης στην οικονομική δραστηριότητα σε όλο τον κόσμο. Η Ε.Ε. λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τις πετρελαϊκές κρίσεις, τη μείωση προσφοράς πετρελαίου καθώς και οι συνεχόμενες απότομες αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι υστερούσε αρκετά στη «μάχη του πετρελαίου» την οδήγησαν στην αναθεώρηση της στρατηγικής της σχετικά με τον τομέα της ενέργειας. Έτσι, η Ε.Ε. υιοθέτησε ένα σχέδιο το οποίο προέβλεπε τη συγκράτηση της αυξητικής τάσης σχετικά με τη ζήτηση του πετρελαίου. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκε ένας συνδυασμός μέτρων φορολογικής πολιτικής και αξιοποίησης των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας (π.χ. ενεργειακές εγκαταστάσεις, ενεργειακά υλικά). Επιπλέον, το σχέδιο αυτό προέβλεπε τη μείωση εισαγωγής του πετρελαίου, με ταυτόχρονη αξιοποίηση και ενίσχυση των εγχώριων ενεργειακών πηγών και υποδομών για την παραγωγή ενέργειας. Σε αυτή την κατεύθυνση, πραγματοποιήθηκαν αρκετές επενδύσεις σε προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα της ενέργειας, όπως ήταν το πρόγραμμα Thermie (1990-1994) για την προώθηση της ενεργειακής τεχνολογίας, και ιδιαίτερα το Πρόγραμμα-Πλαίσιο Ενέργειας (1998-2002). Τέλος, προβλεπόταν η έντονη προώθηση, αν και βρισκόταν σε περιορισμένο βαθμό, της χρήσης των ανανεώσιμων και νέων μορφών ενέργειας, όπως το υδρογόνο, καθώς και της ανάπτυξης πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας (ασφαλέστερης τεχνολογίας) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1997; 2011; 2014; 2015).

Η Ε.Ε., όπως φάνηκε, προσπάθησε να αναδείξει την προστασία του περιβάλλοντος και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε βασικούς πυλώνες για την ανάπτυξη του τομέα της ενέργειας. Εξαιτίας της ανταγωνιστικότητας και της αδυναμία πλήρους απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, η Ε.Ε. δε φάνηκε να καταφέρνει κάτι τέτοιο με ιδιαίτερη επιτυχία.

Μέχρι το 2014, η Ε.Ε. εισήγαγε το 53% της ενέργειας που καταναλώνει. Η ενεργειακή εξάρτηση που αφορούσε το αργό πετρέλαιο ήταν σχεδόν 90%, και το φυσικό αέριο 66%. Το μεγάλο ζήτημα ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού της ένωσης είναι το ότι εξαρτάται από έναν και μόνο εξωτερικό προμηθευτή, τη Ρωσία, ιδιαίτερα όσον αφορά το φυσικό αέριο. Πιο συγκεκριμένα, έξι κράτη-μέλη (Εσθονία, Βουλγαρία, Φιλανδία, Λετονία, Λιθουανία και Σλοβακία) εξαρτώνται από τη Ρωσία, ως αποκλειστικό εξωτερικό προμηθευτή του συνόλου των οικείων εισαγωγών φυσικού αερίου, ενώ τρία εξ αυτών (Σλοβακία, Λετονία και Λιθουανία) χρησιμοποιούν φυσικό αέριο για να καλύψουν περισσότερο από το ένα τέταρτο του συνόλου των ενεργειακών αναγκών τους. Ο ενεργειακός εφοδιασμός από τη Ρωσία αντιστοιχούσε στο 2013 το 39% των εισαγωγών φυσικού αερίου και στο 27% της κατανάλωσης αερίου στην Ε.Ε. Το 71% της παραγωγής φυσικού αερίου της Ρωσίας εξήχθη στην Ευρώπη, με το μεγαλύτερο όγκο εξαγωγών προς τη Γερμανία και την Ιταλία (*Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014*).

Σήμερα, η στρατηγική της Ε.Ε για την ενέργεια, όσον αφορά την εκμετάλλευση των υδρογονανθράκων, προβλέπει την Ε&Π αυτών. Στα άμεσα σχέδια της Ε.Ε. είναι η ανάπτυξη και η συγκρότηση ενός δικτύου ευρωπαϊκής επιστήμης και τεχνολογίας για τις βέλτιστες τεχνικές, μεταξύ των κρατών-μελών της, για την Ε&Π υδρογονανθράκων από συμβατικές και μη πηγές (*Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014*). Ως μη συμβατικές πηγές αναφέρεται το σχιστολιθικό πετρέλαιο και φυσικό αέριο, το συμπαγές φυσικό αέριο και το έγκλειστο πετρέλαιο (*Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2013*).

### 2.4.1 Παραγωγή Πετρελαίου

Η Ε.Ε.-28 για το 2018, παρήγαγε κάτι παραπάνω από 1,42 MMbbl πετρελαίου<sup>5</sup> την ημέρα, από θαλάσσια και χερσαία κοιτάσματα (**Πίνακας 2.5**). Πρώτη παραγωγός χώρα πετρελαίου είναι το Ηνωμένο Βασίλειο με παραγωγή 1.000 Mbbld. Η παραγωγή του Ηνωμένου Βασιλείου αντιστοιχεί περίπου στο 70% της συνολικής παραγωγής της Ε.Ε.. Ακολουθεί η Δανία, με ιδιαίτερα μεγάλη διαφορά από τη πρώτη, αφού η παραγωγή της ξεπέρασε τα 115 Mbbld και με ποσοστό, μόλις, 8,09%. Η Ιταλία παρήγαγε για εκείνη τη χρονιά περίπου το 6% της συνολικής παραγωγής, με 89,5 Mbbld. Η Ρουμανία, η Γερμανία, η Πολωνία, η Ολλανδία, η Γαλλία, η Ουγγαρία και η Κροατία συμπληρώνουν τη λίστα με τις 10 χώρες της Ε.Ε. με τη μεγαλύτερη παραγωγή πετρελαίου. Στις χώρες αυτές, η παραγωγή δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, κυμαίνεται, για κάθε χώρα, από 0,98% έως 5,92%. Τα υπόλοιπα κράτη μέλη συμβάλλουν και εκείνα με τη σειρά τους, στην συνολική παραγωγή, με ποσοστό μικρότερο από 0,93%. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 12<sup>η</sup> θέση του πίνακα με παραγωγή 4,1 Mbbld, ή με 0,29% επί της συνολικής παραγωγής της Ε.Ε..

<sup>5</sup> Αργό πετρέλαιο, περιλαμβάνονται συμπυκνώματα (Lease Condensate)

Πίνακας 2.5: Παραγωγή πετρελαίου στην Ε.Ε.-28, έτος 2018

Χώρα	Mbbld	% της παραγωγής
Ηνωμένο Βασίλειο	1.000	70.27%
Δανία	115,2	8.09%
Ιταλία	89,5	6.29%
Ρουμανία	70	4.92%
Γερμανία	40,8	2.87%
Πολωνία	20,9	1.47%
Ολλανδία	17,5	1.23%
Γαλλία	15,6	1.10%
Ουγγαρία	15,5	1.09%
Κροατία	13,9	0.98%
Αυστρία	13,2	0.93%
Ελλάδα	4,1	0.29%
Τσεχία	2	0.14%
Λιθουανία	2	0.14%
Ισπανία	1,7	0.12%
Βουλγαρία	1	0.07%
Σλοβακία	0,2	0.01%
Σλοβενία	0,005	0.00%
Βέλγιο	0	0%
Εσθονία	0	0%
Φιλανδία	0	0%
Πορτογαλία	0	0%
Σουηδία	0	0%
Λετονία	0	0%
Ιρλανδία	0	0%
Κύπρος	0	0%
Λουξεμβούργο	0	0%
Μάλτα	0	0%
<b>Συνολική Παραγωγή</b>	<b>1.423,105</b>	<b>100%</b>

(Πηγή: U.S. Energy Information Administration (EIA), χ.χ.)

## 2.4.2 Παραγωγή Φυσικού Αερίου

Όσον αφορά το φυσικό αέριο, το 2017 η Ε.Ε. παρήγαγε συνολικά περίπου 130,3 Tcm φυσικού αερίου<sup>6</sup> (Πίνακας 2.6). Πρώτη παραγωγός χώρα φυσικού αερίου στην Ε.Ε. ήταν η Ολλανδία, με ετήσια παραγωγή 45,3 Bcm, με ποσοστό περίπου 35% επί της συνολικής παραγωγής. Ακολουθεί το Ηνωμένο Βασίλειο το οποίο παρήγαγε 42,11 Bcm φυσικού αερίου, με ποσοστό 32,3%. Για το 2017, η Ρουμανία και η Γερμανία παρήγαγαν 10,88 Bcm (8,35%) και 7,88 Bcm (6,04%) αντίστοιχα. Η Πολωνία, η Ιταλία, η Δανία, η Ιρλανδία, η Ουγγαρία και η Αυστρία, μαζί με τις τέσσερες χώρες που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποτελούν τις 10 μεγαλύτερες χώρες παραγωγής φυσικού αερίου της Ε.Ε.. Οι χώρες αυτές

<sup>6</sup> Ξηρό φυσικό αέριο



συμμετείχαν με ποσοστό από 4,41% έως 0,97%. Τα υπόλοιπα κράτη-μέλη συνέβαλαν στην ετήσια παραγωγή με ελάχιστο ποσοστό, μικρότερο του 0,2% το καθ' ένα, με εξαίρεση την Κροατία που το ποσοστό της ήταν 0,8%. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η Ελλάδα η όπου παρήγαγε 8.000cm (0,01%) φυσικού αερίου.

**Πίνακας 2.6:** Παραγωγή φυσικού αερίου στην Ε.Ε.

Χώρα	Bcm/έτος	% της παραγωγής
<b>Ολλανδία</b>	45,3	34,75%
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	42,11	32,30%
<b>Ρουμανία</b>	10,88	8,35%
<b>Γερμανία</b>	7,88	6,04%
<b>Πολωνία</b>	5,75	4,41%
<b>Ιταλία</b>	5,53	4,24%
<b>Δανία</b>	4,83	3,71%
<b>Ιρλανδία</b>	3,51	2,69%
<b>Ουγγαρία</b>	1,81	1,39%
<b>Αυστρία</b>	1,26	0,97%
<b>Κροατία</b>	1,04	0,80%
<b>Τσεχία</b>	0,22	0,17%
<b>Σλοβακία</b>	0,1	0,08%
<b>Βουλγαρία</b>	0,08	0,06%
<b>Ισπανία</b>	0,03	0,02%
<b>Γαλλία</b>	0,016	0,01%
<b>Ελλάδα</b>	<b>0,008</b>	<b>0,01%</b>
<b>Σλοβενία</b>	0,008	0,01%
<b>Βέλγιο</b>	0	0,00%
<b>Κύπρος</b>	0	0,00%
<b>Εσθονία</b>	0	0,00%
<b>Φιλανδία</b>	0	0,00%
<b>Λετονία</b>	0	0,00%
<b>Λιθουανία</b>	0	0,00%
<b>Λουξεμβούργο</b>	0	0,00%
<b>Μάλτα</b>	0	0,00%
<b>Πορτογαλία</b>	0	0,00%
<b>Σουηδία</b>	0	0,00%
<b>Συνολική Παραγωγή</b>	<b>130.362</b>	<b>100,00%</b>

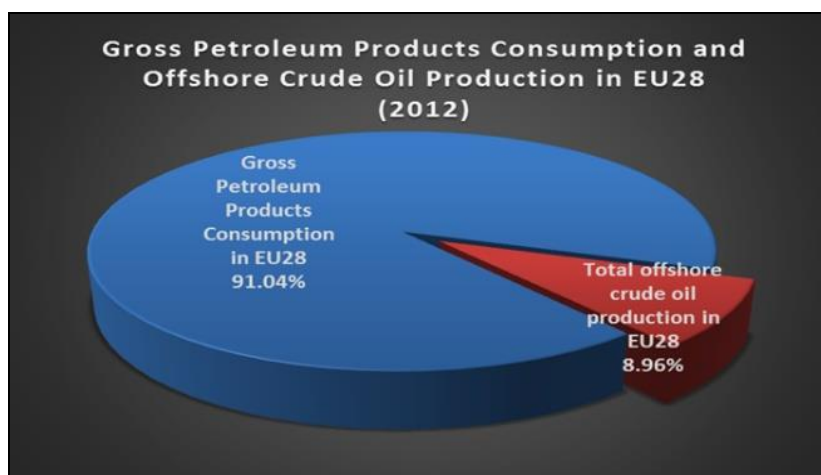
(Πηγή: U.S. Energy Information Administration (EIA), χ.χ.)

### 2.4.3 Υπεράκτια Παραγωγή Πετρελαίου στην Ε.Ε.

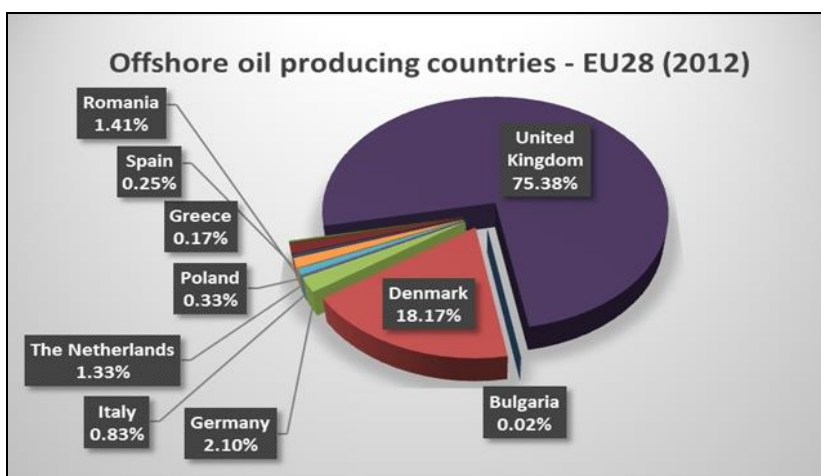
Με βάση την επίσημη ιστοσελίδα του EU Offshore Authorities Group (EUOAG) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου αποτελεί μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας για την Ε.Ε. Τα μόνα στοιχεία που παρουσιάζονται για την υπεράκτια παραγωγή αργού πετρελαίου είναι για το 2012. Εκείνη τη χρονιά η υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου στην Ε.Ε. ανήλθε, περίπου, σε 60 εκατ. τόνους τα οποία παράχθηκαν

στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα των κρατών-μελών. Η παραγωγή αργού πετρελαίου (crude oil) από θαλάσσιες γεωτρήσεις, εντός της Ε.Ε.-28, αντιστοιχούσε περίπου στο 9% της ακαθάριστης κατανάλωσης πετρελαϊκών προϊόντων (Gross Petroleum Products Consumption) (Σχήμα 2.7). Το μεγαλύτερο μέρος από την παραγωγή αργού πετρελαίου, από τα κράτη μέλη της Ε.Ε.-28, παράχθηκε στη Βόρεια Θάλασσα, με το Ηνωμένο Βασίλειο να αναδεικνύεται ως ο σημαντικότερος παραγωγός, με συνεισφορά 75.38%. Στη συνέχεια ακολουθεί η Δανία με 18,17%, ενώ οι υπόλοιπες χώρες συμμετείχαν με ποσοστό κάτω από 2,1% (Σχήμα 2.8). Η Ρουμανία παρήγαγε το 20% της παραγωγής αργού πετρελαίου από υπεράκτια κοιτάσματα, ενώ η Βουλγαρία και η Γερμανία το 50%. Η Ελλάδα και η Ισπανία είναι οι μοναδικές χώρες που η παραγωγή αργού πετρελαίου προέρχεται αποκλειστικά από θαλάσσια κοιτάσματα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πρόσθετες σημαντικές ποσότητες πετρελαίου που εξορύσσονται από την υφαλοκρηπίδα της Νορβηγίας. Το 2012, η υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου στη Νορβηγία υπολογίστηκε ότι άγγιξε τα 138 εκατ. τόνους, περισσότερο δηλαδή από το 130% της συνολικής ευρωπαϊκής υπεράκτιας παραγωγής πετρελαίου (EUOAG, 2018).



Σχήμα 2.7: Συνολική κατανάλωση πετρελαϊκών προϊόντων και η υπεράκτια παραγωγή αργού πετρελαίου στην Ε.Ε.-28. (Πηγή: EUOAG, 2018)



Σχήμα 2.8: Υπεράκτια παραγωγή αργού πετρελαίου στην Ε.Ε.-28. (Πηγή: EUOAG, 2018)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΩΝ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ

### 3.1 Εισαγωγή

Οι εργασίες που εκτελούνται κατά την Ε&Π υδρογονανθράκων αποτελούν μία πολυσύνθετη δραστηριότητα σε όλα τα επίπεδα, εργασία, λειτουργικά, τεχνικά και επιχειρησιακά, και γι' αυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας. Ένα αρκετά μεγάλο μέρος αυτών των εργασιών εκτελούνται από εργολάβους και υπεργολάβους εντός των εγκαταστάσεων. Η πρόκληση ενός ανεπιθύμητου περιστατικού μπορεί να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, στο περιβάλλον, καθώς και στις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2013/30/ΕΕ για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ, ένα ανεπιθύμητο περιστατικό, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και το βαθμό επίπτωσης, μπορεί να χαρακτηριστεί ως σοβαρό ατύχημα, όπως ορίζεται στην παραπάνω Οδηγία. Ένα από τα πιο σοβαρά ατυχήματα που μπορεί να προκληθεί, κατά την υπεράκτια Ε&Π υδρογονανθράκων, είναι ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας. Ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας χαρακτηρίζεται ως σοβαρό περιβαλλοντικό περιστατικό καθώς είναι πιθανό να προκαλέσει σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στο φυσικό όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Πετρελαιοκηλίδα μπορεί να προκύψει απ' όλες τις φάσεις της Ε&Π υδρογονανθράκων και από διαφορετικά πετρελαιοειδή. Ανάλογα με το στάδιο εργασιών και τα πετρελαιοειδή οι επιπτώσεις στο περιβάλλον ποικίλουν σε βαθμό και έκταση.

### 3.2 Καταγεγραμμένα Συμβάντα στην Ιστορία

Τα συμβάντα, ανάλογα με τη σοβαρότητα και τις επιπτώσεις που μπορούν να προκαλέσουν, ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες (*Christou & Konstantinidou, 2012*):

- *Ασήμαντο συμβάν (Insignificant events).*
- *Παρ' ολίγον ατύχημα (Near-misses).*
- *Περιστατικά/Επικίνδυνες καταστάσεις & Ατυχήματα (Incidents/Hazardous situations, and Accidents).*
- *Ατυχήματα (Accidents).*

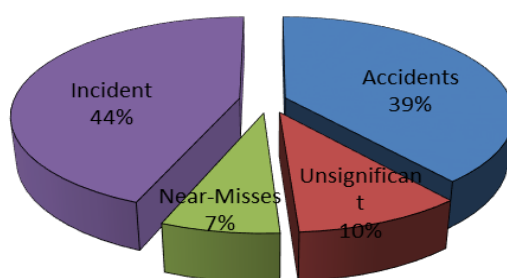
**Ασήμαντο συμβάν:** Αντιπροσωπεύει μία επικίνδυνη κατάσταση αλλά με πολύ μικρές συνέπειες. Στις περισσότερες περιπτώσεις δε σημειώνονται ζημιές και δεν απαιτούνται επισκευές. Μικρές διαρροές αργού πετρελαίου και χημικών ουσιών περιλαμβάνονται, επίσης, σε αυτή την κατηγορία. Επιπλέον, περιλαμβάνονται ελαφριοί τραυματισμοί προσωπικού, δίχως απώλεια χρόνου εργασίας.

**Παρ' ολίγον ατύχημα:** Αντιπροσωπεύει ένα γεγονός το οποίο θα είχε ή θα μπορούσε να είχε εξελιχθεί. Καμία ζημιά δεν καταγράφεται και καμία επισκευή δεν απαιτείται σ' αυτή την περίπτωση.

**Περιστατικά/Επικίνδυνες καταστάσεις-Ατυχήματα:** Αντιπροσωπεύουν μία επικίνδυνη κατάσταση, η οποία δεν έχει εξελιχτεί επικίνδυνα. Ο βαθμός της βλάβης που καταγράφεται είναι χαμηλός, αλλά συνήθως απαιτούνται επιδιορθώσεις ή/και αντικαταστάσεις. Ο τύπος αυτός περιλαμβάνει, επίσης, γεγονότα τα οποία προκαλούν μικροτραυματισμούς ή βλάβες στην υγεία των εργαζομένων.

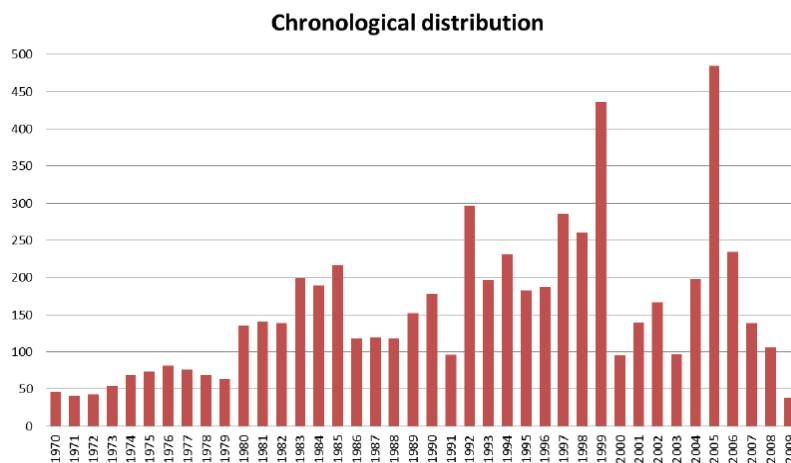
**Ατυχήματα:** Αντιπροσωπεύουν μία επικίνδυνη κατάσταση, η οποία έχει εξελιχθεί σε επικίνδυνο βαθμό. Επιπλέον, σε αυτές τις περιπτώσεις προκαλούνται θάνατοι και σοβαροί τραυματισμοί.

Σύμφωνα με την DNV, και τα αρχεία τα οποία έχει συλλέξει, *WOAD<sup>7</sup> (World Offshore Accident Dataset)*, στο **Σχήμα 3.1** παρουσιάζονται τα ποσοστά για τα διαφορετικά είδη περιστατικών που έχουν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου. Χαρακτηριστικό φαινόμενο αποτελεί το γεγονός ότι αρκετές χώρες δεν παρουσιάσουν τα σχετικά στοιχεία. Παράλληλα, η έλλειψη δήλωσης αναφοράς περιστατικών που χαρακτηρίζονται είτε ως «*Ασήμαντο συμβάν*» ή «*Παρ' ολίγον ατύχημα*» σε αρμόδιους φορείς, δικαιολογεί το μικρό καταγεγραμμένο ποσοστό τους, 10% και 7% αντίστοιχα. Στο αμέσως παρακάτω διάγραμμα (**Σχήμα 3.2**), παρουσιάζεται η χρονολογική κατανομή των καταγεγραμμένων συμβάντων. Κατά την περίοδο 1999-2005 παρουσιάζονται απότομες αυξήσεις στις καταγραφές. Ο λόγος ήταν ότι το 1999 οι καταγραφές συμβάντων αυξήθηκαν στη Νορβηγία, διότι σύμφωνα με έναν, τότε, νέο κανονισμό, όλα τα διάφορα περιστατικά που λάμβαναν χώρα έπρεπε να καταγράφονται και να αναφέρονται. Σ' αυτά τα περιστατικά περιλαμβάνονταν και τα «*Παρ' ολίγον ατυχήματα*». Το 2005, για την απότομη αύξηση των καταγραφών ευθύνονται οι τυφώνες Κατρίνα και Ρίτα οι οποίες έπληξαν τις ΗΠΑ. Εκείνη τη χρονιά συγκεντρώθηκαν στοιχεία για 484 συμβάντα εκ των οποίων τα 341 προέρχονται από την υφαλοκρηπίδα των ΗΠΑ.



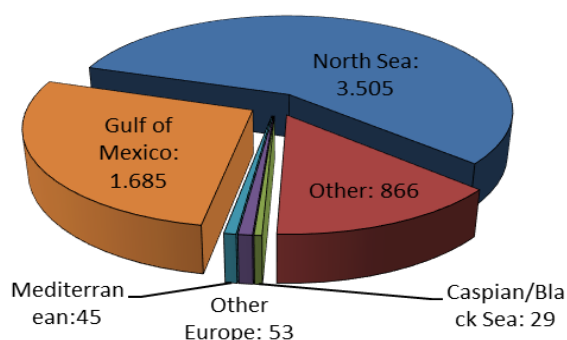
**Σχήμα 3.1:** Κατανομή συμβάντων ανάλογα με τη σοβαρότητά τους.  
(Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012)

<sup>7</sup> Το WOAD περιλαμβάνει στοιχεία των διαφόρων περιστατικών από το 1970 μέχρι το 2009

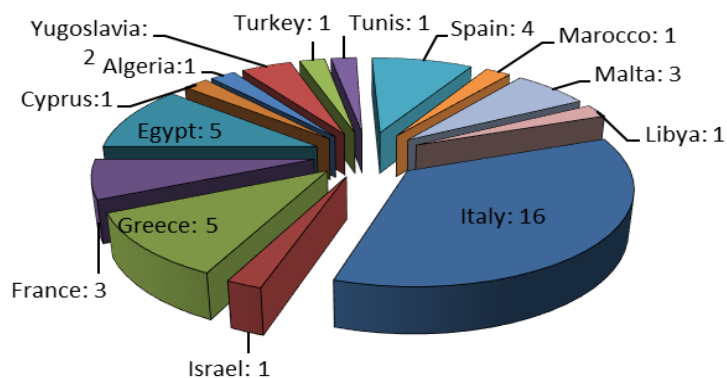


**Σχήμα 3.2:** Χρονολογική κατανομή συμβάντων. (Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012)

Με βάση το WOAD, στο **Σχήμα 3.3** παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή 6.183 περιστατικών, στα οποία περιλαμβάνονται τα «Παρ' ολίγον ατυχήματα», «Περιστατικά - Επικίνδυνες καταστάσεις» καθώς και «Ατυχήματα». Στη Βόρεια Θάλασσα σημειώθηκαν 3.505 συμβάντα, στον Κόλπο του Μεξικού 1.685, ενώ μόνο στη Μεσόγειο μόλις 45. Σε όλες τις υπόλοιπες περιοχές του κόσμου (Αφρική, Νότια Αμερική, Αυστραλία) έγινε προσπάθεια και καταγράφηκαν συνολικά μόλις 866 περιστατικά. Η προθυμία παραχώρησης ολοκληρωμένων στοιχείων φαίνεται να είναι πιο μεγάλη από την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας και των ΗΠΑ σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές. Αυτό μπορεί να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό από το επόμενο γράφημα (**Σχήμα 3.4**). Παρ' όλο που οι Ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου φαίνεται να έχουν καλή επίδοση στα θέματα ασφάλειας, οι χώρες της Βόρειας Αφρικής παρουσιάζουν ακόμα καλύτερη επίδοση. Ένα τέτοιο συμπέρασμα, βέβαια, δεν είναι ορθό. Ο λόγος για τον οποίο οι χώρες της Βόρειας Αφρικής έχουν λιγότερες εγγραφές είναι απλά επειδή οι πληροφορίες σχετικά με τα ατυχήματα στην Αίγυπτο, τη Λιβύη, την Τυνησία, την Αλγερία και το Μαρόκο δεν είναι διαθέσιμες κατηγορίες (Christou & Konstantinidou, 2012).



**Σχήμα 3.3:** Γεωγραφική κατανομή καταγεγραμμένων συμβάντων. (Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012)



**Σχήμα 3.4:** Κατανομή διαφόρων περιστατικών στην Μεσόγειο Θάλασσα ανά χώρα.  
(Πηγή: Christou & Konstantinidou, 2012)

### 3.3 Μεγάλα Ατυχήματα στην Ιστορία

Η πρόκληση ενός συμβάντος ενδέχεται να οδηγήσει ακόμα και σε σοβαρό ατύχημα το οποίο με τη σειρά του να προκαλέσει επιζήμιες καταστροφές στο περιβάλλον και, ταυτόχρονα, να κοστίσει τη ζωή αρκετών δεκάδων εργαζομένων. Και στις δύο περιπτώσεις οι ευθύνες των αρμόδιων του έργου είναι τεράστιες, με αποτέλεσμα ένα ατύχημα να κοστίσει χρήματα πολλών εκατομμυρίων. Στον **Πίνακα 3.1** παρατίθενται τα 11 μεγαλύτερα ατυχήματα του κλάδου του πετρελαίου καθώς και τα αίτια αυτών τα οποία οδήγησαν στην απώλεια ανθρώπινων ζωών.

**Πίνακας 3.1:** Τα 11 μεγαλύτερα ατυχήματα που οδήγησαν στην απώλεια ανθρώπινων ζωών.

Ατύχημα	Αίτια	Απώλεια Ζωών
<i>Piper Alpha - 1988</i>	Έκρηξη - Πυρκαγιά	165
<i>Alexander L. Kielland - 1980</i>	Καταιγίδα - Ανατροπή	123
<i>Seacrest Drillship - 1989</i>	Τυφώνα - Ανατροπή	91
<i>Ocean Ranger -1982</i>	Καταιγίδα - Ανατροπή	84
<i>Glomar Java Sea Drillship - 1983</i>	Τυφώνα - Ανατροπή	81
<i>Bohai 2 - 1979</i>	Καταιγίδα - Ανατροπή	72
<i>Brent Field Chinook Helicopter - 1986</i>	Συντριβή Ελικοπτέρου	45
<i>Enchova Central - 1984</i>	Έκρηξη	42
<i>Mumbai (Bombay) High North - 2005</i>	Άνεμος - Θύελλα	22
<i>C. P. Baker Drilling Barge - 1964</i>	Έκρηξη Αερίου	21
<i>Deepwater Horizon - 2010</i>	Έκρηξη	11

(Πηγή: *Offshore Technology*, 2019; *Oil Rig Disasters*, χ.χ.)

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, κατά τις εργασίες Ε&Π υδρογονανθράκων μία από τις πιο σοβαρές αιτίες οικολογικής καταστροφής αποτελεί η διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα. Στον **Πίνακα 3.2** παρουσιάζονται τα 6 μεγαλύτερα ατυχήματα διαρροής πετρελαίου και οι ποσότητες που απελευθερώθηκαν στις υδάτινες μάζες.

**Πίνακας 3.2:** Τα 6 μεγαλύτερα ατυχήματα διαρροής πετρελαίου κατά την Ε&Π υδρογονανθράκων.

Ατύχημα	Ποσότητα Διαρροής Πετρελαίου (bbl)
<i>Macondo - 2010</i>	4.200.000
<i>Sedco 135F and the IXTOC-1 Well - 1979</i>	3.300.000
<i>Abkatun 91 - 1986</i>	247.000
<i>Ekofisk Bravo Platform - 1977</i>	202.381
<i>Funiwa No. 5 Well - 1980</i>	200.000
<i>Hasbah Platform Well 6 - 1980</i>	105.000

(Πηγή: Etkin, 2014)

Το συνολικό κόστος ενός τέτοιου ατυχήματος μπορεί να κοστίζει αρκετά εκατομμύρια δολάρια. Τα 10 μεγαλύτερα ατυχήματα, όσον αφορά την οικονομική αποτίμηση τους παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3.3**, ενώ στη συνέχεια περιγράφονται οι συνθήκες πρόκλησης και οι επιπτώσεις για τα δύο μεγαλύτερα εξ αυτών.

**Πίνακας 3.3:** Τα 10 ατυχήματα με το μεγαλύτερο οικονομικό κόστος.

Ατύχημα	Κόστος (εκατ. 2002 US\$)
<i>Macondo - 2010</i>	62.000 <sup>8</sup>
<i>Piper Alpha - 1988</i>	1.270
<i>Petrobras P36 -2001</i>	515
<i>Enchova Central - 1984</i>	461
<i>Sleipner A - 1991</i>	365
<i>Mississippi Canyon 311 A (Bourbon) - 1987</i>	274
<i>Mighty Servant 2 - 1999</i>	220
<i>Mumbai (Bombay) High North - 2005</i>	195 (2005)
<i>Steelhead Platform - 1987</i>	171
<i>Petronius A - 1988</i>	116

(Πηγή: Oil Rig Disasters, χ.χ.; Bousso, 2018)

### 3.3.1 Ατυχήματα με το Μεγαλύτερο Οικονομικό Κόστος Αποτίμησης στην Ιστορία

#### 3.3.1.1 Deepwater Horizon – Macondo (Κόλπος του Μεξικού, 2010)

Το ατύχημα στην εξέδρα Deepwater Horizon, γνωστό και ως το ατύχημα στον Κόλπο του Μεξικού ή η πετρελαιοκηλίδα της BP, αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές στον πλανήτη. Η διαρροή στην εξέδρα, κατά την άντληση πετρελαίου από την εταιρία BP (British Petroleum), είναι υπαίτια για τη μεγαλύτερη πετρελαιοκηλίδα στην ιστορία. Η εξέδρα Deepwater Horizon (ημιβυθιζόμενη τύπου εξέδρα – semisubmersible),

<sup>8</sup> Δεν αναφέρεται το έτος της αξίας των χρημάτων



ήταν μία υπεράκτια πλατφόρμα πετρελαίου περίπου 50 μίλια Νοτιοανατολικά του δέλτα του ποταμού Μισισσιπή. Η εξέδρα ήταν κατασκευασμένη από την Hyundai Heavy Industries, είχε 396ft (121m) μήκος και 256ft (78m) πλάτος και μπορούσε να λειτουργήσει σε βάθος νερού μέχρι 8.000ft (2.400m), με μέγιστο βάθος διάτρησης τα 30.000ft (9.100m).



**Εικόνα 3.1:** Η εξέδρα *Deepwater Horizon* στον Κόλπο του Μεξικού πριν την καταστροφή. (Πηγή: *The Guardian*, 2010)

Το βράδυ της 20<sup>ης</sup> Απριλίου 2010, η απελευθέρωση αερίου (μεθάνιο, CH<sub>4</sub>) μέχρι την επιφάνεια, υπό υψηλή πίεση, από την παραγωγική γεώτρηση, είχε ως επακόλουθο την ανάφλεξη του και την τελική έκρηξη της εξέδρας. Η φωτιά, η οποία προκλήθηκε, είχε ως αποτέλεσμα τη βύθιση της εξέδρας, 1.500m, έπειτα από δύο μέρες από το ξέσπασμα της πυρκαγιάς. Η βύθιση της εξέδρας προκάλεσε τη διαρροή πετρελαίου επί 87 συνεχόμενες μέρες. Σύμφωνα με τη κατάσταση-λίστα των εργαζομένων, περίπου 126 άτομα εργάζονταν, 11 από τους οποίους έχασαν τη ζωή τους. Υπολογίζεται ότι 4,9 MMbbl αργού πετρελαίου, συνολικά, απελευθερώθηκαν στον Κόλπο του Μεξικού, και κάλυψαν περίπου 28.958 τετραγωνικά μίλια (75.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα), με την έκταση και τη θέση της κηλίδας να αλλάζει από μέρα σε μέρα, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες οι οποίες επικρατούσαν (**Εικόνα 3.2**).



**Εικόνα 3.2:** Στιγμιότυπο από την έκταση και τη θέση της κηλίδας στον Κόλπο του Μεξικού (κόκκινο χρώμα). (Πηγή: *Chen & Denison*, 2011)

Οι άμεσες επιπτώσεις από τη διαρροή ήταν τεράστιες, δεδομένου ότι όσες προσπάθειες και αν καταβλήθηκαν, για την περισυλλογή του πετρελαίου από τη θάλασσα, δεν είχαν τα επιθυμητά αποτέλεσμα. Στη προσπάθεια περιορισμού της ρύπανσης, η οποία εξαπλωνόταν



μέρα με τη μέρα, τα πλοία περισυλλογής και τα πλωτά φράγματα, κατάφεραν να θέσουν υπό έλεγχο μόλις το 1% του πετρελαίου το οποίο είχε διοχετευθεί στη θάλασσα. Περίπου 47.000 άνθρωποι και 7.000 πλοία ενεργοποιήθηκαν για τις προσπάθειες καταπολέμησης της ρύπανσης.

Η έκταση της πετρελαιοκηλίδας προκάλεσε ανυπολόγιστες ζημιές, τόσο στο οικοσύστημα όσο και στην οικονομία της περιοχής εκείνης, καθώς και στη συνολική ποιότητα ζωής των κατοίκων. Αμέσως κλήθηκαν επιστήμονες και ειδικοί ώστε να μελετήσουν τις επιπτώσεις, οι οποίες προκλήθηκαν, στην πανίδα, στη χλωρίδα, στους οικότοπους και γενικά σ' ολόκληρο το περιβάλλον. Οι μελέτες αυτές περιελάμβαναν τις επιπτώσεις στις θαλάσσιες χελώνες, στα θαλάσσια θηλαστικά, στα ψάρια και σ' όλους τους υδροβίους οργανισμούς, πουλιά, έλη, κοραλλιογενείς περιοχές, φυτά, παραλίες και ορεινές περιοχές οικότοπων (**Εικόνα 3.3**). Για την προστασία των κοραλλιογενών περιοχών και των υδροβιότοπων χρησιμοποιήθηκαν πλωτά φράγματα (booms), έκτασης 1.300km περίπου, ενώ συνολικά χρησιμοποιήθηκαν φράγματα συνολικού μήκους 4.100km.



**Εικόνα 3.3:** Επιπτώσεις στο οικοσύστημα και στις παράκτιες περιοχές.

**Κίτρινο χρώμα:** έκταση πετρελαιοκηλίδας

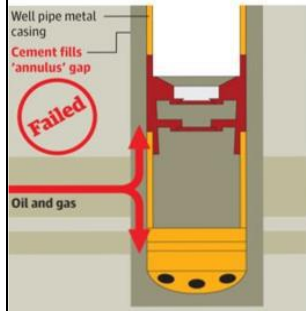
**Μπλε χρώμα:** επιπτώσεις στην ακτογραμμή της περιοχής. (Πηγή: Kinver, 2011)

Τα αίτια τα οποία οδήγησαν στην έκρηξη και στη διαρροή πετρελαίου οφείλονται στον ακατάλληλο σχεδιασμό και στη τσιμέντωση της γεώτρησης. Η τσιμέντωση και οι βαλβίδες ασφαλείας στον πυθμένα της γεώτρησης δεν κατάφεραν να εμποδίσουν την είσοδο του αερίου προς το εσωτερικό της σωλήνωσης. Την ίδια στιγμή, η ένδειξη υψηλής πίεσης δεν ανησύχησε τους υπευθύνους εργαζόμενους, θεωρήθηκε ως λάθος ένδειξη, ενώ το αέριο οδηγούταν προς την επιφάνεια. Το αέριο απελευθερώθηκε αμέσως στην επιφάνεια με αποτέλεσμα την πρόκληση της έκρηξης. Για κάποιο ανεξήγητο λόγο, μέχρι τώρα, το σύστημα πυρόσβεσης δεν ενεργοποιήθηκε. Στη συνέχεια, το αέριο το οποίο είχε διοχετευθεί στην επιφάνεια, μέσω των συστημάτων αερισμού τα οποία οδήγησαν το αέριο στο μηχανοστάσιο με αποτέλεσμα την πρόκληση δύο ακόμα μεγάλων εκρήξεων (**Εικόνα 3.4**).

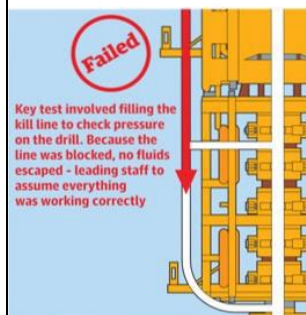
## What went wrong?

The BP report identifies eight key elements in the Deepwater Horizon drilling operation - each of which could have prevented the disaster

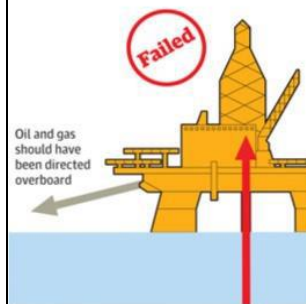
- 1 The cement that was supposed to stop oil and gas reaching the well pipe casing did not work. The report blames the type of cement used



- 3 Staff misread a key pressure test thinking high readings were an error



- 5 Once oil and gas started flooding to the surface, they were not diverted overboard but swept on to the rig



- 7 The fire prevention system on the rig failed. The report says the 'heating, ventilation and air conditioning system ... transferred a gas-rich mixture into the engine rooms'. Two huge explosions followed, killing 11 crew members



### The key times

20 April 9.40pm  
Report: 'This overwhelmed the ... system'

20 April 9.49pm  
Report: 'The fire and gas system did not prevent ... ignition'



Sea floor at 5,000 feet

Drill pipe

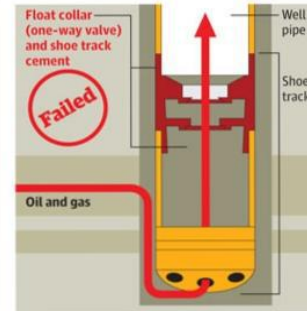
Oil-bearing rock at 18,000 feet

19 April 7.30pm-12.36am  
Report: 'There were weaknesses in cement design'

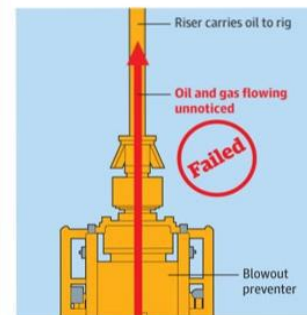
20 April 4.50pm  
Report: 'The investigation team identified ... failure'

SOURCE: BP DRAWINGS NOT TO SCALE

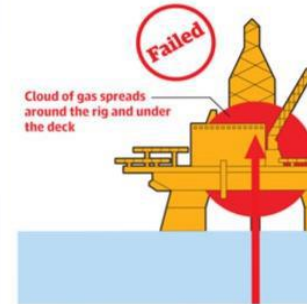
- 2 The cement and valve at the bottom of the drill pipe failed to stop oil and gas bursting into the well pipe



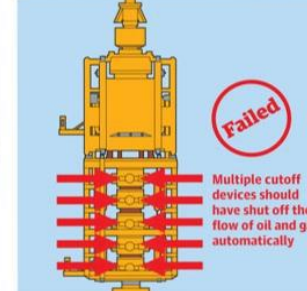
- 4 Oil and gas were now pouring up the well, but it took 40 minutes for this to be noticed



- 6 The oil and gas 'vented directly on to the rig'. This made an explosion was inevitable



- 8 The 'failsafe' blowout preventer (BOP) failed. Fire on the rig stopped it being remotely shut down, while an automated system also failed. The BOP had flat batteries in one control pod and a faulty solenoid valve in another

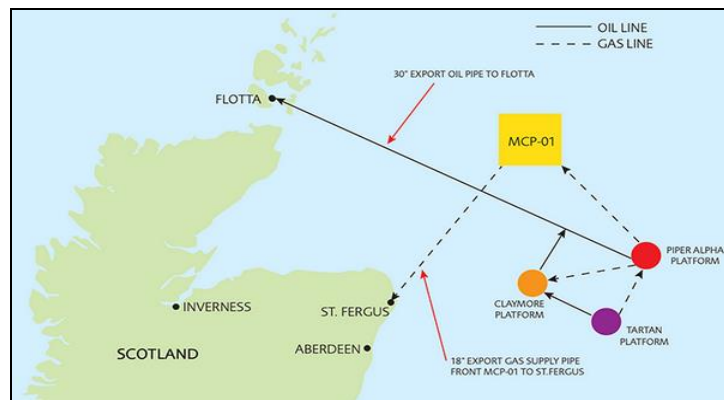


Εικόνα 3.4: Τα 8 βήματα που οδήγησαν στην καταστροφή. (Πηγή: Rogers, 2010)

### 3.3.1.2 Piper Alpha (Βόρεια Θάλασσα - Ηνωμένο Βασίλειο, 1988)

Η *Piper Alpha* υπήρξε μία υπεράκτια πλατφόρμα παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου στην περιοχή της Βόρειας Θάλασσας, στα ύδατα του Ηνωμένου Βασιλείου. Το κοίτασμα βρισκόταν υπό εκμετάλλευση από την εταιρία Occidental Petroleum. Το κοίτασμα ανακαλύφθηκε το 1973, και μόλις τρία χρόνια αργότερα, το 1976, ξεκίνησε η παραγωγική διαδικασία, όπου τα πρώτα χρόνια λειτούργησε ως πλατφόρμα όρυξης πετρελαίου. Στη συνέχεια, εξελίχθηκε και τροποποιήθηκε ώστε να υποστηρίξει την παραγωγή φυσικού αερίου. Η εξέδρα βρισκόταν 120 μίλια Βορειοανατολικά της πόλης Αμπερντίν (Aberdeen) της Σκωτίας.

Το 1980, αφού ο εξοπλισμός είχε εκσυγχρονιστεί, η εταιρία κατασκεύασε έναν υποθαλάσσιο αγωγό ώστε να μεταφέρει, από κοινού με την πλατφόρμα Claymore, το παραγόμενο πετρέλαιο, με τερματικό σταθμό το νησί Flotta του νησιωτικού συμπλέγματος Orkney. Μέσω της Claymore, η πλατφόρμα Tartan μετέφερε και εκείνη το παραγόμενο πετρέλαιο στο νησί Flotta. Παράλληλα, η Piper Alpha συνδεόταν μέσω άλλων δύο αγωγών, με τις πλατφόρμες Claymore και Tartan για τη μεταφορά φυσικού αερίου και με έναν, επιπλέον, αγωγό με την πλατφόρμα MCP-01 (*Εικόνα 3.5*).



**Εικόνα 3.5:** Η θέση της εξέδρας Piper Alpha και η σύνδεσή της με άλλες πλατφόρμες για τη μεταφορά πετρελαίου και φυσικού αερίου. (Πηγή: Macleod & Richardson, 2018)

Το καλοκαίρι του 1988, έλαβαν χώρα διάφορες εργασίες κατασκευής, συντήρησης και αναβάθμισης των επί μέρων έργων. Στις 6 Ιουλίου, του ίδιου χρόνου, ξεκίνησαν οι εργασίες συντήρησης για δύο αντλίες συμπυκνώματος, οι οποίες είχαν ονομαστεί ως **A** και **B**, και χρησιμοποιούνταν για τη συμπίεση του φυσικού αερίου πριν την τελική μεταφορά του στο νησί Flotta. Οι αντλίες υψηλής πίεσης αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του συστήματος επεξεργασίας φυσικού αερίου στις υπεράκτιες πλατφόρμες. Κάποια στιγμή, μία βαλβίδα πίεσης ασφαλείας απομακρύνεται από τον **συμπιεστή A**, προκειμένου να ελεγχθεί. Προσωρινά, ο συμπιεστής σφραγίστηκε με ένα ειδικό εξάρτημα, έναν επίπεδο μεταλλικό δίσκο (τυφλή φλάτζα). Αργά το βράδυ, αφότου είχε αλλάξει η βάρδια των εργαζομένων, ο **συμπιεστής B** έπαψε να λειτουργεί με αποτέλεσμα να τεθεί σε λειτουργίας ο **συμπιεστής A**, τη στιγμή που η βαλβίδα ασφαλείας έλειπε. Το αποτέλεσμα της ενεργοποίησης του **συμπιεστή A** ήταν η διαρροή φυσικού αερίου υπό υψηλή πίεση. Η φλάτζα, η οποία ήταν τοποθετημένη, παρασύρθηκε λόγω της αυξημένης πίεσης του αερίου. Η διαφυγή του αερίου ενεργοποίησε τους συναγερμούς ασφαλείας, μέσω των ανιχνευτών αερίου, αλλά

πριν προλάβουν να ενεργοποιηθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, το αέριο αναφλέγεται με αποτέλεσμα την πρόκληση μίας τεράστιας έκρηξης. Το σύστημα πυρόσβεσης δεν ενεργοποιήθηκε αυτόματα, διότι ήταν ρυθμισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργήσει μόνο μετά από παρέμβαση κάποιου χειριστή. Η έκρηξη προκάλεσε ζημιές στον αγωγό που συνδεόταν με την πλατφόρμα Tartan, με αποτέλεσμα την πρόκληση μιας δεύτερης πυρκαγιάς. Λίγη ώρα αργότερα, μία τρίτη πυρκαγιά ξέσπασε στον αγωγό ο οποίος συνέδεε τις πλατφόρμες Claymore και MCP-01. Μέχρι τα μεσάνυχτα, όπου η πυρκαγιά τέθηκε υπό έλεγχο, περαιτέρω εκρήξεις προκλήθηκαν μέχρις ότου ολόκληρη η πλατφόρμα καταρρεύσει πλήρως (**Εικόνα 3.6** και **3.7**).



**Εικόνα 3.6:** Η εξέδρα Piper Alpha τυλίγεται στις φλόγες. (Πηγή: BBC, 2013)



**Εικόνα 3.7:** Η εξέδρα την επόμενη ημέρα του ατυχήματος. (Πηγή: Gall, 2015)

Ο απολογισμός αυτού του τρομερού ατυχήματος ανήλθε στο θάνατος 167 εργαζομένων, εκ των οποίων τα σώματα 30 ανθρώπων δεν βρέθηκαν ποτέ, από τα 229 μέλη του πληρώματος, και δύο μέλη του σωστικού πλοίου *Sandhaven*. Μόνο 62 άνδρες επέζησαν, οι περισσότεροι από αυτούς σημαδεύτηκαν για όλη τους τη ζωή, όχι μόνο από τα τρομακτικά και μεγάλου βαθμού εγκαύματα, αλλά από τις εικόνες που χαραχτηκαν στη μνήμη τους από την έκρηξη και την πυρκαγιά στην Piper Alpha.

Λέγεται ότι το μετά από εκείνη τη νύχτα, το μόνο τμήμα της πλατφόρμας το οποίο βρέθηκε και απέμεινε ανέπαφο είναι η **αντλία συμπίεσης A**.  
(*Macleod & Richardson, 2018; NASA, 2013*)





**Εικόνα 3.8:** “DEDICATED TO THE MEMORY OF THE ONE HUNDRED AND SIXTY SEVEN MEN WHO LOST THEIR LIVES IN THE PIPER ALPHA OIL PLATFORM DISASTER 6<sup>th</sup> JULY 1988”  
Hazlehead Park, Aberdeen.

Μετάφραση:

“Αφιερωμένο στη μνήμη των 167 ανδρών που έχασαν τη ζωή τους στο ατύχημα της πλατφόρμας PIPER ALPHA, 6 Ιουλίου 1988”

(Πηγή: Boman, 2018)

### 3.4 Πηγές Πρόκληση Πετρελαιοκηλίδας

Στην παρούσα ενότητα εξετάζονται οι πηγές που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα ατύχημα σχηματισμού πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα και παράλληλα οι σωρευτικές επιπτώσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Η διαρροή πετρελαιοειδών στο θαλάσσιο χώρο μπορεί να προκύψει απ’ όλες τις φάσεις εργασιών για την Ε&Π υδρογονανθράκων. Πετρελαιοκηλίδα μπορεί να σχηματιστεί από: **α)** τη διαρροή υγρών από σεισμικά καλώδια, **β)** τη διαρροή ρευστού διάτρησης, **γ)** τη διαρροή πετρελαίου κίνησης-Diesel και **δ)** τη διαρροή αργού πετρελαίου (ΕΛΚΕΘΕ & APC ADVANCED PLANNING-CONSULTING, 2012; ΕΛΚΕΘΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας & Arcenviro, 2016). Η σοβαρότητα και η έκταση των επιπτώσεων στο περιβάλλον (φυσικό και ανθρωπογενές) ποικίλουν ανάλογα με το υλικό που διαρρέει στη θάλασσα.

### 3.4.1 Διαρροή Υγρών από Σεισμικά Καλώδια

Κατά την εκτέλεση των γεωφυσικών ερευνών στη θάλασσα, με χρήση σεισμικών μεθόδων, τα καλώδια (streamer cables) που χρησιμοποιούνται για την άντληση δεδομένων παρουσιάζουν το ενδεχόμενο να αποτελέσουν πηγή πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας. Τα καλώδια αυτά περιέχουν ένα μείγμα ελαφρών αλειφατικών υδρογονανθράκων (παρόμοιο με την κηροζίνη) που χρησιμεύει τόσο για την ηλεκτρική μόνωση, όσο και για την υποβοήθηση της πλευστότητας. Ο κίνδυνος διαρροής των ως άνω υδρογονανθράκων, από τα καλώδια, είναι μικρός και σπάνιος. Αιτία διαρροής του συγκεκριμένου υλικού είναι η θραύση των καλωδίων, η οποία μπορεί να προκληθεί είτε από τον έντονο κυματισμό της θάλασσας, με αποτέλεσμα την πρόσκρουση σε άλλο αντικείμενο (π.χ. πλατφόρμα εξόρυξης, πλοίο), είτε από επίθεση μεγάλων ψαριών. Ο συνολικός όγκος του μίγματος υδρογονανθράκων που μπορεί να διαρρεύσει δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Οι ποσότητα του υλικού αυτού εξαρτάται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου και των καλωδίων. Για παράδειγμα, κάθε καλώδιο μπορεί να περιέχεται περίπου 100-200L τέτοιου υλικού. Σήμερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, πολλά σύγχρονα καλώδια δεν περιέχουν μείγματα υδρογονανθράκων αλλά ένα στερεό πολυμερές στρώμα αφρού (*MMS, 2004; 2007; Bight Petroleum Pty Ltd, 2014; ELKEΘE&APC ADVANCED PLANNING-CONSULTING, 2012*).

### 3.4.2 Διαρροή Ρευστού Διάτρησης

Τα ρευστά διάτρησης αποτελούν κρίσιμοι παράμετροι για την εκτέλεση των εργασιών γεώτρησης, ιδίως σε προβληματικούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Τα ρευστά διάτρησης καλύπτουν μεγάλο πλήθος λειτουργιών και ως εκ τούτου ικανοποιούν πολύ συγκεκριμένες προδιαγραφές. Μερικές από τις λειτουργίες των ρευστών διάτρησης είναι η μεταφορά προϊόντων διάτρησης στην επιφάνεια, η σταθεροποίηση των τοιχωμάτων της γεώτρησης, η ψύξη του κοπτικού και η μείωση της τριβής της διατρητικής στήλης αλλά και η παροχή χρήσιμων γεωλογικών πληροφοριών (*Σταματάκη, 2003*). Με το πέρασμα των χρόνων και την τεχνολογική εξέλιξη αρκετοί τύποι ρευστών διάτρησης έχουν αναπτυχθεί. Οι κύριοι τύποι ρευστών διάτρησης είναι τα **α) ρευστά διάτρησης με βάση το νερό** (Water based drilling fluids - WBDFs) και **β) μη υδάτινα ρευστά διάτρησης** (Non-aqueous drilling fluids – NADs) (*Πηγή: IOGP, 2016*).

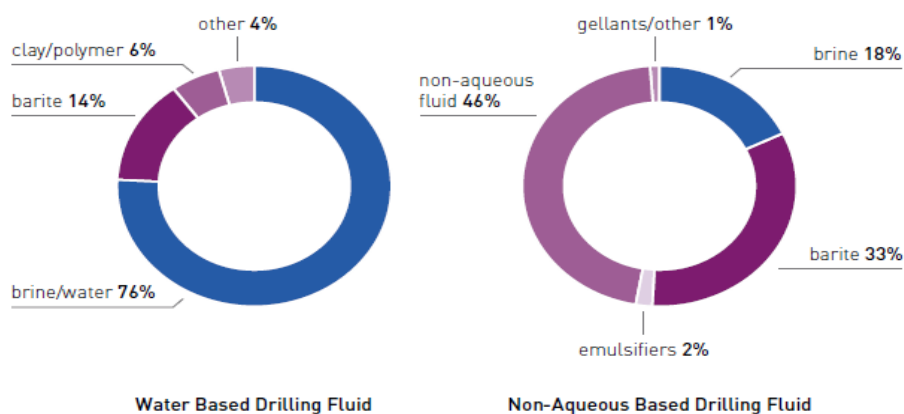
Τα **ρευστά διάτρησης με βάση το νερό** αποτελούν μείγματα από άργιλο, φυσικά και συνθετικά πολυμερή υλικά (natural and synthetic organic polymers) και άλλα πρόσθετα υλικά διαλυμένα ή αιρούμενα σε γλυκό ή αλμυρό νερό. Τα πρόσθετα υλικά χρησιμοποιούνται για την τροποποίηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ρευστών διάτρησης, ανάλογα με τις λειτουργικές απαιτήσεις και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εκτελούνται οι γεωτρήσεις (γεωλογικοί σχηματισμοί). Στον **πίνακα 3.4** παρουσιάζονται μερικές λειτουργικές κατηγορίες, οι οποίες επιτυγχάνονται με τη χρήση των προσθετικών υλικών (*Πηγή: IOGP, 2016*).

**Πίνακας 3.4:** Χρήση προσθετικών υλικών σε ρευστά διάτρησης με βάση το νερό ανάλογα με τις λειτουργικές απαιτήσεις.

<i>Functional Category of Additives</i>	<i>Examples</i>
Weighting materials	barite, calcium carbonate, ilmenite or hematite
Thinners	lignite, lignosulfonates, polymers
Filtrate reducers	clay, lignite, polymers, starch
Lost circulation	inert insoluble solids (e.g. calcium carbonate, ground nut shells, graphite, mica and cellulose fibres)
Shale control	soluble salts (e.g. KCl), amines, glycols
Bactericides	glutaraldehyde, triazine disinfectants
Pipe-freeing agents	Water-based lubricants, enzymes, surfactants
Corrosion inhibitors	amines, phosphates
Viscosifiers	clay, organic polymers
Flocculants	Inorganic salts, acrylamide polymers
pH control	Inorganic acids and bases (caustic soda)
Lubricants	water-based lubricants, glycols and beads
Emulsifiers, surfactants	detergents, soaps, organic fatty acids
Defoamers	alcohols, silicones, aluminum stearate, alkyl phosphates
Calcium reducers	sodium carbonate, bicarbonate, polyphosphates
Temperature stability	acrylic or sulfonated polymers, lignite, lignosulfonate

(Πηγή: IOGP, 2016)

Τα σύγχρονα ρευστά αυτού του είδους σπάνια εμπεριέχουν πάνω από δέκα προσθετικά υλικά, ενώ τα περισσότερα από αυτά περιέχονται σε μικρές ποσότητες. Στο **Σχήμα 3.5 (Αριστερά)** παρουσιάζεται μία τυπική σύνθεση των ρευστών διάτρησης με βάση το νερό.



**Σχήμα 3.5:** Τυπική κατά βάρος σύνθεση ρευστών διάτρησης με βάση το νερό (αριστερά) και μη υδάτινων ρευστών διάτρησης (δεξιά). (Πηγή: IOGP, 2016)

Τα μη υδάτινα ρευστά διάτρησης αποτελούν διαδεδομένη επιλογή κατά τη διάρκεια των εργασιών γεώτρησης, π.χ. σε οριζόντιες γεωτρήσεις, σε γεωτρήσεις με μεγάλο/η βάθος, πίεση ή θερμοκρασία διότι παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τα υδάτινα. Τα μη υδάτινα ρευστά διάτρησης είναι γαλακτώματα στα οποία η συνεχής φάση είναι μη υδάτινο ρευστό οργανικής βάσης και η ασυνεχής φάση αποτελείται από νερό και πρόσθετα χημικά συστατικά. Ομοίως με τα ρευστά διάτρησης με βάση το νερό, προσθετικά υλικά περιέχονται και σε αυτή την κατηγορία έτσι ώστε να επιτευχθούν οι κατάλληλες ιδιότητες για την αντιμετώπιση των δυσκολιών κατά τη διάρκεια των εργασιών (Πίνακας 3.4). Το νερό περιέχει ανόργανο άλας και πρόσθετα που είναι ευδιάλυτα σε έλαια (oil-soluble additives) ή πρόσθετα που είναι ευδιάλυτα έλαια (oil dispersible additives) και διαλύεται στη μη υδάτινη συνεχή φάση. Το παραγόμενο γαλακτώμα σταθεροποιείται με κατάλληλους γαλακτοποιητές (emulsifier). Το ιξώδες του ελέγχεται με την ποσότητα του νερού που διαλύεται στη μη υδάτινη φάση ή με τη χρήση οργανόφιλου αργίλου (organophilic clay). Μία τυπική σύνθεση των μη υδάτινων ρευστών διάτρησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5 (Δεξιά). Τα μη υδάτινα ρευστά διάτρησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι καθορίζουν και την τοξικότητα των ρευστών διάτρησης. Το 2003, το IOGP (2016) ταξινόμησε τα ρευστά αυτά σε τρεις ομάδες:

#### **Ομάδα 1: Μεγάλη περιεκτικότητα σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες**

Τα ρευστά αυτά είναι τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν, περιείχαν αργό πετρέλαιο (crude oil), diesel και συμβατικά ορυκτά έλαια (conventional mineral oils). Το diesel και τα ορυκτά έλαια προέρχονται από τη διύλιση του αργού πετρελαίου και αποτελούν μίγματα υγρών υδρογονανθράκων που περιέχουν παραφίνες, αρωματικούς υδρογονάνθρακες και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-PAHs). Η ομάδα αυτή περιέχει αρωματικούς υδρογονάνθρακες περισσότερο από 5% κατά βάρος, ενώ η περιεκτικότητά τους σε PAHs είναι μεγαλύτερη από 0.35wt%. Εξαιτίας της τοξικότητάς τους και την ανθεκτικότητά τους στο θαλασσινό νερό, σε συνδυασμό με τα θρύμματα που ανέρχονται στη επιφάνεια κατά τη διάρκεια της διάτρησης, η χρήση τους έχει περιοριστεί αφού η απόρριψή τους στη θάλασσα δεν καθίσταται δυνατή όπως γινόταν στο παρελθόν. Παρ' όλα αυτά, η χρήση τους συνεχίζεται όταν τα θρύμματα από τη γεώτρηση μπορούν να μεταφερθούν στη ξηρά για απόθεση ή να εισχωρήσουν ξανά στο υπέδαφος.

#### **Ομάδα 2: Μέση περιεκτικότητα σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες**

Αυτά τα ρευστά συνήθως αναφέρονται ως Low Toxicity Mineral Oil Based Fluids (LTMBF), τα οποία δημιουργήθηκαν για να αντικαταστήσουν τα ρευστά της Ομάδας 1, εξαιτίας της μεγάλης τοξικότητάς τους. Τα ρευστά της ομάδας αυτής προέρχονται από τη διύλιση αργού πετρελαίου, αλλά κατά τη διάρκεια της απόσταξης (distillation) παράγεται μίγμα με αρωματικούς υδρογονάνθρακες σε ποσότητα 0.5-5wt% και PAHs σε ποσότητα 0.001-0.35wt%.



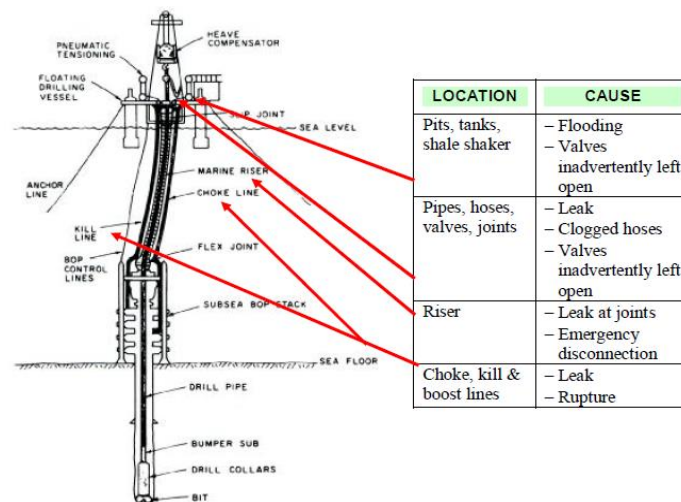
### **Ομάδα 3: Χαμηλή – Αμελητέα περιεκτικότητα σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες**

Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει ρευστά τα οποία προέρχονται την εκτενή διύλιση (extensive refining) και άλλα πετρελαιοειδή (petroleum stock) έτσι ώστε να παραχθούν βελτιωμένα υγρά ορυκτά έλαια (Enchanted mineral oil base fluids-EMOBFs) ή από τη σύνθεση οργανικών υγρών τα οποία προέρχονται από μη πετρελαϊκές ουσίες (non-petroleum precursors) για τη δημιουργία συνθετικών ρευστών (Synthetic Base Fluids - SBF). Αυτά τα ρευστά περιέχουν λιγότερο από 0.5wt% αρωματικούς υδρογονάνθρακες και λιγότερο από 0.001wt% PAHs. Τα συνθετικά ρευστά διάτρησης μπορούν να ταξινομηθούν, και αυτά με τη σειρά τους, σε τέσσερις κατηγορίες (MMS, 2000): **α) συνθετικοί υδρογονάνθρακες** (γραμμικές α-ολεφίνες-LAO, πολύ-α-ολεφίνες-PAO, γραμμικά αλκυλιωμένα βενζόλια-LAB) **β) αιθέρες** (ethers), **γ) εστέρες** (esters) και **δ) ακετάλη** (acetals).

Ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις δυνατότητες του έργου χρησιμοποιούνται τα παραπάνω ρευστά διάτρησης. Σήμερα, τα συνθετικά ρευστά (SBFs) αποτελούν τη πιο διαδεδομένη επιλογή. Στον Κόλπο του Μεξικού τα SBFs, κυρίως εκείνα τα οποία περιέχουν ισομερή ολεφίνες (Isomerized Olefine SBFs) και με πυκνότητα 9-15lb/gal, χρησιμοποιούνται πιο συχνά (Hart, Svedeman & Viana, 2007).

Κατά τις εργασίες Ε&Π υδρογονανθράκων, κίνδυνος διαρροής και δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να υπάρξει από τα ρευστά διάτρησης. Η χρήση WBDFs δεν ενδέχεται να οδηγήσει στη δημιουργία πετρελαιοκηλίδας λόγω της σύστασής τους. Αντίθετα, η χρήση NADs είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας. Σε πολλές περιπτώσεις, εξαιτίας περιβαλλοντικών νομοθετικών προδιαγραφών, οι εταιρίες εξόρυξης έχουν περιορίσει τη χρήση NADs με βάση το πετρέλαιο αφού η απόρριψη τους στη θάλασσα, με ή χωρίς θρύμματα διάτρησης, έχει απαγορευτεί λόγω της τοξικότητάς τους (PAHs). Η χαμηλή τοξικότητα και η περιορισμένη περιεκτικότητα σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες έχουν καταστήσει τα SBFs βασικά υλικά διάτρησης. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, η απόρριψη των SBFs στη θάλασσα, μαζί και με τα θρύμματα εξόρυξης, είναι περιορισμένη, ανάλογα με το νομικό και θεσμικό πλαίσιο κάτω από το οποίο εκτελείται το έργο (IOGP, 2016).

Πετρελαιοκηλίδα από ρευστά διάτρησης ενδέχεται να προκληθούν απ' όλες τις θέσεις κυκλοφορίας τους (λειτουργικά συστήματα). Τα πιο κοινά σημεία που μπορεί να διαρρεύσουν τα ρευστά διάτρησης είναι ο εύκαμπτος σωλήνα (riser), τα κόσκινα καθαρισμού λάσπης (shale shaker), ο σωλήνας λάσπης (hose), ο σωλήνας στραγγαλισμού (choke line) κ.α. (Εικόνα 3.9). Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι δυνατόν να συλλεχθούν πληροφορίες σχετικά με τη θέση διαρροής, τον όγκο του ρευστού που χάθηκε και τις αιτίες της διαρροής. Αντίθετα, πληροφορίες που αφορούν τη θερμοκρασία, το σημείο αστοχίας κ.α. είναι δύσκολο να συγκεντρωθούν (Hart, Svedeman & Viana, 2007).



Εικόνα 3.9: Παρουσίαση εξοπλισμού υποθαλάσσιας διάτρησης. Θέσεις και αίτια διαρροής ρευστών διάτρησης. (Πηγή: Hart, Svedeman & Viana, 2007)

Η διαρροή των ρευστών μπορεί να ταξινομηθεί σε ομάδες, ανάλογα με το σημείο όπου καταγράφεται το περιστατικό σε σχέση με τη θάλασσα (Hart, Svedeman & Viana, 2007).

**Διαρροή στην επιφάνεια της θάλασσας:** Η διαρροή ρευστών πραγματοποιείται πάνω από τη θάλασσα επιφάνεια και η πετρελαιοκηλίδα σχηματίζεται πάνω σε αυτή. Οι πιο κοινές αιτίες είναι οι βαλβίδες που παραμένουν ανοιχτές, αστοχία των βαλβίδων, φράξιμο σωληνώσεων, υπερχειλίση δεξαμενών ή των κοσκίων καθαρισμού λάσπης και η ακούσια απόρριψή τους. Σε πολλές περιπτώσεις τα αίτια οφείλονται σε ανθρώπινο λάθος.

**Υποθαλάσσια διαρροή:** Τα ρευστά διάτρησης διαρρέουν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Συχνές αιτίες που έχουν καταγραφεί είναι η διαρροή ή αστοχία σωληνώσεων λόγω υπερπίεσης, όπως είναι ο αγωγός ρευστών υψηλής πίεσης (kill line) και οι σύνδεσμοι του εύκαμπτου σωλήνα (riser joints).

**Διαρροή στον πυθμένα της θάλασσας:** Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα ατυχήματα που πραγματοποιούνται στον πυθμένα της θάλασσας. Η διαρροή στον πυθμένα συνήθως οφείλεται στην έκτακτη αποσύνδεση του εύκαμπτου σωλήνα (riser) λόγω επιδείνωση των καιρικών συνθηκών ή στη διαρροή του αποτροπέα εκρήξεων (Blowout preventer-BOP) ή της επιφάνειας του πηγαδιού.

### 3.4.3 Διαρροή Πετρελαίου Κίνησης - Diesel

Κατά τη εκτέλεση των εργασιών για την Ε&Π υδρογονανθράκων, κίνδυνος ρύπανσης των υδάτων υφίσταται και από τη διαρροή πετρελαίου κίνησης (Diesel). Πιθανές πηγές αποτελούν οι συγκρούσεις σκαφών-πλοίων με τις μονάδες εξόρυξης, η ρήξη δεξαμενών ή διάρρηξη αγωγών κατά τον ανεφοδιασμό σε καύσιμα στη θάλασσα. Στην παρούσα ενότητα αναφέρονται ατυχήματα που οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου εμπλέκονται άμεσα για τη διαρροή πετρελαίου κίνησης. Σύμφωνα με την OGP (2010), η θαλάσσια ακτοπλοϊκή κυκλοφορία όσον αφορά την Ε&Π υδρογονανθράκων μπορεί να χωριστεί σε δύο ομάδες (Πίνακας 3.5).

- **Διερχόμενα πλοία που αθετούν τη ζώνη ασφαλείας (Passing Vessels):** πλοία τα οποία δε σχετίζονται με τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου. Περιλαμβάνουν τα εμπορικά πλοία, αλιευτικά σκάφη, στρατιωτικά σκάφη και «συγγενικά» πλοία τα οποία αφορούν άλλες υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου.
- **«Συγγενικά» πλοία (Field related):** πλοία τα οποία εξυπηρετούν τις ανάγκες της υπεράκτιας εγκατάστασης πετρελαίου. Τέτοια σκάφη μπορεί να είναι, τα πλοία τροφοδοσίας, πετρελαιοφόρα και πλοία μεταφοράς προσωπικού.

Το είδος της σύγκρουση των παραπάνω σκαφών με μία υπεράκτια πλατφόρμα πετρελαίου μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες:

- **Τη δυναμική πρόσκρουση (Powered collisions):** πλοία που κατευθύνονται με δύναμη προς την εγκατάσταση. Η κατηγορία, ως αίτια, περιλαμβάνει λάθη πλοήγησης/ελιγμών λόγω ανθρώπινου ή τεχνικού λάθους, αδυναμία οπτικής επαφής ή αναποτελεσματική χρήση ραντάρ.
- **Τη πρόσκρουση λόγω παρασυρόμενου πλοίου (Drifting collision):** Αφορά πλοία τα οποία έχουν χάσει τους προωθητήρες τους ή έχει χαθεί ο έλεγχος από το τιμόνι και κινούνται λόγω των τοπικών φυσικών φαινομένων που επικρατούν στην περιοχή (αέρας, κύματα, θαλάσσια ρεύματα).

**Πίνακας 3.5:** Κατηγορίες σύγκρουσης σκαφών με υπεράκτιες μονάδες πετρελαίου.

Ακτοπλοϊκή Κυκλοφορία	Ακτοπλοϊκή Κατηγορία	Κατηγορία πλοίων	Σχόλια
Πλοία που αθετούν τη ζώνη ασφαλείας	Εμπορικά	Φορτηγά, οχηματαγωγό κ.α.	Εμπορική ακτοπλοϊκή κυκλοφορία
	Πολεμικά	Πλεούμενα-υποβρύχια και εξαρτημένα υποβρύχια σκάφη <sup>9</sup>	Πολεμικά πλοία και υποβρύχια
	Αλιευτικά	Αλιευτικά	Αλιευτικά και υποκατηγορίες αυτών
	Αναψυχής	Αναψυχής	Ακτοπλοϊκή κυκλοφορία
	«Συγγενικά» πλοία άλλης μονάδας	«Συγγενικά» πλοία άλλης μονάδας	Σκάφη επιφυλακής και εφοδιασμού
Δεξαμενόπλοια πλοία ρυμούλκησης			Από και προς άλλες εγκαταστάσεις Ρυμούλκηση μονάδων γεώτρησης, πλωτών ξενοδοχείων
«Συγγενικά» πλοία	«Συγγενικά» πλοία	Σκάφη επιφυλακής και ανεφοδιασμού	Σκάφη σε αναμονή και σκάφη ανεφοδιασμού
		Πλοία εργασίας	Πλοία κατάδυσης, Πλωτά Ξενοδοχεία, γερανοί κ.α.
	Μονάδες γεώτρησης	Πλοία μεταφοράς κινητών μονάδων γεώτρησης- MODUs	Σύγκρουση με την εγκατεστημένη μονάδα κατά την προσέγγιση της ή λόγω αστοχίας αγκυροβόλησης

(Πηγή: OGP, 2010)

<sup>9</sup> Ως εξαρτημένα υποβρύχια (submerged vessels) αναφέρονται τα υποθαλάσσια σκάφη τα οποία υποστηρίζονται από άλλες μονάδες στην επιφάνεια της θάλασσας. Π.χ. παροχή αέρα, ενέργειας κ.α. Αντίθετα, τα υποβρύχια (submarines) είναι πλήρως ανεξάρτητα και αυτόνομα

Κάθε μία από τις κατηγορίες που ανήκουν στα «πλοία που αθετούν τη ζώνη ασφαλείας» συμπεριφέρεται με τελείως διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τις πλωτές εγκαταστάσεις πετρελαίου. Αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη όταν πραγματοποιείται ανάλυση της ακτοπλοϊκής κυκλοφορίας για την εκτίμηση πρόσκρουσης με πλατφόρμα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε μίας κατηγορίας παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

#### ➤ **Εμπορικά πλοία**

Τα συγκεκριμένα πλοία αποτελούν το μεγαλύτερο κίνδυνο πρόσκρουσης για μία θαλάσσια πλατφόρμα πετρελαίου. Οι λόγοι για τους οποίους αποτελούν μεγάλο κίνδυνο είναι το γεγονός ότι τέτοια πλοία διαθέτουν μεγάλο μέγεθος, η κινητικότητα αυτών γύρω από την εξέδρα μπορεί να είναι έντονη, ενώ οι εξέδρες δεν μπορούν να συμμετέχουν σε ένα σύστημα αποφυγής πρόσκρουσης. Τέλος, στην εκτίμηση κινδύνου, οι απρόβλεπτοι παράγοντες είναι πολύ μεγαλύτεροι αφού τα λειτουργικά πρότυπα ποικίλουν σε σύγκριση με κάθε άλλη κατηγορία πλοίων.

#### ➤ **Πολεμικά πλοία**

Η εκτίμηση κινδύνου αυτών των μονάδων είναι ιδιαίτερα δύσκολη διότι, όπως είναι φυσικό, πληροφορίες σχετικά με την πορεία, τη συχνότητα παρουσίας τους κ.α. είναι περιορισμένες. Οι εκτιμήσεις οι οποίες πραγματοποιούνται βασίζονται σε μελέτες ή σε υποκειμενικές εκτιμήσεις. Επίσης, η ακτοπλοϊκή κυκλοφορία τους είναι δύσκολο να καταγραφεί αφού η πορεία και η περιοχή δράσης ενδέχεται να αλλάζει με το χρόνο. Η ακτοπλοϊκή κυκλοφορία των πολεμικών πλοίων μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριες ομάδες **α) στην κυκλοφορία στην επιφάνεια της θάλασσας** (συμπεριλαμβάνονται τα αυτόνομα υποβρύχια) και **β) στην κυκλοφορία κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας**.

#### ❖ **Κυκλοφορία στην επιφάνεια της θάλασσας**

Το είδος της σύγκρουσης, αυτομάτως και τα αίτια, των σκαφών αυτής της κατηγορίας είναι ίδια με τα εμπορικά πλοία. Η πρόσκρουση είναι είτε «δυναμική» είτε οφείλεται σε «παρασυρόμενο πλοίο».

Όσον αφορά τη «δυναμική σύγκρουση», ένα τέτοιο σενάριο μπορεί να παραλειφθεί δεδομένου ότι τα σκάφη διαθέτουν μεγάλο αριθμό προσωπικού σε σύγκριση με τα εμπορικά. Στα μεγάλα πολεμικά πλοία, η γέφυρα του πλοίου διαθέτει τουλάχιστον δύο άτομα προσωπικού. Σε μεγάλα πολεμικά πλοία, όπως η φρεγάτα και το αεροπλανοφόρο, ο αριθμός του προσωπικού της γέφυρα είναι μεγαλύτερος. Επίσης, το δωμάτιο ελέγχου είναι κατάλληλα επανδρωμένο. Επομένως, με τόσο ανθρώπινο δυναμικό είναι σχετικά αδύνατον να μην παρατηρηθεί μία πλατφόρμα πετρελαίου. Τα πλοία αυτά, συνήθως, δρουν σε ομάδες αποστολής, γεγονός που μειώνει την πιθανότητα πρόσκρουσης.

#### ❖ **Κυκλοφορία κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας**

Τα υποβρύχια τα οποία λαμβάνουν δράση την επιφάνεια της θάλασσας δεν παρουσιάζουν διαφορετική πιθανότητα πρόσκρουσης από τα άλλα σκάφη. Τα πολεμικά πλοία, λόγω της μικρής πιθανότητας να παρασυρθούν από φυσικά φαινόμενα και σε συνδυασμό με το

μικρό αριθμό εξαρτημένων υποβρυχίων, η πιθανότητα των τελευταίων να προσκρούσουν σε θαλάσσια πλατφόρμα είναι αμελητέα. Τα υποθαλάσσια σκάφη βρίσκονται σε ιδιαίτερη κατάσταση, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι δυνατή η οπτικής επαφής με το γύρω περιβάλλον, με αποτέλεσμα η πλοήγηση να εξαρτάται αποκλειστικά από τους ηλεκτρονικούς πλοηγούς και τα συστήματα sonar.

Ως τελική εκτίμηση θεωρείται ότι ο κίνδυνος πρόσκρουσης πολεμικών σκαφών (υποβρύχια και μη) είναι πιθανός έως και πολύ χαμηλός.

#### ➤ **Αλιευτικά πλοία**

Όσον αφορά τα αλιευτικά πλοία, αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα τις δραστηριότητες τους. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει εκείνα τα σκάφη τα οποία εκτελούν δρομολόγια από και προς την ακτή από διάφορες αλιευτικές περιοχές. Η δεύτερη κατηγορία αποτελεί τα σκάφη εκείνα τα οποία αλιεύουν σε μία περιοχή. Η συμπεριφορά και η λειτουργία των πλοίων, κυρίως εκείνων που κάνουν χρήση διχτυού, κατά τη διάρκεια της αλιείας, είναι περίπλοκη και ποικίλη. Η ταχύτητά τους είναι σχετικά χαμηλή αλλά η πορεία τους δεν είναι σταθερή. Τα πλοία αλιείας ποικίλουν σε μέγεθος. Ένα τυπικό μεγάλο σκάφος έχει εκτόπισμα (displacement) περίπου 1.000 τόνους. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια λόγω πρόσκρουσης θα είναι μικρότερη από 20 MJ. Για τα δεδομένα της Βόρειας Θάλασσας, το πλοίο, είτε κινδυνεύει να προσκρούσει λόγω «δυναμικής σύγκρουσης» είτε έχει χαθεί ο έλεγχος και κινείται μέσω φυσικών φαινομένων, δεν αποτελεί βασική απειλή για την ακεραιότητα της μονάδας εξόρυξης.

#### ➤ **«Συγγενικά» πλοία που αθετούν τη ζώνη ασφαλείας**

Τα πλοία τα οποία συνδέονται με τις θαλάσσιες μονάδες πετρελαίου, όπως είναι τα πετρελαιοφόρα, τα σκάφη ανεφοδιασμού κ.α., αλλά ανήκουν σε διαφορετικές περιοχές οικονομικού ενδιαφέροντος, παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με τα εμπορικά πλοία. Ωστόσο, τέτοιου είδους πλοία είναι συνήθως ενήμερα για την παρουσία άλλων όμοιων μονάδων. Επίσης, όπως είναι φυσικό, τα «συγγενικά πλοία» γνωρίζουν όλες τις απαραίτητες διαδικασίες και διαθέτουν όλα εκείνα τα μέσα, ακολουθούνται όμοιες ή παρόμοιες πρακτικές, για την αποτροπή μίας πρόσκρουσης. Παρ' όλα αυτά, η πρόσκρουση μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω «δυναμικής σύγκρουσης» αλλά και «παρασυρόμενου πλοίου».

Όσον αφορά τα «συγγενικά πλοία» τα οποία ανήκουν σε συγκεκριμένη πλωτή μονάδα, οι συνθήκες είναι τελείως διαφορετικές. Ο κίνδυνος πρόσκρουσης αυτών των πλοίων εξαρτάται από τη φάση των εργασιών της πλατφόρμας, γεώτρηση ή παραγωγή, καθώς και τις απαιτούμενες εργασίες που κάθε σκάφος εκτελεί χωριστά. Ωστόσο, το είδος μίας ενδεχόμενης πρόσκρουσης είναι όμοια με τα «συγγενικά πλοία» άλλων μονάδων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως (OGP, 2010).

Παραπάνω αναφέρθηκαν οι συνθήκες υπό τις οποίες μπορούν να οδηγήσουν ένα πλοίο σε πρόσκρουση με μία υπεράκτια πλατφόρμα πετρελαίου. Στη διεθνή βιβλιογραφία, τα αίτια που οδηγούν σε σύγκρουση ομαδοποιούνται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με το

μελετητή και τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί. Ο Ellinas (1995), ταξινομήσε τις αιτίες πρόσκρουσης ενός πλοίου με πλατφόρμα πετρελαίου τύπου jack-up με βάση τα ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1975-1991. Πιο συγκεκριμένα, ταξινομήσε τα αίτια σε πέντε ομάδες: **α)** *Λανθασμένη κρίση του υπευθύνου του πλοίου*, **β)** *Βλάβη εξοπλισμού*, **γ)** *Καιρός*, **δ)** *Πρόβλημα με την άγκυρα και τα σχοινιά* και **ε)** *Άλλοι λόγοι*.

Εκθέσεις του HSE UK (1999; 2003) αναφέρουν διαφορετικές ομάδες αιτιών για ατυχήματα στην υφαλοκρηπίδα του Ηνωμένου Βασιλείου. Στην έκθεση του 1999, το HSE UK αναφέρει τρεις ομάδες αιτιών: **α)** *Ανθρώπινο λάθος (λανθασμένη κρίση, απροσεξία κ.α.)*, **β)** *Προβλήματα στα συστήματα και στα μηχανήματα του πλοίου* και **γ)** *Απροσδόκητες καιρικές συνθήκες*. Η επόμενη έκθεση του HSE UK (2003) αναφέρει τέσσερις ομάδες αιτιών, για την περίοδο από 1 Ιανουαρίου 1975 μέχρι 31 Οκτωβρίου 2001. Τα αίτια πρόσκρουσης που αναφέρονται στην έκθεση είναι: **α)** *Απώλεια ελέγχου λόγω ανθρώπινου παράγοντα*, **β)** *Απώλεια ελέγχου λόγω αστοχίας μηχανημάτων*, **γ)** *Αδυναμία επιτήρησης* και **δ)** *εξωτερικοί παράγοντες*.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των διερευνητικών γεωτρήσεων και της παραγωγικής διαδικασίας, η χρήση καυσίμου diesel αποτελεί διαδεδομένη επιλογή. Η μεταφορά του προς την εξέδρα πραγματοποιείται με πλοία ανεφοδιασμού και στη συνέχεια αποθηκεύεται σε ειδικές διαμορφωμένες δεξαμενές εντός της εγκατάστασης. Οι δύο σύνηθες αιτίες διαρροής diesel είναι **α)** *κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού* και **β)** *λόγω ρήξης της δεξαμενής αποθήκευσης*. Κατά τον εφοδιασμό υπάρχει κίνδυνος αστοχίας του εύκαμπτου αγωγού με αποτέλεσμα τη διοχέτευση diesel στην επιφάνεια της θάλασσας. Η χρήση κατάλληλων εργαλείων, όπως είναι το «*dry break hose couplings*», μπορεί να περιορίσει τη ζημιά (μέχρι 200L). Επιπλέον κίνδυνοι κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού θα μπορούσαν να αποτελέσουν η *αστοχία της σύνδεσης των αντλιών* και η υπερχειλίση της δεξαμενής. Αίτια τα οποία είναι όμοια με εκείνα κατά τον ανεφοδιασμό από πλοίο σε πλοίο. Τέλος, δε θα μπορούσε να παραληφθεί, ως τρίτη αιτία διαρροής diesel τα καιρικά φαινόμενα. Κατά τις υπεράκτιες εργασίες Ε&Π υδρογονανθράκων, οι απρόσμενες αλλαγές στις καιρικές συνθήκες (καταιγίδες, τυφώνες κ.α.) είναι συχνό φαινόμενο. Οι ακατάλληλες καιρικές συνθήκες ενδέχεται να προκαλέσουν δυσκολίες κατά τη μεταφορά του καυσίμου με αποτέλεσμα τη διαρροή του στη θάλασσα.

Κατά τη διάρκεια των θαλάσσιων γεωφυσικών ερευνών, για τον εντοπισμό υδρογονανθράκων, υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης των υδάτων από τα γεωφυσικά σκάφη από τα εξής αίτια (Bight Petroleum Pty Ltd, 2014; MMS, 2004):

- **Ρήξη δεξαμενής καυσίμου:** Η ρήξη μπορεί να προκληθεί λόγω **α)** *προσάραξης* και **β)** *πρόσκρουσης*. Η προσάραξη μπορεί να οφείλεται σε «*δυναμική σύγκρουση*» ή σε «*παρασυρόμενο πλοίο*». Ο κίνδυνος ρήξης της δεξαμενής είναι μεγαλύτερος όταν στον πυθμένα υφίσταται βράχια. Η *πρόσκρουση* μπορεί να συμβεί με πλοία, είτε «*συγγενικά*» είτε όχι, και σταθερά αντικείμενα, όπως θαλάσσιες πλατφόρμες πετρελαίου και γέφυρες. Κατά τη διάρκεια των γεωφυσικών ερευνών, μαζί με το πλοίο που εκτελεί τις γεωφυσικές εργασίες πλέουν συνοδευτικά πλοία («*συγγενικά*») τα οποία συνήθως βρίσκονται μπροστά και στο πλάι του πρώτου. Καθώς, τα «*συγγενικά πλοία*» δεν εκτελούν σταθερή ευθεία πορεία και δε σέρνουν κάποιον εξοπλισμό πίσω τους, έχουν

τη δυνατότητα να εκτελούν εύκολα ελιγμούς, με αποτέλεσμα ο κίνδυνος πρόσκρουσης με το ερευνητικό πλοίο να είναι μικρός. Τα «μη συγγενικά πλοία» αφορούν όλων των ειδών τα πλοία που ενδεχομένως πλέουν στην ίδια περιοχή που εκτελούνται οι έρευνες. Ωστόσο, ο κίνδυνος πρόσκρουσης αυτών των πλοίων με το ερευνητικό πλοίο ελαχιστοποιείται λόγω της παρουσίας των «συγγενικών πλοίων» που αναχαιτίζουν ένα τέτοιο περιστατικό. Παρ' όλα αυτά, τη διετία 1996-1997, στις Η.Π.Α. καταγράφηκαν ατυχήματα, εκ των οποίων τα δύο προκλήθηκαν από πρόσκρουση με κινητή κατασκευή, ενώ μόνο ένα με σταθερή. Τέλος, ρήξη δεξαμενής καυσίμου ενδέχεται να προκληθεί από **γ) ζημιά στα ύφαλα του πλοίου**. Ζημιά στα ύφαλα μπορεί να προκληθεί λόγω αστοχίας κατασκευής, πλημμύρας, φωτιάς και απώλειας της ευστάθειας του πλοίου. .

- **Απώλεια καυσίμου κατά τον ανεφοδιασμό:** Ο όγκος καυσίμου που μπορεί να αποθηκευτεί εξαρτάται από το σχεδιασμό και το μέγεθος του πλοίου. Ο ανεφοδιασμός μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στο λιμάνι είτε από πλοίο σε πλοίο ανοιχτά της θάλασσας με χρήση αντλιών. Ο ανεφοδιασμός στη θάλασσα εγκυμονεί περισσότερους κινδύνους σε σχέση με το λιμάνι. Αρχικά, οι καιρικές συνθήκες που ενδέχεται να επικρατούν αναγκάζουν τα πλοία να μην παραμένουν σταθερά, ενώ στο λιμάνι επικρατούν πιο ήπιες συνθήκες, και παράλληλα, τα συστήματα αντιμετώπισης διαρροής καυσίμου είναι έτοιμα ανά πάσα στιγμή. Ο ανεφοδιασμός που πραγματοποιείται από πλοίο σε πλοίο, παρουσιάζει τις εξής συχνές αιτίες διαρροή: **α) αστοχία της αντλίας μεταφοράς καυσίμου, β) αστοχία της σύνδεσης των αντλιών και γ) υπερχειλίση της δεξαμενής**. Ο όγκος διαρροής συνδέεται με τις εργασίες που εκτελούνται και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, η χρήση εξοπλισμού τύπου «*dry-break couplings*» έχει τη δυνατότητα να περιορίσει τη διαρροή σε μόλις 1m<sup>3</sup>. Παρ' όλα αυτά, ο ανεφοδιασμός είτε στη θάλασσα είτε στο λιμάνι μπορεί οδηγεί σε μικρές ποσότητες διαρροής πετρελαίου κίνησης.

### 3.4.4 Διαρροή Αργού Πετρελαίου

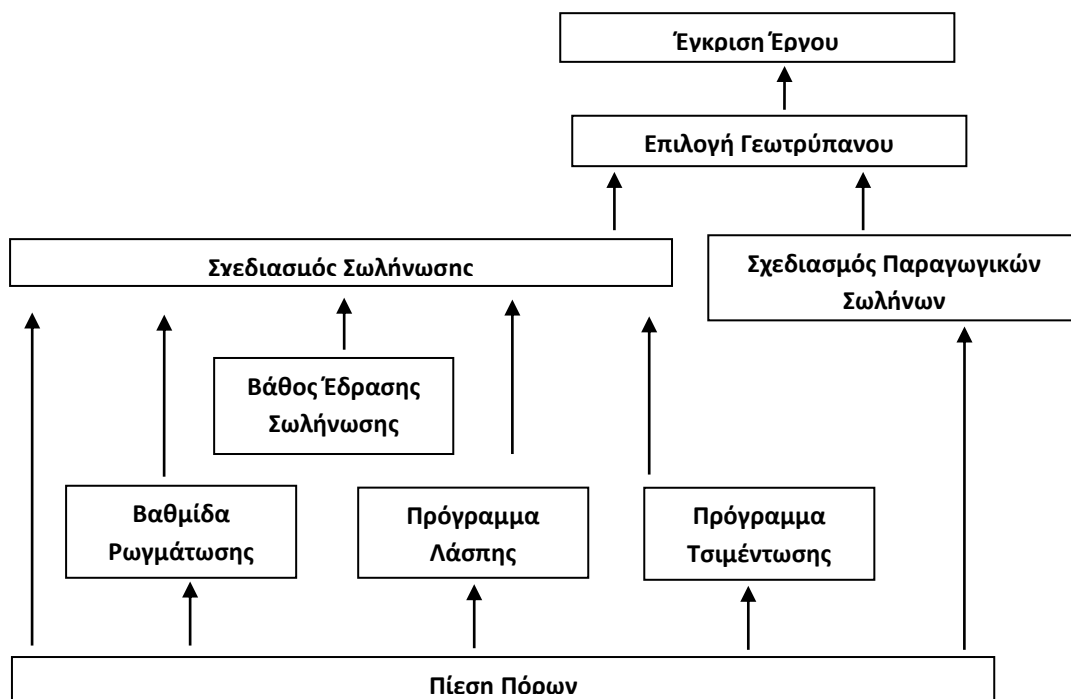
Κατά την διάρκεια εκτέλεσης των διερευνητικών γεωτρήσεων και της παραγωγής πετρελαίου, υφίσταται μεγάλος κίνδυνος διαρροής αργού πετρελαίου. Τα αίτια διαρροής σε κάθε περίπτωση διαφέρουν. Ωστόσο, στη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί κανείς να συναντήσει διαφορετικές ομάδες αιτιών ανάλογα με το μελετητή, τα συγκεντρωμένα στοιχεία και την περιοχή μελέτης. Για παράδειγμα, στις Η.Π.Α, ακραία καιρικά φαινόμενα όπως οι τυφώνες λαμβάνονται χωριστά υπόψη ως αίτιο διαρροής αργού πετρελαίου σε σχέση με άλλα καιρικά φαινόμενα, καθώς αποτελούν όχι μόνο τακτικό φαινόμενο αλλά και σημαντική αιτία πρόκλησης ατυχήματος.

Πιο συγκεκριμένα, η Etkin (2009) έχει ταξινομήσει τα αίτια πρόκληση πετρελαιοκηλίδας από υπεράκτιες μονάδες πετρελαίου στις Η.Π.Α (OCS) ως εξής: **α) Εκρήξεις** (Blowouts), **β) αστοχία της κατασκευής** (Structure) **γ) τυφώνες** (Hurricane), **δ) λειτουργικοί παράγοντες** (Operator), **ε) Βλάβες** (Damage), **στ) καιρός** (Weather), **ζ) σκάφη** (Vessel) και **η) άγνωστοι λόγοι** (Unknown). Αντίθετα, η ABSG Consulting Inc. (2016) παρουσιάζει διαφορετική ομαδοποίηση σε σχέση με εκείνη της Etkin (2009). Τα αίτια ομαδοποιούνται με βάση τους «Καθοριστικούς παράγοντες» (Causal Factors) οι οποίοι περιλαμβάνουν: **α) την αστοχία**

εξοπλισμού (Equipment Failure), **β**) το ανθρώπινο λάθος (Human Error), **γ**) τον καιρό και τις φυσικές αιτίες (Weather/Natural Factors) και **δ**) τους άλλους/εξωτερικούς παράγοντες (Other/External Factors). Ανεξάρτητα από την εκάστοτε ομαδοποίηση των αιτιών, ο μεγαλύτερος κίνδυνος διαρροής αργού πετρελαίου κατά την Ε&Π πετρελαίου είναι τα blowouts. Τα blowouts είναι μίας μορφής «απώλειας ελέγχου πηγαδιού» που σε αρκετές περιπτώσεις εξετάζεται ως ξεχωριστή κατηγορία. Πιο αναλυτικά:

### Απώλεια ελέγχου πηγαδιού

Καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας της Ε&Π υδρογονανθράκων, ο έλεγχος των συνθηκών που επικρατούν στο πηγάδι αποτελεί κρίσιμος παράγοντας σε κάθε φάση των εργασιών. Σημαντικός παράγοντας για τον έλεγχο του πηγαδιού είναι η εκτίμηση των γεωμηχανικών παραμέτρων. Οι πιέσεις που επικρατούν στους σχηματισμούς που πρόκειται να διατρηθούν (γεωπιέσεις) αποτελούν σημαντικό παράγοντα στις εργασίες όρυξης μιας γεώτρησης. Η έλλειψη ή αδυναμία εκτίμησης των γεωπιέσεων μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια κυκλοφορίας των ρευστών διάτρησης, εκτίναξη ή έκρηξη εξαιτίας της αδυναμίας ελέγχου των εσωτερικών πιέσεων, μη σταθερότητα των τοιχωμάτων του πηγαδιού κ.α. Οι πληροφορίες σχετικά με τις γεωπιέσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μίας γεώτρησης (Σχήμα 3.6). Σε αντίθετη περίπτωση τα υπόλοιπα στάδια του σχεδιασμού μπορεί να είναι άνευ σημασίας (Σταματάκη, 2003). Ο κίνδυνος απώλειας ελέγχου του πηγαδιού είναι μεγάλος τόσο στις χερσαίες όσο και τις θαλάσσιες γεωτρήσεις. Οι επιπτώσεις που ενδεχομένως να προκληθούν από την απώλεια ελέγχου του πηγαδιού είναι μεγάλες και σε κάποιες περιπτώσεις καταστροφικές. Οι επιπτώσεις δεν περιορίζονται μόνο στη διαρροή υδρογονανθράκων, και με τη σειρά τους σε κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις, αλλά σε απώλειες ανθρώπινων ζώων και περιουσιακών στοιχείων (πλατφόρμα κ.α.) της εταιρίας.



Σχήμα 3.6: Γεωπιέσεις και σχεδιασμός γεωτρήσεων. (Πηγή: Σταματάκη, 2003)



Γενικά, η απώλεια ελέγχου του πηγαδιού μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: **i) απώλεια ελέγχου του πηγαδιού δίχως διαρροή στο περιβάλλον και ii) απώλεια ελέγχου του πηγαδιού με διαρροή προς το περιβάλλον.** Ωστόσο, κάποιοι φορείς έχουν προσδώσει δικούς του ορισμούς για την απώλεια ελέγχου του πηγαδιού. Οι ορισμοί, παρ' όλα αυτά, δε διαφέρουν στην ουσία τους. Σύμφωνα με το Bercha International Inc. (2014), η «**απώλεια ελέγχου πηγαδιού**» περιλαμβάνει την:

- I. Ανεξέλεγκτη ροή των ρευστών εντός των πόρων των γεωλογικών σχηματισμών ή άλλων ρευστών. Η ροή μπορεί να παρουσιαστεί σε επιφανειακούς γεωλογικούς σχηματισμούς (exposed formations) (underground blowout) ή στην επιφάνεια (surface blowout).
- II. Ροή μέσω του εκτροπέα (diverter)
- III. Απώλεια ελέγχου ροής λόγω αστοχίας του εξοπλισμού της επιφάνειας ή της διαδικασίας.

Από την άλλη πλευρά, το SINTEF έχει συμπύξει τις τρεις παραπάνω κατηγορίες σε δύο. Την πρώτη κατηγορία την έχει ονομάσει «**Εκρήξεις**» (Blowouts), η οποία περιλαμβάνει την πρώτη ομάδα σύμφωνα με το Bercha International Inc. (2014), ενώ η δεύτερη κατηγορία, κατά το SINTEF, περιλαμβάνει τις υπόλοιπες δύο ομάδες του Bercha International Inc. (2014) και έχει ονομαστεί «**Απελευθέρωση πηγαδιού**» (Well Release). Πιο συγκριμένα:

- I. «**Εκρηξη**» είναι το περιστατικό κατά το οποίο ρευστά εντός των πόρων των γεωλογικών σχηματισμών ρέουν εκτός του πηγαδιού προς την επιφάνεια ή τον πυθμένα της θάλασσας ή μεταξύ των γεωλογικών στρωμάτων αφότου όλα τα τεχνικά μέτρα προστασίας απέτυχαν να ανακόψουν τη διαρροή.
- II. Η «**απελευθέρωση πηγαδιού**» αποτελεί περιστατικό κατά το οποίο ρευστά εντός των πόρων των γεωλογικών δομών ρέουν εκτός του πηγαδιού ή μεταξύ των γεωλογικών σχηματισμών αλλά η ροή αποτρέπεται λόγω των τεχνικών μέτρων προστασίας.

Το SINTEF για την καλύτερη οργάνωση και επεξεργασία των δεδομένων του, δημιούργησε υποκατηγορίες των δύο κύριων ομάδων για την απώλεια ελέγχου πηγαδιού. Η αναλυτική ταξινόμηση των περιστατικών που αφορούν την απώλεια ελέγχου πηγαδιού παρουσιάζεται στον **Πίνακα 3.6** (Holand, 2017).

**Πίνακας 3.6:** Κύριες κατηγορίες και υποκατηγορίες απώλειας ελέγχου πηγαδιού.

Περιστατικό	Κύρια κατηγορία	Υποκατηγορία
Εκρήξεις και Απελευθέρωση πηγαδιού	Έκρηξη (Ροή στην επιφάνεια) Blowout (Surface flow)	Πλήρη απώλεια ελέγχου της ροής σε βαθιά ζώνη <sup>10</sup>
		Πλήρη απώλεια ελέγχου της ροής σε αβαθή ζώνη <sup>11</sup>
		Ελεγχόμενη ροή αβαθούς αερίου <sup>12</sup> , υποθαλάσσια διαρροή μόνο
	Έκρηξη (Ροή στο υπέδαφος) Blowout (Underground flow)	Ροή μόνο στο υπέδαφος
		Ροή κυρίως στο υπέδαφος, περιορισμένη ροή στην επιφάνεια
	Απελευθέρωση πηγαδιού (Well Release)	Περιορισμένη ροή στην επιφάνεια πριν την ενεργοποίηση των δευτερέων μέτρων προστασίας
Έκρηξη της παραγωγικής σωλήνωσης, μετά την ενεργοποίηση των δευτερέων μέτρων προστασίας		
Απελευθέρωση πηγαδιού μέσω του εκτροπέα (Diverted well release)	Ελεγχόμενη ροή αβαθούς αερίου (Από εκτροπή)	
Άγνωστο	Άγνωστο	

(Holand, 2017)

### 3.5 Επιπτώσεις από πετρελαιοκηλίδες

Σε προηγούμενες ενότητες, του κεφαλαίου αυτού, παρουσιάστηκαν οι κύριες πηγές πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας κατά τις εργασίες για την Ε&Π πετρελαίου. Ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας προκύπτει από διάφορα πετρελαιοειδή ανάλογα με τις φάσεις εργασίας. Έτσι, πετρελαιοκηλίδες μπορούν να σχηματιστούν από τα υγρά των σεισμικών καλωδίων, από SBFs, diesel και αργό πετρέλαιο. Στην παρούσα ενότητα γίνεται μία προσπάθεια να παρουσιαστούν οι επιπτώσεις από τέτοιου είδους ατυχήματα για κάθε μία περίπτωση χωριστά. Σε κάθε περίπτωση, όταν μελετάται ένα ατύχημα πετρελαιοκηλίδας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μερικοί βασικοί παράμετροι. Οι παράμετροι αυτοί είναι:

#### 1. Όγκος

Για την εκτίμηση μίας πετρελαιοκηλίδας, ο όγκος που διαρρέεται στη θάλασσα, η χρονική διάρκεια της διαρροή, αλλά και η σύνθεση του υλικού αποτελούν τα πρώτα και κύρια στοιχεία για την εκτίμηση του ατυχήματος. Σε περίπτωση ενός ατυχήματος Blowout, τα δύο είδη υδρογονανθράκων που απελευθερώνονται είναι το αργό πετρέλαιο (ή συμπύκνωμα) και αέριο. Ο όγκος των ρευστών κατά τη διαρροή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των ρευστών αλλά και του ταμιευτήρα. Ο όγκος υδρογονανθράκων που απελευθερώνεται στη θάλασσα δεν είναι ανάλογος του χρόνου διάρκειας του ατυχήματος. Ο όγκος που διαρρέει

<sup>10</sup> Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε βαθιά ζώνη (Deep Zone): Απώλεια ελέγχου πηγαδιού μετά την εγκατάσταση του αποτροπέα εκτινάξεων και εκρήξεων (BOP)

<sup>11</sup> Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε αβαθή ζώνη (Shallow Zone): Απώλεια ελέγχου πηγαδιού πριν την εγκατάσταση του αποτροπέα εκτινάξεων και εκρήξεων (BOP)

<sup>12</sup> Αβαθές αέριο (Shallow gas): Κάθε ζώνη αερίου που έχει διατηρηθεί πριν την εγκατάσταση του αποτροπέα εκτινάξεων και εκρήξεων (BOP). Κάθε τέτοια ζώνη μετά την εγκατάσταση του BOP δε χαρακτηρίζεται με αυτό τον όρο.

εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στον ταμιευτήρα, πίεση, θερμοκρασία κ.α., οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο. Το BOEM (2014), στα πλαίσια εκτίμησης μίας μεγάλης πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα Chukchi κατά τις ερευνητικές εργασίες, υπολόγισε ότι κατά την πρώτη μέρα του ατυχήματος, ο όγκος διαρροής αγγίζει τη μέγιστη ποσότητα, ενώ μέχρι και τη 40<sup>η</sup> μέρα του ατυχήματος η διαρροή παρουσιάζει απότομη μείωση, καθώς η πίεση του ταμιευτήρα μειώνεται. Από τη 40<sup>η</sup> μέρα μέχρι τη τελευταία μέρα (74<sup>η</sup> ημέρα), η διαρροή μειώθηκε περίπου κατά 66% σε σχέση με την μέγιστη ποσότητα διαρροής, ενώ η πίεση μειώθηκε κατά 58% (BOEM, 2014).

## **2. Διάρκεια της πετρελαιοκηλίδας**

Η διάρκεια μία πετρελαιοκηλίδας εξαρτάται από το χρόνο που απαιτείται για την πλήρη και πετυχημένη παρέμβαση ελέγχου του ατυχήματος. Σε περίπτωση διαρροής αργού πετρελαίου, ανάλογα με τη φάση των εργασιών, ερευνητική ή παραγωγική, απαιτούνται διαφορετικές ενέργειες και χρόνοι παρέμβασης. Οι ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν ποικίλουν και εξαρτώνται από το σχέδιο δράσης σε τέτοιες περιπτώσεις. Οι υπεύθυνοι του έργου είναι υποχρεωμένοι να καταρτίζουν σχέδια έκτακτης ανάγκης (BOEM, 2014).

## **3. Σύνθεση της πετρελαιοκηλίδας**

Η σύνθεση του υλικού που διαρρέει αποτελεί σημαντική πληροφορία για την εκτίμηση, τόσο του όγκου όσο και των επιπτώσεων, της πετρελαιοκηλίδας. Για παράδειγμα, η σύνθεση του πετρελαίου θα είναι εκείνη με την οποία θα ταξινομηθεί το ρευστό σε σχέση με την πυκνότητα κατά API. Η ταξινόμηση αυτή θα μπορέσει να δώσει απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του πετρελαίου. Τα «βαριά πετρέλαια», API<20°, παρουσιάζουν υψηλή τιμή ιξώδους και πυκνότητας, αλλά πολύ μικρό λόγο αερίου-πετρελαίου. Αντίθετα, τα «μαύρα πετρέλαια», API=30°-45°, είναι γνωστά ως «συστήματα με διαλυμένο αέριο» και αποτελούν την πλειοψηφία των κοιτασμάτων πετρελαίου (Σταματάκη & Αυλωνίτης, 2004). Σε προσομοίωση πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα Chukchi θεωρήθηκε ότι το πετρέλαιο έχει πυκνότητα κατά API 35°. Το πετρέλαιο στον ταμιευτήρα είναι κορεσμένο (με αέριο) και ο λόγος του διαλυμένου αερίου προς πετρέλαιο είναι 930cf/bbl. Κατά τη διάρκεια της διαρροής, μετά τη 15<sup>η</sup> μέρα μέχρι και την 27<sup>η</sup>, ο λόγος του παραγόμενου αερίου-πετρελαίου αγγίζει την ελάχιστη τιμή, 757cf/bbl, ενώ, παράλληλα, η πίεση του ταμιευτήρα και ο όγκος του πετρελαίου μειώνονται. Καθώς η πίεση του ταμιευτήρα βρίσκεται κάτω από την πίεση του σημείου φυσαλίδας (bubble point), μεγαλύτερες ποσότητες αερίου παρουσιάζονται εντός του ταμιευτήρα με αποτέλεσμα ο λόγος του παραγόμενου αερίου-πετρελαίου να αυξάνεται, με μέγιστη τιμή τα 1.202cf/bbl την τελευταία μέρα του ατυχήματος (BOEM, 2014).

## **4. Έκταση της πετρελαιοκηλίδας**

Τα πετρελαιοειδή, ανάλογα με τη σύνθεσή και χαρακτηριστικά τους, όταν έρθουν σε επαφή με το νερό της θάλασσας εξαπλώνονται. Η ταχύτητα και η έκταση τους εξαρτάται από τον τύπο του υλικού και τον όγκο της πετρελαιοκηλίδας. Επίσης, το λεπτό φιλμ που δημιουργείται μπορεί να διασπαστεί σε μικρότερα κομμάτια, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τα θαλάσσια ρεύματα που επικρατούν (BOEM, 2014).

## 5. Ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας

Η πορεία-μοίρα μίας πετρελαιοκηλίδας στο περιβάλλον εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως είναι η πηγή, η σύνθεση, αλλά και η ανθεκτικότητα (persistence) του υλικού. Η ανθεκτικότητα μπορεί να προσδιοριστεί και να μετρηθεί με πολλούς τρόπους (*Davis et al., 2004 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*), αλλά το National Research Council (NRC), στην περίπτωση του αργού πετρελαίου, ορίζει ως ανθεκτικότητα «το χρόνο παραμονής του υλικού στο περιβάλλον» (*NRC, 2003b όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Το πετρέλαιο, μόλις διαρρεύσει στο υδάτινο περιβάλλον, αρχίζει να μεταβάλλεται από την αρχική του κατάσταση, μέσω των φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Οι διεργασίες αυτές μπορούν να επιδράσουν στις ιδιότητες και στην ανθεκτικότητα του πετρελαίου μέσω:

- Εξάτμισης
- Γαλακτωματοποίησης
- Αποσύνθεσης
- Οξειδωσης
- Αλλαγής της θέσης της (Μετακίνηση-Μετανάστευση)

Η οριζόντια μετακίνηση της πετρελαιοκηλίδας πραγματοποιείται μέσω της εξάπλωσης, της διασποράς και της συναγωγής (advection). Αντίθετα, η κατακόρυφη μετακίνηση της πετρελαιοκηλίδας στο νερό λαμβάνει χώρα μέσω της διασποράς, της κυκλοφορίας κατά Langmuir, της καταβύθισης, την προσωρινή καταβύθιση του πετρελαίου από το νερό (overwashing), της διάλυσης (partitioning) και της ιζηματογένεσης. Η ανθεκτικότητα της πετρελαιοκηλίδας επηρεάζεται από τα μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπισή της, και αυτά με τη σειρά τους τα μέτρα για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος (*Davis et al., 2004 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Η ανθεκτικότητα της πετρελαιοκηλίδας είναι πιθανό να επιδράσει στη σοβαρότητα των επιπτώσεων της στο περιβάλλον. Το αργό πετρέλαιο, για παράδειγμα, δεν αποτελεί απλά μία χημική ένωση, αλλά ένα πολύπλοκο μείγμα με πολλές και διαφορετικές συνθέσεις. Επομένως, η συμπεριφορά και οι κίνδυνοι στο περιβάλλον εξαρτώνται από τη σύνθεση του πετρελαίου (*Michel, 1992 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*).

## 6. Ο όγκος που φτάνει στην ακτή και η έκτασή της

Λαμβάνοντας υπόψη πολλά στοιχεία που αναφέρθηκαν προηγουμένως, το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι σε καμία περίπτωση δε θα φτάσει στην ακτή όλος ο όγκος της πετρελαιοκηλίδας. Ο τελικός όγκος που απομένει στη θάλασσα, έπειτα από τις φυσικές, χημικές διεργασίες και την ανθρώπινη παρέμβαση, ποικίλει. Υπολογίζεται ότι, στην περίπτωση του αργού πετρελαίου το 10-40% του όγκου μειώνεται με τη χρήση χημικών διασκορπιστικών, εξαφριστικών (skimmers) και με την επιτόπια καύση. Οι φυσικές διεργασίες, εξάτμιση και διάλυση, μπορούν να περιορίσουν τον όγκο της πετρελαιοκηλίδας κατά 25-40%. Τέλος, το 20-65% παραμένει στη θάλασσα μέχρι την βιοαποδόμησή του ή φτάνει στην ακτή (*Wolfe et al., 1994; Gundlach & Boehm, 1981; Gundlach et al., 1983; Lubchenco et al., 2010 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Στην περίπτωση του ατυχήματος του Κόλπου του Μεξικού, υπολογίζεται ότι το 25% της πετρελαιοκηλίδας αντιμετωπίστηκε

με επιτόπια καύση, skimmers κ.α., το 25% του όγκου εξατμίστηκε ή διαλύθηκε, περίπου το 24% διασκορπίστηκε, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό (26%) καταβυθίστηκε ή έφτασε στις ακτές, ενώ ένα μέρος αυτού περισυλλέχθηκε ή θάφτηκε στην άμμο και στα ιζήματα (*Federal Interagency Solutions Group, 2010* όπως αναφέρεται στο *BOEM, 2014*).

## 7. Καιρικές Συνθήκες

Οι καιρικές συνθήκες (άνεμος) και οι επιδράσεις αυτών στη θάλασσα, όπως ο κυματισμός, μπορούν να επιδράσουν καθοριστικά την εξέλιξη μίας πετρελαιοκηλίδας. Σε περίπτωση διαρροής αργού πετρελαίου, το υλικό μπορεί να βυθιστεί στη στήλη νερού, ενώ σε περίπτωση πιο ακραίων καιρικών φαινομένων (καταιγίδα, τυφώνες), το υλικό που βρίσκεται στην ακτή μπορεί είτε να παρασυρθεί πίσω στη θάλασσα είτε να φτάσει πιο μακριά στη στεριά. Ακραία καιρικά φαινόμενα μπορούν να επιδράσουν στη συμπεριφορά της πετρελαιοκηλίδας στην επιφάνεια του νερού, να επιταχύνουν την βιοαποδόμησή τους και να θέσουν σε κίνδυνο τα αρμόδια σκάφη. Για παράδειγμα, σ' ένα ακραίο περιβάλλον εργασιών, όπως είναι η Αρκτική, η παρουσία παγόβουνων και μεγάλα τμήματα πάγου, μπορούν να δυσκολεύσουν έως και να εμποδίσουν τις εργασίες αντιμετώπισης μίας πετρελαιοκηλίδας. Επίσης, σε περίπτωση καταιγίδας, με δυνατούς ανέμους (25-30 μίλια/ώρα) και βροχόπτωση, η κατεύθυνση της πετρελαιοκηλίδας επηρεάζεται άμεσα, με αποτέλεσμα να φτάσει πιο γρήγορα στις ακτές (*BOEM, 2014*).

### 3.5.1 Υγρά από Σεισμικά Καλώδια

Σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι τα υγρά που περιέχονται στα σεισμικά καλώδια αποτελούν μείγματα ελαφρών αλειφατικών υδρογονανθράκων, παρόμοιο με την κηροζίνη. Εξαιτίας της έλλειψης πληροφοριών για αυτά τα υγρά, για χάριν ευκολίας, ο προσδιορισμός των επιπτώσεων θα εξετασθεί με βάση τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της κηροζίνης.

Ως «κηροζίνη» ορίζεται το ελαφρύ υγρό μείγμα υδρογονανθράκων το οποίο προκύπτει από τη διύλιση πετρελαίου. Αποτελείται από 10-16 μόρια άνθρακα ( $C_{10}-C_{16}$ ), είναι άχρωμο και η πυκνότητά του είναι  $0,77-0,8\text{gr}/\text{cm}^3$ , που το καθιστά πιο ελαφρύ από το φρέσκο νερό ( $1\text{gr}/\text{cm}^3$ ) και το νερό της θάλασσας ( $1,03\text{gr}/\text{cm}^3$ ), ενώ η πυκνότητα κατά API είναι άνω των 40 (*NOAA, 2019; Marquard & Bahls, 2016*). Η κηροζίνη δεν είναι ιδιαίτερα κολλώδης και έχει μικρό ιξώδες. Μόλις αυτή διαρρεύσει στο νερό εξαπλώνεται πολύ γρήγορα δημιουργώντας ένα λεπτό στρώμα-φιλμ. Σε αντίθεση με άλλα πετρελαιοειδή, στην κηροζίνη παρατηρείται το φαινόμενο της γαλακτοποίησης κάτω από ειδικές συνθήκες, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Η κηροζίνη, παρ' όλο που παρουσιάζει μεγάλη βιοσυσσώρευση, ενδέχεται να προκαλέσει μεγάλες ζημιές λόγω τοξικότητας, συγκαταλέγεται στα μη-μόνιμα πετρελαιοειδή (non-persistent oils), μαζί με τη βενζίνη και το ελαφρύ diesel, πράγμα που σημαίνει ότι έχει την ιδιότητα να εξατμίζεται γρήγορα (*ITOPF, 2018*). Η κηροζίνη, ανάλογα με τις συνθήκες που βρίσκεται, μπορεί να βυθιστεί στη στήλη νερού αρκετά εύκολα, ακόμα και υπό την επίδραση μικρού κυματισμού. Οι ιδιότητες αυτές σε συνδυασμό με την πολύ μικρή πιθανότητα και το μικρό όγκο διαρροής κρίνεται ότι οι επιπτώσεις ενός τέτοιου ατυχήματος θα είναι αμελητέες.

### 3.5.2 Συνθετικά Ρευστά Διάτρησης - SBFs

Όσον αφορά τα ρευστά διάτρησης, αυτά αποτελούν κύρια στοιχεία για την εκτέλεση των εργασιών γεώτρησης. Σήμερα, τα ρευστά διάτρησης τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία πετρελαίου είναι τα SBFs. Κατά τις εργασίες γεώτρησης υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας από τα συγκεκριμένα ρευστά. Όμως, κατά τη διαρροή δεν απελευθερώνονται μόνο ρευστά γεώτρησης αλλά και στερεά τεμάχια από το υπέδαφος. Στη βιβλιογραφία που συγκεντρώθηκε και μελετήθηκε αναφέρονται, κυρίως, οι επιπτώσεις των SBFs σε συνδυασμό με τα στερεά τεμάχια, και όχι χωριστά. Τέτοιου είδους ατυχήματα θεωρούνται ως «διαρροή πετρελαιοειδών» και «οι επιπτώσεις θα είναι παρόμοιες με εκείνες που έχουν περιγραφεί προηγουμένως για την επίπτωση της διάθεσης των υπολειμμάτων των SBFs(...)» (ΕΛΚΕΘΕ&APC ADVANCED PLANNING-CONSULTING, 2012; ΕΛΚΕΘΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας & Arcenviro, 2016).

Η απόθεση των στερεών τεμαχίων στο βυθό της θάλασσας αποτελεί μία διεργασία η οποία περιλαμβάνει πολλές παραμέτρους, οι οποίες με τη σειρά τους ενδέχεται να μεταβάλλονται από περιοχή σε περιοχή. Οι παράμετροι αυτοί περιλαμβάνουν (OGP, 2003)<sup>13</sup>:

- Τη ποσότητα τεμαχίων και το ρυθμό απόθεσης αυτών
- Τα χαρακτηριστικά του τρόπου απόθεσης (π.χ. το βάθος του σωλήνα)
- Τα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής (π.χ. ταχύτητα θαλάσσιων ρευμάτων)
- Τη συνολική ποσότητα και συγκέντρωση SBFs στα τεμάχια
- Το βάθος νερού
- Ταχύτητα κατακρήμνισης του των τεμαχίων

Το ποσοστό SBFs που περιέχεται στα στερεά τεμάχια ποικίλει. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από το μέγεθος των τεμαχίων, τη σύνθεση των SBFs και τον τύπο των γεωλογικών σχηματισμών που έχουν διατρηθεί (Annis, 1997 όπως αναφέρεται στο MMS, 2000). Όταν τα ρευστά διάτρησης μαζί με τα στερεά τεμάχια διαρρεύσουν στη θάλασσα συσσωματώνονται σε διακριτές μάζες με αποτέλεσμα η καταβύθισή τους να πραγματοποιείται πιο γρήγορα (Delvigne, 1996; Brandsma, 1996 όπως αναφέρεται στο MMS, 2000). Η διαρροή ρευστών και τεμαχίων γεώτρησης θα προκαλέσουν τη δημιουργία ενός ορατού θυσάνου που θα κινηθεί με τα ρεύματα της θάλασσας, καθ' όλη τη διάρκεια της αραίωσης και της καθίζησης αυτών στο βυθό. Το θολό νερό μπορεί να εκτείνεται από μερικές εκατοντάδες μέτρα έως αρκετά χιλιόμετρα από το σημείο απόρριψης. Μελέτες έχουν δείξει ότι η μείωση της διαύγειας του νερού μπορεί να εκτείνεται από μερικά εκατοντάδες μέτρα μέχρι περίπου 2 χλμ. από το σημείο διαρροής (Ayers et al., 1980a,b; Ray & Meek 1980, όπως αναφέρεται στο ΕΛΚΕΘΕ & APC ADVANCED PLANNING-CONSULTING, 2012). Η παρουσία των στερεών τεμαχίων και των SBFs στο βυθό της θάλασσας εξαρτάται από τη φυσική ενέργεια που επικρατεί στο βυθό, σε συνδυασμό με τη βιοαποδόμηση των SBFs. Οι επιπτώσεις στο βένθος θα διαρκέσουν ανάλογα με τη συγκέντρωση των στερεών τεμαχίων και των υδρογονανθράκων που συνθέτουν τα SBFs. Σύμφωνα με εργαστηριακές έρευνες, περιοχές με υψηλή ενέργεια στο βυθό της θάλασσας αποκαθιστώνται πολύ πιο γρήγορα. Αβαθείς

<sup>13</sup> Το πρωτότυπο κείμενο αναφέρεται στην γενική οικογένεια των NADs, όπου τα SBFs αποτελούν μέρος των NADs/NABFs.

περιοχές με μεγάλα θαλάσσια ρεύματα δε θα επηρεαστούν για μεγάλη χρονική περίοδο από την απόθεση των τεμαχίων γεώτρησης (Dann & Mulder, 1994 όπως αναφέρεται στο OGP, 2003). Αντίθετα, σε μεγάλα βάθη, τα θαλάσσια ρεύματα συνηθίζεται να μην είναι μεγάλα. Παρ' όλα αυτά, σε βαθιά νερά στον Κόλπο του Μεξικού έχουν καταγραφεί ταχύτητες θαλάσσιων ρευμάτων άνω των 100cm/s (Hamilton & Lugo-Fernandez, 2001; Nowlin et al., 2001 όπως αναφέρεται στο OGP, 2003). Επομένως, οι συνθήκες που επικρατούν σε κάθε ξεχωριστή περιοχή θα πρέπει να λαμβάνονται πολύ σοβαρά υπόψη για την πιθανότητα και το βαθμό των επιπτώσεων των τεμαχίων γεώτρησης και των SBFs. Εξαιτίας της γρήγορης καταβύθισης των τεμαχίων γεώτρησης, οι έλεγχοι για αναλύσεις στην ποιότητα του νερού δεν είναι ιδιαίτερα επαρκείς για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στους βιολογικούς οργανισμούς, γι' αυτό το λόγο, οι έλεγχοι σε ιζήματα του βυθού κρίνονται πιο αποτελεσματικοί. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί καταγράφουν SBFs σε ένα εύρος από 100m έως 2.000m, ενώ οι επιπτώσεις σε βιολογικούς οργανισμούς καταγράφονται από 50m έως 500m (MMS, 2000; OGP, 2003; Ellis, Fraser & Russel, 2012).

### Επιπτώσεις στο βένθος

Η απόθεση των τεμαχίων γεώτρησης είναι πιθανό να προκαλέσουν ασφυξία στους βενθικούς οργανισμούς ανεξάρτητα από τη φύση των τεμαχίων και των ρευστών διάτρησης. Οι βενθικές κοινωνίες μπορούν να περιλαμβάνουν μονοκύτταρους οργανισμούς, ασπόνδυλα και ψάρια. Για καλύτερη διευκόλυνση, οι βενθικοί οργανισμοί μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες: **α)** μέγα-πανίδα (mega-fauna) (μεγάλους, κινούμενους επιφανειακούς οργανισμούς), **β)** μάκρο-πανίδα (macro-fauna), **γ)** μείο-πανίδα (meio-fauna), **δ)** μικρο-πανίδα (micro-fauna) (MMS, 2004). Η απόθεσή των τεμαχίων ενδέχεται, επίσης, να προκαλέσει αλλοίωση στο μέγεθος του θαλάσσιου υποστρώματος, και αυτό με τη σειρά του να επιδράσει τους οργανισμούς που κατοικούν στην περιοχή. Καθώς τα SBFs αποτελούν βιοαποδομήσιμες ουσίες, η παρουσία τους με τα στερεά τεμάχια αυξάνουν τη ζήτηση των ιζημάτων σε απαιτούμενο οξυγόνο. Ο εμπλουτισμός των ιζημάτων σε οργανική ύλη μπορεί να οδηγήσει σε αναερόβιες/ανοξικές συνθήκες. Ανοξικές συνθήκες μπορούν να προκληθούν από τον ενταφιασμό των οργανικών ουσιών από την ανακατανομή των ιζημάτων. Το 1999, έρευνες υπέδειξαν ότι υπάρχει αλληλοσυσχέτιση μεταξύ της μείωσης της ποικιλίας της βενθικής πανίδας με τις υψηλές συγκεντρώσεις σε βάριο, ολεφίνες και εστέρες. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις, η συσχέτιση μεταξύ της μείωσης της πανίδας με τη συγκέντρωση σε ολεφίνες και/ή εστέρες ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του βαρίου. Οι ουσίες αυτές, ενδεχομένως, να οδηγήσουν σε ανοξικές συνθήκες και σε συνθήκες που αυξάνουν την τοξικότητα. (Jensen et al., 1999 όπως αναφέρεται στο Elli, Fraser & Russel, 2012). Μεγαλύτερη σύνδεση παρατηρήθηκε στη μακροπανίδα, ενώ στη μειοπανίδα δεν παρατηρήθηκε καμία συσχέτιση (Continental Shelf Associates, Inc., 2006). Ωστόσο, οι επιπτώσεις σε πολλές τέτοιες κοινωνίες μπορούν να μετριαστούν λόγω της ικανότητας πολλών οργανισμών να μετακινούνται. Παρ' όλα αυτά, έρευνες έχουν καταγράψει μειώσεις στον αριθμό των ειδών σε μέγιστη απόσταση μεταξύ 250 και 500m, ενώ μέγιστη αλλαγή στον αριθμό των βενθικών οργανισμών παρατηρήθηκε από 500 έως 1.000m. Το μέγεθος των επιπτώσεων (απόσταση) εξαρτάται από τον όγκο των SBFs, την υδροδυναμική της περιοχής, καθώς επίσης, την

ευαισθησία των βενθικών οργανισμών. (OGP, 2003; Jensen et al., 1999 όπως αναφέρεται στο Ellis, Fraser & Russel, 2002).

### Επιπτώσεις στα ψάρια

Σε πολλές περιοχές που πραγματοποιούνται Ε&Π υδρογονανθράκων παρατηρείται μεγάλη ποικιλία σε ψάρια. Η θερμοκρασία, η αλμυρότητα, η μορφολογία του βυθού, και πολλοί άλλοι φυσικοί και βιολογικοί παράγοντες καθορίζουν την κατανομή και την αφθονία των ψαριών. Τα ψάρια μπορούν να ταξινομηθούν σε **α)** βενθοπελαγικά (demersal), **β)** ωκεάνια-πελαγικά (oceanic pelagic) και **γ)** μεσοπελαγικά (mesopelagic) είδη. Στα βενθοπελαγικά είδη ανήκουν η μέγα-πανίδα, τα πιο κοινά ωκεάνια-πελαγικά είδη είναι ο τόνος, ο ξιφίας, τα δελφίνια, ο καρχαρίας και πολλά άλλα μικρότερα ψάρια. Οι επιπτώσεις στα πελαγικά είδη προβλέπεται να είναι ελάχιστες καθώς ο χρόνος έκθεσης τους είναι πολύ μικρός εξαιτίας της ταχείας καθίζησης των τεμαχίων και των SBFs, καθώς επίσης, της χαμηλής τοξικότητας των ρευστών διάτρησης (OGP, 2003).

### Βιοαποδόμηση

Οι οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στα ιζήματα, SBFs, φύκια κλπ., θα βιοαποδομηθούν από τη φυσική παρουσία μικροοργανισμών. Τα βακτήρια, οι μύκητες, τα πρωτίστα (protists) κ.α. έχουν τη ικανότητα να βιοαποδομούν υδρογονάνθρακες, καθώς και άλλες οργανικές ενώσεις (αιθέρες, εστέρες, ακετάλη κ.α.) έτσι ώστε να τραφούν. Ο βαθμός βιοαποδόμησης διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Υδρογονάνθρακες με μεγάλο μοριακό βάρος, αδιάλυτες ουσίες των SBFs, όπως είναι τα PAHs, είναι λιγότερο βιοαποδομήσιμα και ικανά για βιοδιαθεσιμότητα, σε σχέση με ευδιάλυτες ουσίες όπως είναι τα IOs (Internal Olefines) (Friedheim & Conn, 1996 όπως αναφέρεται στο MMS, 2000). Ως γενικός κανόνας που επικρατεί, οι γραμμικοί υδρογονάνθρακες βιοαποδομούνται πιο εύκολα σε σύγκριση με τους διακλαδισμένους (Branched Hydrocarbons) ή αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Atlas 1995, όπως αναφέρεται στο MMS, 2000). Οι εστέρες παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό βιοαποδόμησης σε σχέση με άλλους υδρογονάνθρακες (Munro et al., 1997a όπως αναφέρεται στο MMS, 2000). Ο ρυθμός βιοαποδόμησης των SBFs, επίσης, εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο βυθό της θάλασσας (θερμοκρασία, απαιτούμενο οξυγόνο κ.α.), τη συγκέντρωση και το είδος των SBFs. Η βιοαποδόμηση πραγματοποιείται ταχύτερα σε αερόβιες συνθήκες σε αντίθεση με τις αναερόβιες. Αρχικά, κατά τη διάρκεια της καταβύθισης των SBFs, σε μικρά βάθη, που η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το βυθό της θάλασσας, πραγματοποιείται η βιοαποδόμηση των SBFs υπό αερόβιες συνθήκες. Στο βυθό της θάλασσας, λόγω έλλειψης οξυγόνου, πραγματοποιούνται αναερόβιες διεργασίες (MMS, 2004). Σε περίπτωση ανοξίας, οι βενθικοί οργανισμοί, μέγρο/μείο-πανίδα (macro/meio-fauna), που απαιτούν οξυγόνο για την επιβίωση τους, ενδέχεται να μην μπορούν να ανταγωνιστούν τα βακτήρια για το απαιτούμενο οξυγόνο. Η γρήγορη βιοαποδόμηση των SBFs μπορεί να οδηγήσει έμμεσα σε τοξικότητα των ιζημάτων. Επίσης, αν η συγκέντρωση του υδρόθειου στα ιζήματα αυξηθεί αρκετά, μπορεί να παρατηρηθούν επιπτώσεις στους βενθικούς πληθυσμούς (OGP, 2003).



## Τοξικότητα και βιοσυσσώρευση

Σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις από τις ανοξικές συνθήκες, η τοξικότητα και η βιοσυσσώρευση των SBFs μπορούν να οδηγήσουν, επίσης, σε προβλήματα, κυρίως, στο βένθος, ενώ οι επιπτώσεις στη στήλη νερού είναι ελάχιστες. Σε πολλές περιοχές που δραστηριοποιείται ο κλάδος του πετρελαίου, είναι υποχρεωτικές οι αναλύσεις στην ποιότητα του νερού και στα ιζήματα του βυθού, έτσι ώστε να εκτιμώνται οι πιθανές επιπτώσεις από τα ρευστά και τα τεμάχια διάτρησης. Έρευνα στη Βόρεια Θάλασσα επισημαίνει ότι οι επιπτώσεις στη βενθική βιολογία μπορεί να σχετίζεται με τις ανοξικές συνθήκες που προκαλούνται από τη ταχεία βιοαποδόμηση των υδρογονανθράκων που περιέχονται στα SBFs σε συνδυασμό με τη μεγάλη συγκέντρωση σε στερεά τεμάχια (*Olsgard & Gray, 1995 όπως αναφέρεται στο MMS, 2000; OGP, 2003*).

Η πιθανότητα βιοσυσσώρευσης SBFs στα θαλάσσια είδη εκτιμάται ότι είναι μικρή. Η βιοσυσσώρευση SBFs στα βενθικά είδη πραγματοποιείται όταν οι οργανισμοί, που εκτίθενται σε υδρογονάνθρακες, περιέχουν τέτοιες ενώσεις στη βιομάζα τους. Ο βαθμός βιοσυσσώρευσης είναι ο λόγος της παρουσίας μίας ένωσης στον ιστό ενός οργανισμού σε σχέση με την ικανότητα του οργανισμού να μεταβολίζει την ένωση αυτή (*OGP, 2003*).

## Αποκατάσταση

Η αποκατάσταση των βενθικών κοινωνιών εξαρτάται από το είδος των κοινωνιών που επηρεάστηκαν, το πάχος, την έκταση της περιοχής και την ανθεκτικότητα των στερεών τεμαχίων, και την ικανότητα των οργανισμών για μετανάστευση. Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι σε μικρό χρονικό διάστημα οι επιπτώσεις από την απόθεση SBFs μπορεί να κυμαίνονται από μικρές αλλαγές στους βιολογικούς οργανισμούς μέχρι και σε σημαντικές επιπτώσεις στη θνησιμότητα της βιολογίας της περιοχής σε μικρή γειτνίαση από το σημείο απόρριψης. Σε βάθος χρόνου, στις περιοχές που έχουν επηρεαστεί είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν μορφές ζωής. Τέτοιες μορφές ζωής είναι τα είδη τα οποία παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στους υδρογονάνθρακες και/ή είδη όπου τρέφονται από βακτήρια τα οποία μεταβολίζουν τους υδρογονάνθρακες. Έτσι, με το πέρασμα του χρόνου και τη μείωση της παρουσίας των υδρογονανθράκων, παρατηρείται επανεμφάνιση ή εμφάνιση νέων οργανισμών στην περιοχή, γεγονός που επαναφέρει την περιοχή, σχεδόν, στην αρχική της κατάσταση. Πιθανές επιπτώσεις στο βυθό του νερού εξαρτώνται από την ευαισθησία των οργανισμών. Υψηλά ευαίσθητες περιοχές είναι εκείνες που παρουσιάζουν μεγάλη παραγωγικότητα και ποικιλία που είναι σημαντικές ως περιοχές εύρεσης τροφής και αναπαραγωγής. Τέτοιες περιοχές μπορεί να είναι οι κοραλλιογενείς λόφοι, τόποι αναπαραγωγής ψαριών και οι χημειοσυνθετικές (chemosynthetic) κοινωνίες σε μεγάλα βάθη. Οι εν λόγω κοινότητες δεν εξαρτώνται από το φως του ήλιου, επομένως, σοβαρή ζημιά εξαιτίας της θολερότητας που θα προκαλέσουν οι γεωτρήσεις δεν παρατηρείται. Όμως, οι κοινότητες αυτές μπορούν να επηρεαστούν ή και να θαφτούν από τα απόβλητα που θα προκύψουν από τις γεωτρήσεις (π.χ. λάσπη). Οι εν λόγω κοινότητες θεωρούνται ως περιβαλλοντικά ευαίσθητες και αναγνωρίζονται από αρκετές χώρες ως βιότοποι που χρήζουν προστασίας (*OGP, 2003*).

### 3.5.3 Αργό Πετρέλαιο και Πετρέλαιο Κίνησης - Diesel

Σε αυτό το σημείο θα εξετασθούν οι επιπτώσεις από τη διαρροή αργού πετρελαίου και diesel. Παρ' όλο που αυτά τα υλικά είναι τελείως διαφορετικά, οι επιπτώσεις τους παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες. Το αργό πετρέλαιο είναι αυτό που διαρρέει, στις περισσότερες περιπτώσεις, στη θάλασσα κατά την Ε&Π πετρελαίου, γι' αυτό το λόγο, στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σωρευτικές επιπτώσεις από αυτό το υλικό.

#### ➤ Ποιότητα νερού

Ως ποιότητα νερού μπορεί να χαρακτηριστούν τα χημικά, φυσικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού και των ιζημάτων, συνήθως με βάση την καταλληλότητα του για συγκεκριμένους σκοπούς.

Οι υδάτινες μάζες χαρακτηρίζονται από την βιολογική ποικιλία και την αφθονία σε διάφορα είδη. Η ποιότητα νερού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, αλλά και ανά εποχή. Σε κάθε εποχή παρατηρούνται διαφορετικές βιολογικές, χημικές αλλά και φυσικές διεργασίες.

Το πετρέλαιο που διαρρέει στη θάλασσα συμπεριφέρεται με ποικίλους τρόπους, ανάλογα με τη σύνθεση του, το βάθος και τη θερμοκρασία που διέρρευσε. Το πετρέλαιο μπορεί να εξατμιστεί, να διαλυθεί στο νερό, στην επιφάνεια ή στη στήλη νερού, να οξειδωθεί μέσω της υπερϊώδους ακτινοβολίας, να γαλακτοποιηθεί και να επιπλεύσει στην επιφάνεια της θάλασσας ή να καταβυθιστεί ανάλογα με το νερό και την πυκνότητα του (*NRC, 2003a όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*).

Το πετρέλαιο έχει τη δυνατότητα να κινείται σε οριζόντια και κάθετη διεύθυνση. Οι κινήσεις αυτές πραγματοποιούνται μέσω διαφόρων διεργασιών όπως είναι η εξάπλωση, διασκόρπιση, συναγωγή, απόθεση στο βυθό της θάλασσας κ.α. Τα κύματα και ο άνεμος μπορούν να αναμείξουν τα σταγονίδια πετρελαίου με τη θάλασσα. Οι διάφορες διεργασίες, με βάση τις οποίες κινείται η πετρελαιοκηλίδα, εκτελούνται ανάλογα με το είδος του νερού, τη θερμοκρασία του και την τοποθεσία της πετρελαιοκηλίδας (*BOEM, 2014*).

Οι πιο πτητικές ενώσεις της πετρελαιοκηλίδας, κυρίως αρωματικές, είναι, συνήθως, και οι πιο τοξικές. Μετρήσεις σε παγωμένα νερά, υποδεικνύουν ότι η συγκέντρωση πολλών συστατικών του πετρελαίου μειώνονται αισθητά με την πάροδο του χρόνου, εντός 10 ημερών (*Paine & Levin, 1981; Payne et al., 1984 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Ο μεγαλύτερος βαθμός αποσύνθεσης των αρωματικών ενώσεων, από την πετρελαιοκηλίδα, πραγματοποιείται εντός λίγων ωρών και συσσωρεύεται κάτω από το νερό (*Paine & Levin, 1981 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Το διαλυμένο πετρέλαιο, μέχρι να φτάσει στα 10m βάθος, αραιώνεται και στη συνέχεια εξαπλώνεται οριζόντια, μπορεί και πάνω από 10χλμ, με αποτέλεσμα γίνεται ανομοιογενές και να δημιουργούνται πολλές και μικρότερες πετρελαιοκηλίδες (*BOEM, 2014*).

Ένα μικρό μέρος του πετρελαίου που βρίσκεται στη επιφάνεια της θάλασσας καθιζάνει στο βυθό, σε μικρή απόσταση από την πετρελαιοκηλίδα ή κατά μήκος της πορείας της. Το ποσοστό απόθεσης στο βυθό μπορεί να είναι 0,1-8% (*Jarvela, Thorsteinson & Pelto, 1984*

όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Γενικά, το μεγαλύτερο ποσοστό καθίζησης παρατηρείται σε πετρελαιοκηλίδες κοντά στην ακτή, λόγω των φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε αυτά τα βάθη. Το 0,1% του πετρελαίου καταβυθίζεται στον πάτο της θάλασσας εντός 10 ημερών (Manen & Pelto, 1984 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014).

Από μία πετρελαιοκηλίδα μπορεί να δημιουργηθούν συσσωματώματα πετρελαίου-πίσσα (tarballs). Περίπου το 68% της πετρελαιοκηλίδας μπορεί να παραμείνει σε αυτή τη μορφή καθώς διασκορπίζεται στη στήλη νερού αφότου το φιλμ της πετρελαιοκηλίδας εξαφανιστεί. Η μικρή φωτοοξείδωση και βιοαποδόμηση θα συνεχίσουν να μειώνουν το υπόλοιπο ποσοστό της πετρελαιοκηλίδας. Εντός 1.000 ημερών, περίπου το 15% των tarballs θα βυθιστεί, ενώ ένα 20% του πετρελαίου (slick mass) θα παραμένει στα απομείναντα tarballs (Jordan & Payne, 1980 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Καθώς η πίσσας μετακινείται για πολλά χιλιάδες μέτρα, και η βύθιση της πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς, η διασκόρπισή της είναι πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα οι συνέπειες στο βυθό της θάλασσας να είναι μειωμένες (BOEM, 2014).

Η αποσύνθεση και η γήρανση (weathering) του πετρελαίου παρουσιάζει πιο χαμηλούς ρυθμούς σε νερά με χαμηλή θερμοκρασία. Η συναγωγή και η διασκόρπιση μπορούν να μειώσουν τις επιπτώσεις των τοξικών κλασμάτων του πετρελαίου ή των τοξικών υποδομημένων προϊόντων, περιλαμβανομένου και των προϊόντων της φωτοοξείδωσης (BOEM, 2014).

#### ➤ Ποιότητα Αέρα

Κατά τη διάρκεια σχηματισμού μίας πετρελαιοκηλίδας, μεγάλος είναι ο κίνδυνος για την πρόκληση πυρκαγιάς, ως αλυσιδωτή αντίδραση. Οι επιπτώσεις από την πυρκαγιά, λόγω της πετρελαιοκηλίδας, στην ποιότητα του αέρα δεν έχουν άμεσες σχέσεις την πετρελαιοκηλίδα. Η καύση ορυκτών καυσίμων (Black Carbon) προκαλεί σωματίδια αιθάλης τα οποία ταξιδεύουν μακριά από την πηγή καύσης μέσω του αέρα. Τα σωματίδια αιθάλης μπορούν να φτάσουν και να κατακρημνιστούν σε τοπικό ή ακόμα και σε περιφερειακό επίπεδο γύρω από την πηγή καύσης. Το γεγονός όμως ότι ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι πολύ μεγάλος, κρίνεται σημαντικό να αναφερθούν λίγα λόγια σχετικά με το Black Carbon.

Η παρουσία του Black Carbon στην ατμόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολές στην ατμόσφαιρα αλλά και στο εποχιακό ανάγλυφο μίας περιοχής. Για παράδειγμα, η παρουσία του Black Carbon στην επιφάνεια του πάγου και του χιονιού στην επιφάνεια του εδάφους επιταχύνει το λιώσιμό τους. Όταν η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ισοδυναμεί με την αντανακλώμενη εξερχόμενη ενέργεια από τη γη, τότε το σύστημα γη-ατμόσφαιρα βρίσκεται σε ισορροπία λόγω ακτινοβολίας. Όταν τα αντανακλώμενα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης μειωθούν, όπως όταν υπάρχει κατακρήμνιση του Black Carbon στην επιφάνεια του πάγου και του χιονιού, τότε η ισορροπία λόγω ακτινοβολίας παύει να υφίσταται, με αποτέλεσμα η εισερχόμενη ακτινοβολία να είναι μεγαλύτερη από την εξερχόμενη (Ahrens, 2013 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Από την άλλη πλευρά, οι Shindell & Faluvegi (2009) αναφέρουν ότι η σταθερή παρουσία του Black Carbon μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή του κλίματος (BOEM, 2014). Τα σωματίδια του Black Carbon, όμως, έχουν μικρή

ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής, λιγότερο από μία εβδομάδα (*Bice et al., 2009 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*).

Η πυρκαγιά δημιουργεί έναν μεγάλο μαύρο καπνό που περιέχει ΡΜ και άλλα προϊόντα καύσης όπως είναι NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> και VOCs. Η πυρκαγιά μπορεί να δημιουργήσει PAHs, τα οποία είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία. Πιο συγκεκριμένα, η ψηλή θερμοκρασία της φωτιάς αυξάνει τα επίπεδα εκπομπών NO<sub>x</sub> και τις συγκεντρώσεις των ΡΜ με αποτέλεσμα ο καπνός να επηρεάζει την ορατότητα των γύρω περιοχών (*BOEM, 2014*).

Γενικά, επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα, από μία πετρελαιοκηλίδα, συνεχίζουν να υφίστανται μέχρι την πλήρη, ή σχεδόν την πλήρη, απομάκρυνση του πετρελαίου. Όσο υπάρχει η παρουσία του πετρελαίου στη θάλασσα, οι διεργασίες εξάτμισης ουσιών θα συνεχίζουν να πραγματοποιούνται, ενώ παράλληλα, η ποιότητα του αέρα δυσχεραίνεται, μέχρι τη στιγμή που σχεδόν όλοι οι πτητικοί υδρογονάνθρακες θα έχουν απομακρυνθεί από την κηλίδα (*BOEM, 2014*).

Οι διεργασίες της εξάτμισης είναι καθοριστικοί παράγοντες στη γήρανση του πετρελαίου, καθώς εκτελούνται φυσικές και χημικές διεργασίες που οδηγούν στην απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας. Βέβαια, ο βαθμός εξάτμισης, όπως έχει αναφερθεί ξανά, εξαρτάται από την πτητικότητα του πετρελαίου και από τις θερμοκρασιακές συνθήκες του περιβάλλοντος, όσο πιο μεγάλη θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερος και ο βαθμός εξάτμισης. Η διαδικασία της εξάτμισης μειώνει, επίσης, την τοξικότητα της πετρελαιοκηλίδας, καθώς οι τοξικοί υδρογονάνθρακες διαλύονται. Περίπου 15-30% του πετρελαίου μπορεί να εξατμιστεί εντός 30 ημερών. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιτρέπουν την εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας πιο γρήγορα, τη μείωση του στρώματος της κηλίδας, καθώς επίσης, τη μείωση των εκπομπών VOCs. Στην περίπτωση του ατυχήματος του Deepwater Horizon, στον Κόλπο του Μεξικού, τα δείγματα που συλλέχθηκαν από την BP, τον OSHA (Occupational Safety and Health Administration) και το U.S. Coast Guard, έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις επικίνδυνων αέριων ρύπων, όπως το βενζόλιο, το αιθυλικό βενζόλιο, το τολουόλιο, ξυλόλιο, βρίσκονταν κάτω από τα όρια που είχε θέσει το OSHA, αλλά και τα πιο αυστηρά όρια του ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (*BOEM, 2014*).

Οι συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο και τον όγκο του πετρελαίου που διέρρευσε. Ως γενικός κανόνας, οι εκπομπές ρύπων VOCs τείνουν να είναι υψηλότερες στην πηγή του ατυχήματος καθώς ο βαθμός εξάτμισης επηρεάζεται από το χρόνο παρουσίας του όγκου του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας. Με το πέρασμα του χρόνου, οι συγκεντρώσεις ρύπων VOCs θα μειώνονται, αφού η πετρελαιοκηλίδα εξαπλώνεται και το πάχος της μειώνεται (*BOEM, 2014*).

Κατά τη διάρκεια μίας πετρελαιοκηλίδας, ο κίνδυνος να φτάσει μέχρι και τις ακτές είναι μεγάλος. Η πιθανότητα αυτή εξαρτάται από τον όγκο του πετρελαίου που διέρρευσε, τις καιρικές συνθήκες, και φυσικά, την απόσταση του ατυχήματος από τις ακτές. Καθώς το πετρέλαιο φτάνει στις ακτές, οι διεργασίες της εξάτμισης συνεχίζουν να υφίστανται. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μεγαλύτερο μέρος των επικίνδυνων πτητικών υδρογονανθράκων έχουν εξατμιστεί με το πέρασμα του χρόνου, οι επιπτώσεις στην

ποιότητα του αέρα στη στεριά εξαρτάται από τον όγκο και τους εναπομείναντες επικίνδυνους υδρογονάνθρακες. Οι συνολικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα στη στεριά μπορούν να είναι αρκετά περιορισμένες, έχοντας υπόψη και τις υπόλοιπες διεργασίες (διασπορά, αποσύνθεση κ.α.) που επιδρούν στη γήρανση της πετρελαιοκηλίδας. Παρ' όλα αυτά, μόλις το πετρέλαιο φτάσει στις ακτές, ακόμα και μικρές συγκεντρώσεις αέριων ρύπων μπορούν να προκαλέσουν βραχυπρόθεσμα προβλήματα υγείας (BOEM, 2014).

#### ➤ Κατώτεροι Τροφικοί Οργανισμοί

Σε αυτή την κατηγορία αξιολογούνται οι επιπτώσεις μίας πετρελαιοκηλίδας στους κατώτερους τροφικούς οργανισμούς που εμφανίζονται στο φυσικό περιβάλλον στην ευρύτερη περιοχή του ατυχήματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το πετρέλαιο χαρακτηρίζεται από τοξικότητα η οποία επιδρά, με μεγάλη ένταση, στους οργανισμούς με μικρό μέγεθος. Φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν και άλλοι κατώτεροι τροφικοί οργανισμοί επηρεάζονται έμμεσα από το υδάτινο περιβάλλον, καθώς τα στρώματα των ιστών τους είναι αρκετά λεπτά, η απόσταση των στρωμάτων και των εσωτερικών οργάνων είναι, επίσης, μικρή, και διαθέτουν γρήγορο ρυθμό μεταβολισμού (Jiang et al., 2010; Newman & Clements, 2008; Suter, 2007 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Οργανισμοί με περίπλοκο κύκλο ζωής, όπως είναι κάποια ζωοπλαγκτόν και οστρακοειδή, είναι πιο επιρρεπή σε τέτοιες συνθήκες (Hansen et al., 2011; USDO I & MMS, 2004 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Κάθε ατύχημα που πραγματοποιείται χαρακτηρίζεται από διαφορετικές συνθήκες και καταστάσεις, έτσι και για τις επιπτώσεις στους κατώτερους οργανισμούς, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλοί και διάφοροι παράγοντες, όπως η διάρκεια και ο όγκος της πετρελαιοκηλίδας, την ανθεκτικότητα και τη διασπορά του πετρελαίου στη στήλη του νερού και στην επιφάνεια του βυθού, τη χημική σύνθεση του πετρελαίου, την ηλιακή ακτινοβολία και την ένταση της UV ακτινοβολίας, τις καιρικές συνθήκες κ.α. Οι πιθανές επιπτώσεις των παραπάνω παραγόντων, και ο συνδυασμός τους, στους κατώτερους τροφικούς οργανισμούς περιλαμβάνουν τα εξής (Barron, 2007; Barron et al., 2008; Brandvik & Faksness, 2009; Brodersen, 1987; Iken, Bluhm, & Dunton, 2010; Hansen et al., 2011; Jiang et al., 2010; Newman & Clements, 2008; NRC, 2005b; Suter, 2007; USDO I & MMS, 2003a,b; 2004; 2008 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014):

- ❖ Γρήγορη συσσώρευση τοξινών στα μονοκύτταρα άλγη και γρήγορο θάνατο στους οργανισμούς που βρίσκονται μικρά βάθη από την πετρελαιοκηλίδα.
- ❖ Αν τα φυτοπλαγκτόν δεν πεθάνουν αμέσως, τότε μπορούν να μετακινηθούν και να καταναλωθούν από άλλους οργανισμούς. Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε έντονη βιοσυσσώρευση σε μεγάλη κλίμακα.
- ❖ Παρόλο που οι επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας μπορεί να είναι άμεσες και σοβαρές σε όλα τα θαλάσσια επιφανειακά πλαγκτόν, πολλές έρευνες από προηγούμενα ατυχήματα έχουν δείξει ότι η αποκατάσταση των πληθυσμών φυτοπλαγκτόν μπορεί να είναι σχετικά γρήγορη, λιγότερο από ένα χρόνο.
- ❖ Οι πελαγικοί οργανισμοί, όπως το καλαμάρι, τσουχτρες κ.α. σπάνια επηρεάζονται από την επιφανειακή πετρελαιοκηλίδα, αλλά οι υποθαλάσσιες ενδέχεται να τα επηρεάσουν.

- ❖ Ο βαθμός επίπτωσης εξαρτάται από την έκταση και την ανθεκτικότητα της πετρελαιοκηλίδας στη στήλη νερού.
- ❖ Οι βενθικές κοινωνίες επηρεάζονται από τη συγκέντρωση του πετρελαίου στο βυθό της θάλασσας, κυρίως όταν καλύπτουν αυγά ή νύμφες των οργανισμών.
- ❖ Η παρουσία του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας δεν επιτρέπει τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας εντός της θάλασσας, λόγω απορρόφησης και σκέδασης του φωτός, με σημαντικές επιπτώσεις στη βιοκοινότητα.

Κίνδυνος για τους κατώτερους τροφικούς οργανισμούς ενδέχεται να υπάρχει και στην περίπτωση που η πετρελαιοκηλίδα θα φτάσει στη στεριά. Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι παρόμοιες με εκείνες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στην εκτίμηση πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα Chukchi (*BOEM, 2014*) αναφέρεται ότι οι επιπτώσεις στην ακτή της, και στην Ανατολική Σιβηρία, θα είναι παρόμοιες με εκείνες της ανοιχτής θάλασσας. Στις επιπτώσεις της στεριάς θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, η ηλιακή ακτινοβολία και ο κίνδυνος της φωτοενίσχυσης (*photo-enhanced*) της τοξικότητας του πετρελαίου στα ρηχά νερά. Στις περιοχές που παρουσιάζεται υπεριώδη ακτινοβολία, μπορεί να αυξηθεί η τοξικότητα και ο κίνδυνος των PAHs μέσω φωτοχημικής μετατροπής του πετρελαίου (*Barron et al., 2008* όπως αναφέρεται στο *BOEM, 2014*).

#### ➤ Ψάρια

Μία πετρελαιοκηλίδα μπορεί να επιδράσει στα διάφορα είδη ψαριών που ζουν μόνιμα ή περιοδικά σε κάθε περιοχή. Τα ψάρια που μπορούν να επηρεαστούν είναι εκείνα που ζουν στην ανοιχτή θάλασσα, αλλά και εκείνα που ζουν κοντά στις ακτές. Οι επιδράσεις του πετρελαίου στα ψάρια προέρχονται από την άμεση επαφή τους ή την έμμεση, λόγω έντονης τοξικότητας ή μέσω της τροφικής αλυσίδας. Οι επιπτώσεις στα ψάρια και στους πληθυσμούς τους εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες, όπως είναι ο κύκλος ζωής τους, η περίοδος αναπαραγωγής, η αφθονία του κάθε είδους, το βάθος νερού ή στο βένθος που ζει κάθε είδος, η περιοχή ωστοκίας και τα μεταναστευτικά μοντέλα.

Δεδομένου του περίπλοκου κύκλου ζωής πολλών ψαριών, είναι δύσκολο να αποτυπωθεί μία ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με τις επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας τόσο στην ανοιχτή θάλασσα όσο και κοντά στην ακτή. Για χάρην ευκολίας, οι επιπτώσεις στα ψάρια εξετάζονται και για τις δύο κατηγορίες, στην ανοιχτή θάλασσα και κοντά στην ακτή. Στην ευρύτερη περιοχή ενός ατυχήματος, επιπτώσεις μπορούν να υφίστανται τα θαλάσσια ψάρια, αλλά και τα ανάδρομα, δηλαδή εκείνα που ζουν στη θάλασσα αλλά γενούν σε γλυκό νερό, π.χ. σολομός, με πολλούς τρόπους. Η έκθεση των ψαριών σε πετρέλαιο μπορεί να γίνει από την απορρόφηση μέσω του σώματος, την αναπνοή μέσω των βραγχίων, την κατάποση και την απορρόφηση διαλυμένου κλάσματος από τα κύτταρα από την άμεση επαφή. Φυσικά, η σοβαρότητα των επιπτώσεων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, το είδος του πετρελαίου, το πάχος της κηλίδας, τη διάρκεια παραμονής στην επιφάνεια της θάλασσας, την εποχή και τις καιρικές συνθήκες, και τέλος, το στάδιο ζωής των ψαριών. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις επιπτώσεις μίας πετρελαιοκηλίδας στα ψάρια (*Nahrgang et al., 2010a,b,c; Boertmann, Mosbech & Johansen, 1998; Jonsson et al., 2010; Pearson, Woodruff & Sugarman, 1984; Pinto, Pearson & Anderson, 1984; Moles & Wade,*

2001; Heintz et al., 2000; Patin, 1999; Christiansen & George, 1995; Christiansen et al., 2010; Mahon, Addison & Willis, 1987; Ott, Peterson & Rice, 2001; Rice et al., 2000; Carls et al., 2005; Short et al., 2003; Peterson et al., 2003; GESAMP, 1995 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014).

- ❖ Θνησιμότητα των αυγών και των πρώιμων σταδίων ανάπτυξης των ψαριών λόγω της έντονης τοξικότητας του πετρελαίου.
- ❖ Θνησιμότητα των μεσοπελάγιων αυγών και νυμφών λόγω επικάλυψης από πετρελαίο.
- ❖ Θνησιμότητα ενήλικων ψαριών σε ρηχά νερά με μικρό βαθμό ανακύκλωσης νερού.
- ❖ Μόλυνση διαφόρων οργάνων, βράγχια, ιστός σώματος, προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα, ανωμαλίες ή μείωση στο ρυθμό της καρδιάς. Προβλήματα στο κολύμπι, στην αναπαραγωγή και στην προσαρμοστικότητα των ψαριών είναι μερικές επιπλέον επιπτώσεις που μπορούν να παρατηρηθούν.
- ❖ Γενετικές ανωμαλίες στα μορφολογικά χαρακτηριστικά με άμεσες συνέπειες στο κολύμπι, στη μετανάστευση, στην εύρεση τροφής κ.α.
- ❖ Μετανάστευση ειδών από τους οικότοπους λόγω της παρουσίας πετρελαίου.
- ❖ Μείωση ή και εξαφάνιση ειδών έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή της τροφικής αλυσίδας.

#### ➤ **Θαλάσσια και παράκτια πτηνά**

Ένα ατύχημα διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα μπορεί να επιφέρει συνέπειες στο οικοσύστημα εξαιτίας του θανάτου θαλάσσιων και παράκτιων πτηνών, καθώς περνούν μεγάλο μέρος της ημέρας ανοιχτά της θάλασσας ή κοντά στις ακτές. Η άμεση επαφή των πτηνών με το πετρέλαιο αποτελεί την κύρια αιτία θανάτου λόγω της τοξικότητας του πετρελαίου. Ο θάνατος των πτηνών μπορεί να οφείλεται στην πλήρη επικάλυψη τους με πετρέλαιο (βουτώντας στο νερό) με αποτέλεσμα την αδυναμία ρύθμισης της θερμοκρασίας τους (υποθερμία), την απώλεια ικανότητας επίπλευσης, την αδυναμία να πετάξουν, και τέλος, την κατάποση ή στην εισπνοή του πετρελαίου. Η τοξικότητα μπορεί να επιδράσει στα πτηνά και έμμεσα μέσω των θηραμάτων τους όταν έχουν μολυνθεί και αυτά με τη σειρά τους. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος για τα πτηνά είναι όταν η πετρελαιοκηλίδα βρίσκεται στην ανοιχτή θάλασσα (BOEM, 2014).

#### ➤ **Θαλάσσια θηλαστικά**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται κήτη όπως είναι τα δελφίνια, οι φάλαινες, καρχαρίες κ.ά. Ανάλογα με την περιοχή μελέτης που εξετάζεται, στην κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν και είδη τα οποία δεν ανήκουν στο στενό ορισμό των «θαλάσσιων θηλαστικών» όπως είναι οι πολικές αρκούδες, φώκιες, αλλά και οι θαλάσσιοι ελέφαντες. Τα θαλάσσια θηλαστικά μπορούν να ζουν μόνιμα ή περιστασιακά σε μία περιοχή.

Η πιθανότητα μία πετρελαιοκηλίδα να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις σε θαλάσσια θηλαστικά και στους οικότοπούς τους είναι αρκετά μεγάλη. Οι επιπτώσεις του πετρελαίου μπορούν να προκληθούν από την εισπνοή υγρών ή αέριων τοξικών ουσιών που προέρχονται από αυτό, την κατάποση αυτού ή τροφής που είχε μολυνθεί από αυτό, και την άμεση επαφή με το δέρμα, τα μάτια ή άλλο όργανο του σώματος. Η ρύπανση που προκαλείται από το πετρέλαιο επιφέρει μόλυνση στους φυσικούς πόρους, στους

οικότοπους και στις πηγές τροφής. Οι επιπτώσεις σε θαλάσσια θηλαστικά ποικίλουν ανάλογα με τα επίπεδα ρύπανσης που έχει επιφέρει το πετρέλαιο. Η αλλαγή της περιοχής εύρεσης τροφής και της πορείας που ακολουθούν για μετανάστευση, είναι χαρακτηριστικές επιπτώσεων. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα αμφίβια θηλαστικά παρουσιάζουν την εξής ιδιαιτερότητα, ότι το πετρέλαιο που έχει προσκολλήσει στο σώμα/τρίχωμα τους μπορεί να απομακρυνθεί-παρασυρθεί, σε ένα ποσοστό, από την άμμο ή άλλα υλικά που βρίσκονται στη στεριά ή με άλλο μέρος-όργανο του σώματος, μειώνοντας έτσι το ποσοστό και τη διάρκεια επαφής. Ωστόσο, η επαφή με άλλο μέρος-όργανο του σώματος εγκυμονεί τον κίνδυνο ώστε το πετρέλαιο να μεταφερθεί στο στόμα του ζώου, με αποτέλεσμα την κατάποση μεγάλης ποσότητας πετρελαίου, και αυτή με τη σειρά της να οδηγήσει σε μόνιμες βλάβες ή ακόμα και στο θάνατο (BOEM, 2014).

#### ➤ **Χερσαία πανίδα**

Η πρόκληση ενός ατυχήματος διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα ανάλογα με τις διαστάσεις που μπορεί να πάρει, ενδέχεται να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις και στη χερσαία πανίδα. Οι επιπτώσεις ποικίλουν τόσο σε αριθμό όσο και σε βαθμό ανάλογα με το είδος του ζώου.

Ανάλογα με τη περιοχή μελέτης, στην ευρύτερη περιοχή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να ζουν χερσαία θηλαστικά και να χρησιμοποιούν τις υδάτινες περιοχές, για εύρεση τροφής. Επομένως, ο κίνδυνος έκθεσης αυτών των θηλαστικών δεν περιορίζεται μόνο όταν η κηλίδα φτάσει στη στεριά αλλά και όταν βρίσκεται ακόμα στη θάλασσα. Τα μέσα έκθεσης και οι επιπτώσεις στα χερσαία θηλαστικά είναι περίπου όμοια/ες με εκείνα των θαλάσσιων θηλαστικών. Πιο συγκεκριμένα, στα χερσαία θηλαστικά υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης της φυσιολογίας τους μέσω της επαφής του πετρελαίου με το δέρμα τους, του φαγητού που έχει μολυνθεί από πετρέλαιο, της κατάποσης του πετρελαίου.

Στην περίπτωση που η πετρελαιοκηλίδα φτάσει στη στεριά, οι επιπτώσεις της στη χερσαία πανίδα εξαρτάται από τον τρόπο επαφής τους, την εποχή, το μέγεθος της περιοχής που έχει καλυφθεί από πετρέλαιο, το είδος του πετρελαίου κ.α. Η επαφής της χερσαίας πανίδας με το πετρέλαιο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη όταν γίνεται μέσω κατάποσης και όταν τα πρώτα επικαλυφθούν με πετρέλαιο, προκαλώντας προβλήματα ρύθμισης της θερμοκρασίας τους. Οι μεγαλύτερες πηγές κινδύνου είναι μέσω κατάποσης τροφής που έχει μολυνθεί από πετρέλαιο ή κατά τη διάρκεια περιποίησης του δέρματός τους. Όσον αφορά τη τροφή τους, προβλήματα προκαλούνται, γενικά, από τη μόλυνση του πετρελαίου στο περιβάλλον, καθώς διαταράσσεται η τροφική αλυσίδα και ολόκληρο το οικοσύστημα. Για τη δεύτερη πηγή κινδύνου, όπως για τα αμφίβια θηλαστικά έτσι και στα χερσαία είναι δυνατή η μερική απομάκρυνση του πετρελαίου από το σώμα με τους ίδιους τρόπους και συνέπειες (BOEM, 2014).

#### ➤ **Ακτή και Παράκτια Βλάστηση**

Η ρύπανση της ακτής και, αυτομάτως, της παράκτιας βλάστησης και των υγροτόπων είναι πολύ πιθανή κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος. Οι ακτές χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία βλάστησης ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί. Η πιθανότητα το πετρέλαιο να



επιφέρει ζημιές στις ακτές, στη χερσαία βλάστηση και στους υγροβιότοπους εξαρτάται από τη χρονική περίοδο του ατυχήματος, τις καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, τη διάρκεια του ατυχήματος, το είδος του πετρελαίου και τη μορφολογία της παράκτιας ζώνης. Το πετρέλαιο μπορεί να φτάσει στις ακτές σε μορφή «γραμμής» (λωρίδες) ή σε κηλίδες παρά σε ενιαία τμήματα-στρώματα. Οι επιπτώσεις του πετρελαίου είναι συναρτημένες της έκτασης της περιοχής που καλύφθηκε με αυτό, το χρόνο έκθεσης στο πετρέλαιο, τη διάρκεια της πετρελαιοκηλίδας, τα χημικά χαρακτηριστικά και ο βαθμός γήρανσης που έχει υποστεί το πετρέλαιο.

Το πετρέλαιο που φτάνει στην ακτή παραμένει, κυρίως, στην επιφάνεια ή μπορεί να διεισδύσει στο υπέδαφος. Η διείσδυση πραγματοποιείται όταν επικρατεί περατό εδαφικό υλικό με μεγάλες πορώδες, που εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του υλικού, το ιξώδες του πετρελαίου και την παρουσία πόρων ή ανοιγμάτων από την χλωρίδα ή την πανίδα της περιοχής. Οι ακτές με βότσαλα/κροκάλες επιτρέπουν στο πετρέλαιο να διεισδύσει αρκετά πιο εύκολα σε σχέση με άλλα υλικά, σχηματίζοντας έτσι ένα επιφανειακό ή υπόγειο ανθεκτικό στρώμα. Σε κάποιες περιπτώσεις η διείσδυση του πετρελαίου μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 25cm βάθος (*Pezeshki et al., 2000 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Η διείσδυση είναι λιγότερο πιθανή σε ρηχά νερά καθώς το μέγεθος του εδαφικού υλικού δεν είναι το επιτρεπτό και οι πόροι είναι πληρωμένοι με νερό. Στην περίπτωση παρουσίας τύρφης στις ακτές, η διείσδυση είναι πιο εύκολη για τα «ελαφριά» πετρέλαια σε σύγκριση με τα «βαριά» (*NOAA, 2000 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Όμως, το πετρέλαιο που παραμένει στην τύρφη μπορεί να διατηρηθεί για πολλά χρόνια, ενώ αν η περιοχή καθαριστεί άμεσα το πετρέλαιο μπορεί να παραμείνει λιγότερο από 10 χρόνια (*Owens & Michel, 2003 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014*). Σε απομονωμένες ακτές, το «βαρύ» πετρέλαιο μπορεί να μετασχηματιστεί σε πίσσα λόγω αδυναμίας γήρανσης του και της μακροχρόνιας παραμονή του. Στις λιμνοθάλασσες, για παράδειγμα, οι χαμηλής ενέργειας ακτές, όπως η έλλειψη κυματισμού, μπορούν να επιτρέψουν την παραμονή του πετρελαίου για πολλά χρόνια. Όταν επικρατούν έντονοι κυματισμοί, δυνατά ρεύματα αέρα και νερού, το πετρέλαιο μπορεί να παρασυρθεί αλλά θα αποθεθεί, στη συνέχεια, σε ρηχά νερά για μεγάλο χρονικό διάστημα ή ακόμα θα επικαλυφθεί εύκολα και γρήγορα από άλλα στρώματα εδαφικού υλικού, π.χ. άμμος. Τα tarballs, τα οποία είναι σχετικά ανθεκτικά στη γήρανση, μπορούν να μαλακώσουν κάτω από ισχυρή ηλιοφάνεια επιτρέποντάς τα να βιοαποδομηθούν πιο εύκολα. Αντίθετα, τα λεπτά στρώματα-φιλμ πετρελαίου σε ορισμένα είδη ακτών, όπως οι βραχώδης ακτές, απομακρύνονται πιο δύσκολα όταν έχουν εκτεθεί σε έντονη ηλιοφάνεια.

Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους, κίνδυνος υφίσταται, επίσης, όταν το πετρέλαιο φτάσει σε περιοχές πάνω από το κανονικό-συνηθισμένο ύψος των κυμάτων, σε περίπτωση παλίρροιας, καταιγίδας κ.ά. Σε μία τέτοια περίπτωση, το πετρέλαιο παραμένει στη βλάστηση για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω του μικρού βαθμού αποδόμησης και διασκόρπισής του. Οι επιπτώσεις του πετρελαίου σε αυτή την κατηγορία της χλωρίδας μπορούν να είναι επιζήμιες αν το πετρέλαιο διεισδύσει στις ρίζες των φυτών. Η φυσική αποδόμηση και η ανθεκτικότητα του πετρελαίου στις ακτές βασίζεται στα χημικά χαρακτηριστικά και στην ποσότητα του πετρελαίου, τη μορφολογία και τη μεταβολή της

ακτής, το βαθμό διείσδυσης στο έδαφος, την παρουσία μικροοργανισμών, τις καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες που επικρατούν στην ακτή.

Όσον αφορά τους υγροβιότοπους, οι επιπτώσεις του πετρελαίου σε αυτούς εξαρτώνται από την τοποθεσία τους και τη διάρκεια της πετρελαιοκηλίδας. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων βασίζεται στον τύπο και στη γήρανση του πετρελαίου, στην εποχή που έλαβε χώρα το ατύχημα, στο είδος και στο ποσοστό κάλυψης της βλάστησης από το πετρέλαιο, στο είδος του υποστρώματος, στην υγρασία του χώματος, στη διείσδυση του πετρελαίου στο χώμα (Hayes et al., 1992; Hoff, 1995; McKendrick, 2000; NOAA, 1994; Pezeshki et al., 2000 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Οι επιπτώσεις στη χλωρίδα των υγροβιότοπων μπορούν να περιλαμβάνουν υψηλή θνησιμότητα και μικρό βαθμό αποκατάστασης, οι οποίες προκαλούνται από ελαφριά πετρελαιοειδή (Diesel), μεγάλες ποσότητες πετρελαίου κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης της βλάστησης, την επαφή με ευαίσθητα είδη φυτών, την πλήρη επικάλυψη από πετρέλαιο και τη διείσδυση του πετρελαίου στο έδαφος. Η αποκατάσταση και η αναβλάστηση της χλωρίδας πραγματοποιείται κάτω από καλύτερες συνθήκες όταν το πετρέλαιο προσβάλλει μία περιοχή που είναι πλημμυρισμένη ή το έδαφος της είναι κορεσμένο (McKendrick, 2000; USDOJ & BLM, 2002; 2012 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014; ITOFF, 2011).

#### ➤ Δημόσια Υγεία

Οι επιπτώσεις μίας πετρελαιοκηλίδας στη δημόσια υγεία μπορούν να είναι άμεσες ή έμμεσες. Οι άμεσες επιπτώσεις, από την επαφή του ανθρώπου με το πετρέλαιο μέχρι και τον πλήρη καθαρισμό και αποκατάσταση της περιοχής, μπορούν να περιοριστούν όταν τα μέτρα ασφαλείας είναι καλά σχεδιασμένα. Όμως, ακόμα και μετά τη φάση της αποκατάστασης, η περιοχή δεν επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση. Γι' αυτό το λόγο, το θέμα της δημόσιας υγείας απαιτεί περαιτέρω συζήτηση και ανάλυση λόγω των ευρέων και μακροχρόνιων επικείμενων συνεπειών (NRC, 2003a όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014). Υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα στη δημόσια υγεία από τη διαρροή πετρελαίου και τα χημικά διασκορπιστικά (dispersants).

Βασικοί δείκτες της υγείας κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου ατυχήματος είναι η ψυχική υγεία, η ασφάλεια και η εξασφάλιση τροφής, και τέλος, η έκθεση σε περιβαλλοντική ρύπανση. Οι συνέπειες μπορούν να είναι άμεσες και έντονες. Προκαλούνται υψηλά επίπεδα άγχους και στρες, απώλεια εξασφάλισης τροφής που μπορεί να οδηγήσει σε μακροχρόνια έλλειψη θρεπτικών ουσιών κ.ά. Όταν οι άμεσες και έντονες συνέπειες γίνονται χρόνιες, η μετάβαση αυτή χαρακτηρίζεται από μακροχρόνια προβλήματα στη δημόσια υγεία. Μετά το ατύχημα στον Κόλπο του Μεξικού το 2010, τα στοιχεία για τη σοβαρότητα και την πιθανή διάρκεια των συνεπειών του ατυχήματος οδήγησαν σε προβλήματα στη σωματική και ψυχική υγεία, στην οικονομική κατάσταση των κατοίκων και στον τρόπο ζωής τους μέρα με τη μέρα (Rendler, 2014 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014).

Ένα ατύχημα σχηματισμού πετρελαιοκηλίδας μπορεί να οξύνει και να επιφέρει αλυσιδωτά προβλήματα σχετικά με τη δημόσια υγεία. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να παρουσιαστούν αύξηση των επιπέδων πίεσης που συνδέονται με κοινωνικοπολιτιστικές αλλαγές (απώλεια βιοποριστικούς μέσων), αλλαγές στην ποιότητα του περιβάλλοντος, αλλαγές στην

παθολογική υγεία των ανθρώπων (ψυχική υγεία, διατροφικές αλλαγές) και εμφάνιση φαινομένων κοινωνικής παθογένειας. Στην περίπτωση της πετρελαιοκηλίδας που προκλήθηκε από το Exxon Valdez, παρουσιάστηκαν έντονα φαινόμενα κοινωνικής παθογένειας όπως ο αλκοολισμός, ενδοοικογενειακή βία κ.α. (Smythe, 1990 όπως αναφέρεται στο BOEM, 2014)

Η δημόσια υγεία μπορεί να απειληθεί από το κίνδυνο κατανάλωσης προϊόντων από την περιοχή που προκλήθηκε το ατύχημα. Προηγουμένως, αναφέρθηκαν οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις του πετρελαίου στα ψάρια, στους βενθικούς οργανισμούς και στα θαλάσσια θηλαστικά. Πολλά είδη που ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες αποτελούν τροφές για τον άνθρωπο. Σε περίπτωση που οι τροφές αυτές μολυνθούν από πετρέλαιο, η κατανάλωση τους μπορεί να επιφέρει προβλήματα στη διατροφική κατάσταση του ανθρώπου. Αντίστοιχες επιπτώσεις μπορούν να προκληθούν και στην περίπτωση γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων. Οι κίνδυνοι μπορούν να μετριαστούν με την έγκαιρη προειδοποίηση της πετρελαιοκηλίδας, την πρόβλεψη της πορείας της, την εκκένωση των περιοχών και την απαγόρευση κατανάλωσης τροφών που ενδεχομένως έχουν μολυνθεί (BOEM, 2014).

Με βάση άλλα ατυχήματα διαρροής πετρελαίου, προβλήματα δημόσιας υγείας, όπως ερεθισμός στα μάτια και στο δέρμα, ενοχλήσεις στους πνεύμονες, μπορούν να προκληθούν και από την ατμόσφαιρα, από τους καπνούς και τα αέρια που παράγονται. Επίσης, ασθένειες όπως το άσθμα, και άλλα αναπνευστικά προβλήματα μπορούν να επιδεινωθούν. Οι έντονες οσμές που προκύπτουν μπορούν να οδηγήσουν σε ναυτίες, πονοκεφάλους, ερεθισμό στο λαιμό και σε άλλα όργανα του σώματος (BOEM, 2014).

### ➤ **Οικονομία**

Ένα ατύχημα διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα δε θα έχει μόνο οικονομικές συνέπειες στην ίδια την εταιρεία εκμετάλλευσης, αλλά είναι πολύ πιθανό, να προκαλέσει οικονομικές ζημιές και σε άλλους κλάδους της οικονομίας. Διάφοροι τομείς της οικονομίας αξιοποιούν το φυσικό περιβάλλον για τις δραστηριότητές τους, με αποτέλεσμα, όποια αρνητική επίπτωση, σε βαθμό και έκταση, παρουσιαστεί στο περιβάλλον θα έχει επιπτώσεις και σε αυτούς τους τομείς της οικονομίας. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, οι κύριοι οικονομικοί κλάδοι που πλήττονται άμεσα από ένα ατύχημα πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας είναι ο τουρισμός και η αλιεία. Όμως, όπως παρουσιάζεται και παρακάτω, υπάρχουν και άλλοι κλάδοι της οικονομίας που πλήττονται άμεσα από διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα.

### ❖ **Αλιεία**

Η αλιεία και η υδατοκαλλιέργεια μπορούν να αποτελούν σημαντικούς κλάδους της οικονομίας μια χώρας ή μια τοπικής κοινωνίας. Οι επιπτώσεις που προκαλούνται στον κλάδο της αλιείας από ένα θαλάσσιο ατύχημα διαρροής πετρελαίου εξαρτάται από το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας, τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου, τη διάρκεια του ατυχήματος την εποχή που έλαβε χώρα το συμβάν και τις καιρικές συνθήκες, και τέλος, το φυσικό περιβάλλον. Οι επικείμενοι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις στα ψάρια παρουσιάστηκαν

σε προηγούμενη ενότητα. Ανεξάρτητα με την ένταση των επιπτώσεων του πετρελαίου στα ψάρια, η αλιεία μπορεί να παρουσιάσει άμεσες και έμμεσες οικονομικές απώλειες.

Οι άμεσες οικονομικές επιπτώσεις αφορούν την καταστροφή ή τη ζημιά του αλιευτικού εξοπλισμού, την απαγόρευση της αλιείας στη γύρω περιοχή ως προληπτικό μέτρο για την προστασία της δημόσιας υγείας. Η διάρκεια της απαγόρευσης μπορεί να κρατήσει από μερικές μέρες μέχρι και αρκετούς μήνες. Ως αποτέλεσμα, παρατηρείται μείωση της παραγωγής, κατά τη διάρκεια της απαγόρευσης και μετά, αύξηση των λειτουργικών εξόδων (καύσιμα) και της ανθρώπινης εργασίας (ώρες εργασίας και ανθρώπινο δυναμικό) έτσι ώστε να γίνει μία προσπάθεια να διατηρηθεί η παραγωγή σε επιτρεπτά επίπεδα, και τέλος, παρατηρείται ενδιαφέρον για την ποιότητα των ψαριών από τους καταναλωτές. Όλα αυτά έχουν ως συνέπεια την αλλαγή των εσόδων των ψαράδων. Για παράδειγμα, το 1993, το πετρελαιοφόρο MV Braer προσάραξε στην περιοχή Shetland της Σκωτίας με αποτέλεσμα τη διαρροή 50.000tn πετρελαίου. Υπολογίστηκε ότι 10% των βενθοπελαγικών ειδών επηρεάστηκαν δυσμενώς μέσα σε τέσσερις μήνες, το 40% των οστρακόδερμων εξαφανίστηκαν για δύο χρόνια και το 25% της παραγωγής σολομού ιχθυοτροφείου μολύνθηκε σοβαρά από το πετρέλαιο. Οι επιπτώσεις αυτές οδήγησαν σε άμεση και σημαντική μείωση των εσόδων του κλάδου της αλιείας. Υπολογίζεται ότι οι συνολικές απώλειες του κλάδου αντιστοιχούν σε 38,5εκ. λίρες Αγγλίας. (*Goodlad, 1996 όπως αναφέρεται στο Gómez & Green, 2013; IPIECA & IOGP, 2015*).

Στις έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις περιλαμβάνονται η μείωση του ποσοστού αλιείας, η θνησιμότητα των οργανισμών, η συμπεριφορά και η αναπαραγωγική ικανότητα αυτών. Καθώς το καταναλωτικό κοινό χάνει την εμπιστοσύνη του για την ποιότητα των θαλασσιών εμπορευμάτων, η τιμή πώλησης μειώνεται. Το μέγεθος της δυσπιστίας του καταναλωτικού κοινού για την ποιότητα των θαλασσιών βασίζεται στις διάφορες πηγές ενημέρωσής του. Ακόμα και έπειτα από την αποκατάσταση της ασφάλειας και της ποιότητας των θαλασσιών, οι καταναλωτές/έμποροι χρησιμοποιούν το ατύχημα, ως πρόσχημα, για να διαπραγματευτούν την τελική τιμή πώλησης. Στο μεγάλο ατύχημα του DeepwaterHorizon, η αρμόδια εταιρεία, BP, υπολογίζεται ότι πλήρωσε περίπου 74 εκ. δολάρια ως αποζημίωση στη βιομηχανία θαλάσσιων προϊόντων (*Dahi&Tyagi, 2016; ITOPF, 2011*).

#### ❖ Τουρισμός

Ο κλάδος του τουρισμού αποτελεί μία σπουδαία οικονομική δραστηριότητα για τις περισσότερες παράκτιες περιοχές σε όλο τον κόσμο. Όμως, ο συγκεκριμένος κλάδος μπορεί να δεχθεί ανεπανόρθωτες ζημιές σε περίπτωση ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο. Η απότομη διακοπή των βασικών παράκτιων-θαλάσσιων δραστηριοτήτων, όπως είναι το κολύμπι, οι καταδύσεις, οι βόλτες με πλεούμενα σκάφη κ.ά., οδηγούν σε άμεσες οικονομικές επιπτώσεις σε μία σειρά άλλες επιχειρήσεις του κλάδου, όπως είναι τα ξενοδοχεία, τα επιβατηγά πλοία, οι αεροπορικές εταιρείες κ.λπ., αλλά και σε επιχειρήσεις που ανήκουν σε άλλους κλάδους και έχουν άρρηκτη σχέση με τον κλάδο του τουρισμού(μπαρ, εστιατόρια κ.ά.). Σε τέτοιες περιπτώσεις παρατηρείται ότι πολλοί ταξιδιώτες ακυρώνουν τις κρατήσεις τους και επιλέγουν διαφορετικούς προορισμούς. Οι οικονομικές ζημιές που υφίστανται οι αντίστοιχες επιχειρήσεις είναι συνήθως αρκετά μεγάλες. Επίσης, οι επιχειρήσεις που παρέχουν θαλασσινά προϊόντα μπορούν να

παρουσιάσουν, επιπλέον, οικονομικές απώλειες λόγω μείωσης της πρώτης ύλης, σύμφωνα με τους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το 2010, στο ατύχημα του Κόλπου του Μεξικού, η αρμόδια εταιρεία του έργου πλήρωσε συνολικά 179 εκ. δολάρια ως αποζημίωση στον κλάδο του τουρισμού (*Dahi&Tyagi, 2016; ITOPF, 2011*).

#### ❖ Χώροι Αναψυχής

Πολλές παράκτιες υπηρεσίες, όπως είναι τα ενυδρεία, οι φυσικές πισίνες θαλάσσης και τα κέντρα φυσιοθεραπείας, είτε χρησιμοποιούν τη θάλασσα άμεσα για τις δραστηριότητές τους είτε απαιτούν μεγάλες ποσότητες φρέσκου θαλασσινού νερού σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το νερό, πριν χρησιμοποιηθεί, περνάει από ειδική επεξεργασία προκειμένου να απομακρύνονται πλαστικά, άμμος, κοχύλια και άλλα υλικά. Παρόλα αυτά, όταν το νερό έχει ρυπανθεί από πετρέλαιο, ειδικά από αργό πετρέλαιο ή ελαφρύ προϊόν διυλισμένου πετρελαίου, το οποίο έχει διαλυθεί στο θαλασσινό νερό, υπάρχει κίνδυνος να μην απομακρύνεται κατά την επεξεργασία του νερού πριν τη χρήση του για τις παραπάνω δραστηριότητες. Για να αποφευχθούν οι αλυσιδωτές επιπτώσεις, οι επιχειρήσεις είναι υποχρεωμένες να αναστείλουν τις λειτουργίες τους ή να εγκαταστήσουν προηγμένα συστήματα καθαρισμού νερού για τέτοια περιστατικά (*ITOPF, 2011*).

#### ❖ Λιμάνια – Μαρίνες

Οι μαρίνες και οι αλιευτικοί λιμένες είναι συνήθως, εν μέρει, κλειστές και προστατεύονται είτε από τη φυσική μορφολογία της περιοχής είτε από τεχνητά προστατευτικές κατασκευές. Σε περίπτωση που οι εγκαταστάσεις αυτές ρυπανθούν από πετρέλαιο είναι δύσκολο να καθαριστούν, καθώς το πετρέλαιο μπορεί να διεισδύει βαθιά στους σχηματισμούς με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις να είναι μεγαλύτερες. Επίσης, μεγάλος κίνδυνος υφίσταται όταν το πετρέλαιο αποτίθεται στις αποβάθρες των εγκαταστάσεων.

Επιπτώσεις μπορούν να προκληθούν και στα σκάφη τα οποία βρίσκονται στις εγκαταστάσεις αυτές. Το πιο σύννηθες φαινόμενο είναι η γάστρα των σκαφών να επικαλύπτεται με τε πετρέλαιο. Τα ύψος της επικάλυψης, συνήθως, περιορίζεται στο ύψος της στάθμης της θάλασσας. Ο καθαρισμός τους μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν βρίσκεται στο νερό σε μικρό χρονικό διάστημα. Κατά τον καθαρισμό των σκαφών, αλλά και των εγκαταστάσεων, κρίνεται απαραίτητη η μεταφορά όσων έχουν καθαριστεί, έτσι ώστε να αποτραπεί ο κίνδυνος για περεταίρω επικάλυψη. Η σοβαρότητα της επικάλυψης εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, όπως είναι τα χημικά χαρακτηριστικά του πετρελαίου, ο βαθμός γήρανσης του, ο χρόνος παραμονής στις εγκαταστάσεις και ο βαθμός φθοράς της γάστρας. Οι γάστρες, για λόγους προστασίας, συνήθως καλύπτονται είτε με κερί είτε με πολυμερή υλικό, το οποίο είναι πιο ανθεκτικό στο πετρέλαιο σε σχέση με το κερί. Ωστόσο, οι γάστρες που είναι παλιές και πιο πορώδεις επιτρέπουν στο πετρέλαιο να διεισδύσει σε αυτές πιο εύκολα.

Όσον αφορά τα λιμάνια, τα προβλήματα και οι επιπτώσεις της παρουσίας του πετρελαίου είναι παρόμοια/ες αλλά αρκετά μεγαλύτερα/ες με εκείνα στις μαρίνες και στους αλιευτικοί λιμένες. Ο καθαρισμός των πλοίων δεν είναι το ίδιο εύκολο με τα μικρά σκάφη λόγω της

τεράστιας διαφοράς μεγέθους. Τα πλοία σε πολλές περιπτώσεις καθαρίζονται τόσο πριν την αναχώρησή τους όσο κατά την είσοδό τους στο λιμάνι.

Σε όλες τις περιπτώσεις, οι εργασίες και ο χρόνος που απαιτείται για τον καθαρισμό των πλοίων-σκαφών μεταφράζονται σε οικονομικές απώλειες για τους ιδιοκτήτες. Οι εργασίες αυτές επιφέρουν και έμμεσες οικονομικές απώλειες όπως είναι οι επισταλίες, ακύρωση συμφωνιών, πρόστιμα λόγω καθυστέρησης παράδοσης εμπορευμάτων κ.ά. (ITOPF, 2011).

#### ❖ Βιομηχανία

Το θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται ευρέως σε ποικίλες βιομηχανίες για διάφορους σκοπούς, όπως για ψύξη στις βιομηχανίες διύλισης πετρελαίου, σε μονάδες παραγωγής ενέργειας, στις μονάδες αφαλάτωσης, αλλά και ως πρώτη ύλη στις μονάδες αφαλάτωσης και στις μονάδες παραγωγής αλατιού. Ο σχεδιασμός για την εισροή του θαλασσινού νερού λαμβάνει υπόψη αρκετούς και διαφορετικούς παράγοντες, όπως είναι ο όγκος της προσλαμβανόμενης ποσότητας νερού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή κ.α.. Σε περιοχές που επικρατούν ήρεμες θαλάσσιες συνθήκες και μικρό εύρος παλίρροιας, η εισροή νερού γίνεται απλά με κανάλια στο ύψος της στάθμης της θάλασσας και έναν υδατοφράκτη, ώστε να ελέγχεται η ροή του νερού. Αντίθετα, σε περιοχές με έντονους κυματισμούς και παλιρροιακά φαινόμενα, τα κανάλια βυθίζονται σε τέτοιο βάθος ώστε η αυξομείωση της στάθμης του νερού να μη διακόπτει την παροχή στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το πετρέλαιο για να παρασυρθεί και να εισχωρήσει στις εγκαταστάσεις εξαρτάται από το είδος και το βαθμό γήρανσης του, τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν και το σχεδιασμό της εγκατάστασης εισροής νερού. Οι εγκαταστάσεις που είναι τοποθετημένες σε μεγάλο βάθος είναι λιγότερο πιθανό να παρασύρουν πετρέλαιο, εκτός από την περίπτωση που επικρατούν καταιγίδες. Το ελαφρύ αργό πετρέλαιο διαλύεται πιο εύκολα στη στήλη νερού, σε σχέση με πιο ιξώδες πετρέλαιο, με αποτέλεσμα η πιθανότητα να παρασυρθεί στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι πιο μεγάλη. Ωστόσο, σε πολύ ακραία φαινόμενα καταιγίδων, ακόμα και τα μεγάλης πυκνότητας πετρελαιοειδή μπορούν να διαλυθούν στη στήλη νερού και να εισχωρήσουν στις βιομηχανίες (ITOPF, 2011).

#### ❖ Γεωργία – Κτηνοτροφία

Επιπτώσεις από τη διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα, παρ' όλο που είναι σπάνιο, μπορούν να προκληθούν στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Οι παράγοντες για την ένταση και τη σοβαρότητα των επιπτώσεων είναι όμοιες με εκείνες της βλάστησης-υγροβιότοποι και για τη χερσαία πανίδα. Η ιδιαιτερότητα αυτών των δύο κλάδων είναι ότι οι επιπτώσεις μειώνονται καθώς η απόσταση των γεωργικών εκτάσεων και των περιοχών ελεύθερης βοσκής από τις ακτές που παρουσιάζεται το πετρέλαιο μεγαλώνει. Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι όσο πιο κοντά στις ακτές βρίσκονται οι εκτάσεις αυτές τόσο πιο σοβαρές και έντονες είναι επιπτώσεις του πετρελαίου. Στην ενότητα για τις επιπτώσεις στη «Δημόσια Υγεία» αναφέρθηκαν οι κίνδυνοι κατανάλωσης των γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων. Οι οικονομικές απώλειες του κλάδου παρουσιάζουν ομοιότητες με εκείνες της «Αλιείας» (ITOPF, 2011).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ Ε&Π ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

### 4.1 Εισαγωγή

Η εργασία δεν αποτελεί μόνο βασική ανάγκη αλλά και δικαίωμα, και σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να οδηγεί σε δυνητικούς κινδύνους για τη σωματική και ψυχική υγεία του εργαζόμενου, ούτε αν επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον. Στην κατεύθυνση αυτή, είναι απαραίτητη η εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών και δομημένων συστημάτων διαχείρισης, τόσο για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Επομένως, η θέσπιση και επιβολή νόμων και κανόνων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων. Οι παράγοντες που απαιτούνται για την αποτελεσματική εφαρμογή οποιασδήποτε νομοθεσίας είναι (*E&P Forum/UNEP, 1997*):

- ❖ Κατάλληλοι διεθνείς και εθνικούς νόμους, κανονισμούς και κατευθυντήριες οδηγίες.
- ❖ Συνεκτικές διαδικασίες για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με έργα/δραστηριότητες.
- ❖ Νομοθεσία με σαφείς ορισμένες αρμοδιότητες και σωστή απόδοση ευθυνών.
- ❖ Κατάλληλα πρότυπα λειτουργίας.
- ❖ Κατάλληλες διαδικασίες και πρωτόκολλα παρακολούθησης.
- ❖ Υποβολή εκθέσεων επίδοσης.
- ❖ Επαρκή χρηματοδότηση θεσμοθετημένων δημόσιων αρχών για την επιβολής των νόμων.
- ❖ Επαρκείς διαδικασίες επίλυσης διαφορών μέσω διαβουλεύσεων.
- ❖ Κατάλληλες κυρώσεις καθώς και πολιτική βούληση για την εφαρμογή των νόμων.

Όσον αφορά στον πετρελαϊκό κλάδο, μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί και έχουν τροποποιηθεί Διεθνείς Συμβάσεις, Περιφερειακές Νομοθεσίες (π.χ. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία-Οδηγίες, Κανονισμοί) αλλά και Εθνικές Νομοθεσίες (αυτόνομη ή ενσωμάτωση για παράδειγμα της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας), σχετικά με την υγεία, την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι πετρελαϊκές εταιρείες, προκειμένου να αναπτύξουν τις δραστηριότητές τους είναι υποχρεωμένες να ακολουθούν αυστηρά τα νομοθετικά, κανονιστικά και θεσμικά πλαίσια, τα οποία τίθενται σε κάθε περίπτωση.

Οι στρατηγικές και οι πολιτικές κατευθύνσεις του κάθε πετρελαϊκού φορέα, καθώς και η οργανωτική δομή, οι αρμοδιότητες, οι πρακτικές, οι διαδικασίες, οι μέθοδοι, η λήψη αποφάσεων και οι πόροι για τον καθορισμό υλοποίησης της εταιρικής πολιτικής, παρουσιάζονται και αναπτύσσονται σ' ένα Σύστημα Διαχείρισης Υγείας, Ασφάλεια και Περιβάλλοντος (*Health, Safety & Environment Management Systems-HSE MS*).

## 4.2 Διεθνείς και Περιφερειακές Συμβάσεις

Οι Διεθνείς και Περιφερειακές Συμβάσεις αφορούν συμφωνίες μεταξύ κρατών και είναι δεσμευτικές για όλες τις χώρες, οι οποίες τις έχουν υπογράψει. Τις συμβάσεις αυτές, οι εκάστοτε κυβερνήσεις είναι υποχρεωμένες να τις εντάσσουν στην εθνική τους νομοθεσία. Η χρονική διάρκεια, οι στόχοι και ο βαθμός υιοθέτησης τους, που απαιτείται ώστε να μεταφερθούν στο εθνικό δίκαιο κάθε χώρας διαφέρουν. Η πετρελαϊκή βιομηχανία είναι υποχρεωμένη να εφαρμόζει τις συμβάσεις αυτές, ανεξάρτητα από το αν εκείνη τη στιγμή ή όχι μια χώρα στην οποία δραστηριοποιείται έχει θεσπίσει σχετική νομοθεσία (*E&P Forum/UNEP, 1997*).

Μέχρι σήμερα, έχουν υπογραφεί και εφαρμόζονται μια σειρά από διεθνείς και περιφερειακές συμβάσεις οι οποίες αφορούν, άμεσα ή έμμεσα, τις περιβαλλοντικές πτυχές των δραστηριοτήτων περί Ε&Π υδρογονανθράκων (**Πίνακας 4.1**). Μερικές από τις Συμβάσεις συμπεριλαμβάνονται στη «*Συνάντηση Κορυφής για την Προστασία της Γης*» (The Earth Summit).

**Πίνακας 4.1:** Διεθνείς και περιφερειακές συμβάσεις που σχετίζονται την Ε&Π υδρογονανθράκων.

Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ της Σύμβασης της Βιέννης
Σύμβαση της Βασιλείας
Σύμβαση των Μεταναστευτικών Ειδών
Σύμβαση - Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή
Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα
Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας
MARPOL 73/78
Περιφερειακές Συμβάσεις για τη Θάλασσα (Βαρκελώνη, OSPAR, Κουβέιτ)
Σύμβαση για της Διασυνοριακές Επιπτώσεις των Βιομηχανικών Ατυχημάτων
Σύμβαση του Λονδίνου
Σύμβασης για την Παρέμβαση στην Ανοικτή Θάλασσα σε περιπτώσεις Ατυχημάτων Ρύπανσης από Πετρέλαιο
Σύμβαση για την Ετοιμότητα, την Αντίδραση και τη Συνεργασία για την Πετρελαϊκή Ρύπανση (OPRC)

(Πηγή: *E&P Forum/UNEP, 1997; European Commission, 2019; Stanislov, n.d.*)



### 4.3 Ευρωπαϊκό Νομικό Πλαίσιο

Η Ε.Ε. αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου οι περιφερειακές περιβαλλοντικές αρχές και οι στόχοι (η προληπτική δράση, η αρχή ο «*ρυπαίνων πληρώνει*», η αποκατάσταση περιβαλλοντικών ζημιών, και η ενσωμάτωση του περιβάλλοντος στις άλλες κοινοτικές πολιτικές) εφαρμόζονται μέσω της εθνικής νομοθεσίας των κρατών μελών της. Η έννοια της «*στοχοθέτησης*» (καθορισμός ή προσδιορισμός των περιβαλλοντικών στόχων) αποτελεί ένα δεύτερο θεμέλιο πάνω στο οποίο θα πρέπει να βασίζεται το περιβαλλοντικό δίκαιο. Η Ε.Ε., παραδείγματος χάρη, έχει θεσπίσει στόχους ποιότητας περιβάλλοντος (Environmental Quality Objectives - EQO), εφαρμόζει την αρχή της προφύλαξης, έχει υιοθετήσει την έννοια του ολοκληρωμένου ελέγχου και της πρόληψης της ρύπανσης (Integrated Pollution Prevention and Control-IPPC) και προωθεί την εφαρμογή της έννοιας της αειφόρου ανάπτυξης (E&P Forum/UNEP, 1997).

Μέχρι πρόσφατα, η Ε.Ε. δεν είχε θεσπίσει ειδική νομοθεσία σχετικά με την Ε&Π υδρογονανθράκων. Μόλις το 1995 εφαρμόστηκε το νομικό πλαίσιο το οποίο διέπει τη διαδικασία αδειοδότησης για την αναζήτηση, έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων το οποίο αποτυπώνεται στην Οδηγία 94/22/ΕΚ για τους όρους χορήγησης και χρήσης των αδειών αναζήτησης, εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων. Ωστόσο, η Ε.Ε., ακόμα και μέχρι σήμερα, υστερεί σε θέματα τα οποία αφορούν την υγεία, την ασφάλεια και το περιβάλλον κατά τις υπεράκτιες δραστηριότητες υδρογονανθράκων. Βέβαια, υπάρχει ένα ευρύτερο ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο, σχετικό με αυτά τα θέματα, το οποίο εφαρμόζεται κατά τις διάφορες δραστηριότητες της Ε&Π υδρογονανθράκων. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2) παρουσιάζονται Ευρωπαϊκές Οδηγίες που αφορούν, άμεσα ή έμμεσα, τα θέματα για Ε&Π υδρογονανθράκων.

Η πιο πρόσφατη Οδηγία που αφορά την Ε&Π υδρογονανθράκων είναι η Οδηγία 2013/30/ΕΕ με τίτλο: «*Ασφάλεια Υπεράκτιων Εργασιών Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ*». Αφορμή για τη δημιουργία της συγκεκριμένης οδηγίας στάθηκε το ατύχημα της εξέδρας Deepwater Horizon στον Κόλπο του Μεξικού (2010), ώστε να επανεξεταστούν οι πολιτικές οι οποίες αποσκοπούν στη διαφύλαξη της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος. Καθώς η Ε.Ε. παρουσιάζει έντονη δραστηριότητα στην υπεράκτια Ε&Π υδρογονανθράκων, έχει ζωτικό συμφέρον να αποτρέψει μια καταστροφή, όμοια με εκείνη του Deepwater Horizon.

Η Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (ΕΟΚΕ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ξεκίνησε τις διεργασίες για την επανεξέταση των συνθηκών εργασίας των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου, και εξέφρασε τις αρχικές απόψεις της σχετικά με την ασφάλειά και την ακεραιότητά τους σε ανακοίνωσή της με τίτλο: «*Αντιμέτωποι με το πρόβλημα της ασφάλειας των υπεράκτιων δραστηριοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου*» στις 12 Οκτωβρίου 2010. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε ψηφίσματα επί του θέματος στις 7 Οκτωβρίου 2010 και στις 13 Σεπτεμβρίου 2011. Οι υπουργοί Ενέργειας των κρατών-μελών διατύπωσαν τις απόψεις τους στα συμπεράσματα του Συμβουλίου της 3<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2010.

**Πίνακας 4.2:** Ευρωπαϊκές οδηγίες οι οποίες εφαρμόζονται σε θέματα Έρευνας και Παραγωγής υδρογονανθράκων.

Υπ' αριθμό Οδηγία	Τίτλος οδηγίας
2015/2193	Για τον περιορισμό των εκπομπών ορισμένων ρύπων στην ατμόσφαιρα από μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης.
2014/52/ΕΕ	Για την τροποποίηση της οδηγίας 2011/92/ΕΕ σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον.
2013/30/ΕΕ	Για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ.
2013/5/ΕΕ	Για την προσχώρηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πρωτόκολλο για την προστασία της Μεσογείου Θαλάσσης από τη ρύπανση που προκαλείται από την εξερεύνηση και την εκμετάλλευση του θαλάσσιου βυθού και του υπεδάφους του.
2012/27/ΕΕ	Για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ
2012/18/ΕΕ	Αντιμετώπιση μεγάλων ατυχημάτων σχετικά με επικίνδυνες ουσίες.
2011/92/ΕΕ	Εκτίμηση επιπτώσεων ορισμένων δημόσιων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον.
2010/75/ΕΕ	Βιομηχανικές εκπομπές (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης).
2009/147/ΕΚ	Περί διατήρησης των αγρίων πτηνών.
2008/98/ΕΚ	Για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών.
2008/56/ΕΚ	Περί πλαισίου κοινοτικής δράσης στο πεδίο της πολιτικής για το θαλάσσιο περιβάλλον (οδηγία- πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική).
2004/35/ΕΚ	Σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημιάς.
2001/42/ΕΚ	Σχετικά με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων.
2000/60/ΕΚ	Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
94/22/ΕΚ	Για τους όρους χορήγησης και χρήσης των αδειών αναζήτησης, εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων.
92/91/ΕΟΚ	Περί ελαχίστων προδιαγραφών για τη βελτίωση της προστασίας, της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων στις εξορυκτικές δια γεωτρήσεων βιομηχανίες.
92/43/ΕΟΚ	Για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας.

(Πηγή: Οδηγία 2013/30/ΕΕ; European Commission, 2019)

Στην Οδηγία 2013/30/ΕΕ συμπεριλαμβάνονται τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από το Συμβούλιο της 3<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2010. Τα συμπεράσματα αυτά αναγνωρίζουν πως η υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για τον ασφαλή ενεργειακό εφοδιασμό της Ε.Ε. Στα συμπεράσματα, επίσης, λαμβάνεται υπόψη η προστασία του περιβάλλοντος και οι εκτιμήσεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ενδεχόμενες διασυννοριακές επιπτώσεις σε χώρες οι οποίες κατέχουν κυριαρχικά δικαιώματα σε θαλάσσια ύδατα (Μεσόγειος Θάλασσα, Μαύρη Θάλασσα, Βαλτική Θάλασσα). Γι' αυτό το λόγο, επισημαίνεται ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και χρήση κατάλληλων προτύπων ασφάλειας, τεχνογνωσίας και συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών. Εντός της Ε.Ε. υπάρχουν παραδείγματα ορθών προτύπων σε εθνικές ρυθμιστικές πρακτικές, ωστόσο δεν εφαρμόζονται ομοιόμορφα σε ολόκληρη την Ε.Ε. Γι' αυτό το λόγο, είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται σύγκριση με τις παγκόσμιες πρακτικές και με τα αντίστοιχα πρότυπα τα οποία εφαρμόζονται σε άλλες χώρες. Η σύγκριση και η εφαρμογή τους θα πρέπει να καταστεί υποχρεωτική σ' ολόκληρη την Ε.Ε. Για τον προσδιορισμό και την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων για την επίτευξη των στόχων, τη χρήση των κατάλληλων ρυθμιστικών πλαισίων εργασίας και τη συνεχή εφαρμογή και

ανάπτυξη των πρακτικών θα πρέπει να πραγματοποιείται κατάλληλη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών, της Επιτροπής και του κλάδου του πετρελαίου.

Το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο, οι όροι χορήγησης και χρήσης αδειών, η περιβαλλοντική ευθύνη, τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, τα σχέδια εκτάκτου ανάγκης και τα πρότυπα ασφαλείας αναγνωρίζονται αλλά απαιτούν διαρκή ρυθμιστική εποπτεία, βελτίωση, αναβάθμιση από τα κράτη μέλη. Αυτό πραγματοποιείται προκειμένου να διασφαλίζεται η εφαρμογή αποτελεσματικών ελέγχων για την πρόληψη σοβαρών ατυχημάτων.

Όσον αφορά στη χορήγηση άδειας Ε&Π υδρογονανθράκων, θα πρέπει ο υπεύθυνος της άδειας να προσδιορίζεται πριν από την έναρξη των υπεράκτιων εργασιών. Είναι απαραίτητο να εξετάζονται οι τεχνικοί και χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι, η υπευθυνότητα την οποία έδειξε στο παρελθόν, καθώς επίσης η τεχνική και οικονομική δυνατότητα του αιτούντος, η ικανότητα να διασφαλίζει την απρόσκοπτη διεξαγωγή ασφαλών και αποτελεσματικών εργασιών. Επίσης, σε περίπτωση ατυχήματος να διαθέτει όλους εκείνους τους κατάλληλους πόρους, ανθρώπινο δυναμικό, οικονομική δυνατότητα, προκειμένου να ανταποκριθεί στις εκάστοτε απαιτήσεις και υποχρεώσεις.

Όλα τα κράτη θα πρέπει να απαιτούν από τους φορείς εκμετάλλευσης εκθέσεις περί σοβαρών ατυχημάτων και να ανταλλάσσουν σχετικές πληροφορίες. Σε περίπτωση ατυχήματος αναγνωρίζεται το καθεστώς ευθύνης ώστε να ακολουθείται η αρχή «Ο ρυπαίνων πληρώνει».

Για την ασφάλεια των εργασιών θα πρέπει να αξιοποιείται η τεχνολογία, τα μέτρα πρόληψης θα πρέπει να είναι ανάλογα με τη σοβαρότητα των εργασιών είτε για την έρευνα είτε για την παραγωγή υδρογονανθράκων. Τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος και της εργασίας θα πρέπει να εκτελούνται καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης, από την έναρξη των εργασιών μέχρι την τελική απομάκρυνση των εγκαταστάσεων.

Συνοπτικά, οι στόχοι της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ είναι:

- Να περιοριστούν τα πιθανά προβλήματα στην εγχώρια παραγωγή ενέργειας της Ε.Ε..
- Να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο τα σοβαρά ατυχήματα που σχετίζονται με υπεράκτιες εργασίες πετρελαίου και φυσικού αερίου.
- Να καθοριστούν ελάχιστες προϋποθέσεις για την υπεράκτια εξερεύνηση και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων.
- Να βελτιωθούν οι μηχανισμοί αντίδρασης σε περίπτωση ατυχήματος.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, καθώς και τις απαιτήσεις τις οποίες θέτει η Οδηγία 2013/30/ΕΕ, το τώως Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ, 2012), και νυν Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), θέτει κάποια βασικά κριτήρια για την παραχώρηση δικαιώματος Ε&Π υδρογονανθράκων, με βάση την ανάγκη για συνεχείς, εμπειριστατωμένες, αποτελεσματικές και ασφαλείς δραστηριότητες στην ελληνική επικράτεια, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος:

- i. Την οικονομική ικανότητα του αιτούντος για τη διεκπεραίωση των ερευνητικών και, εφόσον προκύψει, των παραγωγικών δραστηριοτήτων στις εν λόγω περιοχές.
- ii. Την αποδεδειγμένη τεχνική εμπειρία και ικανότητα, όχι μόνο στο στάδιο της έρευνας, αλλά και στα στάδια ανάπτυξης και παραγωγής (εκμετάλλευσης).
- iii. Τις τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους με βάση τις οποίες θα υποβληθούν ανταγωνιστικές προσφορές.
- iv. Την ποιότητα του Προγράμματος Εργασιών και το χρονοδιάγραμμα που θα υποβληθεί για την αξιολόγηση του πλήρους δυναμικού κάθε συμβατικής περιοχής.
- v. Τη γεωλογική γνώση του αιτούντος για την ευρύτερη γεωγραφική περιοχή ενδιαφέροντος και τον τρόπο με τον οποίο προτείνεται η διεξαγωγή της έρευνας υδρογονανθράκων ώστε να παρέχει ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.
- vi. Την εμπειρία στη όρυξη γεωτρήσεων μεγάλου βάθους, σε ιδιαίτερα γεωλογικά περιβάλλοντα (π.χ. εργασίες γεώτρησης διαμέσου ζωνών υψηλών πιέσεων και διαπυρισμού, διενέργεια εργασίας γεώτρησης υπό την παρουσία υδρόθειου κ.ά.).
- vii. Την εμπειρία στη διαχείριση έργων σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές, καθώς και σε περιοχές όπου ο τουρισμός αποτελεί σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης.
- viii. Την έλλειψη αποτελεσματικότητας ή ευθύνης και επιδόσεων που τυχόν επέδειξε ο αιτών, σχετικά με υποχρεώσεις που απορρέουν από προηγούμενες παραχωρήσεις σε αυτόν.
- ix. Τη σύνθεση της κοινοπραξίας, ο εντολοδόχος που θα προτείνεται και τη συλλογική ικανότητα της κοινοπραξίας θα ληφθούν σοβαρά υπόψη.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει αναφορά στην ευθύνη, στην αποζημίωση και στη χρηματοοικονομική ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου, με βάση την έκθεση που διαβίβασε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο, όπως οριζόταν από το Άρθρο 39 της παρούσας οδηγίας (*European Commission, 2015*). Η εν λόγω έκθεση έχει ως στόχο να συνοψίσει και να παρουσιάσει τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται θέματα που αφορούν τις ζημιές από υπεράκτια ατυχήματα, κατά την Ε&Π υδρογονανθράκων, εντός της Ε.Ε.. Τυχόν ζημιές ταξινομούνται ανάλογα με τα διάφορα είδη ευθύνης, ήτοι αστική, περιβαλλοντική και ποινική ευθύνη.

Η **αστική ευθύνη** αφορά ζημιές που προκλήθηκαν σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα. Τα είδη ζημίας και απώλειας περιλαμβάνουν τη ζημία περιουσιακών στοιχείων, τη σωματική βλάβη, καθώς, και την οικονομική ζημία. Η συγκεκριμένη ζημία, συνήθως, αναφέρεται ως ζημία τρίτων ή «παραδοσιακή ζημία» με βάση το Ευρωπαϊκό κεκτημένο (*EU acquis*). Όσον αφορά στην οικονομική ζημία, ορισμένα νομικά συστήματα προβαίνουν σε περαιτέρω διαφοροποίηση μεταξύ της επακόλουθης οικονομικής ζημίας, η οποία αφορά την οικονομική ζημία που προκαλείται από σωματική βλάβη ή ζημία περιουσιακών στοιχείων, και της αμιγούς οικονομικής ζημίας, που με τη σειρά της αφορά στην οικονομική ζημία χωρίς σωματική βλάβη ή ζημία περιουσιακών στοιχείων (*European Commission, 2015*).

Η **περιβαλλοντική ευθύνη**, σύμφωνα με την Οδηγία 2004/35/ΕΚ για την περιβαλλοντική ευθύνη, που αναφέρεται στην ευθύνη σχετικά με τις οικολογικές ζημιές σε

προστατευόμενα είδη, φυσικούς οικοτόπους, τα ύδατα και το έδαφος, στηρίζεται σε μια δημόσια προσέγγιση κατά την οποία το θιγόμενο μέρος δεν αποτελεί κάποιο συγκεκριμένο φυσικό ή νομικό πρόσωπο, αλλά η κοινωνία συνολικά εξαιτίας του δημόσιου και καθολικού χαρακτήρα των συνεπειών τυχόν περιβαλλοντικής ζημίας. Οι ενάγοντες, σε αυτή την περίπτωση, είναι οι δημόσιες αρχές, οι οποίες έχουν ως στόχο να εξασφαλίσουν ότι οι υπεύθυνοι της ρύπανσης αποκαθιστούν την οικολογική ζημιά που προκαλούν. Επομένως, η δημόσια αρχή που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική προστασία θα πρέπει να εξασφαλίσει ότι προσδιορίζεται ο φορέας εκμετάλλευσης που είναι υπεύθυνος, αποδεικνύεται η αιτιώδης συνάφεια, εκπονείται και εγκρίνεται κατάλληλο σχέδιο αποκατάστασης, αναλαμβάνονται οι απαραίτητες προληπτικές ή διορθωτικές δράσεις, κ.λπ. (*European Commission, 2015*).

Ως **ποινική ευθύνη** προσδιορίζεται η ευθύνη που προκύπτει από τη διάπραξη αξιόποινης πράξης η οποία χαρακτηρίζεται ως τέτοια βάσει του δικαίου. Η διαφορά μεταξύ αστικής/περιβαλλοντικής ευθύνης και της ποινικής ευθύνης είναι θεμελιώδης. Οι κανόνες περί αστικής και περιβαλλοντικής ευθύνης αφορούν κυρώσεις που είναι αποκλειστικά οικονομικές και που αποσκοπούν στην αποζημίωση και στην αποκατάσταση της ζημίας που προκλήθηκε. Αντίθετα, η ποινική ευθύνη στοχεύει στην τιμωρία της παράνομης και υπαίτιας πράξης. Οι ποινικές κυρώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν φυλάκιση, πρόστιμα και άλλες μη στερητικές ποινές περί ελευθερίας (*European Commission, 2015*).

Οι αρμόδιες δημόσιες αρχές, για την αποφυγή κοινωνικών διλημάτων που μπορούν να δημιουργηθούν από την υπεράκτια εκμετάλλευση υδρογονανθράκων θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους (*European Commission, 2015*):

- 1) Ποιος είναι υπεύθυνος, για τι είδους ζημιές και απώλειες έναντι τίνος.
- 2) Τους τρόπους διασφάλισης ότι τα υπεύθυνα μέρη έχουν την ικανότητα να προσφέρουν επαρκή χρηματοοικονομική ικανότητα ώστε να παράσχουν δίκαιη αποζημίωση για τη ζημία και την απώλεια που ευθύνονται.
- 3) Τους τρόπους εκταμίευσης της αποζημίωσης ώστε να φθάσει έμμεσα στους νόμιμους ενάγοντες και να μετριαστούν οι κίνδυνοι διάχυσης των επιπτώσεων στην ευρύτερη οικονομία.

Η Οδηγία 2013/30/ΕΕ αναφέρει ότι υπεύθυνοι είναι οι κάτοχοι άδειας, δικαιούχοι ή συνδικαιούχοι, κατά τις υπεράκτιες εργασίες υδρογονανθράκων. Η Ε.Ε., προκειμένου να εξασφαλίσει την αποτελεσματική εφαρμογή της πολιτικής της, προχώρησε στη δημιουργία της Οδηγίας 2008/99/ΕΚ «*σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος μέσω του ποινικού δικαίου*», ή Οδηγία περί περιβαλλοντικών εγκλημάτων (Environmental Crime Directive-ECD). Η Οδηγία 2008/99/ΕΚ περιλαμβάνει έναν κατάλογο σχετικά με περιβαλλοντικά αδικήματα όπου τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να τα θεωρούν ποινικά, εφόσον διαπράττονται εσκεμμένα ή οφείλονται σε βαριά αμέλεια. Ωστόσο, το πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 2008/99/ΕΚ είναι, σ' ένα βαθμό, αρκετά περιορισμένο. Η Οδηγία 2008/99/ΕΚ περιορίζεται μόνο στην ποινικοποίηση για την παράβαση ορισμένων διατάξεων, όπως παρατίθενται στο παράρτημα την εκάστοτε οδηγίας, που εφαρμόζονται εντός της Ε.Ε.. Χαρακτηριστική απουσία αποτελούν οι εργασίες που καλύπτονται από την Οδηγία

2013/30/ΕΕ. Με την έλλειψη αυτή, όπως επισημαίνεται και από το Άρθρο 39 της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ, τίθεται το ζήτημα της συμπεριφοράς που οδηγεί σε υπεράκτια ατυχήματα στο πεδίο εφαρμογής του ποινικού δικαίου. Παρ' όλο που η ποινική ευθύνη, για παραβιάσεις σχετικά με την ασφάλεια της υπεράκτιας εξόρυξης, δεν αφορά άμεσα την αποκατάσταση της ζημίας που προκλήθηκε, ωστόσο, προσθέτει ένα ακόμη επίπεδο αποτροπής πέραν της αστικής και περιβαλλοντικής ευθύνης. Σε χώρες όπου η Ε&Π υδρογονανθράκων είναι ιδιαίτερα έντονη, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και η Δανία, οι παραβιάσεις της ασφάλειας των θαλάσσιων εργασιών εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του ποινικού κώδικα της εγχώριας νομοθεσίας (*European Commission, 2015*).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η χρηματοοικονομική ικανότητα των υπεύθυνων και ο τρόπος με τον οποίο καλύπτονται οι ζημιές αποτελούν μείζονα θέματα. Το ατύχημα στον Κόλπο του Μεξικού (2010) υπέδειξε ότι τυχόν σοβαρά υπεράκτια ατυχήματα ενδέχεται να προκαλέσουν τέτοια ζημιά που μόνο οι μεγάλες επιχειρήσεις είναι σε θέση να καλύψουν πλήρως το κόστος. Γι' αυτό το λόγο, το Άρθρο 4 παρ. 1-3, ορίζει χρηματοοικονομικές απαιτήσεις περί ασφάλειας με βάση την έκθεση σε κίνδυνο, αναγκάζοντας, με το αυτό τον τρόπο, τα κράτη μέλη της ένωσης να λαμβάνουν υπόψη τους τις χρηματοοικονομικές ικανότητες των αιτούντων άδειας για την κάλυψη των ευθυνών, που ενδεχομένως να προκύψουν από τις θαλάσσιες εργασίες Ε&Π υδρογονανθράκων. Παρ' όλα αυτά, σημαντικό ζήτημα προκύπτει όσον αφορά στην ύπαρξη κατάλληλης χρηματοοικονομικής ασφάλειας ώστε να εξασφαλίζει τα απαιτούμενα ποσά αποζημίωσης και την αξιοπιστία των εταιρειών έπειτα από ένα σοβαρό ατύχημα (*European Commission, 2015*).

Η χρηματοοικονομική ασφάλεια των εταιρειών του κλάδου του πετρελαίου μπορεί να καλυφθεί από μία ευρεία ποικιλία προϊόντων. Τα προϊόντα αυτά μπορούν να αφορούν την αυτασφάλιση, την ασφάλιση υπέρ τρίτων, τα συστήματα αλληλασφάλισης, όπως είναι η OPOL (Offshore Pollution Liability Association Ltd), στους εναλλακτικούς μηχανισμούς μεταφοράς κινδύνου κ.ά. Τα μέσα χρηματοοικονομικής ασφάλειας δεν αξιοποιούνται ευρέως μέχρι σήμερα για την κάλυψη δαπανηρών ζημιών κατά τις υπεράκτιες εργασίες υδρογονανθράκων (*European Commission, 2015*).

#### **4.4 Εθνικό Νομικό Πλαίσιο**

Η χώρα μας, ως κράτος μέλος της Ε.Ε, είναι υποχρεωμένη να ενσωματώνει και να εφαρμόζει το Ευρωπαϊκό Νομικό Πλαίσιο που ψηφίζεται. Η Ελλάδα είναι υποχρεωμένη, επίσης, να εφαρμόζει τις Διεθνείς και Περιφερειακές Συμβάσεις τις οποίες έχει υπογράψει. Έτσι, το Εθνικό Νομικό Πλαίσιο που αφορά την Ε&Π υδρογονανθράκων της χώρας μας καθορίζεται από Συμβάσεις και Οδηγίες.

Στην Ελλάδα, το βασικό νομοθετικό πλαίσιο το οποίο διέπει τη διαδικασία αδειοδότησης για την αναζήτηση, έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων αποτυπώνεται στον Ν.2289/95 (ΦΕΚ 27/Α/8.02.1995) με τίτλο «Αναζήτηση, Έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων και άλλες διατάξεις». Ο νόμος αυτός προέρχεται από την ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής Οδηγία 94/22/ΕΚ για τους όρους χορήγησης και χρήσης των αδειών αναζήτησης, εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων. Το εν λόγω κανονιστικό

πλαίσιο τροποποιήθηκε με την ψήφιση του Ν.4001/2011 για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις (ΦΕΚ 179/22.08.2011, Κεφάλαιο Β).

Η Ελλάδα, παρόλο που δραστηριοποιείται στον τομέα της Ε&Π υδρογονανθράκων, δε διέθετε, μέχρι πριν λίγα χρόνια, ειδική νομοθεσία σχετικά με θέματα υγείας και ασφάλειας εργαζομένων, καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος. Στο Ν.4001/2011 Άρθρο 164 ορίζεται ότι «Με τη σύμβαση προβλέπεται ότι μέχρι την έκδοση των Κανονισμών που αναφέρονται στο άρθρο αυτό οι εργασίες έρευνας και εκμετάλλευσης θα εκτελούνται σύμφωνα με τις διατάξεις ανάλογων νομοθετικών προβλέψεων του εθνικού δικαίου ή των Κανονισμών κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης». Το 2016, η Ελλάδα με το Ν. 4409/2016 (ΦΕΚ Α΄136) ενσωμάτωσε την Οδηγία 2013/30/ΕΕ στο Εθνικό της Δίκαιο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

### 5.1 Εισαγωγή

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία αναφορικά με την πιθανότητα εμφάνισης ατυχημάτων διαρροής πετρελαιοειδών, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3. Στοιχεία σχετικά με τη διαρροή υγρών από σεισμικά καλώδια δεν παρατίθενται, καθώς υπήρξε αδυναμία εύρεσης αυτών στη διεθνή βιβλιογραφία. Για τη διαρροή SBFs στη θάλασσα αντλήθηκαν στοιχεία που αφορούν στις Η.Π.Α. Όσον αφορά στο πετρέλαιο κίνησης-diesel, τα στοιχεία αφορούν καταγεγραμμένα περιστατικά σύγκρουσης πλοίων-σκαφών με πλατφόρμες πετρελαίου παγκοσμίως, για τον Κόλπο του Μεξικού και, κυρίως, για το Ηνωμένο Βασίλειο. Τα στοιχεία αυτά δεν αναφέρονται στην πρόκληση πετρελαιοκηλίδας από το συγκεκριμένο υλικό, παρ' όλα αυτά, τα δεδομένα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα, καθώς το diesel αποτελεί το πιο συχνό ρευστό που διαρρέει κατά την πρόσκρουση ενός πλοίου-σκάφους με υπεράκτια πλατφόρμα (MMS, 2007). Τέλος, για το αργό πετρέλαιο παρουσιάζονται ποικίλα στοιχεία, συχνότητες και πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος, από διαφορετικές περιοχές, ήτοι τις Η.Π.Α., τη Βόρεια Θάλασσα και την Ε.Ε.

### 5.2 Ατυχήματα Διαρροής SBFs

Σύμφωνα με το Minerals Management Service (MMS), την περίοδο 2002-2006, στον κόλπο του Μεξικού καταγράφηκαν 27 ατυχήματα διαρροής ρευστών διάτρησης τύπου SBFs με ποσότητα μεγαλύτερη των 50bbl η κάθε μία. Υπολογίσθηκε ότι περίπου 9.302bbl SBFs συνολικά χύθηκαν στη θάλασσα (Hart, Svedeman & Viana, 2007). Σε μία άλλη μελέτη του MMS (2007), αναφέρεται ότι κατά τη διάρκεια της τετραετίας 2001-2004, μόλις τρία ατυχήματα διαρροής SBFs, με ποσότητα μεγαλύτερη των 1.000bbl, συνέβησαν στην απόκεντρης υφαλοκρηπίδα (Outer Continental Shelf-OCS) του Κόλπου του Μεξικού. Οι αιτίες των ατυχημάτων οφείλονταν στην έκτακτη αποσύνδεση του εύκαμπτου σωλήνα (riser) και στην αστοχία αυτού (Πίνακας 5.1). Υπολογίσθηκε ότι κάθε χρόνο, έλαβαν χώρα 5-20 τέτοιου είδους περιστατικά με μέγεθος μεγαλύτερο των 50bbl το κάθε ένα. Συχνά, υπολογίζεται ο λόγος του όγκου διαρροής SBFs σε σχέση με το συνολικό όγκο των ρευστών διάτρησης που απελευθερώθηκαν (Πίνακας 5.2). Για την περιοχή της των Η.Π.Α. (OCS), ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία τα οποία συγκεντρώθηκαν από το Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE) και επεξεργάστηκαν σχετικά με τη διαρροή SBFs. Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζεται η ετήσια συνολική διαρροή SBFs για ατυχήματα έως 49bbl, 50-999bbl αλλά και εκείνα που η διαρροή ξεπέρασε τα 1.000bbl, για την περίοδο 1999-2010. Για τη χρονιά 2010 δεν περιλαμβάνονται τα ρευστά διάτρησης που διέρρευσαν στη θάλασσα από το μεγάλο ατύχημα του DeepWater Horizon στον Κόλπο του Μεξικού.



**Πίνακας 5.1:** Διαρροή SBFs άνω των 1.000bbl στον Κόλπο του Μεξικού (OCS).

Date	Water Depth (ft)	SBF Volume Released (bbl) <sup>14</sup>	Cause
1/3/2002	8.180	1.800	Emergency riser disconnect
21/5/2003	6.040	1.421	Riser failure
11/4/2004	4.238	1.034	Emergency riser disconnect

(Πηγή: MMS, 2007)

**Πίνακας 5.2:** Διαρροής SBFs στον Κόλπο του Μεξικού (OCS) για την περίοδο 2001-2004.

SBF Spill Size (bbl) <sup>15</sup>	2001	2002	2003	2004
1 - <50	4	11	11	5
50 - <100	0	2	2	1
100 - <500	3	1	3	2
500 - <1.000	1	2	1	1
>=1.000	0	1	1	1
Total	8	17	18	10

(Πηγή: MMS, 2007)

**Πίνακας 5.3:** Συνολική διαρροή SBFs στην περιοχή OCS των Η.Π.Α., περίοδος 1999-2010

Date/Spill Size (bbl) <sup>16</sup>	<49	50-999	>1.000
1999	0	100	0
2000	93	987	1.440
2001	75	1.143	0
2002	45	934	1.800
2003	68	1.581	1.421
2004	134	926	1.034
2005	11	1.054	0
2006	65	873	0
2007	110	457	1.061
2008	73	131	1.718
2009	38	601	0
2010	54	131	0
Σύνολο	766	8.918	8.474

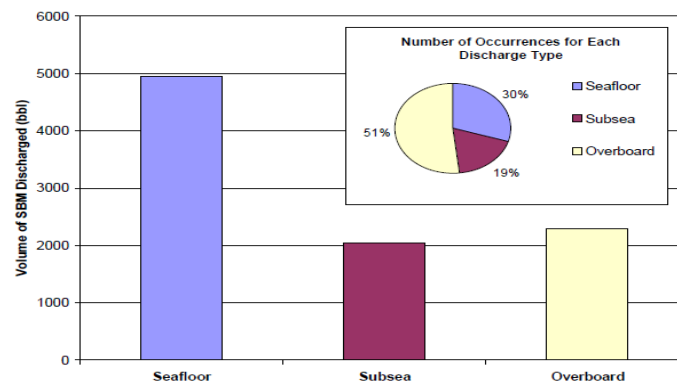
(Πηγή: BSEE, χ.χ.)

Στον Κόλπο του Μεξικού, την περίοδο 2002-2006, υπολογίστηκε ότι ο όγκος της διαρροή SBFs στον πυθμένα της θάλασσας είναι σχεδόν ίσος με τον όγκο των ρευστών που διαρρέυσαν στην επιφάνεια της θάλασσας και υποθαλάσσια. Ο μεγάλος όγκος οφείλεται στην επείγουσα αποσύνδεση του εύκαμπτου σωλήνα (riser) που οδηγεί στη διαρροή μεγάλων ποσοτήτων ρευστών στη θάλασσα ανά περιστατικό. Παρ' όλα αυτά, η διαρροή στην επιφάνεια της θάλασσας είναι συχνή, περίπου 50% στο σύνολο των καταγεγραμμένων περιστατικών (**Σχήμα 5.1**) (Hart, Svedeman & Viana, 2007).

<sup>14</sup> Ο όγκος αφορά τη ποσότητα των συνθετικών ρευστών, όχι τη συνολική ποσότητα που διέρρευσε.

<sup>15</sup> Για το 2001-2003, καταγράφηκε ο συνολικός όγκος των ρευστών διάτρησης. Για το 2004, καταγράφηκε ο λόγος του όγκου των SBFs σε σχέση με το συνολικό όγκο των ρευστών που διέρρευσαν.

<sup>16</sup> Μία πετρελαιοκηλίδα 100bbl με περιεκτικότητα 55% σε συνθετική βάση, τότε υπολογίζεται ως διαρροή 55bbl SBFs.



**Σχήμα 5.1:** Συνολικός όγκος διαρροής SBFs (άνω των 50bb), ανάλογα με το σημείο διαρροής στη θάλασσα. Κόλπου του Μεξικού, περίοδος 2002-2006. (Πηγή: Hart, Svedeman & Viana, 2007)

### 5.3 Ατυχήματα με Ενδεχόμενη Διαρροή Πετρελαίου Κίνησης - Diesel

Με βάση την εργασία του OGP (2010), οι παρακάτω πίνακες αποτυπώνουν την κατάσταση που επικρατεί ιστορικά γύρω από τη πρόσκρουση πλοίων-σκαφών με τις υπεράκτιες μονάδες πετρελαίου. Είναι σημαντικό να επισημανθεί, ξανά, ότι τα παρακάτω στοιχεία δεν αφορούν το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας. Στον **Πίνακα 5.4** παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τα παγκόσμια καταγεγραμμένα ατυχήματα πρόσκρουσης πλοίων-σκαφών σε πλατφόρμες πετρελαίου, για την περίοδο 1980-2002. Ο συγκεκριμένος πίνακας επιβεβαιώνει την τάση τέτοιων ατυχημάτων από «συγγενικά πλοία» (in field). Ενδιαφέρον προς εξέταση παρουσιάζουν τα καταγεγραμμένα συμβάντα σε μία περιοχή με έντονη την παραγωγική διαδικασία. Τέτοια συμβάντα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5.5**, για την υφαλοκρηπίδα του Ηνωμένου Βασιλείου (United Kingdom Continental Shelf-UKCS), σχετικά με «ατυχήματα» και «παρ' ολίγον ατυχήματα» που έχουν καταγραφεί κατά την περίοδο 1980-2005. Ο **Πίνακας 5.6** αποτυπώνει τα ατυχήματα εκείνα τα οποία είχαν προκαλέσει άμεσες ζημιές στις εμπλεκόμενες εγκαταστάσεις. Και σε αυτούς τους πίνακες είναι εμφανείς οι υψηλές συχνότητες πρόσκρουσης «συγγενικών πλοίων» σε σχέση με τα «πλοία που αθετούν τη ζώνη ασφαλείας».

Στον **Πίνακα 5.7** παρουσιάζονται οι προσκρούσεις «συγγενικών πλοίων» σε σχέση με το είδος της υπεράκτιας μονάδας σ' όλο τον κόσμο, ενώ στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 5.8**) περιγράφονται τα ατυχήματα που αφορούν την περιοχή του Ηνωμένου Βασιλείου (UKCS). Στον **Πίνακα 5.9** αποτυπώνεται, σε ποσοστιαία τιμή, η πρόσκρουση ανά τύπο πλοίου συναρτήσει του τύπου της θαλάσσιας μονάδας πετρελαίου, παραγωγική ή γεωτρητική μονάδα.

**Πίνακας 5.4:** Συγκρούσεις πλοίων-σκαφών με μονάδες εξόρυξης πετρελαίου στον κόσμο.

Vessel Type	Collision		Exposure (installation-years)		Collision Frequency (per installation-year)	
	1980-1989	1990-2002	1980-1989	1990-2002	1980-1989	1990-2002
Passing	33	24	56.243	97.627	$5,9 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
Infield	103	86			$1,8 \times 10^{-3}$	$8,8 \times 10^{-4}$

(Πηγή: OGP, 2010)

**Πίνακας 5.5:** «Ατυχήματα» και «παρ' ολίγον ατυχήματα» στη UKCS.

Vessel Type	Collision		Exposure (installation-years)		Collision Frequency (per installation-year)	
	1980-1989	1990-2005	1980-1989	1990-2005	1980-1989	1990-2005
Passing	5	42	1.685	4.630	$3,0 \times 10^{-3}$	$9,1 \times 10^{-3}$
Visiting	140	245			$8,3 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$

(Πηγή: OGP, 2010)

**Πίνακας 5.6:** Ατυχήματα πρόσκρουσης με άμεσες ζημιές στις εμπλεκόμενες εγκαταστάσεις στη UKCS.

Vessel Type	Collision		Exposure (installation-years)		Collision Frequency (per installation-year)	
	1980-1989	1990-2005	1980-1989	1990-2005	1980-1989	1990-2005
Passing	5	10	1.685	4.630	$3,0 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$
Visiting	132	213			$7,8 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$

(Πηγή: OGP, 2010)

**Πίνακας 5.7:** Προσκρούσεις «συγγενικών» πλοίων-σκαφών ανάλογα με τον τύπο θαλάσσιων μονάδων πετρελαίου σ' όλο τον κόσμο, περίοδος 1980-2002.

Unit Type	Collisions	Exposure (unit-years)	Collision Frequency (per unit-year)
<b>Production Units</b>			
Fix	77	135.122	$5,7 \times 10^{-4}$
FPSO	4	445	$9,0 \times 10^{-3}$
TLP	3	88	$3,4 \times 10^{-2}$
Jackup	1	89	$1,1 \times 10^{-2}$
Semi-submersible	4	363	$1,1 \times 10^{-2}$
All FPU (not FPSO)	8	540	$1,5 \times 10^{-2}$
Jackups + Semi-subs	5	452	$1,1 \times 10^{-2}$
Loading Buoy	6	Not available	-
<b>Drilling Units (MODUs)</b>			
Jackup	41	10.743	$3,8 \times 10^{-3}$
Semi-submersible	45	4.837	$9,3 \times 10^{-3}$
Drill ship/barge/tender	14	2.183	$6,4 \times 10^{-3}$
All MODUs	100	17.763	$5,6 \times 10^{-3}$

(Πηγή: OGP, 2010)

**Πίνακας 5.8:** Προσκρούσεις «συγγενικών» πλοίων-σκαφών ανάλογα με τον τύπο θαλάσσιων μονάδων πετρελαίου στη UKCS, περίοδος 1990-2005.

Unit Type	Collision	Exposure (installation-years)	Collision Frequency (per installation-year)
<b>Production Unit</b>			
Fixed	90	3.383	$2,7 \times 10^{-2}$
FPSO & FSU	14	265	$5,3 \times 10^{-3}$
<b>Drilling Unit</b>			
All Modus	109	982	$1,1 \times 10^{-1}$

(Πηγή: OGP, 2010)

**Πίνακας 5.9:** Προσκρούσεις «συγγενικών» πλοίων-σκαφών σε θαλάσσιες παραγωγικές ή γεωτρητικές μονάδες πετρελαίου σ' όλο τον κόσμο, περίοδος 1980-2002.

Vessel Type	Production Unit	MODUs
Supply Vessel	34%	60%
Standby Vessel	19%	11%
Working Vessel	34%	16%
Rig	7%	6%
Shuttle tanker	3%	1%
Other	3%	5%
Unknown	0%	1%

(Πηγή: OGP, 2010)

Στον **Πίνακα 5.10** παρουσιάζονται τα περιστατικά πρόσκρουσης πλοίων με βάση τα αίτια τους, σύμφωνα με την έκθεση του HSE UK (2003). Στον **Πίνακα 5.11** προβάλλονται τα ετήσια ατυχήματα ανάλογα με το είδος των πλοίων. Παρατηρείται ότι πάνω από το 90% των ατυχημάτων οφείλονται σε «συγγενικά πλοία» (supply, stand-by vessels, other attendants) ενώ «πλοία που αθετούν τη ζώνη ασφαλείας» είναι υπαίτια μόλις για το 1.4% των ατυχημάτων εκείνης της περιόδου.

**Πίνακας 5.10:** Αίτια σύγκρουσης πλοίων-σκαφών με θαλάσσιες πλατφόρμες πετρελαίου στη UKCS.

External factors		Mechanical control failure		Human control failure		Watchkeeping failure		Unspecified
Sub-categories	Number of occurrence	Sub-categories	Number of occurrence	Sub-categories	Number of occurrence	Sub-categories	Number of occurrence	Number of occurrence
Anchor Dragged	11	Anchor Chain Broke	1	D.P. Operator Error	1	Post/Operation Neglected	15	182
Anchor Dragged Due Weather	2	Autopilot Failure	2	Error in Mooring Procedure	2	-	-	-
Obscured Vision	1	Bowthruster Failure	2	Manoeuvring Misjudgement	3	-	-	-
Poor Visibility	1	Clutch Failure	1	Misjudgement	124	-	-	-
Weather Conditions	67	Crane Failure	1	Misjudgement by Poor Visibility	2	-	-	-
-	-	D.P. Computer Failure	2	Misjudgement by Poor Weather	1	-	-	-
-	-	D.P. Control Failure	7	Operator Error	18	-	-	-
-	-	D.P. Electrical Failure	3	Untangling Nets	1	-	-	-
-	-	D.P. Failure	17	-	-	-	-	-
-	-	D.P. Thruster Failure	4	-	-	-	-	-
-	-	Electrical Failure	4	-	-	-	-	-
-	-	Engine Control Failure	26	-	-	-	-	-
-	-	Engine Failure	3	-	-	-	-	-
-	-	Engine Power Failure	13	-	-	-	-	-
-	-	Mooring Failure	9	-	-	-	-	-
-	-	Power Failure	4	-	-	-	-	-
-	-	Propeller Failure	1	-	-	-	-	-
-	-	Rudder Misaligned	1	-	-	-	-	-

External factors		Mechanical control failure		Human control failure		Watchkeeping failure		Unspecified
Sub-categories	Number of occurrence	Sub-categories	Number of occurrence	Sub-categories	Number of occurrence	Sub-categories	Number of occurrence	Number of occurrence
-	-	Steering Failure	4	-	-	-	-	-
-	-	Thruster Control Failure	3	-	-	-	-	-
-	-	Thruster Electrical Failure	1	-	-	-	-	-
-	-	Thruster Failure	9	-	-	-	-	-
-	-	Total Power Loss	6	-	-	-	-	-
<b>TOTALS</b>	<b>82</b>	-	<b>126</b>	-	<b>152</b>	-	<b>15</b>	<b>182</b>
	<b>14,7%</b>	-	<b>22,6%</b>	-	<b>27,3%</b>	-	<b>2,7%</b>	<b>32,7%</b>

(Πηγή: HSE UK, 2003)

Πίνακας 5.11: Ατυχήματα πρόσκρουσης πλοίων-σκαφών με πλατφόρμες πετρελαίου στη UKCS.

Year	Collision vessel type					TOTAL
	Supply vessels	Stand-by vessels	Other attendant	Passing vessels	Unspecified vessels	
1975	7	0	0	0	4	11
1976	13	1	2	0	0	16
1977	12	3	3	0	4	22
1978	19	0	0	0	1	20
1979	16	7	7	0	1	31
1980	20	0	4	0	7	31
1981	26	4	4	1	3	38
1982	21	4	2	0	2	29
1983	20	1	5	1	1	28
1984	10	2	5	2	0	19
1985	9	5	6	1	1	22
1986	12	1	2	0	4	19
1987	4	4	0	0	0	8
1988	5	2	1	2	0	10
1989	12	7	3	0	0	22
1990	17	11	1	0	1	30
1991	21	4	2	0	0	27
1992	29	7	3	0	0	39
1993	16	4	2	0	0	22
1994	13	5	3	0	0	21
1995	6	2	5	1	0	14
1996	7	1	1	0	1	10
1997	7	4	3	0	4	18
1998	10	1	5	0	1	17
1999	12	2	1	0	0	15
2000	8	1	3	0	0	12
2001	1	4	1	0	0	6
<b>TOTAL</b>	<b>353</b>	<b>87</b>	<b>74</b>	<b>8</b>	<b>35</b>	<b>557</b>
	<b>63,4%</b>	<b>15,6%</b>	<b>13,3%</b>	<b>1,4%</b>	<b>6,3%</b>	<b>100%</b>

(Πηγή: HSE UK, 2003)

Για τον Κόλπο του Μεξικού (OCS), την περίοδο 1996-2005, προκλήθηκαν 129 προσκρούσεις, εκ των οποίων οι περισσότερες αφορούσαν την πρόσκρουση «συγγενικού πλοίου» σε πλατφόρμα πετρελαίου ή σε εύκαμπτο σωλήνα αγωγού (pipeline risers). Υπολογίζεται ότι περίπου το 10% των συγκρούσεων πλοίων-σκαφών με θαλάσσιες πλατφόρμες πετρελαίου έχουν οδηγήσει σε πετρελαιοκηλίδες από διαρροή diesel. Μέχρι σήμερα, ένα από τα μεγαλύτερα ατύχημα διαρροής diesel λόγω πρόσκρουσης συνέβη το 1979, όταν το πλοίο που ήταν αρμόδιο για την αγκύρωση της πλατφόρμας (anchor-handling boat) προσέκρουσε σε αυτή, με αποτέλεσμα να προκαλέσει διαρροή 1.500bbl (MMS, 2007).

## 5.4 Ατυχήματα Διαρροής Αργού Πετρελαίου

### 5.4.1 Διαρροή Αργού Πετρελαίου στις Η.Π.Α.

Στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων και ο συνολικός όγκος των πετρελαιοκηλίδων, που προκλήθηκαν στις Η.Π.Α. (Κόλπος του Μεξικού, Αλάσκα και Ειρηνικός) από πλατφόρμες Ε&Π πετρελαίου για την περίοδο 1964-2007, συναρτήσει του υλικού διαρροής και της περιοχής που έλαβαν χώρα τα ατυχήματα (OCS, Water States). Από τον πίνακα συμπεραίνεται ότι, περίπου, το 94% του όγκου των πετρελαιοκηλίδων προέρχεται από αργό πετρέλαιο (crude oil) ενώ μόλις το 2% από συμπύκνωμα (condensates). Στα υπόλοιπα πετρελαιοειδή (other oils), από τα 10.363bbl, τα 9.395bbl είναι diesel.

Πίνακας 5.12: Πετρελαιοκηλίδες από πλατφόρμες Ε&Π πετρελαίου στις Η.Π.Α (OCS).

Year	Number	OCS (bbl)	Water States (bbl)	Total (bbl)	Crude (bbl)	Condensate (bbl)	Other Oils (bbl) <sup>17</sup>
1969	2	102.500	0	102.500	102.500	0	0
1970	2	118.095	0	118.095	118.095	0	0
1971	121	736	0	736	670	15	51
1972	86	418	0	418	379	6	33
1973	77	10.289	0	10.289	10.260	0	29
1974	38	267	0	267	258	0	9
1975	29	118	0	118	108	0	10
1976	25	129	0	129	115	3	11
1977	29	169	0	169	154	4	11
1978	26	104	524	628	620	5	3
1979	38	5.168	0	5.168	146	3.500	1.522
1980	29	2.042	0	2.042	1.529	4	509
1981	26	296	0	296	217	0	79
1982	26	115	0	115	52	3	60
1983	40	421	2.810	3.225	3.087	11	127
1984	25	126	690	816	810	0	6

<sup>17</sup> Περιλαμβάνονται: πετρέλαιο κίνησης-diesel, ορυκτά έλαια, αεροπορικά καύσιμα (jet fuel), υδραυλικά λάδια, βενζίνη, απόβλητα έλαια, λιπαντικά έλαια, λάσπη γεώτρησης με βάση το πετρέλαιο και άλλα διάφορα ή άγνωστα έλαια.

Year	Number	OCS (bbl)	Water States (bbl)	Total (bbl)	Crude (bbl)	Condensate (bbl)	Other Oils (bbl)
1985	36	876	0	876	90	0	787
1986	20	141	0	141	48	0	93
1987	20	134	0	134	58	0	76
1988	15	252	0	252	86	10	157
1989	14	125	810	935	607	0	328
1990	17	65	953	1.018	574	413	31
1991	15	414	0	414	393	2	19
1992	16	746	12.262	13.008	13.007	1	0
1993	6	35	0	35	32	0	3
1994	14	0	740	740	87	602	51
1995	15	1.390	0	1.390	876	510	4
1996	17	231	0	231	121	22	89
1997	9	114	0	114	44	20	51
1998	15	108	0	108	60	0	48
1999	9	56	107	163	31	19	112
2000	10	252	0	252	244	3	5
2001	11	203	0	203	153	0	49
2002	23	1.377	0	1.377	74	3	1.300
2003	9	761	0	761	50	1	710
2004	18	603	0	603	449	22	132
2005	57	7.963	0	7.963	3.618	599	3.746
2006	32	1.193	0	1.193	369	734	89
2007	18	109	0	109	80	6	23
<b>Total</b>	<b>1.035</b>	<b>258.139</b>	<b>18.896</b>	<b>277.029</b>	<b>260.148</b>	<b>6.518</b>	<b>10.363</b>

(Πηγή: Etkin, 2009)

Με βάση τα στοιχεία από τον προηγούμενο πίνακα, παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5.13** τα αίτια πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας σύμφωνα με την Etkin (2009), όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3. Από τα στατιστικά στοιχεία φαίνεται ότι η σχέση των ατυχημάτων με τον όγκο διαρροής είναι, εν μέρη, αντιστρόφως ανάλογα. Τα «*blowouts*» ενώ ευθύνονται μόλις για το 1,45% του συνόλου των ατυχημάτων, είναι, όμως, υπαίτια σχεδόν για 85% του όγκου των πετρελαιοκηλίδων. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται για την «*αστοχία της κατασκευής*» (Structure), για του «*τυφώνες*» (Hurricane) και για τους «*άγνωστους λόγους*» (Unkown).

Το ABSG Consulting Inc. (2016), με βάση τα στοιχεία από το BSEE, πραγματοποίησε μελέτη για τη διαρροή αργού πετρελαίου σε σχέση με τον όγκο που παράχθηκε. Η περιοχή μελέτης είναι οι Η.Π.Α. (OCS) για την περίοδο 1964-2015 (**Πίνακα 5.14**). Κατά κύριο λόγο, οι πετρελαιοκηλίδες προέρχονται από αργό πετρέλαιο και συμπυκνώματα. Ένα σύντομο συμπέρασμα που μπορεί να προκύψει, από τον παρακάτω πίνακα, είναι η μείωση όχι μόνο του όγκου των πετρελαιοκηλίδων αλλά και ο αριθμός αυτών. Βέβαια, φαίνεται ότι την περίοδο 1996-2005 υπάρχει αισθητή αύξηση, περίπου 40%, στον αριθμό των ατυχημάτων και στο συνολικό όγκο που διέρρευσε σε σχέση με την περίοδο 1986-1995. Η περίοδος

2006-2015 παρουσιάζεται μείωση τόσο στον αριθμό των ατυχημάτων όσο και στο συνολικό όγκο πετρελαίου που διέρρευσε. Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται στα ατυχήματα που προκλήθηκαν λόγω των τυφώνων που έπληξαν τότε τις Η.Π.Α.

**Πίνακας 5.13:** Αίτια πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας από υπεράκτιες πλατφόρμες E&P πετρελαίου στις Η.Π.Α.(OCS).

Causes	1969-2007 U.S. OCS			
	Incidents		Volume	
	#	%	bbl	%bbl
Blowout	15	1,45	234.832	84,77
Structure <sup>18</sup>	198	19,13	17.153	6,19
Hurricane	95	9,18	10.849	3,92
Operator	69	6,67	4.264	1,54
Damage	9	0,87	4.234	1,53
Unknown	627	60,58	3.582	1,29
Weather	13	1,26	2.042	0,74
Vessel <sup>19</sup>	9	0,87	77	0,03
<b>Total</b>	<b>1.035</b>	<b>100,00</b>	<b>277.033</b>	<b>100,00</b>

(Πηγή: Etkin, 2009)

Οι Πίνακες 5.12 και 5.14 αναφέρονται στην ίδια περιοχή και, περίπου, στην ίδια χρονολογική περίοδο, παρουσιάζουν, όμως, αισθητές διαφορές μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να οφείλονται στις διαφορετικές βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

**Πίνακας 5.14:** Όγκος πετρελαιοκηλίδων από πλατφόρμες πετρελαίου στην περιοχή των Η.Π.Α.(OCS)

Years	Production (MMbbl)	bbl Spilled by Spill Size				
		<1.000	#	>=1.000	#	Total
1964-1970 <sup>20</sup>	1,54	2.760	11	216.616	9	219.376
1971-1975	1,87	5.407	721	16.935	2	22.342
1976-1985	3,22	9.121	671	2.956	2	12.077
1986-1995	3,53	4.097	286	0	0	4.097
1996-2005	5,34	13.508	401	5.066	3	18.574
2006-2015	5,14	10.951	334	4.900.000	1	4.910.951
2006-2015 w/o DWH <sup>21</sup>	5,14	10.951	334	0	0	10.951
<b>Total</b>	<b>20,6</b>	<b>45.844</b>	<b>2.424</b>	<b>5.141.573</b>	<b>17</b>	<b>5.187.416</b>
<b>Total w/o DWH</b>	<b>20,6</b>	<b>45.844</b>	<b>2.424</b>	<b>241.573</b>	<b>16</b>	<b>287.416</b>

(Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016)

Στο Κεφάλαιο 3 αναφέρθηκαν τα αίτια πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας σύμφωνα με την ανάλυση του ABSG Consulting Inc. (2016). Στο **Σχήμα 5.2** παρουσιάζονται τα ατυχήματα ανάλογα με το μέγεθος της διαρροής με βάση τα αίτια αυτά. Το «ανθρώπινο λάθος» είναι υπαίτιο, κυρίως, για πετρελαιοκηλίδες άνω 10.000bbl, ενώ ο «καιρός/φυσικές αιτίες» έχει οδηγήσει σε αρκετά ατυχήματα πετρελαιοκηλίδας 50-10.000bbl. Η «αστοχία εξοπλισμού» είναι υπεύθυνη, πάνω από το 40% των περιπτώσεων, για μικρές πετρελαιοκηλίδες, μέχρι 50bbl, και για πετρελαιοκηλίδες άνω των 10.000bbl. Στο **Σχήμα 5.3** αποτυπώνονται τα αίτια

<sup>18</sup> Αστοχία κατασκευής (π.χ. Διάβρωση)

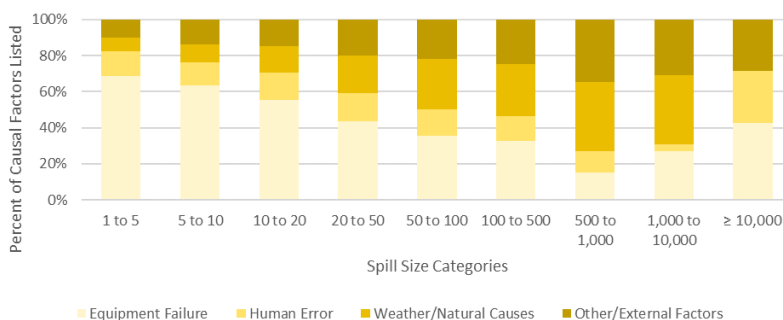
<sup>19</sup> Ζημιές από σκάφη (π.χ. σύγκρουση, κατά την αγκύρωση)

<sup>20</sup> Πετρελαιοκηλίδες <50bbl δεν καταγράφονται εκείνη την περίοδο.

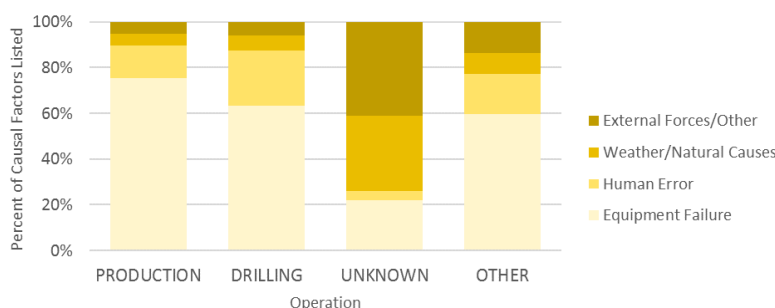
<sup>21</sup> Το ατύχημα του Deepwater Horizon δεν περιλαμβάνεται (Without Deepwater Horizon – w/o DWH)



αυτά σε σχέση με τη φάση εργασιών. Από το σχήμα φαίνεται ότι η «αστοχία εξοπλισμού» αποτελεί μία συχνή αιτία σχηματισμού πετρελαιοκηλίδας, 60-80%, κατά τη φάση της παραγωγής και των γεωτρήσεων.



**Σχήμα 5.2:** Μέγεθος πετρελαιοκηλίδων σύμφωνα με τους «Καθοριστικούς παράγοντες». (Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016)



**Σχήμα 5.3:** Αίτια πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με τη φάση εργασιών. (Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016)

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, οι τυφώνες, σε πολλές περιπτώσεις, μελετώνται χωριστά καθώς μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό αίτιο για την πρόκληση πετρελαιοκηλίδας. Από το **Σχήμα 5.4** γίνεται αντιληπτό ότι με το πέρασμα των χρόνων, ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων μειωνόταν αισθητά. Την περίοδο 1986-2000, ο αριθμός των ατυχημάτων είχε μειωθεί σε μεγάλο βαθμό, ενώ παράλληλα, επικρατούσε μία σχετικά σταθερή τάση ως προς τον αριθμό αυτών. Ωστόσο, την περίοδο 2000-2010 φαίνεται μία απότομη αύξηση στον αριθμό των ατυχημάτων, αλλά ως αιτία πρόκλησης ήταν οι τυφώνες. Οι τυφώνες όπως η Ρίτα, Κατρίνα, Λίλι κ.α. έκαναν την εμφάνιση τους εκείνη την περίοδο προκαλώντας μεγάλες και καταστροφικές ζημιές.



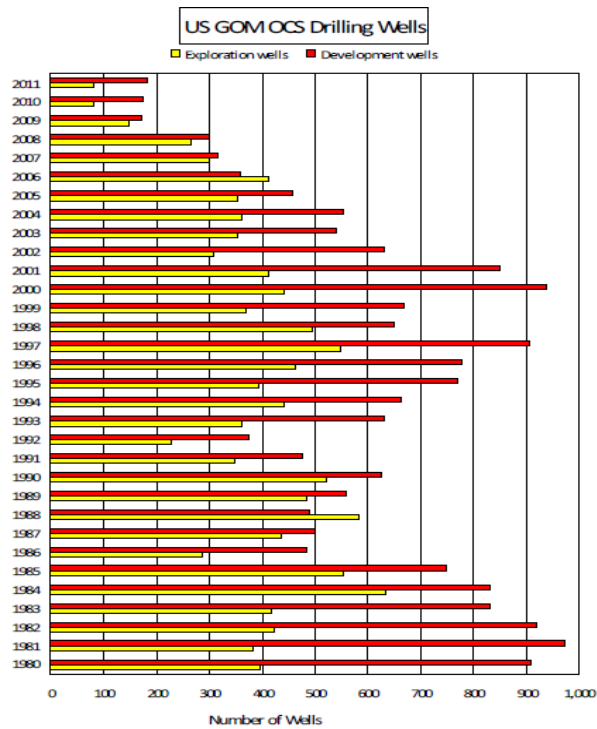
**Σχήμα 5.4:** Πετρελαιοκηλίδες που προκλήθηκαν από τυφώνες. (Πηγή: ABSG Consulting Inc., 2016)

## 5.4.2 Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού

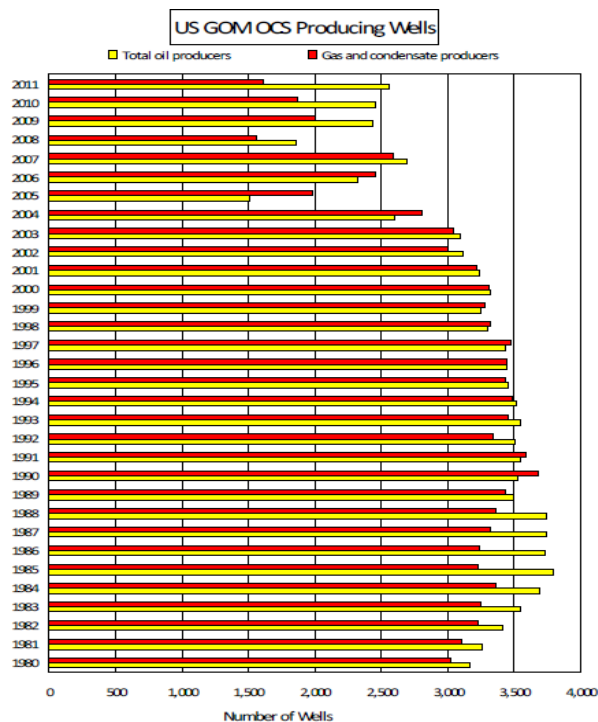
Η απώλεια ελέγχου πηγαδιού είναι μία ευρύτερη κατηγορία που μπορεί να αποτελέσει αιτία πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας. Σ' αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται και τα ατυχήματα blowouts που είναι υπεύθυνα, κυρίως, για το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας. Η ενότητα αυτή αποτελείται από τέσσερις υποενότητες. Στις δύο πρώτες υποενότητες παρουσιάζονται ιστορικά στοιχεία που αφορούν την απώλεια ελέγχου πηγαδιού, με βάση την ταξινόμηση του SINTEF, για τις περιοχές του Κόλπου του Μεξικού και της Βόρειας Θάλασσας (Νορβηγία και Ηνωμένο Βασίλειο). Παρ' όλο που το πετρέλαιο είναι υπαίτιο για το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας έπειτα από την απώλεια ελέγχου πηγαδιού, τα παρακάτω στοιχεία περιλαμβάνουν και τις περιπτώσεις όσον αφορά το αέριο/συμπυκνώματα. Η παρουσίαση αυτών των στοιχείων γίνεται έτσι ώστε να αποδοθεί μία ολοκληρωμένη εικόνα γύρω από την κατηγορία της απώλειας ελέγχου πηγαδιού. Η επόμενη υποενότητα αφορά στοιχεία σχετικά με τις συχνότητες πρόκλησης απώλειας ελέγχου πηγαδιού σύμφωνα με τα πρότυπα λειτουργίας που εφαρμόζονται στη Βόρεια Θάλασσα για τις διάφορες φάσεις εργασίας. Η τελευταία υποενότητα περιλαμβάνει την εκτίμηση για την πιθανότητα πρόκλησης blowout στην Ε.Ε. όπως αυτή διατυπώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

### 5.4.2.1 Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού στον Κόλπο του Μεξικού

Την περίοδο 1980-2011, σύμφωνα με τα στοιχεία τα οποία έχει συλλέξει το SINTEF, 12.299 «ερευνητικές γεωτρήσεις» (Exploration wells) και 19.275 «γεωτρήσεις ανάπτυξης πηγαδιών» (Development wells) πραγματοποιήθηκαν στον Κόλπο του Μεξικού (OCS). Την ίδια περίοδο υπολογίζεται ότι τα «παραγωγικά πηγάδια» (Producing wells) έφτασαν συνολικά τις 197.721. Στο **Σχήμα 5.5** παρουσιάζεται γραφικά η ετήσια κατανομή για «ερευνητικές γεωτρήσεις» και για «γεωτρήσεις ανάπτυξης πηγαδιών». Στο **Σχήμα 5.6** παρουσιάζεται γραφικά η ετήσια κατανομή παραγωγικών πηγαδιών με βάση το προϊόν παραγωγής.



Σχήμα 5.5: Ετήσια κατανομή των ερευνητικών γεωτρήσεων και των πηγαδιών ανάπτυξης στον Κόλπο του Μεξικού. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014)



Σχήμα 5.6: Ετήσια κατανομή παραγωγικών πηγαδιών με βάση το προϊόν παραγωγής στον Κόλπο του Μεξικού. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

Στον Πίνακα 5.15 παρουσιάζονται τα καταγεγραμμένα περιστατικά «απώλειας ελέγχου πηγαδιού» στον Κόλπο του Μεξικού (OCS) κατά την περίοδο 1980-2011. Ο πίνακας αναφέρει τα περιστατικά ανάλογα με την κατηγορία της «απώλειας ελέγχου πηγαδιού» σε σχέση με το παραγόμενο προϊόν και τις διάφορες φάσεις εργασίας. Ενδιαφέρον

παρουσιάζουν τα «Blowouts με διαρροή στην επιφάνεια» (Blowout, surface flow), τα οποία φαίνεται να πραγματοποιούνται σε όλες τις φάσεις εργασιών, αλλά και στην «παραγωγή πετρελαίου» (Oil Production) και «φυσικού αερίου/συμπυκνώματος» (Gas/Condensate Production) περισσότερες φορές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα περιστατικά. Στον Πίνακα 5.16 και Πίνακα 5.17 (ως συνέχεια του Πίνακα 5.16) παρουσιάζεται μία πιο λεπτομερή εικόνα του προηγούμενου πίνακα, με σημείο αναφοράς το «αβαθές αέριο» (Shallow gas) (Bercha International Inc., 2014). Φαίνεται ότι ο συνολικός αριθμός των «Blowouts με διαρροή στην επιφάνεια» (68 περιστατικά) πραγματοποιείται το ίδιο τόσο στη ζώνη του «αβαθούς αερίου» (34 περιστατικά) όσο και στην «άλλη» (other) ζώνη (34 περιστατικά) (Πίνακας 5.17).

**Πίνακας 5.15:** Απώλειες ελέγχου πηγαδιού στον Κόλπο του Μεξικού (OCS).

U.S. GOM OCS Wells 1980-2011	Oil Production		Gas/ Condensate Production		All Production		Well Interventions		Exploration Drilling		Development Drilling		All Drilling	
	101.262		96.459		197.721		197.721		12.299		19.275		31.574	
	#	Freq. Per well-year	#	Freq. per well-year	#	Freq. per well-year	#	Freq. per well-year	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well
Blowout (surface flow)	9	8,89E-05	7	7,26E-05	16	8,09E-05	34	1,72E-04	40	3,25E-03	28	1,45E-03	68	2,15E-03
Blowout (underground flow)	1	9,88E-06			1	5,06E-06	1	5,06E-06	4	3,25E-04	5	2,59E-04	9	2,85E-04
<b>Blowout Total</b>	<b>10</b>	<b>9,88E-05</b>	<b>7</b>	<b>7,26E-05</b>	<b>17</b>	<b>8,60E-05</b>	<b>35</b>	<b>1,77E-04</b>	<b>44</b>	<b>3,58E-03</b>	<b>33</b>	<b>1,71E-03</b>	<b>77</b>	<b>2,44E-03</b>
Well Release	1	9,88E-06	3	3,11E-05	4	2,02E-05	26	1,31E-04	1	8,13E-05	3	1,56E-04	4	1,27E-04
Diverted Well Release							1	5,06E-06	9	7,32E-04	19	9,86E-04	28	8,87E-04
<b>Well Release Total</b>	<b>1</b>	<b>9,88E-06</b>	<b>3</b>	<b>3,11E-05</b>	<b>4</b>	<b>2,02E-05</b>	<b>27</b>	<b>1,37E-04</b>	<b>10</b>	<b>8,13E-04</b>	<b>22</b>	<b>1,14E-03</b>	<b>32</b>	<b>1,01E-03</b>
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>1,09E-04</b>	<b>10</b>	<b>1,04E-04</b>	<b>21</b>	<b>1,06E-04</b>	<b>62</b>	<b>3,14E-04</b>	<b>54</b>	<b>4,39E-03</b>	<b>55</b>	<b>2,85E-03</b>	<b>109</b>	<b>3,45E-03</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.16:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στον Κόλπο του Μεξικού (OCS).

U.S. GOM OCS Wells 1980-2011	Exploration Drilling						Development Drilling					
	Shallow Gas		Other		All		Shallow Gas		Other		All	
	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well
Blowout (surface flow)	17	1,38E-03	23	1,87E-03	40	3,25E-03	17	8,82E-04	11	5,71E-04	28	1,45E-03
Blowout (underground flow)			4	3,25E-04	4	3,25E-04	1	5,19E-05	4	2,08E-04	5	2,59E-04
<b>Blowout Total</b>	<b>17</b>	<b>1,38E-03</b>	<b>27</b>	<b>2,20E-03</b>	<b>44</b>	<b>3,58E-03</b>	<b>18</b>	<b>9,34E-04</b>	<b>15</b>	<b>7,78E-04</b>	<b>33</b>	<b>1,71E-03</b>
Well Release			1	8,13E-05	1	8,13E-05	1	5,19E-05	2	1,04E-04	3	1,56E-04
Diverted Well Release	8	6,50E-04	1	8,13E-05	9	7,32E-04	19	9,86E-04			19	9,86E-04
<b>Well Release Total</b>	<b>8</b>	<b>6,50E-04</b>	<b>2</b>	<b>1,63E-04</b>	<b>10</b>	<b>8,13E-04</b>	<b>20</b>	<b>1,04E-03</b>	<b>2</b>	<b>1,04E-04</b>	<b>22</b>	<b>1,14E-03</b>
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>2,03E-03</b>	<b>29</b>	<b>236E-03</b>	<b>54</b>	<b>4,39E-03</b>	<b>38</b>	<b>1,97E-03</b>	<b>17</b>	<b>8,82E-04</b>	<b>55</b>	<b>2,85E-03</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.17:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στον Κόλπο του Μεξικού (OCS) (συνέχεια του Πίνακα 5.16).

U.S. GOM OCS Wells 1980-2011	All Drilling					
	Shallow Gas		Other		All	
	31,574		31,574		31,574	
	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well
Blowout (surface flow)	34	1,08E-03	34	1,08E-03	68	2,15E-03
Blowout (underground flow)	1	3,17E-05	8	2,53E-04	9	2,85E-04
<b>Blowout Total</b>	<b>35</b>	<b>1,11E-03</b>	<b>42</b>	<b>1,33E-03</b>	<b>77</b>	<b>2,44E-03</b>
Well Release	1	3,17E-05	3	9,50E-05	4	1,27E-04
Diverted Well Release	27	8,55E-04	1	3,17E-05	28	8,87E-04
<b>Well Release Total</b>	<b>28</b>	<b>8,87E-04</b>	<b>4</b>	<b>1,27E-04</b>	<b>32</b>	<b>1,01E-03</b>
<b>TOTAL</b>	<b>63</b>	<b>2,00E-03</b>	<b>46</b>	<b>1,46E-03</b>	<b>109</b>	<b>3,45E-03</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

Οι επόμενοι πίνακες αφορούν τα ατυχήματα τα οποία οδήγησαν σε ρύπανση, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του SINTEF, για την περίοδο 1980-2011. Το μέγεθος της ρύπανσης, το υλικού που διέρρευσε και η φάση εργασιών που το περιστατικό έλαβε χώρα, σε σχέση την κατηγορία της απώλειας ελέγχου πηγαδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.18. Ο Πίνακας 5.19 συμπυκνώνει τα ατυχήματα, εκείνα με μέγεθος >1bbl, τα οποία οδήγησαν σε ρύπανση, με βάση τον προηγούμενο πίνακα. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι μόνο μία περίπτωση οδήγησε σε «μεγάλη» (Large) ρύπανση και πέντε περιπτώσεις σε «μεσαία» (medium) ρύπανση με βάση το πετρέλαιο (Πίνακα 5.18).

**Πίνακας 5. 18:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σύμφωνα με τη φάση εργασιών και το είδος της ρύπανσης στον Κόλπο του Μεξικού (OCS).

J.S. GOM OCS 1980-2011 SINTEF Data	Flow Medium Type Only HC Liquids	Total	Pollution Type					Phase Type						
			No	Small	Medium	Large	Unknown	Oil Production	Gas/Cond Production	Production Total	Exploration Drilling	Development Drilling	All Drilling	Well Interventions
Blowout (surface flow)	Oil	4			4			4		4				
	Oil, Gas (deep)	20	10	7	1	1	1	5		5	4	3	7	8
	Condensate, Gas(deep)	8	1	7					1	1		2	2	5
	<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>13</b>
Blowout (underground flow)	Oil													
	Oil, Gas (deep)	1	1					1		1				
	Condensate, Gas(deep)													
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>					<b>1</b>		<b>1</b>				
Well Release	Oil	3		2			1	1		1				2
	Oil, Gas (deep)	10	6	3			1				1		1	9
	Condensate, Gas(deep)	2		2					2	2				
	<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>7</b>			<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	<b>11</b>
Diverted Well Release	Oil													
	Oil, Gas (deep)													
	Condensate, Gas(deep)													
	<b>Total</b>													
<b>TOTAL</b>	Oil	7		2	4		1	5		5				2
	Oil, Gas (deep)	31	17	10	1	1	2	6		6	5	3	8	17
	Condensate, Gas(deep)	10	1	9						3		2	2	5
	<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>24</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.19:** Πετρελαιοκηλίδες άνω του 1bbl, σε σχέση με τις φάσεις εργασιών στον Κόλπο του Μεξικού (OCS).

U.S. GOM OCS HC Liquids With Pollution SINTEF 1980-2011	Production		Well Interventions		Exploration Drilling		Development Drilling		All Drilling	
	197,721		197,721		12,299		19,275		31,574	
	#	Freq per well-year	#	Freq per well-year	#	Freq per well	#	Freq per well	#	Freq per well
<b>Blowout</b>	5	2,53E-05	9	4,55E-05	4	3,25E-04	2	1,04E-04	6	1,90E-04
<b>Well Release</b>	3	1,52E-05	4	2,02E-05	1	8,13E-05			1	3,17E-05

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

Τέλος, ο Πίνακας 5.20 περιέχει τα ατυχήματα εκείνα που οδήγησαν σε σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας άνω των 50bbl το κάθε ένα, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του BOEM για την περίοδο 1980-2011.

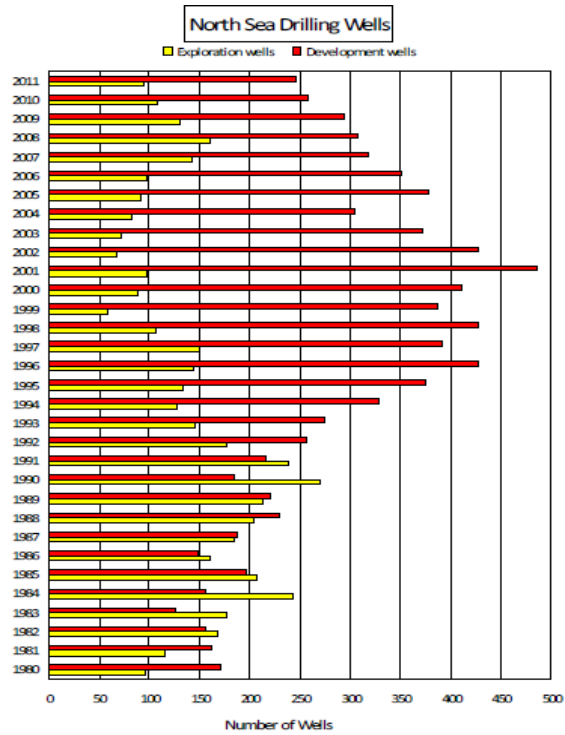
**Πίνακας 5.20:** Πετρελαιοκηλίδες άνω των 50bbl από απώλεια ελέγχου πηγαδιού στον Κόλπο του Μεξικού (OCS).

U.S. GOM OCS BOEM >=50 bbl 1980-2011	Production		Well Interventions		Exploration Drilling		Development Drilling		All Drilling	
	197,721		197,721		12,299		19,275		31,574	
	#	Freq per well-year	#	Freq per well-year	#	Freq per well	#	Freq per well	#	Freq per well
<b>LOWC</b>	1	5,06E-06	4	2,02E-05	3	2,44E-04	1	5,19E-05	4	1,27E-04

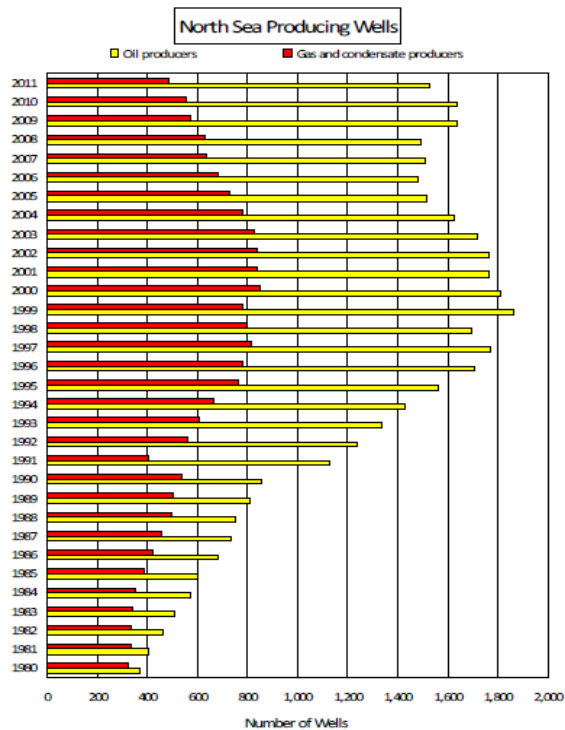
(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

#### 5.4.2.2 Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού στη Βόρεια Θάλασσα

Μία ακόμη περιοχή, με δυναμική παρουσία του κλάδου του πετρελαίου, είναι η Βόρεια Θάλασσα. Όπως για τον Κόλπο του Μεξικού, έτσι και για τη Βόρεια Θάλασσα, αξίζει να αναφερθούν αντίστοιχα στοιχεία, ώστε να γίνει πιο κατανοητό το μέγεθος των καταγεγραμμένων περιστατικών που αφορούν την απώλεια ελέγχου πηγαδιών και σε αυτή την περίπτωση. Για την ίδια ακριβώς περίοδο, 1980-2011, στη Βόρεια Θάλασσα (Ηνωμένο Βασίλειο και Νορβηγία) πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4.553 «ερευνητικές γεωτρήσεις» και 9.174 «γεωτρήσεις ανάπτυξης πηγαδιών» (Σχήμα 5.7). Στο Σχήμα 5.8 παρουσιάζεται η ετήσια κατανομή παραγωγικών πηγαδιών πετρελαίου και φυσικού αερίου/συμπυκνώματος. Τα συνολικά «παραγωγικά πηγάδια» τα οποία καταγράφηκαν ήταν 59.141 (Πίνακας 5.21). Οι παρακάτω πίνακες, όμοια με τους πίνακες του Κόλπου του Μεξικού, παρουσιάζουν στοιχεία που αφορούν την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας. Τα «Blowouts με διαρροή στην επιφάνεια» που σημειώθηκαν ήταν 26, ενώ το 60% αυτών προκλήθηκαν κατά τις «ερευνητικές γεωτρήσεις». Στον Πίνακα 5.22 και Πίνακας 5.23 (ως συνέχεια του Πίνακα 5.22) παρουσιάζεται μία πιο αναλυτική εικόνα του προηγούμενου πίνακα σχετικά με τα περιστατικά που έλαβαν χώρα, με σημείο αναφοράς το «αβαθές αέριο» (Bercha International Inc., 2014). Από το Πίνακα 5.23 γίνεται αντιληπτό ότι από τα 20 περιστατικά «Blowouts με διαρροή στην επιφάνεια» τα 19 πραγματοποιήθηκαν στη ζώνη του «αβαθούς αερίου», ενώ μόνο ένα στην «άλλη» ζώνη.



**Σχήμα 5.7:** Ετήσια κατανομή των ερευνητικών γεωτρήσεων και των πηγαδιών ανάπτυξης στη Βόρεια Θάλασσα. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014)



**Σχήμα 5.8:** Ετήσια κατανομή παραγωγικών πηγαδιών με βάση το προϊόν παραγωγής στη Βόρεια Θάλασσα. (Πηγή: Bercha International Inc., 2014)



Στους Πίνακες 5.24-5.25 αναλύονται τα ατυχήματα του Πίνακα 5.21 ανά χώρα, στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Νορβηγία αντίστοιχα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο έλαβαν χώρα συνολικά 14 «Blowouts με διαρροή στην επιφάνεια», όπου τα 9 ήταν κατά τις εργασίες γεώτρησης (all drilling), τα 2 κατά την παραγωγική διαδικασία (oil production) και τα υπόλοιπα από εργασίες παρέμβασης στο πηγάδι (well intervention). Στην Νορβηγία δε σημειώθηκε κανένα αντίστοιχο ατύχημα κατά την παραγωγική διαδικασία, 11 ατυχήματα καταγράφηκαν από τις εργασίες γεώτρησης και μόνο 1 κατά τις εργασίες παρέμβασης στο πηγάδι.

**Πίνακας 5.21:** Απώλειες ελέγχου πηγαδιού στη Βόρεια Θάλασσα.

North Sea Wells 1980-2011	Oil Production		Gas/ Condensate Production		All Production		Well Interventions		Exploration Drilling		Development Drilling		All Drilling	
	40,004		19,137		59,141		59,141		4,553		9,174		13,727	
	#	Freq. Per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well
Blowout (surface flow)	1	2,50E-05	1	5,23E-05	2	3,38E-05	4	6,76E-05	16	3,51E-03	4	4,36E-04	20	1,46E-03
Blowout (underground flow)									4	8,79E-04			4	2,91E-04
<b>Blowout Total</b>	<b>1</b>	<b>2,50E-05</b>	<b>1</b>	<b>5,23E-05</b>	<b>2</b>	<b>3,38E-05</b>	<b>4</b>	<b>6,76E-05</b>	<b>20</b>	<b>4,39E-03</b>	<b>4</b>	<b>4,36E-04</b>	<b>24</b>	<b>1,75E-03</b>
Well Release			1	5,23E-05	1	1,69E-05	17	2,87E-04	8	1,76E-03	5	5,45E-04	13	9,47E-04
Diverted Well Release									4	8,79E-04			4	2,91E-04
<b>Well Release Total</b>			<b>1</b>	<b>5,23E-05</b>	<b>1</b>	<b>1,69E-05</b>	<b>17</b>	<b>2,87E-04</b>	<b>12</b>	<b>2,64E-03</b>	<b>5</b>	<b>5,45E-04</b>	<b>17</b>	<b>1,24E-03</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2,50E-05</b>	<b>2</b>	<b>1,05E-04</b>	<b>3</b>	<b>5,07E-05</b>	<b>21</b>	<b>3,55E-04</b>	<b>32</b>	<b>7,03E-03</b>	<b>9</b>	<b>9,81E-04</b>	<b>41</b>	<b>2,99E-03</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.22:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στη Βόρεια Θάλασσα.

North Sea Wells 1980-2011	Exploration Drilling						Development Drilling					
	Shallow Gas		Other		All		Shallow Gas		Other		All	
	4,553		4,553		4,553		9,174		9,174		9,174	
#	Freq per well	#	Freq per well	#	Freq per well	#	Freq per well	#	Freq per well	#	Freq per well	
Blowout (surface flow)	15	3,29E-03	1	2,20E-04	16	3,51E-03	4	4,36E-04			4	4,36E-04
Blowout (underground flow)			4	8,79E-04	4	8,79E-04						
<b>Blowout Total</b>	<b>15</b>	<b>3,29E-03</b>	<b>5</b>	<b>1,10E-03</b>	<b>20</b>	<b>4,39E-03</b>	<b>4</b>	<b>4,36E-04</b>			<b>4</b>	<b>4,36E-04</b>
Well Release	2	4,39E-04	6	1,32E-03	8	1,76E-03	1	1,09E-04	4	4,36E-04	5	5,45E-04
Diverted Well Release	4	8,79E-04			4	8,79E-04						
<b>Well Release Total</b>	<b>6</b>	<b>1,32E-03</b>	<b>6</b>	<b>1,32E-03</b>	<b>12</b>	<b>2,64E-03</b>	<b>1</b>	<b>1,09E-04</b>	<b>4</b>	<b>4,36E-04</b>	<b>5</b>	<b>5,45E-04</b>
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>4,61E-03</b>	<b>11</b>	<b>2,42E-03</b>	<b>32</b>	<b>7,03E-03</b>	<b>5</b>	<b>5,45E-04</b>	<b>4</b>	<b>4,36E-04</b>	<b>9</b>	<b>9,81E-04</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.23:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού σε ερευνητικές γεωτρήσεις και γεωτρήσεις ανάπτυξης στη Βόρεια Θάλασσα (συνέχεια του Πίνακα 5.22).

North Sea Wells 1980-2011	All Drilling						
	Shallow Gas			Other		All	
	13,727			13,727		13,727	
	#	Freq per well		#	Freq per well	#	Freq per well
Blowout (surface flow)	19	1,38E-03		1	7,28E-05	20	1,46E-03
Blowout (underground flow)				4	2,91E-04	4	2,91E-04
<b>Blowout Total</b>	<b>19</b>	<b>1,38E-03</b>		<b>5</b>	<b>3,64E-04</b>	<b>24</b>	<b>1,75E-03</b>
Well Release	3	2,19E-04		10	7,28E-04	13	9,47E-04
Diverted Well Release	4	2,91E-04				4	2,91E-04
<b>Well Release Total</b>	<b>7</b>	<b>5,10E-04</b>		<b>10</b>	<b>7,28E-04</b>	<b>17</b>	<b>1,24E-03</b>
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>1,89E-03</b>		<b>15</b>	<b>1,09E-03</b>	<b>41</b>	<b>2,99E-03</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.24:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού στο Ηνωμένο Βασίλειο.

UK Wells 1980- 2011	Oil Production		Gas/ Condensate Production		All Production		Well Interventions		Exploration Drilling		Development Drilling		All Drilling	
	23,301		15,807		39,108		39,108		3,302		5,807		9,109	
	#	Freq. Per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well
Blowout (surface flow)	1	4,29E-05	1	6,33E-05	2	5,11E-05	3	7,67E-05	6	1,82E-03	3	5,17E-04	9	9,88E-04
Blowout (underground flow)														
<b>Blowout Total</b>	<b>1</b>	<b>4,29E-05</b>	<b>1</b>	<b>6,33E-05</b>	<b>2</b>	<b>5,11E-05</b>	<b>3</b>	<b>7,67E-05</b>	<b>6</b>	<b>1,82E-03</b>	<b>3</b>	<b>5,17E-04</b>	<b>9</b>	<b>9,88E-04</b>
Well Release			1	6,33E-05	1	2,56E-05	14	3,58E-04	1	3,03E-04	3	5,17E-04	4	4,39E-04
Diverted Well Release														
<b>Well Release Total</b>			<b>1</b>	<b>6,33E-05</b>	<b>1</b>	<b>2,56E-05</b>	<b>14</b>	<b>3,58E-04</b>	<b>1</b>	<b>3,03E-04</b>	<b>3</b>	<b>5,17E-04</b>	<b>4</b>	<b>4,39E-04</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>4,29E-05</b>	<b>2</b>	<b>1,27E-04</b>	<b>3</b>	<b>7,67E-05</b>	<b>17</b>	<b>4,35E-04</b>	<b>7</b>	<b>2,12E-03</b>	<b>6</b>	<b>1,03E-03</b>	<b>13</b>	<b>1,43E-03</b>

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

**Πίνακας 5.25:** Απώλεια ελέγχου πηγαδιού στην Νορβηγία.

Norway Wells 1980-2011	Oil Production		Gas/ Condensate Production		All Production		Well Interventions		Exploration Drilling		Development Drilling		All Drilling	
	23,301		15,807		39,108		39,108		3,302		5,807		9,109	
	#	Freq. Per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well- year	#	Freq. per well	#	Freq. per well	#	Freq. per well
Blowout (surface flow)							1	4,99E-05	10	7,99E-03	1	2,97E-04	11	2,38E-03
Blowout (underground flow)									4	3,20E-03			4	8,66E-04

Blowout Total						1	4,99E-05	14	1,12E-02	1	2,97E-04	15	3,25E-03
Well Release						3	1,50E-04	7	5,60E-03	2	5,94E-04	9	1,95E-03
Diverted Well Release								4	3,20E-03			4	8,66E-04
Well Release Total						3	1,50E-04	11	8,79E-03	2	5,94E-04	13	2,82E-03
TOTAL						4	2,00E-04	25	2,00E-02	3	8,91E-04	28	6,06E-03

(Πηγή: Bercha International Inc., 2014)

### 5.4.2.3 Απώλεια Ελέγχου Πηγαδιού και Πρότυπα Λειτουργίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συχνότητες ατυχημάτων, blowouts και απελευθέρωσης πηγαδιού (Well Release), σε σχέση με τα πρότυπα λειτουργίας της Βόρειας Θάλασσας (**North Sea Standard**<sup>22</sup>) για τις διάφορες φάσεις εργασίας. Οι **Πίνακες 5.26-5.28** αποτυπώνουν τις συχνότητες σχετικά με την πρόκληση απώλειας ελέγχου πηγαδιού σύμφωνα με έκθεση του IOGP (2019).

Ο **Πίνακας 5.26** αφορά ατυχήματα που έλαβαν χώρα στην Νορβηγία, στο Ηνωμένο Βασίλειο, στον Κόλπο του Μεξικού (OCS), ενώ για τις κατηγορίες των «*Shallow Gas Drilling*» λήφθηκαν υπόψη και περιστατικά από την Ανατολική υφαλοκρηπίδα του Καναδά.

Ο **Πίνακας 5.27** παρουσιάζει συχνότητες περιστατικών στον Κόλπο του Μεξικού, ανεξάρτητα από τον τύπο εξοπλισμού που χρησιμοποιούνταν. Από την άλλη πλευρά, ο **Πίνακας 5.28** παραθέτει τα διάφορα συμβάντα που έλαβαν χώρα χωρίς τη χρήση «*North Sea Standard*».

**Πίνακας 5.26:** Συχνότητα συμβάντων όπου εφαρμόζονται τα πρότυπα λειτουργίας της Βόρειας Θάλασσας (*North Sea Standard*).

Operation	Category	Frequency Average Well	Frequency Gas Well	Frequency Oil Well	Unit	Fraction Subsea
	<b>Appraisal Well</b>					
	Topside Blowout	$2,1 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	0
<b>Exploration Drilling, Shallow Gas</b>	Blowout (Subsea)	$1,3 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	1
	<b>Wildcat Well</b>					
	Topside Blowout	$2,1 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	0

<sup>22</sup> Το North Sea Standard περιλαμβάνει εργασίες που εκτελούνται με τη χρήση BOP το οποίο περιλαμβάνει shear ram και ακολουθούν δύο επίπεδα προστασίας.

Operation	Category	Frequency Average Well	Frequency Gas Well	Frequency Oil Well	Unit	Fraction Subsea
	Blowout (Subsea)	$1,2 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	1
Development Drilling, Shallow Gas	Topside Blowout	$1,7 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	0
	Blowout (Subsea)	$1,0 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	1
Exploration Drilling, Deep, Normal Wells	<b>Appraisal Well</b>					
	Blowout	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,47
Exploration Drilling, Deep, Normal Wells	Well Release	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
	<b>Wildcat Well</b>					
	Blowout	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,47
	Well Release	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
Exploration Drilling, Deep, HPHT Wells	<b>Appraisal Well</b>					
	Blowout	$8,5 \times 10^{-4}$	$9,3 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,47
	Well Release	$8,1 \times 10^{-3}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$7,2 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
	<b>Wildcat Well</b>					
	Blowout	$9,0 \times 10^{-4}$	$9,8 \times 10^{-4}$	$8,0 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,47
	Well Release	$8,5 \times 10^{-3}$	$9,3 \times 10^{-3}$	$7,6 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
Development Drilling, Deep, Normal Wells	Blowout	$3,9 \times 10^{-5}$	$4,2 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-5}$	per drilled well	0
	Well Release	$3,7 \times 10^{-4}$	$4,0 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,2
Development Drilling, Deep, HPHT Wells	Blowout	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
	Well Release	$2,3 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,2
Completion	Blowout	$2,1 \times 10^{-4}$	$2,8 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-4}$	per operation	0
	Well Release	$3,6 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$	per operation	0
Wireline	Blowout	$6,7 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-6}$	$4,4 \times 10^{-6}$	per operation	0
	Well Release	$2,5 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$	per operation	0

Operation	Category	Frequency Average Well	Frequency Gas Well	Frequency Oil Well	Unit	Fraction Subsea
Coiled Tubing	Blowout	$8,5 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-5}$	per operation	0,36
	Well Release	$8,3 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$5,4 \times 10^{-5}$	per operation	0
Snubbing	Blowout	$2,4 \times 10^{-4}$	$3,2 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$	per operation	0,36
	Well Release	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-5}$	per operation	0
Workover	Blowout	$3,0 \times 10^{-4}$	$4,0 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$	per operation	0,36
	Well Release	$5,7 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-4}$	$3,7 \times 10^{-4}$	per operation	0
Producing Wells (Excluding External Causes)	Blowout	$3,7 \times 10^{-5}$	$7,2 \times 10^{-5}$	$2,1 \times 10^{-5}$	per well year	0,43
	Well Release	$4,5 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^{-5}$	per well year	0
Producing Wells (External Causes)	Blowout	$2,7 \times 10^{-5}$	$2,7 \times 10^{-5}$	$2,7 \times 10^{-5}$	per well year	0
	Well Release	-	-	-	per well year	-
Gas Injection Wells	Blowout	$7,2 \times 10^{-5}$	$7,2 \times 10^{-5}$	-	per well year	0,43
	Well Release	$8,8 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-5}$	-	per well year	0
Water Injection Wells	Blowout	$9,2 \times 10^{-6}$	-	-	per well year	0,43
	Well Release	$1,1 \times 10^{-5}$	-	-	per well year	0
Abandoned Wells	Blowout/ Well Release	$2,3 \times 10^{-5}$	-	-	per well year	At the wellhead

(Πηγή: IOGP, 2019)

**Πίνακας 5.27:** Συχνότητες συμβάντων στον Κόλπο του Μεξικού, ανεξάρτητα από τον εφαρμοζόμενο τύπο εξοπλισμού.

Operation	Category	Frequency Average Well	Frequency Gas Well	Frequency Oil Well	Unit	Fraction Subsea
Exploration Drilling, Shallow Gas	<b>Appraisal Well</b>					
	Topside Blowout	$2,2 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	0
	Blowout (Subsea)	$8,6 \times 10^{-4}$	-	-	per drilled well	1
	<b>Wildcat Well</b>					

Operation	Category	Frequency Average Well	Frequency Gas Well	Frequency Oil Well	Unit	Fraction Subsea
	Topside Blowout	$1,8 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	0
	Blowout (Subsea)	$6,9 \times 10^{-4}$	-	-	per drilled well	1
<b>Development Drilling, Shallow Gas</b>	Topside Blowout	$2,5 \times 10^{-3}$	-	-	per drilled well	0
	Blowout (Subsea)	$9,8 \times 10^{-4}$	-	-	per drilled well	1
	<b>Appraisal Well</b>					
<b>Exploration Drilling, Deep, Normal Wells</b>	Blowout	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,36
	Well Release	$8,1 \times 10^{-4}$	$7,0 \times 10^{-4}$	$9,4 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
	<b>Wildcat Well</b>					
	Blowout	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,36
	Well Release	$1,1 \times 10^{-3}$	$9,9 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
	<b>Appraisal Well</b>					
<b>Exploration Drilling, Deep, HPHT Wells</b>	Blowout	$9,3 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	per drilled well	0,36
	Well Release	$6,0 \times 10^{-3}$	$5,2 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
	<b>Wildcat Well</b>					
	Blowout	$1,3 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	per drilled well	0,36
	Well Release	$8,5 \times 10^{-3}$	$7,3 \times 10^{-3}$	$9,8 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
<b>Development Drilling, Deep, Normal Wells</b>	Blowout	$3,9 \times 10^{-4}$	$3,4 \times 10^{-4}$	$4,6 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
	Well Release	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
<b>Development Drilling, Deep, HPHT Wells</b>	Blowout	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
	Well Release	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$	per drilled well	0
<b>Completion</b>	Blowout	$4,9 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$	per operation	0

Operation	Category	Frequency Average Well	Frequency Gas Well	Frequency Oil Well	Unit	Fraction Subsea
	Well Release	$2,2 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	per operation	0
Wireline	Blowout	$4,0 \times 10^{-6}$	$5,9 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-6}$	per operation	0
	Well Release	$9,7 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-5}$	per operation	0
Coiled Tubing	Blowout	$1,4 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-5}$	per operation	0,16
	Well Release	$7,5 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$3,8 \times 10^{-5}$	per operation	0
Snubbing	Blowout	$3,9 \times 10^{-4}$	$5,7 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$	per operation	0,16
	Well Release	$9,0 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$	$4,6 \times 10^{-5}$	per operation	0
Workover	Blowout	$4,9 \times 10^{-5}$	$7,3 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$	per operation	0,16
	Well Release	$4,3 \times 10^{-4}$	$6,4 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-4}$	per operation	0
Producing Wells (Excluding External Causes)	Blowout	$9,8 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$4,3 \times 10^{-5}$	per well year	0,5
	Well Release	$4,4 \times 10^{-5}$	$6,9 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-5}$	per well year	0
Producing Wells (External Causes)	Blowout	$3,4 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-5}$	per well year	0
	Well Release	-	-	-	per well year	0
Gas Injection Wells	Blowout	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$	-	per well year	0,5
	Well Release	$6,9 \times 10^{-5}$	$6,9 \times 10^{-5}$	-	per well year	0
Water Injection Wells	Blowout	$2,5 \times 10^{-5}$	-	-	per well year	0,5
	Well Release	$1,1 \times 10^{-5}$	-	-	per well year	0

(Πηγή: IOGP, 2019)

**Πίνακας 5.28:** Συχνότητα συμβάντων όπου δεν εφαρμόζονται τα πρότυπα λειτουργίας της Βόρειας Θάλασσας (North Sea Standard).

Operation	Category	Well Type	Frequency	Fraction Subsea	
Exploration Drilling, shallow gas	Blowout (surface flow)	Appraisal	$1,6 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,63
		Wildcat	$2,1 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,63
	Blowout (underground flow)	Appraisal	0	per drilled well	1,0
		Wildcat	0	per drilled well	1,0
	Diverted well release	Appraisal	$6,2 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
		Wildcat	$8,4 \times 10^{-4}$	per drilled well	0

Operation	Category	Well Type	Frequency	Fraction Subsea	
	Well release	Appraisal	$3,4 \times 10^{-4}$	per drilled well	1,0
		Wildcat	$1,3 \times 10^{-4}$	per drilled well	1,0
	Blowout (surface flow)	-	$8,6 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,26
	Blowout (underground flow)	-	$3,0 \times 10^{-5}$	per drilled well	1
<b>Development Drilling, shallow gas</b>	Diverted well release	-	$6,6 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
	Well release	-	$7,0 \times 10^{-5}$	per drilled well	0
<b>Exploration Drilling, deep</b>	Blowout (surface flow)	Appraisal	$1,3 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,39
		Wildcat	$1,5 \times 10^{-3}$	per drilled well	0,39
	Blowout (underground flow)	Appraisal	$1,6 \times 10^{-4}$	per drilled well	1
		Wildcat	$8,4 \times 10^{-4}$	per drilled well	1
	Diverted well release	Appraisal	$3,1 \times 10^{-5}$	per drilled well	0
		Wildcat	$1,1 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
Well release	Appraisal	$5,3 \times 10^{-4}$	per drilled well	0	
	Wildcat	$4,2 \times 10^{-4}$	per drilled well	0	
<b>Development Drilling, deep</b>	Blowout (surface flow)	-	$3,0 \times 10^{-4}$	per drilled well	0
	Blowout (underground flow)	-	$1,3 \times 10^{-4}$	per drilled well	1
	Diverted well release	-	0	per drilled well	0
	Well release	-	$2,3 \times 10^{-4}$	per drilled well	0,2
<b>Completion</b>	Blowout (surface flow)	-	$4,3 \times 10^{-4}$	per completion	0
	Blowout (underground flow)	-	0	per completion	1
	Diverted well release	-	$4,0 \times 10^{-5}$	per completion	0
	Well release	-	$3,5 \times 10^{-4}$	per completion	0
<b>Wireline</b>	Blowout (surface flow)	-	$9,0 \times 10^{-6}$	per wireline job	0
	Blowout (underground flow)	-	0	per wireline job	1
	Diverted well release	-	0	per wireline job	0
	Well release	-	$2,6 \times 10^{-5}$	per wireline job	0
<b>Workover</b>	Blowout (surface flow)	-	$1,0 \times 10^{-3}$	per workover	0,19
	Blowout (underground flow)	-	0	per workover	1
	Diverted well release	-	0	per workover	0
	Well release	-	$1,3 \times 10^{-3}$	per workover	0
<b>Production (Excluding External Causes)</b>	Blowout (surface flow)	-	$3,3 \times 10^{-5}$	per well year	0,43
	Blowout (underground flow)	-	$4,0 \times 10^{-6}$	per well year	1
	Diverted well release	-	0	per well year	0
	Well release	-	$2,9 \times 10^{-5}$	per well year	0

(Πηγή: IOGP, 2019)



#### 5.4.2.4 Πιθανότητες Blowout στην Ε.Ε.

Το 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε ένα έγγραφο σχετικά με την ασφάλεια γύρω από τις δραστηριότητες αναζήτησης, έρευνας και παραγωγής υδρογονανθράκων. Στο Παράρτημα Ι του εγγράφου, η Επιτροπή, αξιοποιώντας τα στοιχεία από τη βάση δεδομένων της SINTEF, δημιούργησε έναν πίνακα σχετικά με την ετήσια πιθανότητα πρόκλησης blowout, για τις διάφορες φάσεις εργασιών, εντός της Ε.Ε. (Πίνακα 5.29) (European Commission, 2011).

Πίνακας 5.29: Ετήσια πιθανότητα πρόκλησης blowout για υπεράκτιες εργασίες στην Ε.Ε.

Operation		Blowout Probability/Unit	Unit	Annual No. Units in European Waters	Annual Probability of at least one Blowout in European Waters
Drilling	Exploration Drilling, deep (normal wells)	$3,1 \times 10^{-4}$	per drilled well	383 (estimated)	$1,1 \times 10^{-1}$
	Exploration Drilling, deep (HPHT wells)	$1,9 \times 10^{-3}$	per drilled well	29 (estimated)	$5,3 \times 10^{-2}$
	Development Drilling, deep (normal wells)	$6,0 \times 10^{-5}$	per drilled well	635 (estimated)	$3,7 \times 10^{-2}$
	Development Drilling, deep (HPHT wells)	$3,7 \times 10^{-4}$	per drilled well	48 (estimated)	$1,8 \times 10^{-2}$
Well Intervention	Completion	$9,7 \times 10^{-5}$	per operation	608 (estimated)	$5,7 \times 10^{-2}$
	Wirelining	$6,5 \times 10^{-6}$	per operation	10735 (estimated)	$6,7 \times 10^{-2}$
	Coiled Tubing	$1,4 \times 10^{-4}$	per operation	505 (estimated)	$6,8 \times 10^{-2}$
	Snubbing	$3,4 \times 10^{-4}$	per operation	316 (estimated)	$1,0 \times 10^{-1}$
	Workover	$1,8 \times 10^{-4}$	per operation	1074 (estimated)	$1,8 \times 10^{-1}$
Producing Wells (excluding external causes)		$9,7 \times 10^{-6}$	per well year	6315	$5,9 \times 10^{-2}$
Producing Wells (external causes)		$3,9 \times 10^{-5}$	per well year	6315	$2,2 \times 10^{-1}$
<b>Total</b>					<b><math>6,45 \times 10^{-1}</math></b>

(Πηγή: European Commission, 2011)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

### 6.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν οι πιθανές πηγές διαρροής πετρελαιοειδών στη θάλασσα, καθώς και οι δυνητικές επιπτώσεις τους. Ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα μπορεί να επιφέρει σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον, στην κοινωνία αλλά και στην οικονομία. Μετά το μεγάλο ατύχημα του Κόλπου του Μεξικού, το 2010, πολλές συζητήσεις ξεκίνησαν, όχι μόνο γύρω από την ασφάλεια, αλλά και από τη συνέχιση τέτοιων εργασιών. Το κόστος του ατυχήματος στο Μακόντο υπολογίζεται ότι ξεπέρασε τα 62 δισ. δολάρια, αφήνοντας πίσω του μία τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή, παράλληλα με τις επιζήμιες επιπτώσεις στην οικονομία και σ' ολόκληρη την κοινωνία. Στην Ε.Ε., η πλειοψηφία των καταγεγραμμένων μεγάλων ατυχημάτων δεν έχουν οδηγήσει σε ιδιαίτερα μεγάλες πετρελαιοκηλίδες, όπως εκείνη στο Μακόντο. Το μεγαλύτερο ατύχημα διαρροής πετρελαίου που συνέβη εντός της Ε.Ε. ήταν του Ekofisk Bravo στα χωρικά ύδατα της Νορβηγίας όπου διέρρευσαν περίπου 202.000bbl.

Η αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων και του συνολικού κόστους του ατυχήματος είναι δύσκολο να υπολογιστεί ακριβώς, καθώς εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως το είδος και τον όγκο του πετρελαίου που διέρρευσε, το χρόνο και τη θέση που έλαβε χώρα το συμβάν κ.α.. Στο συνολικό κόστος υπολογίζονται τα **α) άμεσα** και **β) έμμεσα** κόστη. Στα άμεσα κόστη περιλαμβάνονται οι ζημιές των υποδομών, οι απώλειες λόγω του πετρελαίου που διέρρευσε, τα κόστη καθαρισμού κ.α.. Στα έμμεσα κόστη περιλαμβάνονται τα κόστη προς τρίτους, όπως τα θύματα του ατυχήματος, στις κυβερνήσεις, στους κατοίκους και σε επιχειρήσεις όπου υπέστησαν ζημιές κ.α.. Για χάριν ευκολίας, όταν γίνεται αναφορά στο οικονομικό κόστος μίας πετρελαιοκηλίδας, συχνά τα κόστη συγκεντρώνονται σε τρεις κατηγορίες: **α) το κόστος καθαρισμού** (απομάκρυνσης, έρευνα και άλλα κόστη), **β) τις κοινωνικοοικονομικές ζημιές** και **γ) τα τις περιβαλλοντικές ζημιές**.

Η αποτίμηση του κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας γίνεται ακόμα πιο δύσκολο όταν πραγματοποιείται μία εκτίμηση κινδύνου ενός πιθανού ατυχήματος. Ο οικονομικός απολογισμός σε περίπτωση ατυχήματος αποτελεί θέμα με έντονο ενδιαφέρον στην επιστημονική κοινότητα. Πολλές έρευνες και μελέτες πραγματοποιούνται σχετικά με τον υπολογισμό του κόστους ενός ενδεχόμενου ατυχήματος διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα.

### 6.2 Μοντέλα Κόστους Ενδεχόμενου Ατυχήματος

Το συνολικό κόστος διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα μπορεί να κυμανθεί από μερικές χιλιάδες ευρώ/δολάρια μέχρι και κάποια δισεκατομμύρια. Το κόστος δεν διαμορφώνεται γραμμικά με τον όγκο που έχει διαρρεύσει. Το πετρέλαιο καθώς διαρρέει στη θάλασσα υπόκειται σε διάφορες διεργασίες ανάλογα με περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν. Η περιοχή που έλαβε χώρα το ατύχημα μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά την εξέλιξη του ατυχήματος και τον τρόπο αναχαίτισης του. Οι παράγοντες αυτοί δεν αποτελούν τους

μόνους για την εκτίμηση του κόστους του ατυχήματος. Συνοπτικά, οι παράγοντες που καθορίζουν το συνολικό κόστος ενός συμβάντος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε ομάδες (European Commission, 2011; Ramseur, 2017):

### **Τοποθεσία-Θέση**

Η τοποθεσία γενικά μπορεί να θεωρηθεί ο πιο σημαντικός παράγοντας καθώς περιλαμβάνει ποικίλες συνιστώσες. Το κόστος που μπορεί να δημιουργηθεί από μία πετρελαιοκηλίδα ποικίλει ανάλογα με την περιοχή που προκλήθηκε το ατύχημα. Για παράδειγμα, η έκταση που θα καταλάβει το πετρέλαιο στην ακτή αποτελεί σημαντικό παράγοντα και ενισχύει το τελικό κόστος. Επίσης, η θερμοκρασία του νερού μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά την εξάπλωση του πετρελαίου. Περιοχές με λιγότερο δυναμικά νερά, ελώδεις περιοχές, αυξάνουν το κόστος καθαρισμού σε σύγκριση με την ανοιχτή θάλασσα. Τέλος, το πετρέλαιο μπορεί να φτάσει σε περιοχές με οικονομική και περιβαλλοντική σημασία, κοραλλιογενείς περιοχές, ζώνες αλιείας, περιοχές με άλλες παράκτιες δραστηριότητες τα οποία αυξάνουν το τελικό κόστος.

### **Είδος Πετρελαίου**

Ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας μπορεί να προκύψει από διάφορα είδη πετρελαίου που ποικίλουν σε ιδιότητες. Το πετρέλαιο όταν διαρρέυσει στο νερό υπόκειται σε φυσικές και χημικές διεργασίες. Η πυκνότητα, το ιξώδες, η τοξικότητα και η δυνατότητα εξάτμισης είναι μερικές από τις ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα διάφορα είδη πετρελαίου, οι οποίες επιδρούν σημαντικά στο τελικό κόστος. Για παράδειγμα, το βαρύ αργό πετρέλαιο (heavy crude oil) και τα καύσιμα πλοίου (bunker fuel) είναι αρκετά ανθεκτικά και παρουσιάζουν μεγάλο ιξώδες, με αποτέλεσμα να αυξάνουν το κόστος καθαρισμού. Αντίθετα, η βενζίνη (gasoline) και άλλα ελαφριά αποστάγματα πετρελαίου απαιτούν λιγότερο κόστος καθαρισμού, διότι αυτά τα υλικά τείνουν να εξατμίζονται και να εξαπλώνονται πιο εύκολα, αφήνοντας πίσω στο περιβάλλον μόνο ένα μικρό όγκο υλικού.

### **Όγκος Πετρελαίου**

Σε σύγκριση με τους υπόλοιπους παράγοντες, ο όγκος που θα διαρρέυσει είναι λιγότερο σημαντικός. Ένα μεγάλο ατύχημα διαρροής πετρελαίου μακριά από το την ακτή μπορεί να παρουσιάζει μικρότερο κόστος σε σχέση με ένα μικρότερο ατύχημα που θα βλάψει μία ευαίσθητη περιοχή. Για την ακρίβεια, ο όγκος του πετρελαίου συντελεί στο κόστος καθαρισμού, καθώς, αντικειμενικά, μία μεγάλη πετρελαιοκηλίδα απαιτεί μεγαλύτερη προσπάθεια και ακριβότερο εξοπλισμό. Όμως, η σχέση μεταξύ του κόστους καθαρισμού με τον όγκο διαρροής δεν είναι γραμμική. Είναι δυνατόν, μία μικρή πετρελαιοκηλίδα να στοιχίσει περισσότερο σε σχέση με μία μεγαλύτερη ανά μονάδα όγκου υλικού.

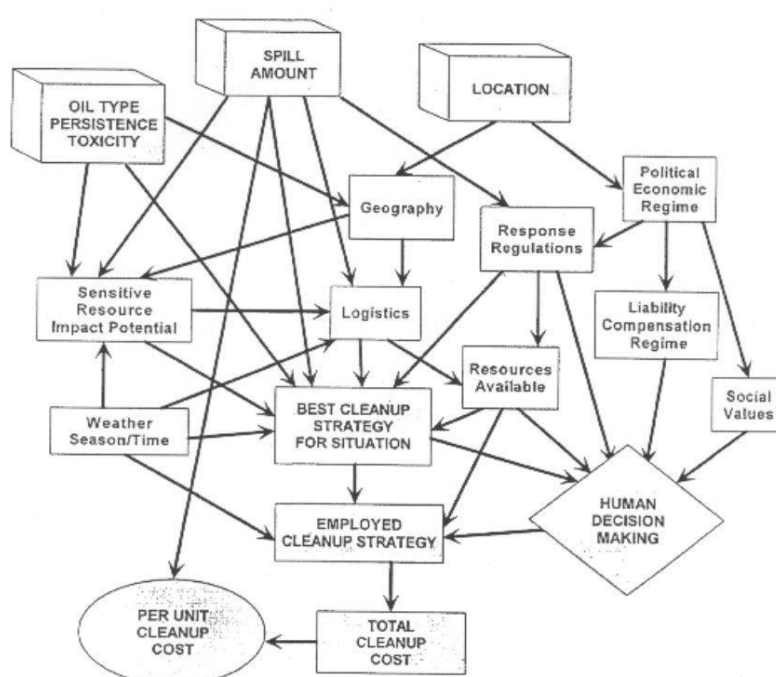
### **Εποχή/Καιρός**

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φυσικά φαινόμενα μπορούν να συντελέσουν στην αύξηση ή στη μείωση της τελικής οικονομικής ζημίας ενός ατυχήματος. Για παράδειγμα, ο άνεμος και ο αίθριος καιρός μπορούν να επιδράσουν στην εξάπλωση και στην εξάτμιση του πετρελαίου που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας.

## Τρόποι Αντιμετώπισης

Πρόσθετα στους παραπάνω παράγοντες, η επιλογή του τρόπου αντιμετώπισης ενός περιστατικού διαρροής πετρελαίου στηρίζεται στο νομικό και θεσμικό κυβερνητικό πλαίσιο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Όταν ένα ατύχημα λάβει χώρα και κρίνεται ότι η φυσική αντιμετώπιση του ατυχήματος είναι ανεπαρκής, τότε το κόστος της κάθε μεθόδου αντιμετώπισης, επιτόπια καύση, διασκορπιστικά, χρήση booms, παράλληλα με το εργασιακό κόστος, λαμβάνονται υπόψη.

Φαίνεται ότι ο υπολογισμός του κόστους ενός ατυχήματος αποτελεί ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα. Στο **Σχήμα 6.1** αποτυπώνονται αναλυτικά οι παράγοντες που συντελούν στο τελικό κόστος καθαρισμού μία πετρελαιοκηλίδας και πώς αλληλεπιδρούν.



**Σχήμα 6.1:** Παράγοντες που καθορίζουν το κόστος καθαρισμού ανά μονάδα (Etkin, 1999)

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, η πρόβλεψη του οικονομικού κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας έχει απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα. Στην διεθνή βιβλιογραφία παρουσιάζονται αρκετά μοντέλα υπολογισμού του κόστους ενός πιθανού περιστατικού. Βέβαια, κάθε μοντέλο αξιοποιεί διαφορετική βάση δεδομένων και λαμβάνει υπόψη διαφορετικούς παράγοντες ακόμα και για το συνολικό κόστος.

Μερικά από τα μοντέλα και μεθόδους υπολογισμού του κόστους καθαρισμού μίας πετρελαιοκηλίδας είναι τα ακόλουθα: **α)** Μοντέλο Etkin, **β)** Μέθοδος με χρήση ACP (U.S. Area Contingency Plan) και **γ)** Μέθοδος εκτίμησης του κόστους εργασίας και εξοπλισμού που απαιτείται.

Η Etkin (2001), σε σχετική της εργασία, συγκρίνει τα παραπάνω μοντέλα ώστε να υπολογίσει τα κόστη με χρήση μηχανικού εξοπλισμού σε ενδεχόμενα σενάρια σχηματισμού

πετρελαιοκηλίδας στον Κόλπο του Μεξικού και στο Σαν Φρανσίσκο της Καλιφόρνιας των Η.Π.Α.

### **Μοντέλο Etkin**

Το *Μοντέλο Etkin* αξιοποιεί μία βάση δεδομένων με ιστορικά στοιχεία τα οποία συλλέχθηκαν από το Environmental Research Consulting (ERC). Η εξίσωση του Μοντέλου Etkin είναι:

$$C_{ei} = C_{ui} * A_i \quad \text{Εκτιμώμενο Συνολικό Κόστος για το Σενάριο I,}$$

Όπου,

$$C_{ui} = C_{li} * t_i * o_i * m_i * s_i \quad \text{Κόστος Αντιμετώπισης ανά Μονάδα για το Σενάριο i, και}$$

$$C_{li} = r_i * l_i * C_n \quad \text{Κόστος ανά Μονάδα Υλικού που έχει Διαρρεύσει για το Σενάριο i}$$

$C_n$  : General cost per unit spilled in nation, n

$t_i$  : Oil type modifier factor for scenario i

$o_i$  : Shoreline oiling modifier factor for scenario i

$m_i$  : Cleanup methodology modifier factor for scenario i

$s_i$  : Spill size modifier factor for scenario i

$r_i$  : Regional location modifier for scenario i

$l_i$  : Local location modifier for scenario i

$A_i$  : Special spill amount for scenario i

Στον **Πίνακα 6.1**, αποτυπώνεται το μέσο κόστος καθαρισμού (1999 US\$) μίας πετρελαιοκηλίδας ανά χώρα. Οι συντελεστές διόρθωσης (modifiers) για τους περισσότερους παράγοντες παρουσιάζονται στον **Πίνακα 6.2**.

**Πίνακας 6.1: Μέσο κόστος καθαρισμού (1999 US\$)**  
θαλάσσιας πετρελαιοκηλίδα ανά χώρα.

Country	US\$/gallon	US\$/ton
<b>North America</b>		
Canada	22,14	6.508,14
United States	87,13	25.614,63
Average	67,41	19.814,63
<b>Latin America</b>		
Argentina	7,87	2.316,61
Brazil	19,04	5.600,72
Chile	3,10	910,42
Mexico	2,88	850,32
St. Kitts/Nevis	10,48	3.085,81
Uruguay	11,47	3.368,25
Venezuela	40,20	1.817,83
Average	10,41	3.055,76
<b>Africa</b>		
Egypt	15,06	4.428,90
Morocco	32,89	9.675,07
Mozambique	0,04	6,09
Nigeria	6,02	1.766,75
South Africa	9,92	2.917,54
Average	10,75	3.163,93
<b>Europe</b>		
Denmark	38,04	11.180,41
Estonia	23,20	6.820,62
Finland	7,19	2.115,29
France	7,83	2.301,58
Germany	36,41	10.702,67
Greece	29,03	8.530,29
Ireland	16,35	4.807,49
Italy	22,26	6.541,19
Latvia	31,34	9.212,35
Lithuania	0,26	78,12
Netherlands	22,63	6.655,37
Norway	78,61	23.118,08
Spain	1,48	438,68
Sweden	53,22	15.642,36
United Kingdom	10,48	3.082,80
Yugoslavia	5,15	1.541,40
Average	36,75	10.807,83
<b>South Pacific</b>		
Australia	20,36	5.991,33
New Zealand	9,50	2.791,35
Average	19,38	5.698,88
<b>Middle East</b>		
Israel	7,87	2.313,60
UAE	2,16	636,99
Average	3,60	1.057,50
<b>Asia</b>		
Hong Kong	15,14	4.452,94
Japan	117,75	34.619,92
Malaysia	260,90	76.589,29
Philippines	2,31	676,51
Singapore	1,32	390,61
South Korea	43,60	12.814,96
Average	93,53	27.495,83

(Πηγή: Etkin, 2001)

**Πίνακας 6.2:** Συντελεστές των παραγόντων που καθορίζουν το κόστος καθαρισμού μίας πετρελαιοκηλίδας.

<b>Cost factor</b>	<b>Modifier</b>
<b>Oil type</b>	
No. 2 fuel (diesel)	0,18
Light crude	0,32
No. 4 fuel, No. 5 fuel	1,82
Crude	0,55
Heavy crude	0,65
No. 6 fuel	0,71
<b>Spill size</b>	
<10,000 gal (<34 t)	2,00
10,000–100,000 gal (34–340 t)	0,65
100,000–500,000 g (340–1,700 t)	0,27
500,000–1,000,000 gal (1,700–3,400 t)	0,15
1–10 million gal (3,400–34,000 t)	0,05
(>10 million gal (>34,000 t)	0,01
<b>Location type</b>	
Near-shore	1,46
In port	1,28
Offshore	0,46
<b>Primary method cleanup</b>	
Dispersants	0,46
<i>In situ</i> burning	0,25
Mechanical	0,92
Manual	1,89
Natural cleansing	0,10
<b>Shoreline oiling</b>	
0–1 km	0,47
2–15 km	0,54
20–90 km	0,61
100 km	1,06
500 km	1,53

(Πηγή: Etkin, 2001)

### Μέθοδος με χρήση ACP

Τα ACP στις Η.Π.Α. συχνά περιλαμβάνουν σενάρια υποθετικών ατυχημάτων σχηματισμού πετρελαιοκηλίδας, τα οποία περιγράφουν τα μέσα και τις στρατηγικές που θα απαιτούνται για την αντιμετώπιση του ατυχήματος. Ο τρόπος αντιμετώπισης, για κάθε ένα σενάριο χωριστά, καλύπτει τις πιο άμεσες-έγκαιρες πτυχές λειτουργίας των μηχανικών μέσων για την αναχαίτιση και την αποκατάσταση του συμβάντος. Λήφθηκαν υπόψη μόνο η χρήση μηχανικών μέσων, και όχι η χρήση διασκορπιστικών, για τη θαλάσσια περιοχή που συνέβη το περιστατικό. Το κόστος καθαρισμού ακτής δε λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση αυτή.

Τα σενάρια αντιμετώπισης τέτοιων περιστατικών χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να υπολογιστεί το κόστος άλλων υποθετικών σεναρίων διαρροής πετρελαίου. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν συναρτήσεως του όγκου του πετρελαίου που διέρρευσε στη θάλασσα, ενώ άλλοι παράγοντες, όπως το είδος του πετρελαίου, δεν λήφθηκαν υπόψη. Εκείνα τα οποία συμπεριλήφθηκαν ήταν η περιγραφόμενη κατανομή του εξοπλισμού και της εργασίας, καθώς επίσης, το υπολογιζόμενο κόστος βάσει του μέσου κόστους εξοπλισμού και εργασίας του U.S. Coast Guard (USCG), όπως αυτά ορίζονται από το USCG Basic Ordering Agreements (BOAs). Τα στοιχεία αυτά βασίζονται σε προηγούμενη εργασία της Etkin, και έχουν μετατραπεί σε αξία δολαρίων του 1999. Το εργασιακό κόστος

περιλαμβάνει διαφορετικού είδους εργαζόμενους, με αντίστοιχο εύρος μισθών, για τις διαφορετικές περιοχές όπως αυτές αποτυπώνονται από το αντίστοιχο USCG της κάθε περιοχής.

Οι περιορισμοί σ' αυτή την προσέγγιση αφορούν το γεγονός ότι τα σενάρια ACP τείνουν να είναι συγκεκριμένα σχετικά με τη τοποθεσία και το είδος του πετρελαίου, περιλαμβάνουν σχετικά μικρού μεγέθους πετρελαιοκηλίδες προκαλώντας έτσι προβλήματα στη συσχέτιση με παράλληλα υποθετικά σενάρια. Για παράδειγμα, μία πετρελαιοκηλίδα με 5.000gal. Καυσίμου No.2 (No.2 Fuel) δεν μπορεί εύκολα να συγκριθεί μ' ένα ατύχημα 10.000gal. αργού πετρελαίου. Επίσης, τα ACP σπάνια καθορίζουν τον εκτιμώμενο χρόνο ολοκλήρωσης των εργασιών με μηχανικά μέσα.

### **Μέθοδος εκτίμησης του κόστους εργασίας και εξοπλισμού**

Η μέθοδος αυτή αποτελεί μία προσέγγιση που περιλαμβάνει ένα σενάριο σύμφωνα με το ACP, το Response Plan Equipment Caps Review και εκθέσεις με παλαιότερες μελέτες περίπτωσης (case studies) έτσι ώστε να εκτιμηθούν οι εργάσιμες μέρες και ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την αναχαίτιση και αποκατάσταση του ατυχήματος με χρήση μηχανικών μέσων στη θάλασσα. Όπως στην προηγούμενη μέθοδο, έτσι και σε αυτή, το κόστος εργασίας και εξοπλισμού βασίστηκαν στο USCG BOAs.

Οι εκτιμήσεις σχετικά με την εργασία προκύπτουν από το συνδυασμό πληροφοριών για τη γενική συμπεριφορά διαφόρων ειδών πετρελαίου και του όγκου του πετρελαίου, αξιοποιώντας το πρόγραμμα ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills) του NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Τα δεδομένα για τη συμπεριφορά του πετρελαίου, εξάπλωση, διασπορά, εξάτμιση και γαλακτοποίηση, χρησιμοποιήθηκαν ώστε να τροποποιηθεί η εκτιμώμενη εργασία που απαιτείται με χρήση μηχανικών μέσων.

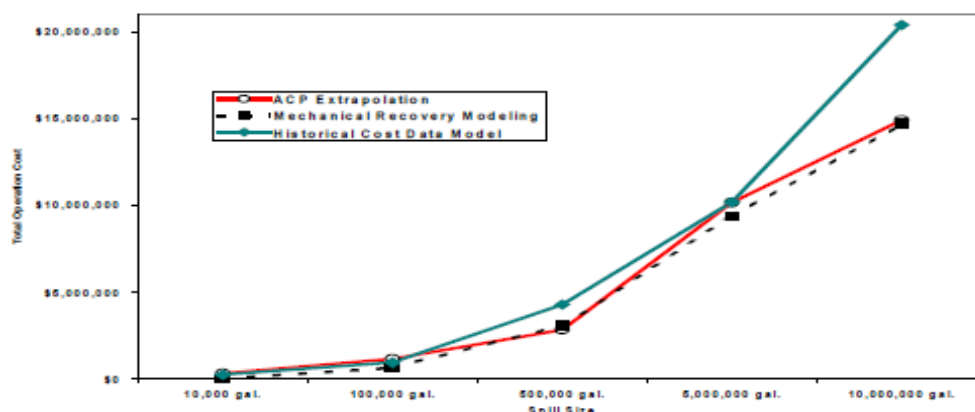
Οι παρακάτω υποθέσεις που εφαρμόστηκαν γι' αυτή τη μέθοδο (*Michel & Cotsapas, 1997* όπως αναφέρεται στο *Etkin, 2001*):

- Το 50% του πετρελαίου που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας μπορεί ή γίνεται προσπάθεια να ανακτηθεί.
- Το πετρέλαιο που έχει εξαπλωθεί και εξατμιστεί δεν μπορεί να συλλεχθεί με μηχανικά μέσα.
- Η γαλακτοποίηση αυξάνει τον όγκο του πετρελαίου τέσσερις φορές. Το καύσιμο No.2 δεν μπορεί να γαλακτοποιηθεί.
- Το κόστος των συστημάτων Skimmingστη ξηρά είναι 12% του κόστους στο νερό.
- Χρήση ελικοπτέρων (ένα για ατυχήματα κάτω των 500.000gal, και δύο για άνω) για 12 ώρες την ημέρα για όλη την περίοδο που το πετρέλαιο βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας.
- Το μισθολογικό κόστος αποτελείται από 67% κανονικούς μισθούς (straight wages), 20% προσαυξημένους μισθούς (premium wages), και 13% υπερωρίες (overtime wages).

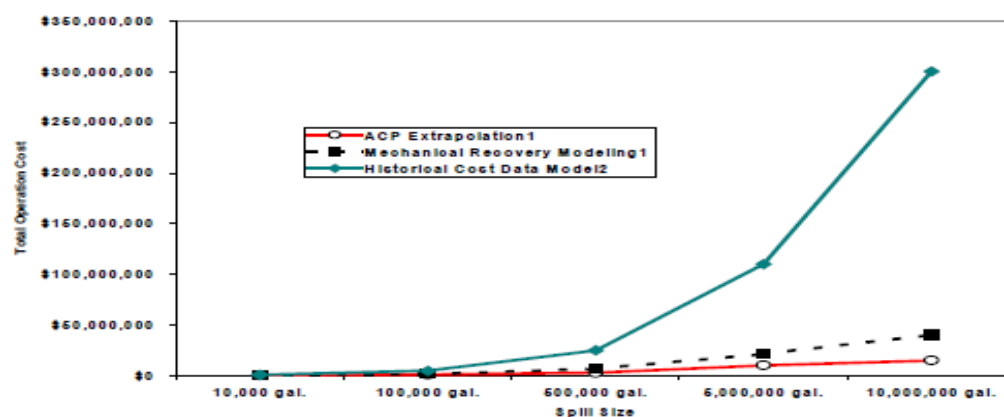


- Το πλήρωμα αποτελείται από 1% project managers, 3% supervisors, 67% ειδικευμένο και 29% μη ειδικευμένο προσωπικό.
- Το κόστος εργασίας και εξοπλισμού αυξάνεται ετησίως σύμφωνα με το μέσο Δείκτη Τιμών Καταναλωτή των Η.Π.Α.
- Η δυναμικότητα του Skimming είναι 20% της ονομαστικής δυναμικότητας (name plate capacity) λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, κατά εντολή του USCG.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των τριών μεθόδων, με χρήση μηχανικών μέσων για καύσιμο No.2 και αργό πετρέλαιο, παρουσιάζονται στα **Σχήματα 6.2** και **6.3** αντίστοιχα.



**Σχήμα 6.2:** Εκτίμηση κόστους καθαρισμού (1999 US\$) με μηχανικά μέσα για καύσιμο No.2 (Τέξας). (Πηγή: Etkin, 2001)



**Σχήμα 6.3:** Εκτίμηση κόστους καθαρισμού (1999 US\$) με μηχανικά μέσα για αργό πετρέλαιο (Τέξας). (Πηγή: Etkin, 2001)

Από τη σύγκριση των παραπάνω μεθόδων, το συμπέρασμα που εξαγεται είναι ότι η μέθοδος με χρήση ACP δεν αποτυπώνει κατάλληλα αποτελέσματα, καθώς η μέθοδος βασίζεται αποκλειστικά στο μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας, ενώ το είδος του πετρελαίου και η θέση του ατυχήματος δε λαμβάνονται υπόψη. Για παράδειγμα, διαφορετικό εξοπλισμό θα απαιτηθεί για το καύσιμο No.2 το οποίο υπόκειται σε εξάτμιση και διασπορά, σε αντίθεση με το αργό πετρέλαιο, και διαφορετικό θα είναι το κόστος εξοπλισμού και εργασίας σε δύο διαφορετικές περιοχές, Τέξας και Καλιφόρνια. Η μέθοδος «εκτίμησης του κόστους εργασίας και εξοπλισμού» λαμβάνει υπόψη αυτούς τους παράγοντες παράλληλα

με το κόστος διαχείρισης, πράγμα που καθιστά τη συγκεκριμένη μέθοδο σχετικά πιο ακριβή-αποτελεσματική. Τέλος, οι εκτιμήσεις σύμφωνα το «μοντέλο Etkin» είναι συγκριτικά πιο υψηλές από τις υπόλοιπες, ιδιαίτερα για μεγάλες πετρελαιοκηλίδες. Αυτό συμβαίνει διότι το μοντέλο περιλαμβάνει όλες τις εργασίες αντιμετώπισης του ατυχήματος, συμπεριλαμβανομένου και τον καθαρισμό της ακτής. Το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελεί ένα γρήγορο τρόπο υπολογισμού του κόστους ενός ατυχήματος βασιζόμενο σε ποικίλους παράγοντες.

Ως συνέχεια των μεθόδων-μοντέλων που εντοπίζονται και εφαρμόζονται στη διεθνή βιβλιογραφία, παρακάτω παρουσιάζονται τρία μοντέλα εκτίμησης του συνολικού κόστους ενός ατυχήματος διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα. Τα τρία μοντέλα αυτά εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες, ως προς την μορφή των εξισώσεων τους επειδή έχουν αξιοποιήσει την ίδια βάση δεδομένων ώστε να αποτυπώσουν τα μαθηματικά τους μοντέλα. Τα μοντέλα αποτελούν μη-γραμμικές συναρτήσεις που προέκυψαν με παλινδρόμηση. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν του IOPCF (International Oil Pollution Compensation Funds) η οποία αφορά ατυχήματα από δεξαμενόπλοια (tanker), καθώς οι πληροφορίες για τέτοιου είδους περιστατικά είναι πιο κοινές. Το κάθε μοντέλο είναι συνδεδεμένο με τη χώρα και την επιστημονική ομάδα που ανέπτυξαν το κάθε ένα από αυτά. Στον **Πίνακα 6.3** παρουσιάζονται τα τρία μαθηματικά μοντέλα (European Commission, 2011; Kontovas et al., 2009)

**Πίνακας 6.3:** Μη-γραμμικές συναρτήσεις υπολογισμού του συνολικού κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας.

Study	Total spill cost function (2008 US\$) V = spill weight (tonnes)
Japan: Yamada 2009	$38.735 * V^{0,66}$
Norway: Psarros et al. 2009	$60.515 * V^{0,647}$
Greece: Kontovas et al. 2009	$51.432 * V^{0,728}$

(Πηγή: European Commission, 2011)

Το 2010, το Marine Environment Protection Committee (MEPC) του International Maritime Organization (IMO) έλαβε υπόψη του τα παραπάνω μοντέλα, ώστε ένα από αυτά να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους ατυχήματος πετρελαιοκηλίδας. Η επιτροπή αποφάσισε να επιλέξει το ελληνικό μοντέλο.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε έκθεση της σχετικά με την υπεράκτια ασφάλεια σε εργασίες αναζήτησης, έρευνας και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου (European Commission, 2011) αξιοποίησε και εκείνη με τη σειρά της το ελληνικό μοντέλο υπολογισμού του συνολικού κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας. Η εφαρμογή έγινε για το ατύχημα του Deerpwater Horizon (2010), και υπολογίσθηκε ότι, για τα 666.400tonnes πετρελαίου που διέρρευσαν, το κόστος του ατυχήματος είναι σχεδόν 893εκ. δολάρια (2008 US\$). Όπως σημειώνει στη συνέχεια η Επιτροπή, η εμπειρία από παλαιότερα ατυχήματα πετρελαιοκηλίδας που προκλήθηκαν από tankers μπορούν να υποτιμήσουν το κόστος σχετικά με το ατύχημα του Κόλπου του Μεξικού (2010). Ως εναλλακτική επιλογής τέτοιων μοντέλων, η Επιτροπή προτείνει την εφαρμογή του «μοντέλου Etkin» για τον υπολογισμό

του κόστους καθαρισμού του συγκεκριμένου ατυχήματος. Σύμφωνα με την έκθεση της Επιτροπής, το «Μοντέλο Etkin» εκτιμά ότι το συνολικό κόστος καθαρισμού είναι 18,8 δισ. δολάρια, δηλαδή 38% περισσότερο από το πραγματικό κόστος που ήταν 13,6 δισ. δολάρια<sup>23</sup>. Παρ' όλη τη διαφορά, το «Μοντέλο Etkin» παρουσιάζει πιο ορθά στοιχεία σε σύγκριση με τα δεδομένα των tanker που αξιοποιήθηκαν από το IMO.

### 6.3 Μοντέλο EPA BOSCEM

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστεί μία πιο εκτενή περιγραφή του «Μοντέλου Etkin», καθώς, όπως φάνηκε και στη προηγούμενη ενότητα, το μοντέλο παρουσιάζει αρκετά θετικά αποτελέσματα σχετικά με το κόστος καθαρισμού. Ως συνέχεια της φόρμουλας αυτής, η Etkin δημιούργησε ένα μοντέλο υπολογισμού του συνολικού κόστους ενός ατυχήματος, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος καθαρισμού, το περιβαλλοντικό και το κοινωνικό κόστος. Αποφασίστηκε να περιγραφεί το συγκεκριμένο μοντέλο διότι, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, έχει λάβει θετικά σχόλια, αναφέρεται σε αντίστοιχες μελέτες, ενώ κάποιες από αυτές βασίζονται πάνω σ' αυτό για την ανάπτυξη νέων μοντέλων.

Το 1986, ο Cohen δημοσίευσε μία εργασία με τίτλο «*The costs and benefits of oil spill prevention and enforcement*» η οποία αποτέλεσε μία από τις πρώτες εργασίες σχετικά με το κόστος ατυχημάτων πετρελαιοκηλίδας. Η εργασία του βασίστηκε στα δεδομένα (95 ατυχήματα) που είχε συλλέξει το USGC, για την περίοδο 1973-1981. Ο Cohen πρότεινε την εφαρμογή μίας φόρμουλας, για το κόστος αποκατάστασης διαρροής πετρελαίου, σε σχέση με τον όγκο που έχει διαρρεύσει και την τοποθεσία του ατυχήματος. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1999, η Etkin δημιούργησε μία μέθοδο η οποία εκτιμά το κόστος καθαρισμού, ανά τόνο ανακτώμενου πετρελαίου, συναρτήσει της τοποθεσίας, της έκτασης που καταλαμβάνει το πετρέλαιο στην ακτή, του όγκου και του είδους του πετρελαίου, και τέλος, της μεθόδου καθαρισμού. Είναι σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι το μοντέλο εκτιμά αποκλειστικά το κόστος καθαρισμού, δίχως να συμπεριλαμβάνονται οι αξιώσεις αποζημίωσης εκ μέρους τρίτων ή ζημιές σε φυσικούς πόρους. Έπειτα, η Etkin βελτίωσε το μοντέλο της, εμπλουτίζοντας την κατηγορία «τοποθεσία» με τρεις εναλλακτικές επιλογές: **α) ανοιχτή θάλασσα**, **β) παράκτια** και **γ) λιμάνι** σε σχέση με τη χώρα που πραγματοποιήθηκε το ατύχημα. Αυτό το νέο μοντέλο (βλ. εξίσωση του «Μοντέλου Etkin», ενότητα 6.2), βασίστηκε σε προηγούμενα ατυχήματα που συνέβησαν σ' όλο τον κόσμο, τα στοιχεία συλλέχθηκαν από το ERC, που αφορούσαν μελέτες περιπτώσεων για πάνω από 300 πετρελαιοκηλίδες σε 40 χώρες, ενώ το αρχικό μοντέλο στηριζόταν σε ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. Το μοντέλο που προτείνει η Etkin παρουσιάζει ομοιότητες με την τροποποίηση που έγινε από το US MMS σ' ένα εμπειρικό μοντέλο που αναπτύχθηκε από το NOAA, με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την πετρελαιοκηλίδα του Amoco Cadiz. Το μοντέλο του NOAA εκτιμά ότι έλεγχος της πετρελαιοκηλίδας (αναχαίτιση και αποκατάσταση/απομάκρυνση) αποτελούν το 15% του συνολικού κόστους καθαρισμού, ενώ ο καθαρισμός της ακτής και η απομάκρυνση του πετρελαίου αποτελούν το υπόλοιπο 85%. Έπειτα, το MMS τροποποίησε το μοντέλο αυτό λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες που

<sup>23</sup> Στο κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής δεν αναφέρεται τυχόν μετατροπή της αξίας των χρημάτων σε κάποιο έτος αναφοράς.

μπορούν να επηρεάσουν το τελικό κόστος, είτε αυξάνοντας είτε μειώνοντας αυτό. Για παράδειγμα, η χρήση διασκορπιστηκών μπορεί να μειώσει το κόστος κατά 10%, η θερμοκρασία του νερού μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει το κόστος απομάκρυνσης κατά 15%, ενώ η αποτελεσματικότητα της οργάνωσης και η επιλογή του εξοπλισμού αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο τελικό κόστος, κατά 15%. Την ίδια στιγμή, το κόστος καθαρισμού της ακτής μπορεί να εκτοξευθεί ή να περιοριστεί, κατά 45%, ανάλογα με τον τύπο της ακτής, κατά 10% ανάλογα με τον κυματισμό της θάλασσας.

Ο αλγόριθμος και οι συντελεστές (modifiers) της Etkin (βλ. **Πίνακα 6.1** και **6.2**) προέκυψαν από την ανάλυση πάνω από 200 περιπτώσεων. Η ανάλυση αυτή οδήγησε σε πολύ σημαντικά συμπεράσματα:

- Το κόστος ανά μονάδα όγκου είναι μεγαλύτερο για ατυχήματα με πετρέλαια που παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα. Τα βαριά καύσιμα (heavy fuels) είναι περισσότερο από 10 φορές πιο ακριβά σε σχέση με το ελαφρύ αργό πετρέλαιο (lighter crudes) και το diesel.
- Η χρήση μηχανικών και χειρονακτικών μέσων αυξάνουν το κόστος ανά μονάδα όγκου.
- Οι μικρές πετρελαιοκηλίδες αυξάνουν το κόστος ανά μονάδα όγκου. Πετρελαιοκηλίδες με όγκο 30tn είναι περισσότερο από 10 φορές πιο ακριβές ανά μονάδα σε σχέση με πετρελαιοκηλίδες με 300tn.
- Το κόστος ανά μονάδα όγκου είναι μεγαλύτερο σε περιοχές κοντά σε ακτή και λιμάνια σε σχέση με την ανοιχτή θάλασσα. Ατύχημα κοντά στην ακτή μπορεί να στοιχίσει 4-5 φορές περισσότερο από ένα σε ανοιχτή θάλασσα.
- Το κόστος ανά μονάδα όγκου είναι υψηλότερο για περιπτώσεις που το πετρέλαιο έχει καλύψει μεγάλη έκταση στην ακτή.
- Το κόστος ανά μονάδα όγκου ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, με μεγαλύτερο στην Ασία και έπειτα των Η.Π.Α.

Λίγα χρόνια αργότερα, η Etkin ανέπτυξε ένα πολύ σπουδαίο μοντέλο, το οποίο ονομάζεται BOSCEM (Basic Oil Spill Cost Estimation Model), που έχει τη δυνατότητα να εκτιμάει το συνολικό κόστος μίας πετρελαιοκηλίδας. Το BOSCEM, που αναπτύχθηκε για λογαριασμό του EPA (US Environmental Protection Agency), παρέχει μία μεθοδολογία για την εκτίμηση του κόστους της πετρελαιοκηλίδας, περιλαμβάνοντας το κόστος αποκατάστασης, το κοινωνικοοικονομικό και το περιβαλλοντικό κόστος είτε για πραγματικά είτε για υποθετικά ατυχήματα. Αυτή η μέθοδος της Etkin στηρίζεται σε ιστορικά δεδομένα, τα οποία αφορούσαν 42.860 πετρελαιοκηλίδες, με ελάχιστη διαρροή 40 λίτρα κατά την περίοδο 1980-2002. Το EPA BOSCEM έχει τη δυνατότητα να ποσοτικοποιεί σχετικές ζημιές και κόστη για διαφορετικά είδη πετρελαιοκηλίδων όπου αξιοποιούνται για την αξιολόγηση του κανονιστικού αντίκτυπου, την αντιμετώπιση ανεπιθύμητων καταστάσεων και την αξιολόγηση της αξίας των μέτρων πρόληψης και περιορισμού της πετρελαιοκηλίδας.

Το EPA BOSCEM ενσωματώνει συγκεκριμένους παράγοντες, **α)** το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας, **β)** το είδος του πετρελαίου, **γ)** τη μέθοδο και την αποτελεσματικότητα

του τρόπου αντιμετώπισης, που επιδρούν στο τελικό κόστος ενός ατυχήματος, **δ)** το είδος της περιοχής που επηρεάστηκε, **ε)** τις περιοχές με κοινωνικοοικονομική σημασία, **στ)** την ευπάθεια φρέσκου νερού ανάλογα με το σκοπό χρήσης του και **ζ)** την ευπάθεια οικοτόπων και άγριας ζωής, οι οποίοι, όλοι μαζί επιδρούν στο συνολικό κόστος του ατυχήματος. Το μοντέλο, προκειμένου να υπολογίσει το κύριο κόστος μίας πετρελαιοκηλίδας απαιτεί τον προσδιορισμό των τριών πρώτων παραγόντων (α-γ) που αναφέρθηκαν λίγο παραπάνω. Οι υπόλοιποι παράγοντες (δ-ζ) εφαρμόζονται στη συνέχεια, έτσι ώστε να προκύψει το τελικό ποσό της ζημίας.

Για την εφαρμογή του EPA BOSCEM ώστε να εκτιμηθεί το κόστος μίας ενδεχόμενης πετρελαιοκηλίδας, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Προσδιορισμός του όγκου που διέρρευσε (gallons)
2. Προσδιορισμός του τύπου του πετρελαίου (όπως αυτά αναφέρονται στους **Πίνακες 6.4-6.6**)
3. Προσδιορισμός του αρχικού τρόπου αντιμετώπισης και του βαθμού αποτελεσματικότητάς του (**Πίνακας 6.4**)
4. Προσδιορισμός του είδους της περιοχής που επηρεάστηκε (**Πίνακας 6.7**)
5. Προσδιορισμός του βαθμού επιπτώσεων των περιοχών κοινωνικοοικονομικής και πολιτισμικής σημασίας (**Πίνακας 6.8**)
6. Προσδιορισμός της κατηγορίας που πλήττεται λόγω ευπάθειας φρέσκου νερού (**Πίνακας 6.10**)
7. Προσδιορισμός κατηγορίας οικοτόπων και άγριας ζωής που πλήττονται (**Πίνακας 6.11**)

Για τον καθορισμό του κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω εξισώσεις:

#### **Για το Συνολικό Κόστος Αντιμετώπισης**

$$\text{Total response cost} = \text{base per-gallon response cost} * \text{medium modifier} * \text{spill amount}$$

#### **Για το Συνολικό Κοινωνικοοικονομικό Κόστος:**

$$\text{Total socioeconomic damage} = \text{cost per-gallon socioeconomic cost} * \text{socioeconomic cost modifier} * \text{spill amount}$$

### Για το Συνολικό Περιβαλλοντικό Κόστος:

**Total environmental damage** = *cost per-gallon environmental cost \* 0.5 (freshwater modifier + wildlife modifier) \* spill amount*

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στους συντελεστές διόρθωσης κόστους (cost modifiers), αν υπάρχει μία κατάσταση όπου η πετρελαιοκηλίδα συμπίπτει παράλληλα σε διάφορες κατηγορίες, τότε η εκτίμηση λαμβάνει υπόψη τη σχετική αναλογία που επικρατεί για κάθε κατηγορία. Για παράδειγμα, αν το φρέσκο νερό που έχει επηρεαστεί επιδρά κατά 30% στη βιομηχανία και 30% στην άγρια ζωή τότε ο τελικός συντελεστής ευπάθειας φρέσκου νερού θα είναι:  $0,7*(industrial) + 0,3*(wildlife) = 0,7*(0,4) + 0,3*(1,7) = 0,79$ .

Το συνολικό κόστος ενός ατυχήματος διαρροής πετρελαίου υπολογίζεται από τη άθροιση των παραπάνω εξισώσεων.

**Total spill cost** = *Total response cost + Total socioeconomic damage + Total environmental damage*

Στους **Πίνακας 6.4-6.11**<sup>24</sup> παρουσιάζονται τα απαιτούμενοι στοιχεία για την εφαρμογή του μοντέλου EPA BOSCEM, και στο **Σχήμα 6.4** αποτυπώνεται η σύνδεση μεταξύ του βασικού κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας και των αντίστοιχων συντελεστών διόρθωσης (modifiers). Οι αριθμοί εντός των κύκλων συμβολίζουν τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται στο μοντέλο. Όλα τα κόστη είναι υπολογισμένα σε δολάρια του 2002 (Contovas et al., 2010, Etkin, 1999; 2000; 2001; 2004).

<sup>24</sup> Η αρίθμηση των πινάκων ακολουθούν την ροή της εργασίας. Όπου αναφέρεται η λέξη «Table» με αρίθμηση 1-8 αφορά την αντιστοιχία των υποσημειώσεων στους πίνακες.

Πίνακας 6.4: Κόστος Αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας ανά μονάδα όγκου.

Oil Type	Volume (gallons)	Mechanical <sup>2,4</sup>				Dispersants <sup>3,4</sup>		In-Situ Burn <sup>5</sup>	
		0%	10%	20%	50%	Low	High	50%	80%
Light Fuels <sup>6</sup>	<500	\$100	\$85	\$70	\$57	\$36	\$25	\$26	\$13
	500 – 1,000	\$98	\$83	\$68	\$55	\$35	\$24	\$25	\$12
	1,000 – 10,000	\$97	\$82	\$67	\$54	\$34	\$23	\$24	\$11
	10,000 – 100,000	\$87	\$72	\$59	\$41	\$26	\$18	\$18	\$9
	100,000 – 1,000,000	\$74	\$62	\$49	\$26	\$17	\$10	\$10	\$5
	>1,000,000	\$31	\$26	\$17	\$12	\$11	\$6	\$7	\$3
Heavy Oils <sup>7</sup>	<500	\$440	\$386	\$335	\$310	\$140	\$89	\$125	\$64
	500 – 1,000	\$438	\$385	\$334	\$309	\$139	\$88	\$124	\$63
	1,000 – 10,000	\$436	\$384	\$333	\$308	\$138	\$87	\$123	\$62
	10,000 – 100,000	\$410	\$359	\$308	\$267	\$103	\$62	\$103	\$51
	100,000 – 1,000,000	\$179	\$154	\$128	\$103	\$59	\$54	\$72	\$41
	>1,000,000	\$87	\$77	\$67	\$36	\$53	\$49	\$56	\$26
Crude Oil <sup>8</sup>	<500	\$220	\$199	\$189	\$153	\$85	\$53	\$75	\$48
	500 – 1,000	\$218	\$197	\$187	\$151	\$84	\$52	\$74	\$47
	1,000 – 10,000	\$215	\$195	\$185	\$149	\$82	\$51	\$72	\$46
	10,000 – 100,000	\$195	\$185	\$174	\$138	\$74	\$31	\$62	\$31
	100,000 – 1,000,000	\$123	\$118	\$113	\$92	\$49	\$29	\$36	\$16
	>1,000,000	\$92	\$82	\$76	\$64	\$58	\$13	\$22	\$11
Volatile Distillates <sup>9</sup>	<500	--	\$103	--	--	--	--	--	--
	500 – 1,000	--	\$102	--	--	--	--	--	--
	1,000 – 10,000	--	\$100	--	--	--	--	--	--
	10,000 – 100,000	--	\$55	--	--	--	--	--	--
	100,000 – 1,000,000	--	\$23	--	--	--	--	--	--
	>1,000,000	--	\$7	--	--	--	--	--	--

<sup>1</sup>Per-gallon cost based on hypothetical modeling in Etkin *et al.* (2002, 2003) with shoreline oil removal costs adjusted by % reduction of oiling. Modeling included fate by oil type and trajectory (French-McCay *et al.* 2002). <sup>2</sup>Per-gallon costs include on-water mechanical recovery, shoreline oil removal, mobilization, source control, protective booming. <sup>3</sup>Per-gallon costs include on-water dispersant response, shoreline oil removal, mobilization, source control, protective booming. <sup>4</sup>Removal assumed for on-water recovery or dispersants. Shoreline oiling assumed reduced by % on-water oil removal. Low/high removal by dispersants for light fuel/crude 40%/80%, for heavy oil 35%/70% (Pond *et al.* 2000). <sup>5</sup>ISB costs based on per-gallon operations costs in Allen and Ferek (1993), plus costs of shoreline cleanup of unburned oil. <sup>6</sup>Light fuels, light crude, and light oils; <sup>7</sup>Heavy oils, heavy crude, lube oil, tars, and waste oil. <sup>8</sup>Crude (except specifically-identified heavy- or light-crudes, intermediate fuel oils, waxes, animal fats, other oils, edible oils, non-edible vegetable oils, and mineral oils. Default values are shaded. <sup>9</sup>Volatile distillates include gasoline, jet fuel, kerosene, No. 1 fuel oil, and crude condensate. Based on Etkin and Tebeau 2003.

(Πηγή: Etkin, 2004)

Πίνακας 6.5: Κοινωνικοοικονομικό κόστος ανά μονάδα όγκου.

Table 2: Socioeconomic Base Per-Gallon Costs For Use in EPA BOSCEMI <sup>1</sup>			
Oil Type	Volume (gallons)	Base Cost (\$/gallon)	
		Socioeconomic	Environmental
Volatile Distillates <sup>2</sup>	<500	\$65	\$48
	500 – 1,000	\$265	\$45
	1,000 – 10,000	\$400	\$35
	10,000 – 100,000	\$180	\$30
	100,000 – 1,000,000	\$90	\$15
	>1,000,000	\$70	\$10
Light Fuels <sup>3</sup>	<500	\$80	\$85
	500 – 1,000	\$330	\$80
	1,000 – 10,000	\$500	\$70
	10,000 – 100,000	\$200	\$65
	100,000 – 1,000,000	\$100	\$30
	>1,000,000	\$90	\$25
Heavy Oils <sup>4</sup>	<500	\$150	\$95
	500 – 1,000	\$600	\$90
	1,000 – 10,000	\$900	\$85
	10,000 – 100,000	\$500	\$75
	100,000 – 1,000,000	\$200	\$40
	>1,000,000	\$175	\$35
Crudes <sup>5</sup>	<500	\$50	\$90
	500 – 1,000	\$200	\$87
	1,000 – 10,000	\$300	\$80
	10,000 – 100,000	\$140	\$73
	100,000 – 1,000,000	\$70	\$35
	>1,000,000	\$60	\$30

<sup>1</sup>Based on hypothetical spills in Etkin *et al.* (2002, 2003) with oil fate modeling as in French-McCay *et al.*, 2002, and historical cases with oil type impact based on characteristics as modeled by NOAA ADIOS 2. <sup>2</sup>Volatile distillates include gasoline, No. 1 fuel oil, jet fuel, kerosene. <sup>3</sup>Light fuels, light crude, light oils; <sup>4</sup>Heavy oils, heavy crude, lube oil, tars, waste oil. <sup>5</sup>Crude (except specifically-identified heavy- or light-crudes, intermediate fuel oils, waxes, animal fats, other oils, edible oils, non-edible vegetable oils, mineral oils). <sup>1</sup>Based on hypothetical spills in Etkin *et al.* (2002, 2003)

(Πηγή: Etkin, 2004)



Πίνακας 6.6: Περιβαλλοντικό κόστος ανά μονάδα όγκου.

Table 3: Environmental Base Per-Gallon Costs For Use in Basic Oil Spill Cost Estimation Model <sup>1</sup>		
Oil Type	Volume (gallons)	Base Environmental Cost (\$/gallon)
Volatile Distillates <sup>2</sup>	<500	\$48
	500 – 1,000	\$45
	1,000 – 10,000	\$35
	10,000 – 100,000	\$30
	100,000 – 1,000,000	\$15
	>1,000,000	\$10
Light Fuels <sup>3</sup>	<500	\$85
	500 – 1,000	\$80
	1,000 – 10,000	\$70
	10,000 – 100,000	\$65
	100,000 – 1,000,000	\$30
	>1,000,000	\$25
Heavy Oils <sup>4</sup>	<500	\$95
	500 – 1,000	\$90
	1,000 – 10,000	\$85
	10,000 – 100,000	\$75
	100,000 – 1,000,000	\$40
	>1,000,000	\$35
Crudes <sup>5</sup>	<500	\$90
	500 – 1,000	\$87
	1,000 – 10,000	\$80
	10,000 – 100,000	\$73
	100,000 – 1,000,000	\$35
	>1,000,000	\$30

<sup>1</sup>Based on hypothetical spills in Etkin *et al.* (2002, 2003) with oil fate modeling by Applied Science Associates' SIMAP in French-McCay *et al.* 2002, and cases in Appendix Table L with oil type impact based on oil characteristics in Appendix Tables M and O.

<sup>2</sup>Volatile distillates: gasoline, No. 1 fuel oil, jet fuel, kerosene. <sup>3</sup>Light fuels, light crude, and light oils as in Table 1; <sup>4</sup>Heavy oils, heavy crude, lube oil, tars, and waste oil. <sup>5</sup>Crude (except specifically-identified heavy- or light-crudes, intermediate fuel oils, waxes, animal fats, other oils, edible oils, non-edible vegetable oils, and mineral oils.

(Πηγή: Etkin, 2004)

Πίνακας 6.7: Περιοχές που επηρεάζονται από την πετρελαιοκηλίδα.

Table 4: EPA BOSCEM Response Cost Modifiers for Location Medium Type Categories <sup>1</sup>	
Category	Cost Modifier Value <sup>2</sup>
Open Water/Shore*	1,0
Soil/Sand	0,6
Pavement/Rock	0,5
Wetland	1,6
Mudflat	1,4
Grassland	0,7
Forest	0,8
Taiga	0,9
Tundra	1,3

<sup>1</sup>Category description in Table 2. <sup>2</sup>Based on tendency for oil spread or deep penetration in area sensitive to impact of response equipment/personnel (higher values). \*Default value.

Πίνακας 6.8: Βαθμός κοινωνικοοικονομικών και πολιτιστικών επιπτώσεων.

Table 5: EPA BOSCEM Socioeconomic & Cultural Value Rankings <sup>1</sup>			
Value Rank	Spill Impact Site(s) Description	Examples	Cost Modifier Value
<b>Extreme</b>	Predominated by areas with high socioeconomic value that may potentially experience a large degree of <i>long-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	Subsistence/ commercial fishing, aquaculture areas	2,0
<b>Very High</b>	Predominated by areas with high socioeconomic value that may potentially experience some <i>long-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	National park/reserves for ecotourism/nature viewing; historic areas	1,7
<b>High</b>	Predominated by areas with medium socioeconomic value that may potentially experience some <i>long-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	Recreational areas, sport fishing, farm/ranchland	1,0
<b>Moderate</b>	Predominated by areas with medium socioeconomic value that may potentially experience <i>short-term</i> <sup>2</sup> impact if oiling occurs.	Residential areas; urban/suburban parks; roadsides	<b>0,7*</b>
<b>Minimal</b>	Predominated by areas with a small amount of socioeconomic value that may potentially experience <i>short-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	Light industrial areas; commercial zones; urban areas	0,3
<b>None</b>	Predominated by areas already moderately to highly polluted or contaminated or of little socioeconomic or cultural import that would experience little short- or long-term impact if oiled.	Heavy industrial areas; designated dump sites	0,1

<sup>1</sup>Default value is shaded. <sup>2</sup>Long-term impacts are those impacts that are expected to last *months to years* after the spill or be relatively irreversible. <sup>3</sup>Short-term impacts are those impacts that are expected to last *days to weeks* after the spill occurs and are generally considered to be reasonably reversible. \*Default value.

(Πηγή: Etkin, 2004)

Πίνακας 6.9: Μέθοδος αντιμετώπισης και βαθμός αποτελεσματικότητας.

Table 6: Response Method And Effectiveness Adjustment Factors		
Response Method	Oil Removal Effectiveness	Adjustment Factor <sup>1</sup>
<b>Mechanical Recovery</b>	0%	1,15
	<b>10%</b>	<b>1,00*</b>
	20%	0,85
	50%	0,55
<b>Dispersants</b>	Light Oils/Crude/Light Fuels Low (40%) <sup>2</sup>	0,45
	Heavy Oils Low (35%) <sup>2</sup>	0,40
	Light Oils/Crude/Light Fuels High (80%) <sup>2</sup>	0,25
	Heavy Oils High (70%) <sup>2</sup>	0,35
<b>In Situ Burning</b>	50%	0,55
	80%	0,25

<sup>1</sup>Adjustment factor based on percent reduction in oil spreading and shoreline oiling expected with response methodology. Note that not all socioeconomic costs are directly related to the degree of oiling. Some impacts occur regardless of the amount of oiling. Thus the adjustment factors are slightly less than the percent oiling expected after response operations of certain removal effectiveness. <sup>2</sup>Low/high removal by dispersants for light fuel/crude 40%/80%, for heavy oil 35%/70% (Pond et al. 2000) \*Default value.

(Πηγή: Etkin, 2004)

**Πίνακας 6.10:** Κατηγορίες που πλήττεται λόγω ευπάθειας φρέσκου νερού.

Table 7: EPA BOSCEM Freshwater Vulnerability Categories	
Category	Cost Modifier Value
Wildlife Use	1,7
Drinking	1,6
Recreation	1,0
Industrial	0,4
Tributaries to Drinking/Recreation	1,2
Non-Specific*	0,9

\*Default value shaded.

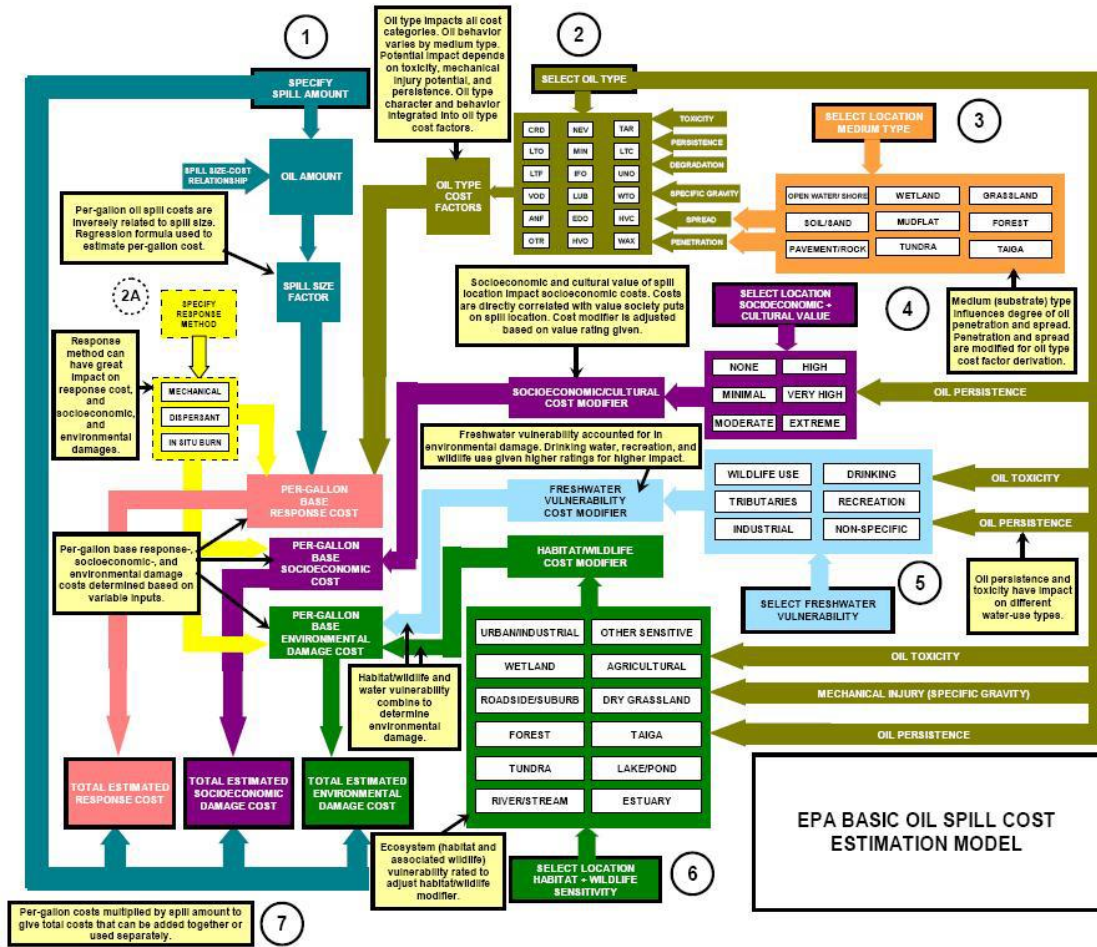
(Πηγή: Etkin, 2004)

**Πίνακας 6.11:** Κατηγορίες οικοτόπων και άγριας ζωής που πλήττονται.

Table 8: EPA BOSCEM Habitat and Wildlife Sensitivity Categories <sup>1</sup>	
Category	Cost Modifier Value <sup>1,2</sup>
Urban/Industrial	0,4
Roadside/Suburb	0,7
River/Stream*	1,5
Wetland	4,0
Agricultural	2,2
Dry Grassland	0,5
Lake/Pond	3,8
Estuary	1,2
Forest	2,9
Taiga	3,0
Tundra	2,5
Other Sensitive	3,2

<sup>1</sup>Values based on relative time to recovery (based on Fingas 2001) <sup>2</sup>If more than one category is relevant, the one that most closely represents the majority of the area, or, if there is a relatively even distribution of categories, the category that represents the greater sensitivity or vulnerability (*i.e.*, with the higher modifier value) should be chosen. Alternatively, a weighted average of different categories can be used in these cases. \*Default value shaded.

(Πηγή: Etkin, 2004)



Σχήμα 6.4: Σύνδεση του κόστους μίας πετρελαιοκηλίδας και των αντίστοιχων συντελεστών διάρθρωσης (Πηγή: Etkin, 2004)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σήμερα, οι ανανεώσιμες ενέργειες δεν έχουν μπορέσει να περιορίσουν δραστικά τη χρήση ορυκτών καυσίμων, και δη των υδρογονανθράκων, στο ενεργειακό μίγμα λόγω της αυξανόμενης ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας. Το γεγονός αυτό αυτές επιβεβαιώνεται από τις επενδύσεις που πραγματοποιούνται τα τελευταία χρόνια για την έρευνα και παραγωγή υδρογονανθράκων, την κατασκευή αγωγών για τη μεταφορά φυσικού αερίου, των εγκαταστάσεων υγροποίησης φυσικού αερίου, κ.ά.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η περιγραφή και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων από την εκτέλεση εργασιών έρευνας και εκμετάλλευσης (E&P) υπεράκτιων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Κατά την εκτέλεση των εργασιών για την E&P υδρογονανθράκων ο κίνδυνος πρόκλησης ανεπιθύμητων συμβάντων είναι δεν είναι αμελητέος. Ο σχηματισμός πετρελαιοκηλίδας αποτελεί ένα από τα πιο ανεπιθύμητα περιστατικά κατά τις εργασίες E&P υδρογονανθράκων, ιδίως όταν πρόκειται για μεγάλης έκτασης. Διαρροή πετρελαιοκηλίδας μπορεί να προκληθεί από διάφορες πηγές και με διαφορετικά πετρελαιοειδή και μπορεί να οδηγήσει, είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά, σε υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, σε σοβαρούς τραυματισμούς μέχρι και θανάτους εργαζομένων.

Αξιοποιώντας τα ιστορικά στοιχεία τέτοιων ατυχημάτων, κυρίως από τον Κόλπο του Μεξικού, φαίνεται ότι το αργό πετρέλαιο αποτελεί το βασικό τύπο πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος διαρροής αργού πετρελαίου στη θάλασσα προκύπτει έπειτα από την απώλεια ελέγχου του πηγαδιού, και συγκεκριμένα από blowouts. Blowouts μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διάφορες φάσεις εργασίας, από την διάτρηση και την ανάπτυξη του, μέχρι και τη συντήρηση του πηγαδιού. Blowouts έχουν καταγραφεί ακόμα και σε μη ενεργά πηγάδια. Ο όγκος πετρελαίου που ενδέχεται να διαρρεύσει στη θάλασσα μπορεί να κυμαίνεται από μερικά δεκάδες μέχρι και αρκετά χιλιάδες βαρέλια. Σπάνια είναι, όμως, η περίπτωση να διαρρεύσουν πάνω από 1εκ. βαρέλια. Η συχνότητα πρόκλησης τέτοιου είδους ατυχήματος δεν είναι σταθερή και διαφέρει από χώρα σε χώρα αλλά και από περιοχή σε περιοχή.

Οι επιπτώσεις από το σχηματισμό πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα ποικίλουν τόσο σε έκταση όσο και σε βαθμό. Το υλικό που ευθύνεται για το σχηματισμό της πετρελαιοκηλίδας αλλά και η πηγή πρόκλησης του ατυχήματος είναι τα βασικά στοιχεία που θα καθορίσουν τις επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας. Η μελέτη των συνεπειών από ένα ατύχημα διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα απαιτεί μία ολιστική προσέγγιση. Για αυτό το λόγο, πρέπει να μελετώνται παράλληλα οι περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις ενός ατυχήματος. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της επιστήμης και σε συνδυασμό με την εμπειρία και τη γνώση από παλαιότερα ατυχήματα πρέπει να αξιοποιηθούν στο μέγιστο βαθμό ώστε να διασφαλίζονται στο έπακρον οι βέλτιστες πρακτικές του κλάδου σχετικά με την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Ο κλάδος του πετρελαίου λειτουργεί παγκοσμίως με διαφορετικά πρότυπα προστασίας του περιβάλλοντος, της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων. Χώρες, όπως είναι φυσικό, αλλά και ενώσεις κρατών παρουσιάζουν διαφορές όσον αφορά στο νομικό πλαίσιο που διέπει τις υπεράκτιες εργασίες πετρελαίου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ε.Ε., όπου μέχρι πριν λίγα χρόνια, οι εθνικές νομοθεσίες παρουσίαζαν μεγάλες διαφορές και ελλείψεις μεταξύ των κρατών μελών. Μέχρι τη θέσπιση της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ, η εκάστοτε νομοθεσία δεν κάλυπτε όλες τις πτυχές σχετικά με τον υπεράκτιο κλάδο του πετρελαίου. Με τη θέσπιση της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ αναγνωρίζονται οι όροι χορήγησης και χρήσης αδειών, η περιβαλλοντική ευθύνη, τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, τα σχέδια εκτάκτου ανάγκης και τα πρότυπα ασφαλείας, αλλά παράλληλα γίνεται κατανοητή η επιτακτική ανάγκη για τη διαρκή ρυθμιστική εποπτεία, τη βελτίωση και την αναβάθμιση από τα κράτη μέλη.

Για αρκετά χρόνια, ο υπολογισμός του κόστους ενός ατυχήματος πετρελαιοκηλίδας, είτε πραγματικού είτε υποθετικού, έχει αποτελέσει θέμα μελέτης. Ο υπολογισμός του κόστους αποτελεί μία περίπλοκη και πολυδιάστατη διαδικασία καθώς λαμβάνει υπόψη του ποικίλους παράγοντες. Στο κόστος δεν περιλαμβάνεται μόνο τα χρήματα που απαιτούνται για τον καθαρισμό και την αποκατάσταση της περιοχής, αλλά και τα κόστη ως μορφή αποζημίωσης προς τρίτους για περιβαλλοντικές και άλλες ζημιές. Η απάντηση γίνεται ακόμα πιο δύσκολη στην εκτίμηση ενός ενδεχόμενου ατυχήματος. Μοντέλα υπολογισμού του κόστους ενός ενδεχόμενου ατυχήματος, που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα, δεν μπορούν να εκτιμήσουν με ακρίβεια το τελικό ποσό, εξαιτίας των πολλών και διαφόρων παραμέτρων που συντελούν στη διαμόρφωση του τελικού κόστους. Αυτά τα μοντέλα αποτελούν τη μοναδική διέξοδο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η ανάλυση κόστους και οφέλους από την αξιοποίηση υπεράκτιων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων, αλλά δεν θα πρέπει να λησμονείται ότι στηρίζονται σε μία σειρά παραδοχές, οι οποίες αυξάνουν τη πιθανότητα και το μέγεθος του σφάλματος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ABSG Consulting Inc. (2016), *2016 Update of Occurrence Rates for Offshore Oil Spills*, Prepared for USDO, BOEM/BSEE, Arlington.

Ahrens, C. D. (2013), *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Tenth ed. Belmont, California: Brooks/Cole.

Annis, M.R. (1997), *Retention of synthetic-based drilling material on cuttings discharged to the Gulf of Mexico*. Report for the American Petroleum Institute (API) ad hoc Retention on Cuttings Work Group under the API Production Effluent Guidelines Task Force. American Petroleum Institute, Washington, DC. August 29, 1997. Various pages.

Atlas, R.M. (1995), *Petroleum biodegradation and oil spill bioremediation*. Mar. Pollut. Bull. 31:178-182. Balance is the Most Complete and Accurate of Any Major Oil Spill. *Environmental Science and Technology*. 28(13):561-568.

Barron, M. G. (2007), *Sediment-Associated Phototoxicity to Aquatic Organisms*. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 13 (2): 317-21.

Barron, M. G., Vivian, V., Yee, S.H. & Diamond, S.A. (2008), *Temporal and Spatial Variation in Solar Radiation and Photo-Enhanced Toxicity Risks of Spilled Oil in Prince William Sound, Alaska, USA*. Environmental Toxicology and Chemistry.

Bassias, Y. (2019), *Chasing for local energy resources in Greece*, Hellenic Hydrocarbon Resources Management (HHRM) SA, presented at Offshore Mediterranean Conference & Exhibition, Ravenna, 27-29 March.

BBC (2013), *Piper Alpha: How we survived North Sea disaster*, BBC [online], 6 July. Διαθέσιμο στο: <https://www.bbc.com/news/uk-scotland-22840445> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

Bercha International Inc. (2014), *Loss of Well Control Occurrence and Size Estimators for Alaska OCS*, OCS Study Contract M12PC00004, Final Report, OCS Study BOEM 2014- 772. Report to BOEM, US Department of the Interior, Alaska Outer Continental Shelf Region.

Bice, K., Eil, A., Habib, B., Heijmans, P., Kopp, R., Nogues, J., Norcross, F., Sweitzer-Hamilton, M., & Whitworth, A. (2009), *Black Carbon: A Review and Policy Recommendations*. 80pp. Princeton, NJ: Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Princeton University. Διαθέσιμο στο: <http://www.wws.princeton.edu/research/PWReports/F08/wws591e.pdf>

Bight Petroleum Pty Ltd (2014), *Lightning 3D Marine Seismic Survey (Bight Basin) Environment Plan (EPP-41 & EPP-42)*.

BOEM (Bureau of Safety and Environmental Enforcement) (2014), *Alaska Outer Continental Shelf: Chukchi Sea Planning Area, Oil and Gas Lease Sale 193 In the Chukchi Sea, Alaska*, Final Second Supplemental Environmental Impact Statement, Volume 1. Chapter 1-7, OCS EIS/EA BOEM 2014-669. U.S. Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management, Alaska OCS Region.

Boertmann, D., Mosbech, A. & Johansen, P. (1998), *A Review of Biological Resources in West Greenland Sensitive to Oil Spills During Winter*. NERI Technical Report No. 246. Copenhagen, Denmark: Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, Department of Arctic Environment. pp. 51-69. Διαθέσιμο στο: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_publicationer/3\\_fagrappporter/rappporter/FR246.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrappporter/rappporter/FR246.pdf).

Boman, K. (2018), *Piper Alpha 30th anniversary: Industry must not let complacency set in, lessons learned be forgotten*, Drilling Contractor [online], 9 April. Διαθέσιμο στο: <https://www.drillingcontractor.org/piper-alpha-30th-anniversary-industry-must-not-let-complacency-set-in-lessons-learned-be-forgotten-47377> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019).

Bouso, R. (2018), *BP Deepwater Horizon costs balloon to \$65 billion*, Reuters [online], 16 January. Διαθέσιμο στο: <https://www.reuters.com/article/us-bp-deepwaterhorizon/bp-deepwater-horizon-costs-balloon-to-65-billion-idUSKBN1F50NL> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019).

Brandsma, M.G. (1996), *Computer simulations of oil-based mud cuttings discharges in the North Sea*. Pages 25-40 In: *The Physical and Biological Effects of Processed Oily Drill Cuttings (Summary Report)*. E&P Forum, London.

Brandvik, P. & L. Faksness (2009), *Weathering Processes in Arctic oil spills: Meso-scale Experiments with Different Ice Conditions*. *Cold Regions Science and Technology*. 55(1)(1):160-6.

British Petroleum Company (2019), *BP statistical review of world energy/68<sup>th</sup> edition*. London, British Petroleum Co.

Brodersen, C. (1987), *Rapid Narcosis and Delayed Mortality in Larvae of King Crabs and Kelp Shrimp Exposed to the Water-Soluble Fraction of Crude Oil*. *Marine Environmental Research*. 22(3): 233-9.

BSEE (Bureau of Ocean Energy Management) (χ.χ.), *Spills Archive*. Διαθέσιμο στο: <https://www.bsee.gov/stats-facts/offshore-incident-statistics/spills-archive> (Πρόσβαση: 20 Οκτωβρίου 2019)

Carls, M.G., Heintz, R.A., Marty, G.D. & Rice, S.D. (2005), *Cytochrome P4501A Induction in Oil-Exposed Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* Embryos Predicts Reduced Survival Potential*. *Marine Ecology Progress. Series* 30(1):253-265.

Chen, J. & Denison, S.M. (2011), *The Deepwater horizon Oil Spill: Environmental Fate of the Oil and the Toxicological Effects on marine Organisms*. Διαθέσιμο στο: <https://www.researchgate.net/publication/228411392> The Deepwater Horizon oil spill environmental fate of the oil and the toxicological effects on marine organisms (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

Christiansen, J.S. & George, S.G. (1995), *Contamination of Food By Crude Oil Affects Food Selection and Growth Performance, But Not Appetite, In An Arctic Fish, The Polar Cod (*Boreogadus saida*)*. *Polar Biology*. 15(4):277-281. DOI: 10.1007/BF00239848.

Christiansen, J.S., Karamushko, L.I. & Nahrgang, J. (2010), *Sub-lethal Levels of Waterborne Petroleum May Depress Routine Metabolism In Polar Cod (*Boreogadus saida*)*. *Polar Biology*. 33:1049-1055.

Christou, M. & Konstantinidou, M. (2012), *Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis: Ensuring EU hydrocarbon supply through better control of hazards*, European Commission, JRC Scientific and Policy reports, No. EUR 25646 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Continental Shelf Associates, Inc. (2004), *Gulf of Mexico Comprehensive Synthetic Based Muds Monitoring Program Executive Summary*, prepared for SBM Research Group, Florida.

Continental Shelf Associates, Inc. (2006), *Effects of Oil and Gas Exploration and Development at Selected Continental Slope Sites in the Gulf of Mexico*, Volume II: Technical Report, OCS Study MMS



2006-045, U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. P. 361-413.

Dahi, N. & Tyagi, M. (2016), *Impacts of Major Offshore Oil Spill Incidents on Petroleum Industry and Regional Economy*, Journal of Energy Resources Technology 139(2). Διαθέσιμο στο: [https://www.researchgate.net/publication/311552876\\_Impacts\\_of\\_Major\\_Offshore\\_Oil\\_Spill\\_Incidents\\_on\\_Petroleum\\_Industry\\_and\\_Regional\\_Economy](https://www.researchgate.net/publication/311552876_Impacts_of_Major_Offshore_Oil_Spill_Incidents_on_Petroleum_Industry_and_Regional_Economy) (Πρόσβαση: 29 Οκτωβρίου 2019).

Dann R. & Mulder M. (1994), *Long-Term Effects of OBM Cutting Discharges in the Sandy Erosion Area of the Dutch Continental Shelf*. Netherlands Institute for Sea Research, Report NIOZ Report 1994-10

Davis, B., Etkin, D.S., Landry, M. & Watts, K. (2004), *Determination of oil persistence: A historical perspective*. Proc. Fifth Biennial Freshwater Spills Symposium. Διαθέσιμο στο: [http://www.environmental-research.com/erc\\_papers/ERC\\_paper\\_19.pdf](http://www.environmental-research.com/erc_papers/ERC_paper_19.pdf)

Delvigne, G.A.L. (1996), *Laboratory investigations on the fate and physicochemical properties of drill cuttings after discharge into the sea*. Pages 16-24 In: The Physical and Biological Effects of Processed Oily Drill Cuttings (Summary Report). E&P Forum, London.

E&P Forum/UNEP (1997), *An overview of issues and management approaches*.

Ellinas, C.P. (1995), *Mechanics of Ship/Jack-up Collisions*, Elsevier Science Limited, Journal of Constructional Steel Research, 33(3).

Ellis, I. J., Fraser, G. & Russell, J. (2012), *Discharge drilling waste from oil and gas platforms and its effects on benthic communities*, Marine Ecology Progress Series, Vol. 456, 285-302.

Etkin, D.S., (2000), *Worldwide analysis of marine oil spill cleanup cost factors*, Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar 1: 161-174, Environment Canada.

Etkin, D.S., (2001), *Comparative methodologies for estimating on-water response costs for marine oil spills*, International Oil Spill Conference, 2001(2): 1281-1289, American Petroleum Institute.

Etkin, S. D. (1999), *Estimating Cleanup Costs for Oil Spills*, International Oil Spill Conference 1999(1): 35-39. American Petroleum Institute, Washington, DC.

Etkin, S. D. (2004), *Modeling Oil Spill Response and Damage Costs*, Proceedings of the Fifth Biennial Freshwater Spills Symposium , 6–8 April.

Etkin, S. D. (2009), *Analysis of U.S. Oil Spillage*, Prepared for American Petroleum Institute (API), Publication 356, API publications.

Etkin, S. D. (2014), *Analysis of probability of Potential Blowouts and Spills from Offshore Wells and Activities. Perspectives on Shelburne Basin venture Exploration Drilling Project*, Prepared for Shell Canada Limited, Stantec Consulting Ltd and RPS ASA, New York.

EUOAG (European Union Offshore Authorities Group-Web Portal )(2018), *Offshore oil and gas production in Europe*. Διαθέσιμο στο: <https://euoag.jrc.ec.europa.eu/node/63> (Πρόσβαση: 6 Σεπτεμβρίου 2019)

European Commission (2010), *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council: Facing the challenge of the safety of offshore oil and gas activities*, COM(2010) 560 final, Brussels.

European Commission (2011), *Commission Staff Working Paper Impact Assessment ANNEX I, Accompanying the Document: Proposal For A Regulation of the European Parliament and of the Council on Safety of Offshore Oil and Gas Prospection, Exploration and Production Activities*, SEC(2011) 1292 final, Brussels.

European Commission (2015), *Report from the Commission to the European Parliament and the Council on Liability, Compensation and Financial Security for Offshore Oil and Gas Operations Pursuant to Article 39 of Directive 2013/30/EU*, COM(2015) 422 final, Brussels.

European Commission (2019), *Best Available Techniques Guidance Document on upstream hydrocarbon exploration and production*, Final Guidance Document - Contract No. 070201/2015/706065/SER/ENV.F.1, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Federal Interagency Solutions Group (2010), *Oil budget calculator Deepwater Horizon technical documentation*. Oil Budget Calculator Science and Engineering Team. Report to the National Incident Command, November 2010.

Friedheim, J.E. and H.L. Conn.1996. Second generation synthetic fluids in the North Sea: are they better? IADC/SPE 35061. Pages 215-228 In: IADC/SPE Drilling Conference. New Orleans, 12-15 March 1996. Society of Petroleum Engineers, Inc. Richardson, TX.

Gall, C. (2015), *Hero diver fled to Australia to escape his Piper Alpha hell..and wed the love of his wife*, Daily Record [online], 9 April. Διαθέσιμο στο: <https://www.dailyrecord.co.uk/news/scottish-news/hero-diver-fled-australia-escape-5481779> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

GESAMP (1995), *The Sea-Surface Microlayer and Its Role in Global Change*. GESAMP Reports and Studies 59. 76 pp. Joint Group of Experts (IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP) on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

Gomez, C. & Green, R. D. (2013), *The Impact of Oil and Gas Drilling Accidents on EU Fisheries*, IP/B/PECH/IC/2013-073, PE 513.996, prepared for European Parliament's Committee on Fisheries.

Goodlad, J. (1996), *Effects of the Braer oil spill on the Shetland seafood industry*. The Science of the Total Environment 186, 127-133.

Gouardères, F. & Beltrame, F. (2019), «Ενεργειακή πολιτική: γενικές αρχές», Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Διαθέσιμο στο: [www.europarl.europa.eu/factsheets/el](http://www.europarl.europa.eu/factsheets/el) (Πρόσβαση: 3 Σεπτέμβριος 2019).

Gundlach, E.R. & Boehm, P. (1981), *Determine Fates of Several Oil Spills in Coastal and Offshore Waters and Calculate a Mass Balance Denoting Major Pathways for Dispersion of the Spilled Oil*. Seattle, WA: Prepared by Research Planning Institute, Inc. for USDOC, NOAA. 28 pp.

Gundlach, E.R., Boehm, P.D., Marchand, M., Atlas, R.M., vWard, D.M. & Wolfe, D.A. (1983), *The Fate of Amoco Cadiz Oil*. Science. 221:122-129.

Hamilton, P. & Lugo-Fernandez, A. (2001), *Observations of high speed deep currents in the northern Gulf of Mexico*. Geophysical Research Letters, 28(14): 2867-2870.

Hansen, B.B., Aanes, R., Herfindal, I., Kohler, J. & Saether, B. (2011), *Climate, Icing, and Wild Arctic Reindeer: Past Relationships and Future Prospects*. Ecology. 92(10): 1917-1923.

Hart, A. R., Svedeman J. S. & Viana F. (2007), *Fall Velocity of Synthetic-Based Drilling Fluids in Seawater*, Project No. 18.12210.

Hayes, M., Hoff, R., Michel, J., Scholz, D. & Shigenaka, G. (1992), *An Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Oil Spill Response*. Report No. HMRAD 92-4. USDOC/NOAA, Hazardous Materials Response and Assessment Division.

Heintz, R.A., Rice, S.D., Werthiemer, A.C., Bradshaw, R.F., Thrower, F.P., Joyce, J.E. & Short, J.W. (2000), *Delayed Effects on The Growth and Marine Survival of Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* After Exposure To Crude Oil During Embryonic Development*. Marine Ecology Progress Series. 208: 205-216.

Hoff, R. (1995), *Responding to Oil Spills in Coastal Marshes: The Fine Line between Help and Hinderance*. HAZMAT Report 96-1. USDOC/NOAA, Hazardous Materials Response and Assessment Division.

Holand, P. (2017), *Loss of Well Control Occurrence and Size Estimators, Phase I and II*, Exprosoft, Prepared for BSEE, Report no. ES201471/2, Trondheim.

HSE (Health and Safety Executive) (1999), *Effective Collision Risk Management for offshore installations*, Offshore technology report, OTO 1999 052, , United Kingdom.

HSE (Health and Safety Executive) (2003), *Ship/platform collision incident database*, Prepared by Serco Assurance. Research Report 053, United Kingdom.

Hureau et al. (2013) *Investment in exploration-production and refining 2013* (INIS-FR--16-0094), France.

IEA (International Energy Agency) (1998), *World Energy Outlook 1998*, IEA Publications, Paris.

Iken, K., Bluhm, B. & Dunton, K. (2010), *Benthic food-web structure under differing water mass properties in the southern Chukchi Sea. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 57 (1-2) (1): 71-85.*

IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) (2010), *Risk Assessment Data Directory: Blowout Frequencies*, Report 434-02.

IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) (2016), *Environmental fates and effects of ocean discharge of drilling cuttings and associated drilling fluids from offshore oil and gas operations*, Report 543.

IPIECA & IOGP (2015), *Economic assessment and compensation for marine oil releases. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel*, Report 524.

IPIECA & IOGP (2015), *Impacts of oil spills on marine ecology. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel*, Report 525.

IPIECA & IOGP (2015), *Impacts of oil spills on shorelines. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel*, Report 534.

ITOPF (2011), *Effect of oil pollution on fisheries and mariculture*, Technical information paper 11. International Tanker Owners Pollutions Federation Limited, London.

ITOPF (2011), *Effect of oil pollution on social and economic activities*, Technical information paper 12. International Tanker Owners Pollutions Federation Limited, London.

ITOPF (2011), *Effect of oil pollution on the marine environment*, Technical information paper 13. International Tanker Owners Pollutions Federation Limited, London.

ITOPF (2011), *Fate of marine oil spills*, Technical information paper 2. International Tanker Owners Pollutions Federation Limited, London.

ITOPF (2011), *Recognition of oil on shoreline*, Technical information paper 6. International Tanker Owners Pollutions Federation Limited, London.

ITOPF (2018), *Fate of Oil Spills*. Διαθέσιμο στο: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/fate-of-oil-spills/> (Πρόσβαση: 25 Οκτωβρίου 2019).

Jarvela, L.E., Thorsteinson, L.K. & Pelto, M.J. (1984), *Oil and Gas Development and Related Issues*. In: *The Navarin Basin Environment and Possible Consequences of Offshore Oil and Gas Development*, L.E. Jarvela, ed. Chapter 9. Juneau and Anchorage, AK: USDOC, NOAA, OCSEAP and USDO, MMS.

Jensen, T., Palerud, R., Olsgard, F. & Bakker, S. (1999), *Dispersion and effects of synthetic drilling fluids on the environment. Biological survey, long-term effect of oil and produced waters, chemicals and oil spill contingency*. Report No 99-3507. Prepared for the Norwegian Ministry of Oil and Energy. Olsgard Consulting, Akvaplan-niva and Det Norsk Veritas, London.

Jiang, Z., Huang, Y., Xu, X., Liao, Y., Jingjing Liu, L. S., Chen, Q. & Zeng, J. (2010). *Advance in the Toxic Effects of Petroleum Water Accommodated Fraction On Marine Plankton*. *Acta Ecologica Sinica*. 30 (1) (2): 8-15.

Jonsson, H., Sundt, R.C., Aas, E., & Sanni, S. (2010), *The Arctic Is No Longer Put On Ice: Evaluation Of Polar Cod (Boreogadus saida) As A Monitoring Species Of Oil*.

Jordan, R.E. & Payne, J.R. (1980), *Fate and Weathering of Petroleum Spills in the Marine Environment: A Literature Review and Synopsis*. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers, Inc.

Kinver, M. (2011), *BP oil spill: The environmental impact one year on*, BBC [online], 20 April. Διαθέσιμο στο: <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-13123036> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

Kontovas, A. C., Psaraftis, N. H. & Ventikos P. N. (2010), *An empirical analysis of IOPCF oil spill cost data*, Elsevier, *Marine Pollution Bulletin* 60: 1455-1466.

Lubchenco, J., McNutt, M., Lehr, B., Sogge, M., Miller, M., Hammond, S., Conner, W. (2010), *Deepwater Horizon/BP Oil Budget: What happened to the oil? Silver Spring*, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration.

Macleod, F. & Richardson, S. (2018), *Piper Alpha: The Disaster in Detail*, The Chemical Engineer [online], 6 July. Διαθέσιμο στο: <https://www.thechemicalengineer.com/features/piper-alpha-the-disaster-in-detail/> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

Macro Trends (χ.χ.), *Crude Oil Prices-70 Year Historical Chart*. Διαθέσιμο στο: <https://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart> (Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019).

Mahon, S., Addison, R.F. & Willis, D.E. (1987). *Effects of Scotian Shelf Natural Gas Condensate on the Mummichog*. Marine Pollution Bulletin. 18(2) 74-77.

Maisonnier et al. (2018), *Investment in Exploration-Production and Refining - 2017* (INIS-FR--18-0769). France.

Manen, C.A. & Pelto, M.J. (1984), *Transport and Fate of Spilled Oil*. In: *Proceedings of a Synthesis Meeting: The North Aleutian Shelf Environment and Possible Consequences of Offshore Oil and Gas Development (Sale 75)*, L.K. Thorsteinson, ed. Anchorage, Ak., Mar. 9-11, 1982. Anchorage, AK: USDOC, NOAA, OCSEAP and USDOI, MMS, Alaska OCS Region.

Manning, M. (2016), *Offshore oil production in deepwater and ultra-deepwater is increasing*. Διαθέσιμο στο: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=28552> (Πρόσβαση: 22 Σεπτέμβριος 2019)

Manning, M. (2016), *Offshore production nearly 30% of global crude oil output in 2015*. Διαθέσιμο στο: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=28492> (Πρόσβαση: 22 Σεπτέμβριος 2019).

Marquard & Bahls (2016), *Kerosene/Kerosine (Petroleum)*. Διαθέσιμο στο: <https://www.marquard-bahls.com/en/news-info/glossary/detail/term/kerosene-kerosine-petroleum.html> (Πρόσβαση: 25 Οκτωβρίου 2019)

McKendrick, J.D. (2000), *Vegetation Responses to Disturbance*. In *The Natural History of an Arctic Oilfield*, eds J.C. Truett and S.R. Johnson, 35-56.

Michel, J. (1992), *Chapter 2. Oil behavior and toxicity*. In: *Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources For Spill Response*. NOAA Report No. HMRAD 92-4. U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Response and Restoration.

Michel, J., & Cotsapas, M. (1997), *Assessment of the Cleanup Costs Resulting From Platform Spills in the Gulf of Mexico Offshore of Apalachicola Bay, Florida*. Research Planning, Inc., Columbia, SC.

MMS (Minerals Management Service) (2000), *Environmental Impacts of Synthetic Based Drilling Fluids*, OCS Study MMS 2000-064, U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans.

MMS (Minerals Management Service) (2004), *Geological and Geophysical Exploration for Mineral Resources on the Gulf of Mexico Outer Continental Shelf Final Programmatic Environmental Assessment*. OCS EIS/EA MMS 2004-054. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans.

MMS (Minerals Management Service) (2007), *Alaska Outer Continental Shelf: Chukchi Sea Planning Area Oil and Gas Lease Sale 193 and Seismic Surveying Activities in the Chukchi Sea*, Final Environmental Impact Statement, Volume I (Executive Summary and Sections I through VI), OCS EIS/EA MMS 2007-026. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service Alaska OCS Region.

Moles, A. & Wade, T.L. (2001), *Parasitism and Phagocytic Function among Sand Lance *Ammodytes hexapterus Pallas* Exposed to Crude Oil-Laden Sediments*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 66:528-535.

Munro, P.D., Moffat, C.F., Couper, L., Brown, N.A., Croce, B. & Stagg, R.M. (1997a), *Degradation of synthetic mud base fluids in a solid-phase test system*. Fisheries Research Services Report No 1/97.

Scottish Office Agriculture, Environment and Fisheries Department, Marine Laboratory. Aberdeen, Scotland.

Nahrgang, J., Camusa, L., Carlsc, M.G., Gonzalezd, P., Jönssona, M., Tabane, I.C., Bechmanne, R.K., Christiansen, J.S., Hop, H. (2010b), *Biomarker Responses in Polar Cod (Boreogadus saida) Exposed to the Water*. *Aquatic Toxicology*. 97: 234–242.

Nahrgang, J., Camus, L., Gonzalez, P., Jönsson, M., Christiansen, J.S., Hop, H. (2010a). *Biomarker Responses in Polar Cod (Boreogadus saida) Exposed to Dietary Crude Oil*. *Aquatic Toxicology* 96:77-83.

Nahrgang, J., Camusa, L., Fredrik Broms, Christiansen, J.S., Hop, H. (2010c). *Seasonal Baseline Levels of Physiological and Biochemical Parameters in Polar Cod (Boreogadus saida): Implications for Environmental Monitoring*. *Marine Pollution Bulletin*. 60:1336–1345.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2013), *The Case for Safety. The North Sea Piper Alpha Disaster*, NASA Safety Center, System failure Case Study: Volume 7, Issue 4.

Newman, M.C., & Clements, W.H. (2008), *Ecotoxicology: A Comprehensive Treatment*. Boca Raton, FL: CRC.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2019), *Kerosene and jet Fuel Spills*. Διαθέσιμο στο: <https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/Kerosene-Jet-Fuel.pdf> (Πρόσβαση: 25 Οκτωβρίου 2019)

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2019), *Synthetic-Base Drilling Mud Spills*. Διαθέσιμο στο: <https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/Synthetic-Drilling-Mud.pdf> (Πρόσβαση: 25 Οκτωβρίου 2019)

NOAA (U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration) (1994), *Shoreline Countermeasures Manual, Alaska*, NOAA Hazardous Materials Response and Assessment Division, published in 2001 by the American Petroleum Institute.

NOAA (U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration) (2000), *Shoreline Assessment Manual, Third Edition*. HAZMAT Report 2000-1. Seattle: Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration.

Nowlin, W.D., Jochens, A.E., Dimarco, S.F., Reid, R.O. & Howard, M.K. (2001), *Deep water Physical Oceanography Reanalysis and Synthesis of Historical Data: Synthesis Report*. OCS Study MMS 2001=064. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA.528.

NRC (2003a), *Cumulative Environmental Effects of Oil and Gas Activities on Alaska's North Slope*. Washington, DC: The National Academies Press, 465 pp. Διαθέσιμο στο: [www.nap.edu/openbook/0309087376/html/](http://www.nap.edu/openbook/0309087376/html/)

NRC (2003b), *Oil in the Sea III: Inputs, Fates and Effects*. Washington, D.C: National Academy Press.

Offshore technology (2019), *The world's worst offshore oil rig disasters*, Offshore technology [online], 11 June. Διαθέσιμο στο: <https://www.offshore-technology.com/features/feature-the-worlds-deadliest-offshore-oil-rig-disasters-4149812/> (Πρόσβαση: 5 Οκτωβρίου 2019).

OGP (International Association of Oil & Gas Producers) (2003), *Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations*, Report No. 342

OGP (International Association of Oil & Gas Producers) (2010), *Risk Assessment Data Directory: Ship/installation collisions*, Report No. 434-16.

Olsgard, F. & Gray, J.S. (1995), *A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 122:277-306.

Ott, R., Peterson, C. & Rice, S. (2001), *Exxon Valdez Oil Spill (EVOS) Legacy: Shifting Paradigms in Oil Ecotoxicology*.

Owens, E., & Michel, J. (2003), *Environmental Sensitivity Index (ESI) Classification for the Beaufort Sea and Chukchi Sea Coasts, Alaska OCS Region*. In: Ninth Information Transfer Meeting and Barrow Information Update Meeting, Final Proceedings, March 10, 11, and 12, 2003, Anchorage, Alaska; March 14, 2003, Barrow, Alaska. OCS Study MMS 2003-042. U.S. DOI/MMS, Alaska OCS Region.

Paine, R.T. & Levin, S.A. (1981), *Inter-Tidal Landscapes: Disturbance and the Dynamics of Pattern*. Ecol. Monogr. 51:145-178.

Patin, S. (1999), *Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry*. East Northport, NY: EcoMonitor Publi.

Peterson, C.H., Rice, S.D., Short, J.W., Esler, D., Bodkin, J.L., Ballachey, B.E. & Irons, D.B. (2003), *Long-Term Ecosystem Responses to the Exxon Valdez Oil Spill*. Science. 302:2082-2086.

Pezeshki, S.R., Hester, M.W., Lin, Q. & Nyman, J.A. (2000), *The Effects of Oil Spill And Clean-Up On Dominant U.S. Gulf Coast Marsh Macrophytes: A Review*. Environmental Pollution. 108: 129-139.

Pinto, J.M., Pearson, W.H. & Anderson, J.W. (1984), *Sediment Preferences and Oil contamination in the Pacific Sand Lance *Ammodytes hexapterus**. Marine Biology. 83:193-204.

Ramseur, L. J. (2017), *Oil Spills: Background and Governance*, Congressional Research Service, RL33705.

Rice, S.D., Short, J.W., Heintz, R.A., Carls, M.G. & Moles, A. (2000), *Life History Consequences of Oil Pollution in Fish Natal Habitat*. In: Energy 2000: The Beginning of a New Millennium, P. Catania, ed. Lancaster, UK: Technomic Publishing Co.

Roger, S. (2010), *BP oil spill: the official Deepwater Horizon disaster timeline*, The Guardian [online], 9 September. Διαθέσιμο στο:

<https://www.theguardian.com/news/datablog/2010/sep/09/bp-oil-spill-deepwater-horizon-timeline#>  
(Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

Sassoon, D., (2010), *Did Deepwater methane hydrates cause the BP Gulf explosion?*, The Guardian [online], 20 May. Διαθέσιμο στο:

<https://www.theguardian.com/environment/2010/may/20/deepwater-methane-hydrates-bp-gulf>  
(Πρόσβαση: 8 Οκτωβρίου 2019)

Serbutoviez, S. (2011), *Offshore hydrocarbons*, IFP Energies nouvelles, Panorama 2012.

Short, J.W., Rice, S.D., Heintz, R., Carls, M.G. & Moles, A. (2003), *Long-Term Effects of Crude Oil on Developing Fish: Lessons from the Exxon Valdez Oil Spill*. Energy Sources 256: 7750-1-9.

Smythe, C.W. (1990), *In the Second Year: Continuing Village Impacts of the Exxon Valdez Oil Spill*. In: 1990 Alaska Science Conference, Proceedings of the 41<sup>st</sup> Arctic Science Conference: Circumpolar





*The Mass Balance is the Most Complete and Accurate of Any Major Oil Spill*. Environmental Science and Technology. 28(13):561-568.

ΕΛΚΕΘΕ & APC ADVANCED PLANNING-CONSULTING (2012), *Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την Έρευνα και Εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων. Τόμος Α: Δυτικός Πατραϊκός κόλπος*.

ΕΛΚΕΘΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας & Arcenviro (2016), *Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την Έρευνα και Εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων. Τόμος Α: Ιόνιο Πέλαγος*.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (1997), *Ένα Πρόγραμμα-Πλαίσιο Ενέργειας για περισσότερη διαφάνεια, απλούστευση, απόδοση και συντονισμό*, IP/97/1004, Δελτίο Τύπου, 18 Νοεμβρίου. Βρυξέλλες. Διαθέσιμο στο: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP\\_97\\_1004](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_97_1004) (Πρόσβαση: 5 Σεπτεμβρίου 2019)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2011), *Ενέργεια: η Επιτροπή ορίζει νέα πρότυπα ασφάλειας για τις δραστηριότητες εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και αερίου στην ανοικτή θάλασσα*, Δελτίο Τύπου, 27 Οκτωβρίου, Βρυξέλλες. Διαθέσιμο στο: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP\\_11\\_1260](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_11_1260) (Πρόσβαση: 6 Σεπτεμβρίου 2019)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2014), *Ευρωπαϊκή στρατηγική για την ενεργειακή ασφάλεια*», [COM(2014) 330 final], 28 Σεπτεμβρίου, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015), *Ενημερωτικό δελτίο για την Ενεργειακή Ένωση*, Δελτίο Τύπου, 25 Φεβρουαρίου, Βρυξέλλες. Διαθέσιμο στο: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/MEMO\\_15\\_4485](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/MEMO_15_4485) (Πρόσβαση: 5 Σεπτεμβρίου 2019)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή των Περιφερειών (2013), *Γνωμοδότηση της Επιτροπής των Περιφερειών με θέμα: Η θέση των τοπικών και περιφερειακών αρχών σχετικά με το σχιστολιθικό φυσικό αέριο και πετρέλαιο και το συμπαγές φυσικό αέριο και το έγκλειστο πετρέλαιο (μη συμβατικοί υδρογονάνθρακες)*», [(2013/C 356/05)], 5 Δεκεμβρίου, Βρυξέλλες. Διαθέσιμο στο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013IR1616&from=EL> (Πρόσβαση: 5 Σεπτεμβρίου 2019)

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2019), *Ενεργειακή Ένωση για την Ευρώπη*. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/energy-union/> (Πρόσβαση: 5 Σεπτεμβρίου 2019)

Οδηγία 2004/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21<sup>ης</sup> Απριλίου 2004, *σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας*, 2004, Ε.Ε. L143 της 30.4.2004, σ. 56.

ΟΔΗΓΙΑ 2013/30/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 2013 για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ.

Οδηγία 2013/30/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12<sup>ης</sup> Ιουνίου 2013 για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ, 2013, Ε.Ε. L178 της 28.6.2013, σ.66.

Οδηγία 94/22/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30<sup>ης</sup> Μαΐου 1994 *Για τους όρους χορήγησης και χρήσης των αδειών αναζήτησης, εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων*, 1994, Ε.Ε. L164 της 30.6.1994, σ.3.

Σταματάκη, Σ. & Αυλωνίτης, Γ. (2004), *Μηχανική Πετρελαίων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Ε.Μ.Π, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Αθήνα.

Σταματάκη, Σ. (2003), *Τεχνολογία Γεωτρήσεων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Ε.Μ.Π, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Αθήνα.

ΥΠΕΚΑ (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ) (2012), *Διεθνής Δημόσια Ανοικτή Πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος για παραχώρηση δικαιώματος έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων στις θαλάσσιες περιοχές «Πατραϊκός Κόλπος (Δυτικά)» και «Κατάκολο» και στη χερσαία περιοχή «Ιωάννινα»*, Αθήνα. Διαθέσιμο στο: <http://docplayer.gr/2404262-Shedio-a-p-o-f-a-s-i-o-yfyroyrgos-perivallontos-energeias-kai-klimatikis-allagis.html> (Πρόσβαση: 5 Νοεμβρίου 2019)