



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Νομική και Περιβαλλοντική Αντιμετώπιση της
Περίπτωσης του Deepwater Horizon στη Θαλάσσια
Περιοχή του Κόλπου του Μεξικού**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΤΖΩΡΤΖΗ ΜΑΡΙΛΕΝΑΣ

Επιβλέπων : Οικονόμου Αγησίλαος

Αθήνα, Ιούνιος 2017

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας Αγησίλαο Οικονόμου Δρ. ΕΜΠ (ΠΔ.407/80), τον Καθηγητή ΕΜΠ Γιάννη Μηλιό και τον Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ Νικόλαο Βεντίκο.

Οι κύριοι Α. Οικονόμου, Γ. Μηλιός και Ν. Βεντίκος αποτελούν την τριμελή επιτροπή της διπλωματικής και τους ευχαριστώ για την παρουσία και τη συνδρομή τους.

Περίληψη

Με βάση την παρούσα πτυχιακή μελετάται η περίπτωση του ατυχήματος της έκρηξης της πλατφόρμας εξαγωγής πετρελαίου της BP στον Κόλπο του Μεξικού, το 2010. Η διερεύνηση πραγματοποιείται ως προς τον εξοπλισμό της πλατφόρμας, την ανταπόκριση των μηχανισμών της πλατφόρμας στην έκρηξη, την ανταπόκριση του προσωπικού και των αντίστοιχων κυβερνητικών υπηρεσιών. Επίσης αντικείμενο μελέτης αποτέλεσαν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ατυχήματος καθώς και η αντίστοιχη νομοθεσία και οι νομοθετικές πράξεις που ακολούθησαν το ατύχημα. Τέλος, πραγματοποιείται μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση στα υπάρχοντα είδη πλατφόρμας και στον τρόπο λειτουργίας τους. Επιπλέον περιγράφονται οι δυνατοί τρόποι καθαρισμού πετρελαιοκηλίδας με μηχανικά και χημικά μέσα. Το ίδιο το ατύχημα ήταν αποτέλεσμα αρχικά κακού σχεδιασμού και εφαρμογής της πλατφόρμας και αμέλειας εφαρμογής των κατάλληλων συστημάτων ασφαλείας σε περίπτωση έκρηξης. Η επέκταση των αποτελεσμάτων του ατυχήματος οφείλεται σε πολλούς παράγοντες: i) στη μη άμεση ανταπόκριση και συγχρονισμό του προσωπικού της πλατφόρμας τη στιγμή της έκρηξης, ii) στη μη άμεση ανταπόκριση και επικοινωνία όλων των αρμόδιων αρχών που σύμφωνα με τα πρωτόκολλα των ΗΠΑ έπρεπε να συμμετάσχουν στον περιορισμό του ατυχήματος, iii) η μη προετοιμασία της υπεύθυνης εταιρίας αντιμετώπισης τέτοιου μεγέθους ατυχημάτων και τέλος iv) στον περιορισμό που έθεταν τα πρωτόκολλα που έπρεπε να ακολουθηθούν, ιδιαίτερα στο ανώτερο όριο χρήσης οικονομικών πόρων.

Abstract

In the current thesis the case of explosion of BP's oil extraction platform, in the Gulf of Mexico, in 2010, is studied and discussed. The investigation is carried out with respect to the platform equipment, the response mechanisms of the platform at the explosion, the responsiveness of the staff and the respective response of the appropriate government agencies. Also the environmental impact of the accident and the relevant applied legislation that followed the accident, are also analysed. Finally, is performed a brief literature review in the existing types of the platform and the way they operate. Additionally, the possible oil spill cleaning ways by mechanical and chemical means, are also described. According to the conclusions, the accident was the result of initial poor planning and implementation of the platform itself and of the human negligence to apply the correct safety systems in case of explosion, before the platform being operated. The expansion of the accident can be attributed to several factors: i) the non-immediate response and synchronization of platform's staff at the time of the explosion, ii) the non-direct correspondence and communication of all competent authorities, according to US protocols, that should participate to the confront of the accident, iii) the non-preparation of the responsible company to correspond to such sized accidents and finally iv) the limits that were posed by the protocols that should be followed, especially in the upper usage limit of budget.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
1 Υπεράκτιες πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου και φυσικού αερίου -τρόπος λειτουργίας τους	2
1.1 Τύποι υπεράκτιων πλατφορμών άντλησης πετρελαίου.....	3
1.2 Απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές και μελέτες λειτουργίας υπεράκτιων πλατφόρμων	13
1.3 Τρόπος λειτουργίας υπεράκτιων πλατφόρμων	19
2 Μέθοδοι επεξεργασίας πετρελαιοκηλίδας.....	21
2.1 Χημικά μέσα διασποράς.....	21
2.2 Μέσα επιφανειακής πλύσης πετρελαιοκηλίδας.....	25
2.3 Γαλακτωματοποιητές και μέσα αναστολής.....	26
2.4 Ενισχυτές αναγέννησης ή ιξωδοελαστικά μέσα	27
2.5 Στερεοποιητές.....	27
2.6 Μέσα βύθισης.....	28
2.7 Μέσα βιοαποδόμησης	28
3 Μέθοδοι απομάκρυνσης πετρελαίου από το νερό με μηχανικά μέσα	30
3.1 Ξαφριστές (skimmers).....	30
3.2 Φράγμα συγκράτησης πετρελαίου.....	33
4 Η περίπτωση του ατυχήματος στο Κόλπο του Μεξικού.....	36
4.1 Περιγραφή των εγκαταστάσεων και διαδικασιών της γεώτρησης Macondo	37
4.1.1 Συνοπτική περιγραφή των γεγονότων	40
4.2 Πιθανοί παράγοντες συμβάντος-μέτρα και προλήψεις	43
4.2.1 Επένδυση-κουβούκλιο.....	43
4.2.2 Τσιμέντο.....	44
4.2.3 Δοκιμή αρνητικής πίεσης	46
4.2.4 Αντικρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας.....	47
4.3 Τρόποι αντιμετώπισης της διαρροής	57
5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αντιμετώπιση του ατυχήματος	74
5.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ατυχήματος στην πανίδα της περιοχής	78
5.1.1 Ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της πετρελαιοκηλίδας	80
6 Νομοθεσία στην περίπτωση πετρελαιοκηλίδας στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής	84

6.1	Νομοθετική αντιμετώπιση του ατυχήματος στον Κόλπο του Μεξικού	86
6.2	Η αργή αντίδραση της κυβέρνησης και η καθυστέρηση μείωσης της διαρροής	89
6.3	Ποινές και διώξεις κατά της BP	94
6.4	Επίδραση της έκρηξης της Macondo στις σημερινές γεωτρήσεις πετρελαίου βαθέων υδάτων.....	100
6.5	Νομοθετικές μεταβολές μετά το ατύχημα	102
6.6	Ανασκόπηση διεθνών περιπτώσεων πετρελαιοκηλίδων	106
6.7	Η Διεθνής Σύμβαση για πρόληψη θαλάσσιας ρύπανσης από πετρέλαιο.....	108
6.8	Ελληνική νομοθεσία για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών ρύπανσης θάλασσας από πετρέλαιο.....	109
Συμπεράσματα.....		112
Βιβλιογραφία		115

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1. Φορηγίδα γεώτρησης [3].....	3
Εικόνα 1.2. Τύπου jackup εξέδρα [4].....	4
Εικόνα 1.3. Σταθερή πλατφόρμα με τσιμεντένια ‘πόδια’[5].....	5
Εικόνα 1.4. Πρότυπη jacket, σταθερή πλατφόρμα [6].....	5
Εικόνα 1.5. Πλατφόρμα-συμβατός πύργος άντλησης πετρελαίου [7].....	6
Εικόνα 1.6. Υποβρύχια πλατφόρμα άντλησης [8].	7
Εικόνα 1.7. Παράδειγμα ημι-υποβρύχιας εξέδρας [9].	8
Εικόνα 1.8. Πλατφόρμα Seastar [10].	9
Εικόνα 1.9. Πλωτά συστήματα παραγωγής [11].....	10
Εικόνα 1.10. Πλατφόρμα Spar [12].	11
Εικόνα 1.11. Γραφική απεικόνιση πλοίου-γεωτρύπανου [13].	12
Εικόνα 1.12. Συστήματα υποθαλάσσιας παραγωγής [14].	13
Εικόνα 1.13. Πλατφόρμες και τα αντίστοιχα βάθη γεώτρησης [15].....	13
Εικόνα 2.1. Τρόπος δράσης των χημικών μέσων διασποράς επεξεργασίας πετρελαιοκηλίδας [18].	22
Εικόνα 2.2. Χρήσης χημικών μέσων διασποράς στην περίπτωση του ατυχήματος του Κόλπου του Μεξικού [18].....	24
Εικόνα 2.3. Δράση μέσου επιφανειακής πλύσης πετρελαίου [19].	25
Εικόνα 3.1. Σχηματική απεικόνιση ξαφριστή πετρελαίου με ελαιόφιλη επιφάνεια σε σχήμα δίσκου.	31
Εικόνα 3.2. Λειτουργία ξαφριστή τύπου τυμπάνου ανάμεσα από το πλοίο και ένα παγόβουνο.	32
Εικόνα 3.3. Ξαφριστής τύπου βούρτσας για ανάκτηση βαριών κλασμάτων πετρελαίου.	32
Εικόνα 3.4. Είδη βραχίονα.	34
Εικόνα 3.5. Τρόπος χρήσης των φραγμάτων με πολλαπλούς βραχίονες.....	35

Εικόνα 4.1. Θέση εξέδρας πετρελαίου και βάθος [22].	36
Εικόνα 4.2. Πλατφόρμα Deerwater Horizon [29].	39
Εικόνα 4.3. Αστοχία συστήματος [30].	41
Εικόνα 4.4. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες της πλατφόρμας Deerwater Horizon [31].	42
Εικόνα 4.5. Εσωτερική δομή αντικρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας [34].	48
Εικόνα 4.6. Τρόπος λειτουργίας του τυφλού εμβόλου διάτμησης [34].	50
Εικόνα 4.7. Τρόπος αποκοπής του σωλήνα γεώτρησης από τη δεξαμενή με τη βοήθεια των ‘κριαριών’ [34].	51
Εικόνα 4.8. Επιδιόρθωση του αντικρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας [35].	58
Εικόνα 4.9. Έγχυση χημικών πρόσθετων διασποράς στο υποθαλάσσιο σημείο-πηγή της διαρροής [35].	59
Εικόνα 4.10. Δημιουργία γεωτρήσεων ανακούφισης [35].	59
Εικόνα 4.11. Τοποθέτηση χαλύβδινου δοχείου περιστολής [35].	60
Εικόνα 4.12. Εφαρμογή μεθόδου top kill και junk shot [35].	61
Εικόνα 4.13. Αποκοπή αγωγού και τοποθέτηση από καπάκι-δοχείο επάνω από τον αντικρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας [35].	62
Εικόνα 4.14. Δέσμευση πετρελαίου, με μερικές διεξόδους κλειστές [35].	63
Εικόνα 4.15. Σύστημα διοχέτευση πετρελαίου και φυσικού αερίου διαμέσου του αντικρηκτικού συστήματος ασφαλείας και του πολλαπλού συλλέκτη [35].	64
Εικόνα 4.16. Τοποθέτηση ‘δοχείου-καπάκι’ με μεγαλύτερες δικλίδες ασφαλείας [35].	65
Εικόνα 4.17. Σύστημα αύξησης χωρητικότητας [35].	66
Εικόνα 4.18. Έλεγχος ακεραιότητας συστήματος.	67
Εικόνα 4.19. Άντληση λάσπης με ελεγχόμενο ρυθμό και τσιμεντοποίηση του σημείου εξόδου του πετρελαίου και αερίου [35].	68
Εικόνα 4.20. Δεξαμενή ανακούφισης [35].	69
Εικόνα 4.21. Επιβεβαίωση τελικού συστήματος [35].	71

Εικόνα 5.1. Τρόπος εξάπλωσης πετρελαίου από το σημείο διαρροής από τις 22 Απριλίου μέχρι τις 2 Αυγούστου.....	74
Εικόνα 5.2. Ποσότητα και περιοχές εξάπλωσης του πετρελαίου στις: 24 Μαΐου (α), 20 Ιουνίου (β), 14 Ιουλίου (γ) και 5 Αυγούστου (δ).	75
Εικόνα 5.3. Τρόπος διασποράς του πετρελαίου μέχρι 1 ^η Αυγούστου, 103 μέρες μετά το ατύχημα.	76
Εικόνα 5.4. Χάρτης με τα σημεία εξεύρεσης των νεκρών θαλάσσιων χελωνών και δελφινιών, όπως καταγράφηκε στις 16 Αυγούστου.....	78
Εικόνα 5.5. Περιοχές αποβολής αζώτου στον Κόλπο του Μεξικού μέσω των ποταμών Μισισιπή και Ατσαφαλάγια [36].....	80
Εικόνα 5.6. Τρόπος δημιουργίας υποξικής ζώνης [37].....	81
Εικόνα 5.7. Σημείο διαρροής ως προς το βάθος επιβίωσης ψαριών [36].	82

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 5.1. Επίδραση του πετρελαίου στις θαλάσσιες χελώνες [36].....	79
Πίνακας 5.2. Επίδραση του πετρελαίου στα δελφίνια [36].	79
Πίνακας 5.3. Επίδραση του πετρελαίου στα πτηνά [36].....	79

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής αποτελεί η διαρροή πετρελαίου που ακολούθησε τη γεώτρηση στην περιοχή Macondo, από την υπεράκτια εξέδρα γεώτρησης Deepwater Horizon.

Ένα σύνολο αλληλένδετων προβλημάτων και κακών (κυρίως συνειδητών) αποφάσεων, που αποφορρούσε από την ίδια την πλατφόρμα μέχρι το βάθος της γεώτρησης, οδήγησε στην καταστροφή. Απόρροια του συμβάντος αποτέλεσαν οι προσπάθειες αντιμετώπισης της πετρελαιοκηλίδας και φυσικά, οι αποτυχημένες και εν συνέχεια επιτυχημένες ενέργειες σφραγίσματος του φρέατος, η ανάλυση των οποίων καθίσταται επακόλουθος **στόχος** της εργασίας.

Η **υπόθεση** της διπλωματικής αυτής θέσης είναι ότι το δυστύχημα στον κόλπο του Μεξικού θα μπορούσε να αποφευχθεί και ότι η έκταση των συνεπειών θα μπορούσε να περιοριστεί. Οι διακλαδώσεις αυτής της υπόθεσης και αν αυτή επιβεβαιώνεται ή διαψεύδεται, θα διαφανεί τελικώς στα συμπεράσματα της εργασίας, με ουδέτερο χρωματισμό, μιας και εκτός από ξεκάθαρα αίτια, υπάρχει και μία διαστρωμάτωση γενικότερων πλαίσιων πάνω στο θέμα των υπεράκτιων γεωτρήσεων που συνέβαλε έμμεσα στην ανυπολόγιστη καταστροφή που ακόμα επηρεάζει ποικιλοτρόπως την περιοχή του Κόλπου και που αφορά εταιρίες, αρχές, οργανισμούς και νομοθεσίες.

Καθότι υπάρχει πληθώρα ερευνών και πορισμάτων, διαφόρων φορέων κύρους, ιδίως όσον αφορά τις ενέργειες των εμπλεκόμενων εταιριών που οδήγησαν στην διαρροή, ως **μεθοδολογία προσέγγισης** επιλέχτηκε η μελέτη πολυάριθμων πηγών αλλά ως αποδεκτά συμπεράσματα υιοθετήθηκαν οι αποφάνσεις και τα πορίσματα του ομοσπονδιακού δικαστηρίου, τα οποία είναι πλήρως δημόσια προσβάσιμα. Η ανάλυση της δικαστικής αντιμετώπισης του συμβάντος, μεταξύ του κράτους των ΗΠΑ και της BP καλύπτεται μεν στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, αλλά κάθε αποδεχόμενο συμπέρασμα κατά την έκταση της εργασίας, έχει επικυρωθεί δικαστικά στο ομοσπονδιακό δικαστήριο των Ηνωμένων Πολιτειών για την ανατολική περιοχή της Λουιζιάνα. Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα.

1 Υπεράκτιες πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου και φυσικού αερίου -τρόπος λειτουργίας τους

Οι υπεράκτιες πλατφόρμες έχουν πολλές χρήσεις συμπεριλαμβανομένης της διερεύνησης και συλλογής πετρελαίου, τη ναυσιπλοΐα, τη φόρτωση του πλοίου και εκφόρτωση, καθώς και τη στήριξη γεφυρών και διαδρόμων. Η υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου είναι μια από τα πιο κοινές εφαρμογές και αντιπροσωπεύει μια σημαντική πρόκληση για τον μηχανικό σχεδιασμό [1].

Αυτές οι υπεράκτιες δομές πρέπει να λειτουργούν με ασφάλεια για τις ζωές των εργαζομένων για πάνω από είκοσι πέντε χρόνια ή περισσότερο και στο σχεδιασμό τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι υπόκεινται σε πολύ σκληρές συνθήκες θαλάσσιου περιβάλλοντος. Μερικά σημαντικά ζητήματα του σχεδιασμού είναι τα κρίσιμα φορτία που δημιουργούνται από τυφώνες ή δυνατούς ανέμους, καθώς και από τα κύματα, τα φορτία κόπωσης που παράγονται από τα κύματα κατά τη διάρκεια ζωής της πλατφόρμας και της κίνησης της πλατφόρμας. Μερικές φορές οι πλατφόρμες υπόκεινται σε ισχυρά ρεύματα που δημιουργούν φορτία στο σύστημα πρόσδεσης και μπορεί να προκαλέσουν δίνη απόπτωσης [1].

Ως προς την κατασκευή τους οι υπεράκτιες πλατφόρμες είναι τεράστιες κατασκευές από χάλυβα ή οπλισμένο σκυρόδεμα ή συνδυασμό και των δυο, που χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση και την εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου από το φλοιό της γης. Οι υπεράκτιες αυτές κατασκευές έχουν σχεδιαστεί για εγκατάσταση στην ανοιχτή θάλασσα, σε λίμνες, κόλπους, κ.λπ., σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων από τις ακτογραμμές [1].

Οι υπεράκτιες πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου και φυσικού αερίου κατασκευάζονται συνήθως από διάφορες ποιότητες χάλυβα, από μαλακό χάλυβα μέχρι χάλυβα υψηλής αντοχής, αν και ορισμένες από τις παλαιότερες κατασκευές γινόντουσαν από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στην κατηγορία των πλατφορμών χάλυβα, υπάρχουν διάφοροι τύποι κατασκευών, ανάλογα με τη χρήση τους και κυρίως με το βάθος του νερού στο οποίο θα λειτουργήσουν. Επίσης οι υπεράκτιες πλατφόρμες έχουν πολύ μεγάλο βάρος και είναι από τις υψηλότερες ανθρωπογενείς κατασκευές στη γη. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο που εξάγονται διαχωρίζονται στην πλατφόρμα και μεταφέρονται μέσω αγωγών ή δεξαμενόπλοιων στην ακτή [1].

1.1 Τύποι υπεράκτιων πλατφορμών άντλησης πετρελαίου

Διαφορετικοί τύποι υπεράκτιων πλατφορμών άντλησης χρησιμοποιούνται, ανάλογα με το βάθος στο οποίο βρίσκεται το υπεράκτιο κοίτασμα πετρελαίου/φυσικού αερίου. Για τη γεώτρηση των φρεάτων χρησιμοποιούνται εξέδρες άντλησης και εγκαθίστανται πλατφόρμες στο πεδίο για την άντληση πετρελαίου ή/και φυσικού αερίου [2].

Σε ορισμένες περιπτώσεις η πλατφόρμα γεώτρησης τοποθετείται εκατοντάδες μίλια μακριά από την πιο κοντινή ακτογραμμή και θέτει μια σειρά από διαφορετικές προκλήσεις σε σύγκριση με τις γεωτρήσεις της ξηράς. Η γεώτρηση στο βυθό της θάλασσας μπορεί μερικές φορές να πραγματοποιείται χιλιάδες πόδια κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ως εκ τούτου, ενώ στις χερσαίες γεωτρήσεις το έδαφος παρέχει το ίδιο την πλατφόρμα από την οποία γίνεται η γεώτρηση, στη θάλασσα πρέπει να κατασκευαστεί μια τεχνητή πλατφόρμα γεώτρησης [2].

Υπάρχουν δύο τύποι υπεράκτιων γεωτρήσεων δαχτυλίδια /πλατφόρμες:

I) Κινητές εξέδρες/πλατφόρμες γεώτρησης: Ο πρώτος τύπος είναι κινητή υπεράκτια εξέδρα γεώτρησης που μπορεί να μετακινηθεί από το ένα μέρος στο άλλο και ο δεύτερος τύπος είναι οι σταθερές εξέδρες/πλατφόρμες. Επίσης υπάρχουν και οι φορτηγίδες γεώτρησης, αλλά αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε ρηχά νερά, όπως λίμνες, έλη, ποτάμια και κανάλια [1].



Εικόνα 0.1. Φορτηγίδα γεώτρησης [3].

Οι φορηγίδες γεώτρησης είναι μεγάλες, πλωτές πλατφόρμες, οι οποίες πρέπει να ρυμουλκούνται από ένα ρυμουλκό από τοποθεσία σε τοποθεσία. Επειδή είναι κατάλληλες μόνο για ρηχά νερά, οι φορηγίδες γεωτρήσεις δεν είναι σε θέση να αντέξουν την κίνηση του νερού [2].

II) Σταθερές εξέδρες/πλατφόρμες γεώτρησης: οι σταθερές πλατφόρμες/εξέδρες είναι παρόμοιες με τις φορηγίδες γεωτρήσεων, με μία διαφορά. Μόλις μια εξέδρα τέτοιου τύπου τοποθετηθεί στην τοποθεσία γεώτρησης, τρία ή τέσσερα «πόδια» χαμηλώνουν έως ότου ακουμπήσουν πάνω στον πυθμένα. Αυτό επιτρέπει να ‘ξεκουραστεί’ η πλατφόρμα εργασίας πάνω από την επιφάνεια του νερού, σε αντίθεση με μια πλωτή φορηγίδα [2].



Εικόνα 0.2. Τύπου jackup εξέδρα [4].

Αυτές οι πλατφόρμες ονομάζονται jackup και είναι κατάλληλες μόνο για ρηχά ύδατα. Η επέκταση αυτών των ποδιών πάρα πολύ βαθιά θα ήταν ανέφικτη. Αυτού του τύπου η εξέδρα μπορεί να λειτουργήσει μόνο σε 500 πόδια βάθος νερού. Αυτές οι εξέδρες είναι συνήθως ασφαλέστερες στη λειτουργία από τις φορηγίδες, καθώς η πλατφόρμα εργασίας τους είναι τοποθετημένη πάνω από τη στάθμη νερού [4].

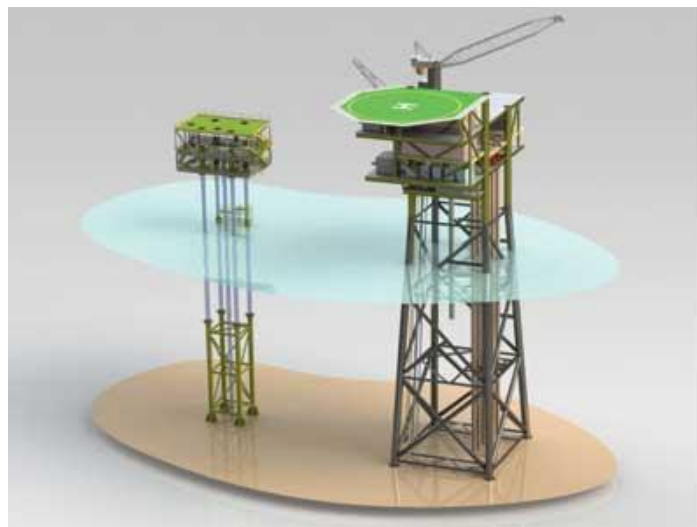
Σε ορισμένες περιπτώσεις, σε ρηχά νερά, είναι δυνατό να τοποθετηθεί φυσικά μια πλατφόρμα προς τον πυθμένα της θάλασσας. Αυτή είναι μια σταθερή εξέδρα πλατφόρμα της οποίας τα «πόδια» είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα ή χάλυβα, που εκτείνονται κάτω από την πλατφόρμα, και στερεώνονται στο θαλάσσιο πυθμένα με πασσάλους [2].

Με κάποιες συγκεκριμένες δομές, το βάρος των ποδιών και του πυθμένα της πλατφόρμας είναι τόσο μεγάλο, ώστε να μην πρέπει να φτάσουν το θαλάσσιο πυθμένα, αλλά αντί αυτού απλά να ‘ξεκουραστούν’ στη δική τους μάζα (Εικ.1.3). Υπάρχουν πολλές πιθανά σχέδια για αυτές τις σταθερές, μόνιμες πλατφόρμες [5].



Εικόνα 0.3. Σταθερή πλατφόρμα με τσιμεντένια ‘πόδια’[5].

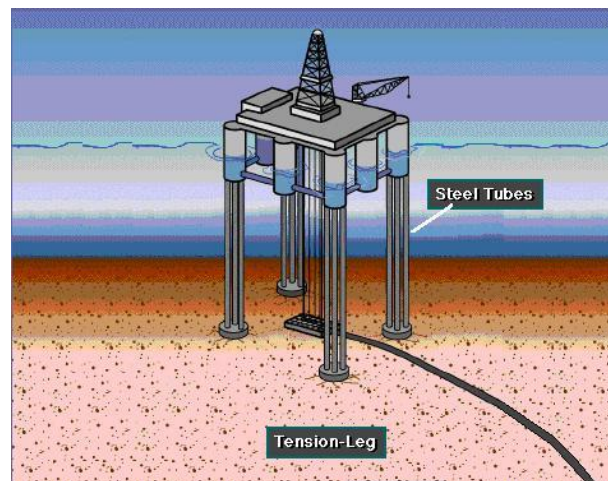
Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτών των τύπων πλατφόρμων είναι η σταθερότητα τους. Επειδή αυτές συνδέονται με τον πυθμένα της θάλασσας, υπάρχει περιορισμένη έκθεση σε κίνηση λόγω του ανέμου και των δυνάμεων του νερού. Ωστόσο, αυτές οι πλατφόρμες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξαιρετικά βαθιά νερά καθώς δεν είναι οικονομική η κατασκευή των ποδιών τους [5].



Εικόνα 0.4. Πρότυπη jacket, σταθερή πλατφόρμα [6].

Ένα άλλο είδος σταθερής πλατφόρμας είναι οι πρότυπες πλατφόρμες (jacket). Αυτό το είδος της σταθερής πλατφόρμας συνήθως εγκαθίσταται στις ακτές του Περσικού Κόλπου, του Κόλπου του Μεξικού, της Νιγηρίας και στις ακτές της Καλιφόρνιας και είναι κατασκευασμένη από χάλυβα. Οι πρότυπες πλατφόρμες αποτελούνται κυρίως από το 'κάλυμμα', τα καταστρώματα και τις σωρούς. Όλες οι πλατφόρμες πετρελαίου που εγκαταστάθηκαν στον Περσικό Κόλπο είναι τύπου Jacket [5].

Οι συμβατοί πύργοι αποτελούν ένα άλλο είδος σταθερής πλατφόρμας. Αποτελούνται από ένα στενό πύργο, που συνδέεται με ένα θεμέλιο πάνω στο θαλάσσιο πυθμένα και εκτείνεται μέχρι την πλατφόρμα. Αυτό ο πύργος είναι ευέλικτος, σε αντίθεση με τα σχετικά άκαμπτα πόδια μιας σταθερής πλατφόρμας [7].



Εικόνα 0.5. Πλατφόρμα-συμβατός πύργος άντλησης πετρελαίου [7].

Αυτή η ευελιξία του επιτρέπει να λειτουργεί σε πολύ βαθιά νερά, καθώς μπορεί να «απορροφήσει» ένα μεγάλο μέρος της πίεσης που ασκείται πάνω του από τον άνεμο και τη θάλασσα. Παρά την ευελιξία του, το συμβατό σύστημα του πύργου είναι αρκετά ισχυρό ώστε να αντέχει συνθήκες τυφώνα.

III) Υποβρύχιες πλατφόρμες/εξέδρες: οι υποβρύχιες εξέδρες είναι επίσης κατάλληλες για ρηχά νερά. Είναι σαν εξέδρες jackup με την έννοια ότι έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του ωκεανού ή της λίμνης. Αυτές οι εξέδρες αποτελούνται από πλατφόρμες με δύο κοίτες τοποθετημένες ή μια στην κορυφή της άλλης. Το άνω κύτος περιέχει το καθιστικό του πληρώματος, καθώς και την πραγματική πλατφόρμα των γεωτρήσεων. Η χαμηλότερη κύτη μοιάζει πολύ με την εξωτερική κύτη ενός υποβρυχίου [8].



Εικόνα 0.6. Υποβρύχια πλατφόρμα άντλησης [8].

Όταν η πλατφόρμα μετακινείται από το ένα μέρος στο άλλο, η κάτω κύτη είναι γεμάτη με αέρα - καθιστώντας το σύνολο της εξέδρας ελαφρύ. Όταν η εξέδρα είναι τοποθετημένη πάνω από την περιοχή του τρυπανιού, ο αέρας βγαίνει έξω από την κάτω κύτη και η εξέδρα βυθίζεται στον πυθμένα της θάλασσας ή της λίμνης. Αυτό το είδος της εξέδρας έχει το πλεονέκτημα της κινητικότητας στο νερό. Ωστόσο, και σε αυτήν την περίπτωση η χρήση του περιορίζεται σε ρηχές περιοχές του νερού.

IV) Ημι-υποβρύχιες πλατφόρμες/γεωτρύπανα: αυτές οι υπεράκτιες εξέδρες άντλησης πετρελαίου διαθέτουν μια πλωτή μονάδα διάτρησης που περιλαμβάνει στήλες και προβλήτες που, εάν κατακλυσθεί με νερό, θα προκαλέσει τις προβλήτες να βυθιστούν σε ένα προκαθορισμένο βάθος [2].

Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες είναι ο πιο κοινός τύπος των υπεράκτιων εξεδρών γεώτρησης, που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των υποβρυχίων εξέδρες με την ικανότητα για γεώτρηση σε βαθιά νερά. Στην περίπτωση του Κόλπου του Μεξικού χρησιμοποιήθηκε επίσης ημι-υποβρύχια εξέδρα. Η αρχή λειτουργίας των ημι-υποβρυχίων εξεδρών είναι ίδια με αυτή των υποβρυχίων. Δηλαδή, μέσω του «φουσκώματος» και «ξεφουσκώματος» της κάτω κύτης η εξέδρα είναι μερικώς βυθισμένη, αλλά εξακολουθεί να επιπλέει πάνω από την περιοχή του γεωτρύπανου. Κατά τη γεώτρηση η χαμηλότερη κύτη η οποία είναι γεμάτη με νερό, προσφέρει σταθερότητα στην εξέδρα [2].

Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες γενικά συγκρατούνται στη θέση τους από τεράστιες άγκυρες, όπου η καθεμία ζυγίζει πάνω από δέκα τόνους. Αυτές οι άγκυρες, σε συνδυασμό με το βυθισμένο τμήμα της εξέδρας, εξασφαλίζουν ότι η πλατφόρμα

παραμένει σταθερή και αρκετά ασφαλής για να χρησιμοποιηθεί σε ταραχώδη υπεράκτια ύδατα [9].



Εικόνα 0.7. Παράδειγμα ημι-υποβρύχιας εξέδρας [9].

Οι ημι-υποβρύχιας εξέδρες μπορεί επίσης να διατηρούνται στη θέση τους με τη χρήση της δυναμικής τοποθέτησης. Αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν για γεώτρηση σε πολύ μεγάλα βάθη. Ήδη από το 2007 με την εξέλιξη της τεχνολογίας οι ημι-υποβρύχιας εξέδρες μπορεί να φτάσουν έως και 6.000 πόδια (1.800 m) βάθος με ασφάλεια και ευκολία. Αυτό το είδος της πλατφόρμας/εξέδρας μπορεί και μετακινείται γρήγορα σε νέες τοποθεσίες [9].

Οι λεγόμενες πλατφόρμες Seastar είναι ένα είδος ημι-υποβρύχιας πλατφόρμας. Αυτές αποτελούνται από μια πλωτή εξέδρα η οποία μοιάζει με αυτής της ημι-υποβρύχιας πλατφόρμας που συζητήθηκε παραπάνω (Εικ.1.8). Μια χαμηλότερη κύτη γεμίζεται με νερό κατά τη διάτρηση, η οποία αυξάνει τη σταθερότητα της πλατφόρμας απέναντι στον άνεμο και στην κίνηση του νερού. Το σύστημα αυτό εκτείνεται από το θαλάσσιο πυθμένα στην πλωτή εξέδρα [10].



Εικόνα 0.8. Πλατφόρμα Seastar [10].

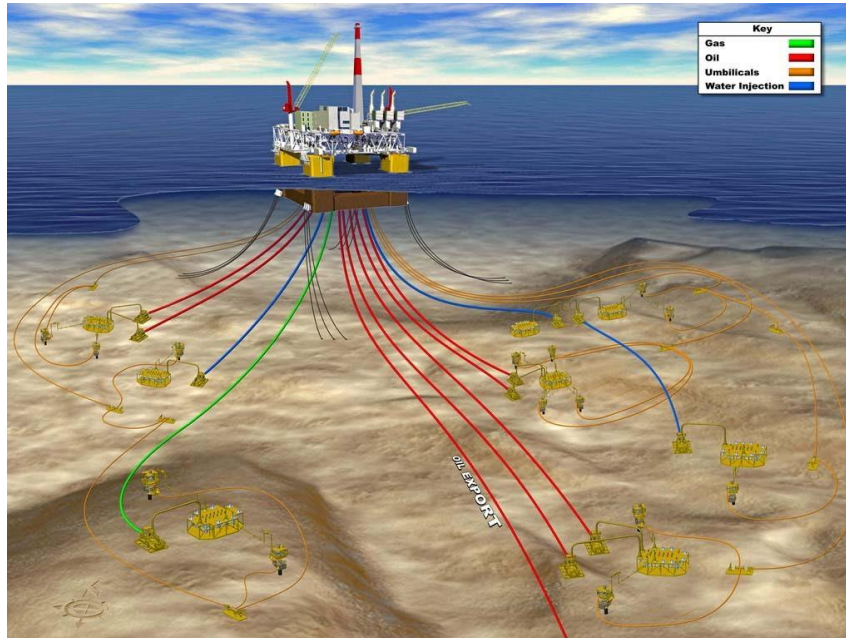
Αυτά τα πόδια διατηρούνται υπό συνεχή ένταση και έτσι δεν επιτρέπεται οποιαδήποτε κίνηση της πλατφόρμας προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Ωστόσο, η ευελιξία τους επιτρέπει την από πλευρά σε πλευρά κίνηση, η οποία επιτρέπει στην πλατφόρμα να αντέχει τη δύναμη του ωκεανού και του ανέμου, χωρίς να σπάσουν τα μακριά πόδια. Οι πλατφόρμες Seastar χρησιμοποιούνται συνήθως για μικρότερες γεωτήσεις βαθέων υδάτων, όταν δεν είναι οικονομικό να χτιστεί μια μεγαλύτερη πλατφόρμα. Αυτές μπορούν να λειτουργούν σε βάθη νερού μέχρι 3.500 πόδια [10].

Οι πλατφόρμες λοιπόν με σύστημα τάνυσης ποδιού είναι μεγαλύτερες εκδόσεις της Seastar πλατφόρμας. Τα μακριά ευέλικτα πόδια συνδέονται με το θαλάσσιο πυθμένα και ανατρέχουν μέχρι την ίδια την πλατφόρμα. Όπως και με την πλατφόρμα Seastar, αυτά τα σκέλη επιτρέπουν την κίνηση της πλατφόρμας (μέχρι 20πόδια), με μικρή κατακόρυφη κίνηση. Αυτού του είδους οι πλατφόρμες μπορεί να λειτουργήσουν μέχρι και 7.000 πόδια βάθος.

Επιπλέον τα πλωτά συστήματα παραγωγής αποτελούν ένα ακόμα είδος ημι-υποβρύχιας πλατφόρμας. Αυτά αποτελούν ουσιαστικά ημι-υποβρύχιας εξέδρες γεώτρησης, με τη διαφορά ότι περιέχουν εξοπλισμό παραγωγής πετρελαίου, καθώς και εξοπλισμό γεωτρήσεων. Ως πλωτά συστήματα παραγωγής μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και πλοία [2].

Οι πλατφόρμες μπορούν να διατηρούνται στη θέση τους μέσω βοήθειας από βαριές άγκυρες, ή μέσω δυναμικού συστήματος εντοπισμού θέσης που χρησιμοποιούνται από

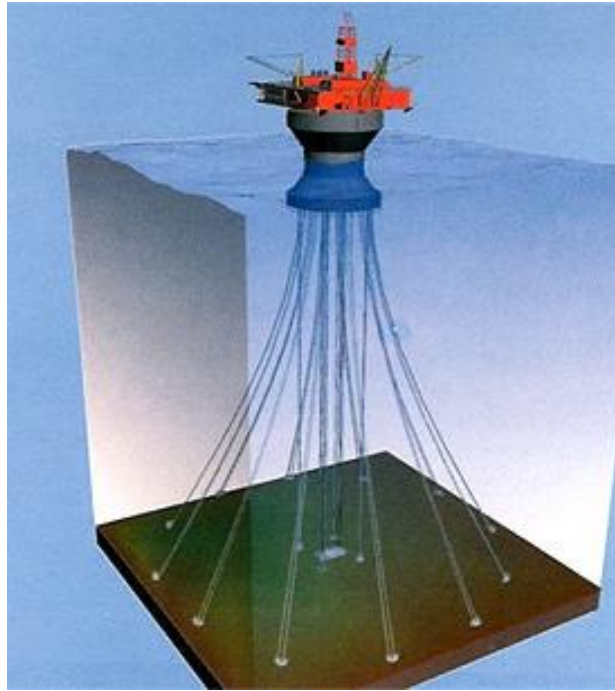
γεωτρύπανα. Με ένα πλωτό σύστημα παραγωγής, αφού ολοκληρωθεί η γεώτρηση, η κεφαλή του φρέατος συνδέεται στην πραγματικότητα με το θαλάσσιο πυθμένα, αντί με την πλατφόρμα (Εικ.1.9) [11].



Εικόνα 0.9. Πλωτά συστήματα παραγωγής [11].

Το πετρέλαιο που εξάγεται μεταφέρεται από την φρεάτιο μέσω σωληνώσεων στις εγκαταστάσεις παραγωγής στην ημι-υποβρύχια πλατφόρμα. Αυτά τα συστήματα παραγωγής μπορούν να λειτουργήσουν σε βάθη νερού μέχρι 6.000 πόδια [11].

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι λεγόμενες πλατφόρμες Spar. Αυτές είναι μεταξύ των μεγαλύτερων υπεράκτιων πλατφορμών. Αυτές οι τεράστιες πλατφόρμες αποτελούνται από ένα μεγάλο κύλινδρο που στηρίζει μια τυπική σταθερή πλατφόρμα γεώτρησης (Εικ.1.10). Ο κύλινδρος ωστόσο δεν εκτείνεται σε όλη τη διαδρομή στον πυθμένα της θάλασσας, αλλά, αντίθετα, είναι δεμένος στον πυθμένα με μια σειρά καλωδίων και γραμμών. Ο μεγάλος κύλινδρος χρησιμεύει για να σταθεροποιήσει την πλατφόρμα μέσα στο νερό, και επιτρέπει την κίνηση για να απορροφάει το δυναμικό που μπορεί να προκαλείται από τυφώνες [12].



Εικόνα 0.10. Πλατφόρμα Spar [12].

Η πρώτη πλατφόρμα Spar εγκαταστάθηκε στον Κόλπο του Μεξικού το Σεπτέμβρη του 1996. Πρόκειται για μια πλατφόρμα με μήκος κυλίνδρου 770 πόδια, και διάμετρο 70 πόδια. Η πλατφόρμα λειτουργεί σε 1.930 πόδια βάθος νερού.

V) Γεωτρύπανα: τα γεωτρύπανα είναι ακριβώς όπως ακούγεται, πλοία που έχουν σχεδιασθεί για την εκτέλεση των εργασιών γεώτρησης. Αυτά τα πλοία είναι ειδικά σχεδιασμένα για να μεταφέρουν τις πλατφόρμες γεωτρήσεων σε τοποθεσίες με βαθιά ύδατα. Ένα τυπικό πλωτό γεωτρύπανο, εκτός από το σύνολο του εξοπλισμού που έχει ένα υπερωκεάνιο, έχει στο μέσο του καταστρώματος και μια πλατφόρμα γεώτρησης.

Επιπλέον, τα γεωτρύπανα έχουν και μια οπή που ονομάζεται "moonpool", η οποία εκτείνεται δεξιά μέσα από το πλοίο προς τα κάτω διαμέσου της κύτης και η οποία επιτρέπει να εκτείνεται η ταινία γεωτρύπανου μέσα από το σκάφος προς τα κάτω και μέσα στο νερό. Αυτή η υπεράκτια εξέδρα άντλησης πετρελαίου μπορεί να πραγματοποιήσει γεωτρήσεις σε πολύ βαθιά νερά [13].

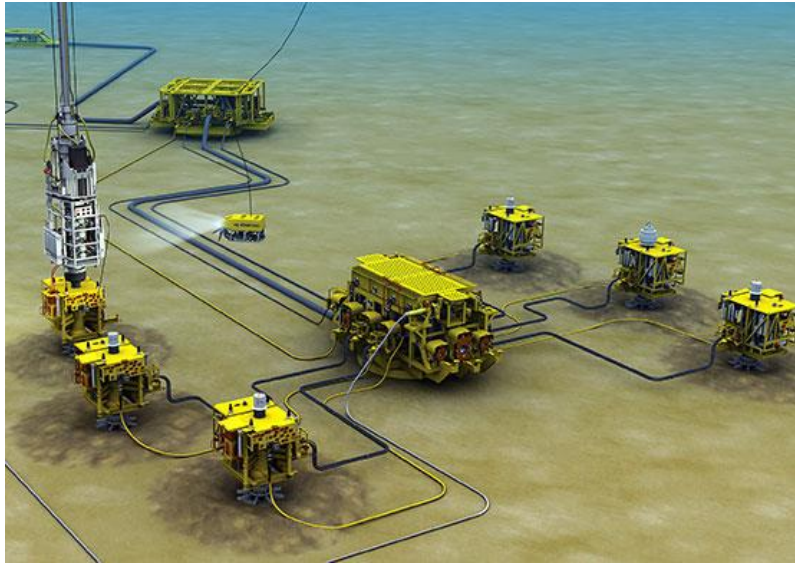


Εικόνα 0.11. Γραφική απεικόνιση πλοίου-γεωτρύπανου [13].

Τα γεωτρύπανα χρησιμοποιούν συστήματα «δυναμικής τοποθέτησης». Αυτά είναι εξοπλισμένα στην κάτω πλευρά της κύτης των πλοίων με ηλεκτρικούς κινητήρες, ικανούς να προωθούν το πλοίο σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτοί οι κινητήρες έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα του υπολογιστή των πλοίων, το οποίο χρησιμοποιεί τεχνολογία εντοπισμού θέσης μέσω δορυφόρου, σε συνδυασμό με αισθητήρες που βρίσκονται στην πλατφόρμα ελέγχου της γεώτρησης, για να εξασφαλιστεί ότι το πλοίο είναι ακριβώς πάνω από το χώρο γεώτρησης ανά πάσα στιγμή [13].

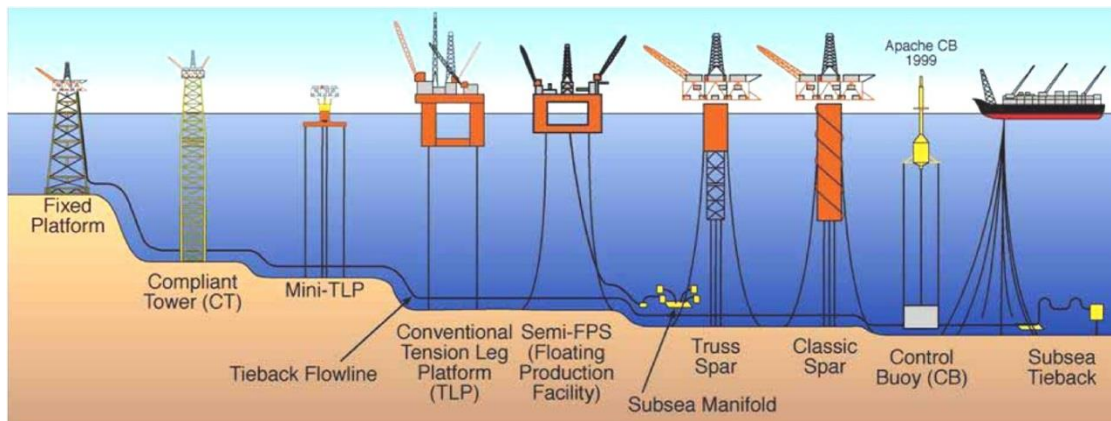
VI) Συστήματα υποθαλάσσιας παραγωγής: είναι φρεάτια που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας. Όπως και σε ένα πλωτό σύστημα παραγωγής, το πετρέλαιο εξάγεται κατά τον πυθμένα και στη συνέχεια μπορεί να είναι «δεμένα-back» σε μια ήδη υπάρχουσα πλατφόρμα παραγωγής [14].

Η γεώτρηση μπορεί να γίνει από μια κινητή εξέδρα, και αντί για την οικοδόμηση μιας πλατφόρμας παραγωγής, το εκχυλισμένο πετρέλαιο και φυσικό αέριο μπορεί να μεταφέρεται από έναν σωλήνα ανύψωσης ή ακόμα και από έναν υποθαλάσσιο αγωγό σε μια κοντινή εξέδρα παραγωγής. Αυτό επιτρέπει στρατηγικά τοποθετημένες πλατφόρμες παραγωγής ώστε να εξυπηρετούνται πολλές γεωτρήσεις πάνω από μια μεγάλη περιοχή. Τα υποθαλάσσια συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε βάθη 7.000 ποδών και άνω, και δεν έχουν την ικανότητα για γεώτρηση, μόνο εξαγωγή και μεταφοράς [14].



Εικόνα 0.12. Συστήματα υποθαλάσσιας παραγωγής [14].

Στην Εικ.1.13 δίνονται συνολικά οι πλατφόρμες υπεράκτιων γεωτρήσεων και τα αντίστοιχα βάθη γεώτρησης που μπορούν να φτάσουν.



Εικόνα 0.13. Πλατφόρμες και τα αντίστοιχα βάθη γεώτρησης [15].

1.2 Απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές και μελέτες λειτουργίας υπεράκτιων πλατφόρμων

Η κατασκευή μιας υπεράκτιας κατασκευής πλατφόρμας περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια [16]:

- Μελέτες Επενδύσεων σκοπιμότητας.
- Έρευνα εργοταξίου, όπως καταδύσεις επιθεωρήσεων στις θέσεις της εγκατάστασης.

- Εννοιολογικό, βασικό και λεπτομερή σχεδιασμό.
- Υπολογισμούς αντοχής της πλατφόρμας.
- Έγκριση σχεδιασμού από τις ρυθμιστικές αρχές.
- Σύναψη συμβάσεων.
- Κατασκευή μεταλλικών κατασκευών.
- Προετοιμασία του εξοπλισμού μεταφοράς της πλατφόρμας και διαδικασίες εγκατάστασης λειτουργίας
- Διαδικασίες μεταφοράς και εγκατάστασης
- Ανάθεση

Συνήθως, η κατασκευή των μεταλλικών κατασκευών για τέτοιες εγκαταστάσεις όπως οι υπεράκτιες πλατφόρμες διεξάγεται σε σημαντικά απομακρυσμένες θέσεις από τον τόπο της εγκατάστασης. Η μεταφορά αυτών των μεγάλου μεγέθους στοιχείων είναι μία πολύπλοκη λειτουργία που απαιτεί ένα ειδικό σχεδιασμό, με υπολογισμούς στη δομική αντοχή για τις συνθήκες μεταφοράς. Οι υπεράκτιες λοιπόν κατασκευές απαιτούν την άμεση ανταπόκριση και συντονισμό στο σχεδιασμό, το μηχανικό έλεγχο, τα υλικά/προμήθεια εξοπλισμού και το συντονισμό των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων. Μερικές από τις παραπάνω ενέργειες εκτελούνται ταυτόχρονα λόγω του περιορισμένου χρόνου [16].

Στις ακόλουθες παραγράφους αναλύονται συνοπτικά κάποιες από τις προαναφερόμενες ενέργειες.

Σχεδιασμός σταθερών πλατφόρμων

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες υπεράκτιες πλατφόρμες, όπως στον Κόλπο του Μεξικού, στη Νιγηρία, στις ακτές της Καλιφόρνιας και στον Περσικό Κόλπο είναι πλατφόρμες-πρότυπα κατασκευασμένες από χάλυβα και χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση πετρελαίου/φυσικού αερίου και παραγωγή [16].

Ο σχεδιασμός και η ανάλυση αυτών των υπεράκτιων κατασκευών πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις συστάσεις που δημοσιεύθηκαν από το American Petroleum Institute (API). Ο σχεδιασμός και η ανάλυση των εξεδρών ανοικτής θαλάσσης πρέπει να γίνει λαμβάνοντας υπόψη την εξέταση πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων σημαντικών παραμέτρων [16]:

- Περιβαλλοντικοί παράμετροι (αρχική μεταφορά και σε συνθήκες καταιγίδας και μετά από παρέλευση 100 ετών).
- Χαρακτηριστικά του εδάφους.

- Απαιτήσεις κώδικα (π.χ. από το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Μεταλλικών Κατασκευών "AISC").
- Επίπεδο έντασης των συνεπειών σε περίπτωση αστοχίας.

Επίσης το σύνολο του σχεδιασμού, της εγκατάστασης και της λειτουργίας θα πρέπει να εγκριθεί από τον πελάτη.

Αριθμός απαραίτητων μελετών για τις πρότυπες πλατφόρμες

Για τις πρότυπες πλατφόρμες τύπου jacket απαιτείται ένας διαφορετικός και ποικίλος αριθμός αναλύσεων και μελετών [16]:

- Επιτόπια ανάλυση
- Ανάλυση σε περίπτωση σεισμού
- Ανάλυση κόπωσης
- Ανάλυση των επιπτώσεων
- Προσωρινή ανάλυση
- Ανάλυση φορτίων
- Ανάλυση μεταφοράς
- Ανάλυση Παρελκόμενων
- Ανάλυση ανύψωσης
- Ανάλυση καθοδικής προστασίας
- Ανάλυση Μεταφοράς
- Ανάλυση εγκατάστασης

Περιβαλλοντικοί παράμετροι

Ο σχεδιασμός και η ανάλυση των σταθερών υπεράκτιων πλατφόρμων μπορεί να διεξαχθούν σύμφωνα με τη «Συνιστώμενη Πρακτική του API για προγραμματισμό, σχεδιασμό και μόνιμη κατασκευή υπεράκτιων πλατφόρμων». Το API ορίζει ελάχιστα κριτήρια σχεδιασμού για μια διάρκεια 100 ετών [16].

Κανονικά, για την τεχνική ανάλυση των υπεράκτιων πλατφόρμων, οι περιβαλλοντικές παράμετροι περιλαμβάνουν ύψη κύματος έως 21 μέτρα (ανάλογα με το βάθος του νερού) και ταχύτητες ανέμου 170 km/h για τον Κόλπου του Μεξικού, σε συνδυασμό με παλίρροιες έως 4 m σε ρηγά νερά. Τα ύψη κύματος έως 12,2 μέτρα και ταχύτητες ανέμου έως 130 km/h, σε συνδυασμό με τις παλίρροιες έως 3 m έχουν οριστεί για πλατφόρμες που βρίσκονται στον Περσικό Κόλπο [16].

Για τη Νότια Κασπία Θάλασσα στο σχεδιασμό των υπεράκτιων πλατφορμών λαμβάνεται υπόψη ύψος κυμάτων 19 m για περίοδο 100 ετών, ενώ για τη Βόρεια Θάλασσα είναι πάνω από 32 m ανάλογα με την τοποθεσία [16].

Το API RP-2A διευκρινίζει, επίσης, ότι το χαμηλότερο κατάστρωμα πρέπει να διατηρεί ένα ελάχιστο διάκενο αέρα 1,5 m μεταξύ του πυθμένα των δοκών του καταστρώματος και της κορυφής του κύματος λαμβάνοντας υπόψη το συνδυασμό του ύψους κύματος και των παλιρροιών [16].

Η πλατφόρμα επίσης θα πρέπει να αντισταθεί στα φορτία που δημιουργούνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα φορτία κατά τη μεταφορά και την εγκατάσταση καθώς και άλλα φορτία που παράγονται στον εξοπλισμό όταν είναι εν πλω.

Γεωτεχνικά δεδομένα

Ένα άλλο σημαντικό μέρος του σχεδιασμού των υπεράκτιων δομών είναι η διερεύνηση του εδάφους. Η διερεύνηση του εδάφους είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό των υπεράκτιων δομών, διότι το έδαφος είναι που αντιστέκεται στις τεράστιες δυνάμεις και τα φορτία που υπάρχουν και συσσωρεύονται στο κάτω μέρος του ωκεανού, σε συνθήκες καταγίδας [16].

Η σύσταση του χώματος του βυθού κανονικά πρέπει να είναι άργιλος, άμμος, λάσπη, ή ένα μείγμα αυτών. Κάθε μελέτη πρέπει να εμπεριέχει μια συγκεκριμένη έκθεση του εδάφους που δείχνει τη διαστρωμάτωση του εδάφους, τα χαρακτηριστικά του και τις μηχανικές του ιδιότητες. Η μελέτη πρέπει να δείχνει τα χαρακτηριστικά φορτίου-παραμόρφωσης για τις φέροντες δυνάμεις σε εφελκυσμό, θλίψη και αντοχή σε διάτμηση [16].

Αυτού του είδους η μελέτη πραγματοποιείται εκτελώντας επιτόπιες δοκιμές και στη συνέχεια πραγματοποιώντας εργαστηριακές δοκιμές προκειμένου να ανακτηθούν τα δεδομένα που χρειάζονται για το μηχανικό σχεδιασμό της πλατφόρμας. Η έκθεση του εδάφους θα πρέπει να δείχνει τις υπολογισμένες ικανότητες των αξόνων της πλατφόρμας. Θα πρέπει επίσης να έχουν υπολογιστεί οι τιμές αντίστασης στη διάτμηση [16].

Οι τιμές αυτές, από τη στιγμή που παρέχονται από το γεωτεχνικό μηχανικό, στο μηχανικό που θα κατασκευάσει την πλατφόρμα θα αποτελέσουν τις μεταβλητές εισόδου στο μοντέλο της δομικής ανάλυσης (συνήθως στο StruCad, FASTRUDL ή SACS λογισμικό) και θα καθοριστούν οι ελάχιστες διεισδύσεις και το μέγεθος των πυλώνων-δοκών της πλατφόρμας θεωρώντας έναν συντελεστή ασφαλείας 1,5. Για τα

φορτία της λειτουργίας, ο συντελεστής ασφαλείας πρέπει να είναι 2.0 και οι αναλογίες ελέγχου στους πυλώνες της πλατφόρμα ή οπουδήποτε αλλού στην πλατφόρμα δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1,0 [16].

Το βάθος της διείσδυσης των πυλώνων ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της πλατφόρμας, τα φορτία και τα χαρακτηριστικά του εδάφους, αλλά κανονικά κυμαίνεται από περίπου 30 m έως 100 m. Για παράδειγμα για τις βαριές πλατφόρμες όπως αυτή στον Περσικό Κόλπο, η διάμετρος των πυλώνων είναι περίπου 2 m και το βάθος διείσδυσης είναι περίπου 70 m κάτω από το βυθό της θάλασσας [16].

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους χρησιμοποιούνται επίσης για την ανάλυση της οδηγησιμότητας των πυλώνων. Τα αμμώδη εδάφη είναι πιο επιθυμητά λόγω των αξονικών δυνάμεων στα ρουλεμάν, αλλά μπορεί να είναι επιζήμια στην οδηγησιμότητα των πυλώνων όταν συσσωρεύονται κοντά στην επιφάνεια. Η οδηγησιμότητα των πυλώνων είναι πιο εύκολη σε αργιλώδη εδάφη, αλλά αυτά δεν παρέχουν καλή υποστήριξη για το τέλος του ρουλεμάν, αν και παρέχουν καλή αντίσταση στα πλευρικά φορτία των πυλώνων [16].

Δομική ανάλυση

Για να πραγματοποιηθεί η δομική ανάλυση μιας πλατφόρμας χρησιμοποιούνται συνήθως κάποια από τα ακόλουθα πακέτα λογισμικού SACS, FASTRUDL, MARCS, SESEM, OSCAR or StruCAD. Μια δομική ανάλυση θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα κύρια μέλη της κατασκευής, τα παρελκόμενα και τον κύριο εξοπλισμό [16].

Η δομή μιας τυπικής υπεράκτιας δομής η οποία υποστηρίζεται από πυλώνες έχει κανονικά ένα κατάστρωμα που περιέχει ένα κύριο κατάστρωμα, ένα υποκατάστρωμα και ένα ελικοδρόμιο. Το κατάστρωμα υποστηρίζεται από τους πυλώνες συνδεδεμένους στην κορυφή των πυλώνων. Οι πυλώνες εκτείνονται από πάνω από τη μέση του νερού και φθάνουν στον πυθμένα και στο έδαφος [16].

Υποβρύχια, οι πυλώνες εμπεριέχονται μέσα στα πόδια ενός μανδύα που χρησιμεύει ως προστασία για τους πυλώνες κατά των πλευρικών φορτίων. Ο μανδύας μπορεί επίσης να χρησιμεύσει ως ένα πρότυπο για την αρχική οδήγηση των πυλώνων (οι πυλώνες μπορεί να οδηγηθούν διαμέσου του εσωτερικού σκέλους του μανδύα). Στην περίπτωση χρήσης πυλώνων σε σχήμα άλφα οι πυλώνες μπορεί να οδηγούνται από το εξωτερικό του σκελετού του μανδύα [16].

Άρα η τελική έκθεση θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Τον τύπο της ανάλυσης, την ανύψωση του πυθμένα και το βάθος του νερού.

- Τα μεγέθη των εξοπλισμών
- Αποσαφήνιση των συνδέσεων
- Δεδομένα εδάφους
- Συντεταγμένες συνδέσεων
- Περιοχές ανάπτυξης ανέμου της πλατφόρμας
- Κατανεμημένο επιφανειακό φορτίο

Τα σχέδια όλων των υπεράκτιων πλατφόρμων πρέπει να εγκρίνονται από τον πελάτη. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης πρέπει να αποδείξουν ότι οι πλατφόρμες έχουν σχεδιαστεί για χρήση με βάση αποδεκτές τυποποιημένες μεθόδους και ότι η κατασκευή θα είναι σε θέση να λειτουργήσει επαρκώς, σύμφωνα με το πλαίσιο των παραμέτρων σχεδιασμού, όπως ορίζεται από το API RP-2A και το Αμερικανικό Ινστιτούτο Μεταλλικών Κατασκευών (AISC) [16].

Το πακέτο της αίτησης αδείας θα πρέπει να περιέχει μια συνοπτική ανάλυση (και επεξήγηση των τροποποιήσεων, αν υπάρχει) και να αποδειχθεί ότι έχει τα θεμέλια για να δεχτεί το μέγιστο φορτίο σχεδιασμού και ελέγχου της ενότητας της κατασκευής. Θα πρέπει να επισυνάπτονται αντίγραφα της έκθεσης του εδάφους, και τα πιστοποιημένα διαρθρωτικά κατασκευαστικά σχέδια. Τα σχέδια και οι αναλύσεις και το πλήρες πακέτο πρέπει να υπογράφεται από τον Επικεφαλής Σύμβουλο Μηχανικό, και τον Manager του έργου [16].

Το API RP-2A παραθέτει τις συνιστώμενες ιδιότητες υλικού για δομικά στοιχεία όπως χαλύβδινες πλάκες, διάφορα σχήματα χάλυβα και σωλήνες δομικού χάλυβα. Ως ελάχιστο όριο οι χαλύβδινες πλάκες και τα διαρθρωτικά χάλυβδινα σχήματα πρέπει να είναι σύμφωνα με την Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM). Για μεγαλύτερη αντοχή σε εφαρμογές, ο σωλήνας γεώτρησης πρέπει να είναι σύμφωνος με κανόνες [16].

Όλα τα υλικά και οι συγκολλήσεις πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά. Για κοπή και τοποθέτηση συγκόλλησης και συναρμολόγησης είναι απαραίτητο να υπάρχουν και σχέδια. Επίσης θα πρέπει να επιλεγθεί ένα κατάλληλο ναυπηγείο για την κατασκευή της πλατφόρμας. Το ναυπηγείο στο οποίο θα γίνει η κατασκευή πρέπει να είναι καλά εξοπλισμένο και να είναι αρκετά μεγάλο για την κατασκευή και τη δοκιμή των φορτίων της πλατφόρμας [16].

1.3 Τρόπος λειτουργίας υπεράκτιων πλατφόρμων

Μόλις έχει επιλεγεί η περιοχή όπου βρίσκεται το πετρέλαιο, οι επιστήμονες ερευνούν την περιοχή για να καθορίσουν τα ακριβή όρια της και συνεχίζουν με την εκπόνηση μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εάν είναι απαραίτητο.

Στη συνέχεια, οι χειριστές κάνουν δυο βασικές γεωτρήσεις διερεύνησης πετρελαίου και αερίου, αντίστοιχα. Για πλατφόρμες τύπου jack-up το βάθος κυμαίνεται από 20 έως 400 πόδια για ημι-υποβρύχιες πλατφόρμες και γεωτρύπανα στα 12.000 πόδια [16].

Πριν από τη δημιουργία της διερευνητικής γεώτρησης, ο χειριστής θα πραγματοποιήσει και γεωλογικές έρευνες της περιοχής για να προσδιοριστεί η δυνατότητα ύπαρξης για κοιτάσματα πετρελαίου ή φυσικού αερίου και να προσδιορίσει συγκεκριμένους στόχους. Ο χειριστής στη συνέχεια μισθώνει έναν ανάδοχο γεωτρήσεων, όπως η Diamond Offshore για τη διάνοιξη διερευνητικών γεωτρήσεων. Η πετρελαϊκή εταιρεία επιλέγει τη θέση και εποπτεύει τη λειτουργία, η οποία μπορεί να διαρκέσει μόλις 15 ημέρες ή για διάστημα 12 μηνών, όλο το εικοσιτετράωρο, επτά ημέρες την εβδομάδα λειτουργίας μέχρι να δημιουργηθεί η γεώτρηση, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του έργου [16].

Οι υπεράκτιες εξέδρες έχουν σχεδιαστεί για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στις συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, με έμφαση στη διατήρηση της σταθερότητας της εξέδρας στον κόλπο ή στα νερά του ωκεανού. Οι υπεράκτιες γεωτρήσεις λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως και στην ξηρά [16].

Ένας αγωγός κατασκευασμένος από χάλυβα επιτρέπει τα υγρά γεώτρησης να κινηθούν μεταξύ της εξέδρας, -στην επιφάνεια του νερού-και του πυθμένα της θάλασσας. Ο αγωγός αυτός ονομάζεται «σωλήνας ανύψωσης». Η μετώπη είναι εφοδιασμένη με σφαιρικούς συνδέσμους ολίσθησης που επιτρέπουν πολλά μέτρα κατακόρυφου σωλήνα να κινηθούν προς τα επάνω και προς τα κάτω, λυγίζοντας ελαφρώς με το κύμα που μπορεί να προκαλεί κίνηση της εξέδρας.

Η γεώτρηση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας σωλήνες χάλυβα και άλλα εργαλεία που συνδέονται και αποτελούν ένα τρυπάνι. Στο κάτω μέρος της στοιχειοσειράς των σωλήνων είναι μια συσκευή διάνοιξης οπής η οποία ονομάζεται «λεπίδα τρυπανιού» Βαριά τμήματα του αγωγού, που ονομάζονται «κολάρα τρυπανιού» προσθέτουν βάρος και σταθερότητα στο τρυπάνι. Κάθε σωλήνας είναι σε

μήκος περίπου 30 πόδια και ζυγίζει περίπου 600 κιλά. Τα 'κολάρα' του τρυπανιού ζυγίζουν περίπου 4.000 λίβρες ή περισσότερο ανά μήκους 30 ποδιών.

Καθώς προχωρά η γεώτρηση και το πηγάδι βαθαίνει, το πλήρωμα γεωτρήσεων προσθέτει νέα τμήματα των σωλήνων γεώτρησης για την ολοένα επιμήκυνση της στήλης. Υδραυλικά όργανα διατηρούν σταθερή την ένταση σχετικά με τη διατρητική στήλη για να αποτρέψουν η κίνηση της εξέδρας να μεταδοθεί στο γεωτρώπανο.

Η σειρά των σωλήνων γεώτρησης κατεβαίνει διαμέσου του κατακόρυφου αγωγού στο βυθό της θάλασσας, περνώντας μέσα από ένα σύστημα βαλβίδων ασφαλείας που ονομάζεται αντιακρηκτικός μηχανισμός έκρηξης. Αυτή η στοίβα πολλαπλών βαλβίδων ασφαλείας είναι σχεδιασμένη για την αντιμετώπιση των φυσικών πιέσεων που ενδέχεται να συναντήσουν κατά την εξόρυξη κάτω από την επιφάνεια της Γης. Σκοπός του αντιακρηκτικού μηχανισμού είναι να αποτρέψει μια πιθανή και ανεξέλεγκτη έκρηξη του υγρού πετρελαίου ή αερίου από το φρεάτιο γεώτρησης λόγω της υπερβολικής φυσικής πίεσης.

2 Μέθοδοι επεξεργασίας πετρελαιοκηλίδας

Οι μικρότερες πετρελαιοκηλίδες αποτελούν πιο συχνό φαινόμενο, κυρίως λόγω της βαριάς χρήσης του πετρελαίου και προϊόντων πετρελαίου στην καθημερινή μας ζωή. Η επεξεργασία του πετρελαίου με ειδικά παρασκευασμένα χημικά είναι η πρώτη επιλογή για την αντιμετώπιση με πετρελαιοκηλίδες που κάνουν πάντα όλοι, αλλά όχι και η σωστή.

Στη χημική επεξεργασία της πετρελαιοκηλίδας υπάρχει διαθέσιμη μια ευρεία ποικιλία χημικών. Θα πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι η έγκριση για τη χρήση τους θα πρέπει να ληφθεί από τις αρμόδιες αρχές. Επιπλέον, αυτοί οι παράγοντες δεν είναι πάντοτε αποτελεσματικοί, και το επεξεργασμένο έλαιο ή η χημική ουσία μπορεί να είναι τοξική για τους υδρόβιους οργανισμούς. Στις ακόλουθες υποενότητες συζητούνται και αναλύονται τρόποι επεξεργασίας πετρελαιοκηλίδας.

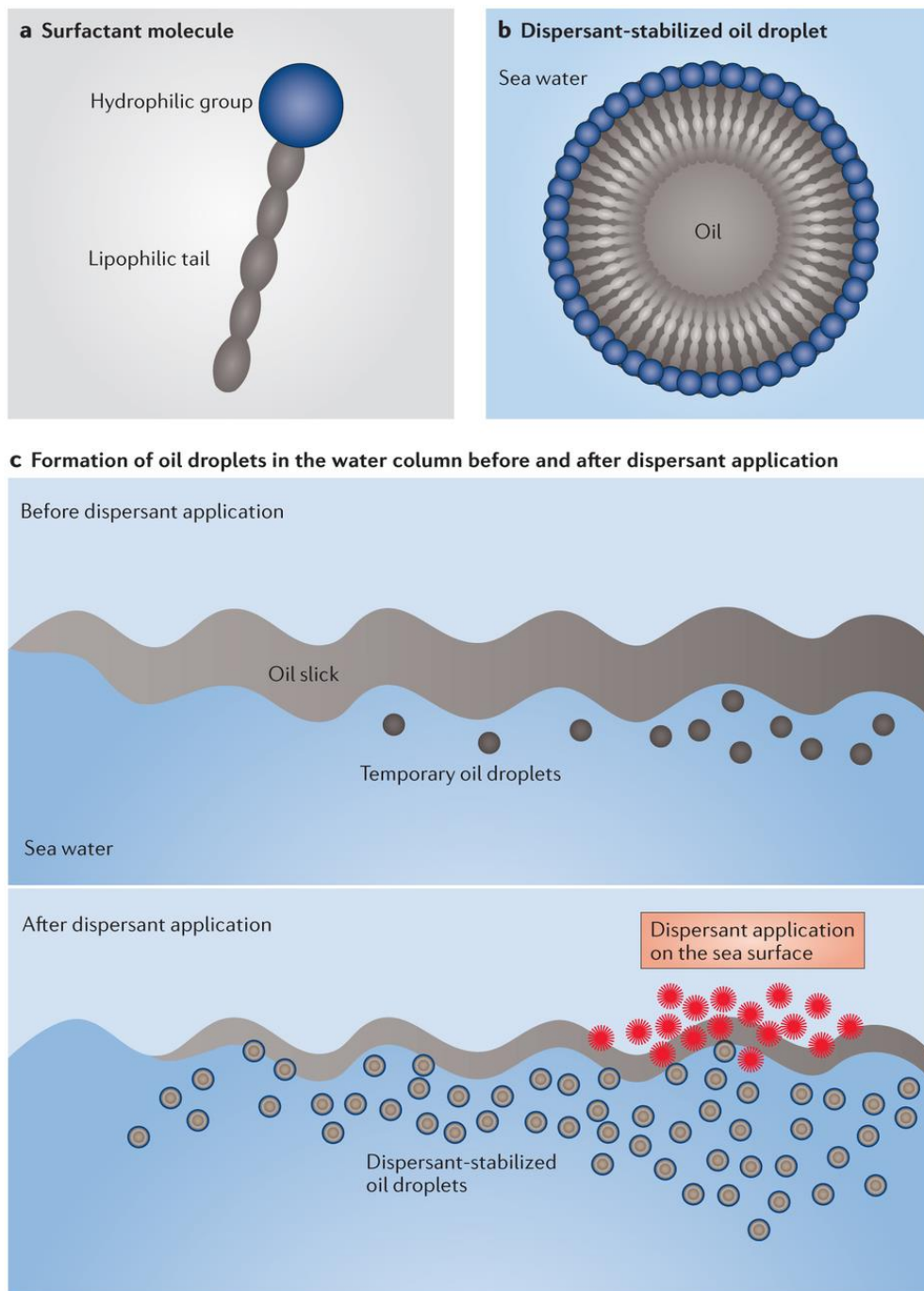
2.1 Χημικά μέσα διασποράς

Το μέσο διασποράς είναι ένας κοινός όρος που χρησιμοποιείται για την επισήμανση χημικών μέσων επεξεργασίας πετρελαιοκηλίδας που αναγκάζουν το σχηματισμό μικρών σταγονιδίων πετρελαίου οι οποίες διασπείρονται σε όλο το άνω στρώμα του νερού. Τα μέσα διασποράς περιέχουν επιφανειοδραστικές χημικές ουσίες, όπως εκείνες που εμπεριέχονται στα σαπούνια και στα απορρυπαντικά. Αυτές οι ουσίες έχουν μόρια μιας υδατοδιαλυτής και μια πετρέλαιο-διαλυτής ουσίας [17].

Ανάλογα με τη φύση των ουσιών αυτών, οι επιφανειοδραστικές ουσίες προκαλούν διαφορετική συμπεριφορά του πετρελαίου στο νερό. Επιφανειοδραστικές ουσίες ή μίγματα επιφανειοδραστικών ουσιών που χρησιμοποιούνται σε μέσα διασποράς έχουν περίπου την ίδια διαλυτότητα στο πετρέλαιο και στο νερό. Το πετρέλαιο σταθεροποιείται δημιουργώντας σταγόνες και διασπείρεται προσωρινά μόνο στο πρώτο επιφανειακό στρώμα νερού [17].

Στην Εικ.2.1 απεικονίζεται γραφικά ο τρόπος δράσης των χημικών μέσων διασποράς. Στο πρώτο σχήμα απεικονίζεται ένα μόριο της επιφανειοδραστικής ουσίας

που υπάρχει στο μέσο διασποράς. Όπως φαίνεται και προαναφέρθηκε το μόριο αυτό αποτελείται από ένα υδρόφιλο μέρος και ένα ‘πετρελαιο-φιλο’ μέρος [18].



Εικόνα 2.1. Τρόπος δράσης των χημικών μέσων διασποράς επεξεργασίας πετρελαιοκηλίδας [18].

Όταν λοιπόν διασπείρεται το χημικό μέσο στη θάλασσα το ‘πετρελαιο-φιλο’ μέρος του κάθε μορίου και όλα μαζί τα μόρια αναγκάζουν το πετρέλαιο να συγκεντρωθεί μέσω της δημιουργίας σταγόνας, όπως απεικονίζεται στο δεύτερο σχήμα της Εικ. 2.1.

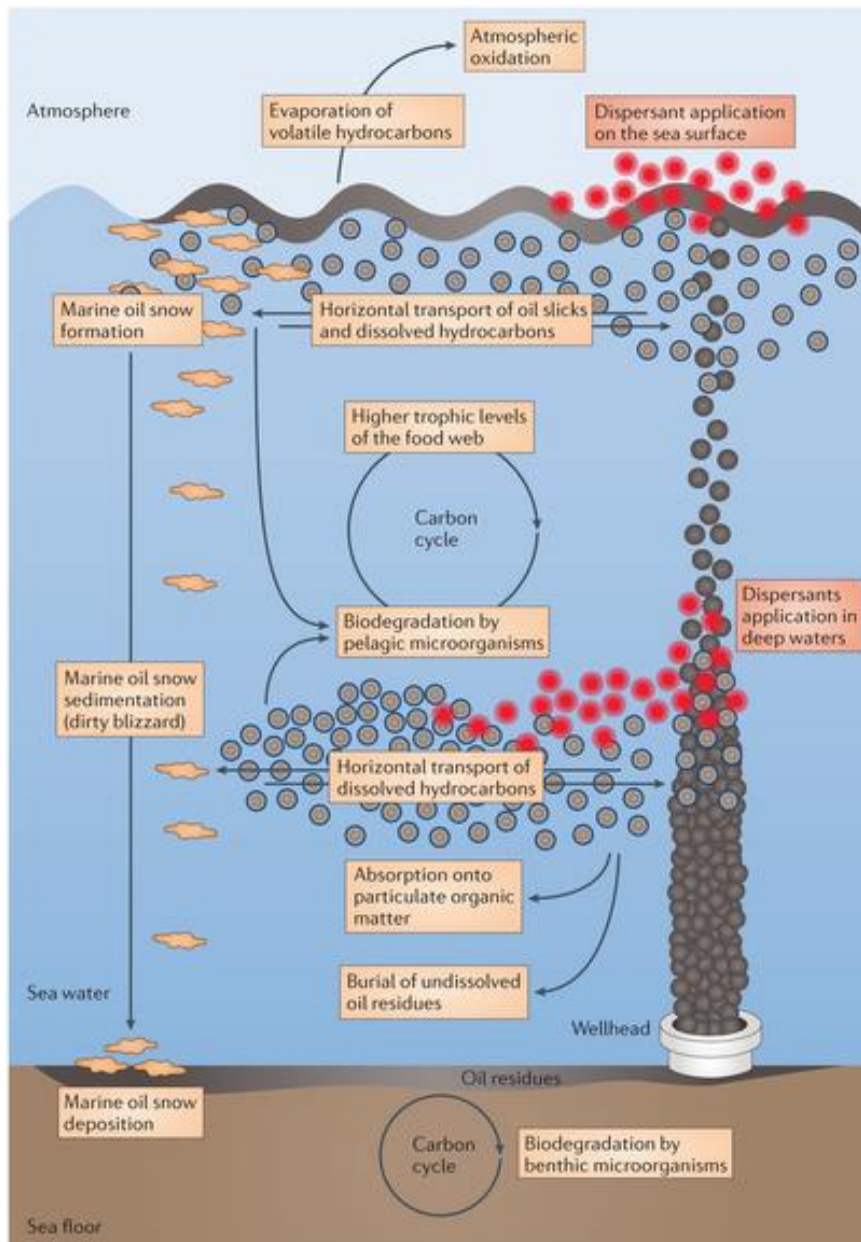
Από τα δυο τελευταία γραφήματα φαίνεται πώς τα χημικά μέσα διασποράς βοηθάνε στη μείωση των πολλαπλών στρωμάτων πετρελαίου (από το βυθό προς την επιφάνεια), αναγκάζοντας μέσω του 'πετρελαιό-φίλου' μέρους έτσι το πετρέλαιο να κινηθεί προς την επιφάνεια του νερού [18].

Ωστόσο από τη χρήση τέτοιων χημικών μέσων διασποράς προκύπτουν δυο σημαντικά ζητήματα, τα οποία αποτελούν και αντικείμενο διαμάχης τα τελευταία 40 χρόνια: i) ο βαθμός της αποτελεσματικότητάς τους και ii) ο βαθμός της τοξικότητάς τους. Πρόσφατα οι Kleindienst *et al.* [18] μελέτησαν τις επιπτώσεις της χρήσης χημικών μέσων διασποράς που χρησιμοποιήθηκαν και στην περίπτωση του ατυχήματος στον Κόλπο του Μεξικού (Εικ. 2.2).

Με βάση την Εικ.2.2 παρατηρείται να λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα πολλά φαινόμενα. Πραγματοποιείται η εξάτμιση κάποιων υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια η ατμοσφαιρική οξείδωση, η οποία μπορεί φυσικά να έχει και τοξικές επιπτώσεις. Η εξάτμιση ήταν αναμενόμενη και αποτελεί έναν τρόπο απομάκρυνσης του επιφανειακού πετρελαίου, ιδιαίτερα όταν η πετρελαιοκηλίδα είναι σε μικρή ποσότητα.

Ταυτόχρονα, χρησιμοποιούνται χημικά μέσα διασποράς στην επιφάνεια της θάλασσας, οπότε και παρατηρείται οριζόντια συσσώρευση σε μορφή σταγονιδίων και διασπορά των σταγονιδίων πετρελαίου προς την επιφάνεια της θάλασσας. Ωστόσο, τα χημικά μέσα διασποράς χρησιμοποιούνται και κάπου στη μέση της γεώτρησης με αποτέλεσμα σε κάποια σημεία να δημιουργούνται αντί για σταγονίδια ολόκληρες νιφάδες πετρελαίου με μεγάλο βάρος με αποτέλεσμα να κατακάθονται στον πυθμένα της θάλασσας. Ως αποτέλεσμα, οι νιφάδες πετρελαίου απορροφούνται, καταναλώνονται από τους μικροοργανισμούς και κατά αυτόν τον τρόπο πλήττονται οι υδρόβιοι μικροοργανισμοί.

Με βάση τα αποτελέσματα των ερευνητών [18] τα ευρήματα είναι αμφιλεγόμενα, πιθανώς εξαιτίας διακυμάνσεων στις εργαστηριακές μεθόδους, τους επιλεγμένους οργανισμούς, το μοντέλο και τη χημεία των διαφορετικών μιγμάτων μέσων διασποράς. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι για μια σωστή αντιμετώπιση μελλοντικών συμβάντων είναι απαραίτητο να γίνει μια αξιολόγηση των επιπτώσεων της διασποράς σε μικροοργανισμούς, σε βάθος.



Εικόνα 2.2. Χρήσης χημικών μέσων διασποράς στην περίπτωση του ατυχήματος του Κόλπου του Μεξικού [18].

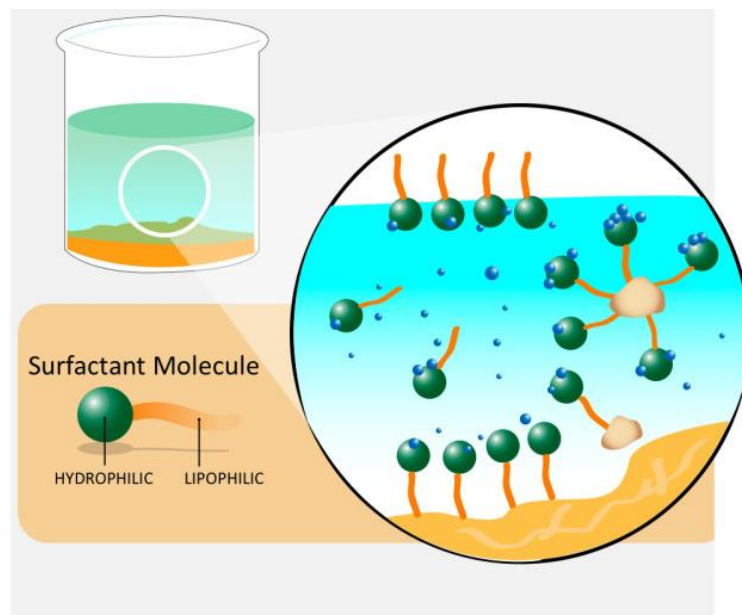
Η χρήση των μέσων διασποράς εξακολουθεί να είναι αμφιλεγόμενο θέμα εδώ και τέσσερις δεκαετίες μετά το ατύχημα Torrey Canyon. Μερικά από τα ίδια θέματα κυριαρχούν. Τα κίνητρα για τη χρήση μέσα διασποράς είναι τα ίδια: να μειωθεί η πιθανότητα της συγκέντρωσης του πετρελαίου στην ακτογραμμή, να ελαττωθούν οι επιπτώσεις στα πτηνά και στα θηλαστικά, καθώς και η προώθηση της βιοαποδόμησης του πετρελαίου [17].

2.2 Μέσα επιφανειακής πλύσης πετρελαιοκηλίδας

Τα μέσα επιφανειακής πλύσης της πετρελαιοκηλίδας είναι διαφορετικά από τα μέσα διασποράς. Αυτά είναι αποτελεσματικά σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά δεν είναι ευρέως αποδεκτά εν μέρει εξαιτίας της σύγκυσης με τα μέσα διασποράς. Δοκιμές έχουν δείξει ότι τα μέσα επιφανειακής πλύσης έχουν πολύ μικρή τοξικότητα στο υδάτινο περιβάλλον από ότι τα μέσα διασποράς και η χρήση τους θα μπορούσε να βοηθήσει για να μην προκληθούν ζημιές στα είδη που είναι κοντά στην ακτογραμμή [17].

Επίσης ενώ και στις δυο περιπτώσεις εμπεριέχονται επιφανειοδραστικές ουσίες, εκείνες στα χημικά μέσα διασποράς είναι εξίσου διαλυτές τόσο στο νερό όσο και στο πετρέλαιο, ενώ στα μέσα επιφανειακής πλύσης είναι περισσότερο διαλυτές στο νερό από ό,τι στο πετρέλαιο [17].

Επιπλέον ένα επιφανειακό μέσο πλύσης δρα με διαφορετικό μηχανισμό από ότι ένα χημικό μέσο διασποράς. Αυτός ο μηχανισμός είναι γνωστός ως απορρύπανση και είναι παρόμοιος με τη χρήση των απορρυπαντικών για το πλύσιμο των ρούχων. Στην πραγματικότητα, ένα χημικό μέσο διασποράς και ένα μέσο επιφανειακής πλύσης μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικά. Δοκιμές έχουν αποδείξει ότι ένα προϊόν που είναι καλό μέσο επιφανειακής πλύσης είναι συχνά ένα μη αποδοτικό μέσο διασποράς, και το αντίστροφο [19].



Εικόνα 2.3. Δράση μέσου επιφανειακής πλύσης πετρελαίου [19].

Εν τέλει τα μέσα διασποράς και τα μέσα επιφανειακής πλύσης έχουν αρκετά διαφορετικούς σκοπούς. Το τελευταίο αντί να προκαλεί της διασπορά του πετρελαίου, εφαρμόζεται κυρίως στις ακτογραμμές για να απελευθερώσει το πετρέλαιο από την επιφάνεια. Κατά τη διάρκεια της άμπωτης, το πετρέλαιο ψεκάζεται με το μέσο της επιφανειακής πλύσης το οποίο στη συνέχεια αφήνεται να μουλιάσει για όσο το δυνατόν περισσότερο χρονικό διάστημα. Έπειτα ξεπλένεται με ρεύμα νερού χαμηλής πίεσης σε μια περιοχή που έχει απομονωθεί χρησιμοποιώντας φράγματα [17].

Εργαστηριακές μελέτες και δοκιμές σε πιλοτική κλίμακα απέδειξαν ότι αυτές οι ουσίες μπορούν να μειώσουν σημαντικά την προσκόλληση του πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα έδειξαν ότι μπορεί να προκαλέσουν απομάκρυνση του πετρελαίου από βράχους ή άλλες επιφάνειες, μέχρι και 90 έως 95% [19].

2.3 Γαλακτωματοποιητές και μέσα αναστολής

Οι γαλακτωματοποιητές και τα μέσα αναστολής που χρησιμοποιούνται για την πρόληψη του σχηματισμού γαλακτώματος μέσα στο νερό ή για να προκαλέσουν την διάσπαση γαλακτώματος για να επανέλθει σε πετρέλαιο και νερό. Αρκετά είδη γαλακτωματοποιητών μπορούν να εκτελέσουν και τις δύο λειτουργίες [17].

Τα γαλακτώματα νερού-σε-πετρέλαιο μπορεί περιπλέξουν σοβαρά τις διαδικασίες εκκαθάρισης, αυξάνοντας έως τρεις φορές την ποσότητα του υλικού που πρέπει να ανακτηθεί, να απορριφθεί και να αποθηκευτεί. Τα γαλακτώματα είναι τόσο ιξώδη ώστε οι ξαφριστές και οι αντλίες συχνά δεν μπορούν να τα χειριστούν.

Γενικότερα υπάρχουν διαφορετικοί τύποι γαλακτωματοποιητών και αναστολέων, ορισμένοι από τους οποίους χρησιμοποιούνται καλύτερα όταν είναι παρόν λίγο νερό, και ονομάζονται γαλακτωματοποιητές κλειστού συστήματος και άλλοι που είναι αποτελεσματικοί παρουσία μεγάλης ποσότητας νερού και ονομάζονται γαλακτωματοποιητές ανοιχτού συστήματος [17].

Για παράδειγμα, ορισμένοι τύποι περιέχουν επιφανειοδραστικές ουσίες που είναι πολύ διαλυτές στο νερό και είναι πιο αποτελεσματικό να χρησιμοποιούνται σε κλειστά συστήματα, έτσι ώστε να μην χάνονται στη στήλη του νερού. Άλλες περιέχουν πολυμερή τα οποία έχουν χαμηλή διαλυτότητα στο νερό και έτσι χρησιμοποιούνται καλύτερα σε ανοικτό νερό. Η υδατική τοξικότητα των προϊόντων επίσης ποικίλει [17].

Η αποτελεσματικότητα των γαλακτωματοποιητών και αναστολέων μετράται ως η ελάχιστη ποσότητα που απαιτείται για να διασπαστεί ένα σταθερό γαλάκτωμα ή να αποτραπεί ο σχηματισμός γαλακτώματος. Όπως και με τα μέσα διασποράς, η χρήση των γαλακτωματοποιητών ή αναστολέων υπόκειται στους κανόνες και τους κανονισμούς των περισσότερων χωρών.

Μόνο λίγοι τύποι γαλακτωματοποιητών πληρούν τα κριτήρια αποτελεσματικότητας και τοξικότητας που απαιτούνται για να πάρουν την άδεια χρήσης. Παρόμοια νομοθεσία υπάρχει σε πολλές χώρες, ειδικά για τη χρήση τέτοιων προϊόντων σε ανοικτά νερά. Οι αναστολείς γαλακτώματος δεν χρησιμοποιούνται συχνά σε ανοικτά νερά ή σε εργασίες καθαρισμού στις ακτογραμμές [17].

2.4 Ενισχυτές αναγέννησης ή ιξωδοελαστικά μέσα

Οι ενισχυτές αναγέννησης ή τα ιξωδοελαστικά μέσα, είναι προϊόντα που προορίζονται για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας ανάκτησης των διαχωριστών πετρελαίου-νερού (skimmers) ή των συσκευών αναρρόφησης αυξάνοντας την ικανότητα προσκόλλησης του ελαίου. Αυτοί οι ενισχυτές μπορούν να αυξήσουν το ποσοστό ανάκτησης της επιφάνειας των διαχωριστών έως και δέκα φορές.

Παρόλα αυτά, αυτά οι ενισχυτές δεν είναι χρήσιμοι, με προϊόντα όπως βαριά ακατέργαστα πετρέλαια. Ένας ενισχυτής ανάκτησης αποτελείται από ένα μη τοξικό πολυμερές με τη μορφή πολύ μικρών ελατηρίων, ή σε διάφορες μοριακές μορφές, οι οποίες αυξάνουν την προσκόλληση του ενός τμήματος του πετρελαίου προς το άλλο [17].

2.5 Στερεοποιητές

Οι στερεοποιητές προορίζονται για να αλλάξουν το υγρό έλαιο σε μία στερεά ένωση η οποία μπορεί να συλλέγεται από την επιφάνεια του νερού με δίχτυα ή μηχανικά μέσα. Οι στερεοποιητές είναι στην πραγματικότητα μια διαφορετική κατηγορία μέσων η οποία ουσιαστικά είναι το αντίθετο των μέσων διασποράς και δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί πλήρως.

Οι στερεοποιητές αποτελούνται από χημικά σταυροσύνδεσης που συνδυάζουν δύο ή περισσότερα μόρια ή καταλύτες πολυμερισμού που προκαλούν τα μόρια να

συνδεθούν μεταξύ τους. Οι στερεοποιητές συνήθως αποτελούνται από σκόνες που αντιδρούν ταχέως και προκαλούν τη σύντηξη του λαδιού. Ανάλογα με το είδος του μέσου, περίπου το 10 έως 40% του βάρους του απαιτείται για την στερεοποίηση του πετρελαίου, υπό ιδανικές συνθήκες ανάμιξης.

Οι στερεοποιητές δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για διάφορους λόγους. Πρώτον, ένας πολύ σημαντικός λόγος είναι ότι αν το πετρέλαιο στερεοποιείται στη θάλασσα, καθιστά δυσχερέστερη την ανάκτηση του και τη χρήση αντλιών, δεξαμενών και άλλου εξοπλισμού καθώς ο προαναφερόμενος εξοπλισμός έχει κατασκευαστεί για να δέχεται υγρό ή πολύ παχύρρευστο υγρό [17].

Ένας δεύτερος λόγος είναι ότι για να στερεοποιηθεί το πετρέλαιο απαιτείται μια μεγάλη ποσότητα μέσου, γεγονός που καθιστά την επεξεργασία με στερεοποιητές δύσκολη ακόμη και για μια μέτρια διαρροή. Τρίτον, όσο πιο γρήγορα αντιδρούν οι στερεοποιητές με το πετρέλαιο, τόσο λιγότερο πιθανό αυτό να σταθεροποιηθεί. Αυτό συμβαίνει διότι το αρχικά στερεοποιημένο πετρέλαιο σχηματίζει ένα φράγμα που εμποδίζει τον στερεοποιητή να διαπεράσει το υπόλοιπο πετρέλαιο. Δοκιμές στη θάλασσα έχουν δείξει ότι οι στερεοποιητές συχνά δε στερεοποιούν τη μάζα πετρελαίου, ακόμη και όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες μέσων [17].

2.6 Μέσα βύθισης

Τα μέσα βύθισης είναι οποιοδήποτε υλικό, συνήθως ανόργανα άλατα, που απορροφούν το πετρέλαιο και στη συνέχεια βυθίζονται στον πυθμένα. Η χρήση των μέσων βύθισης έχει απαγορευτεί σε όλες σχεδόν τις χώρες κυρίως λόγω σοβαρών περιβαλλοντικών ανησυχιών. Επειδή αυτά τα μέσα βύθισης καταλήγουν στον πυθμένα μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την υδρόβια ζωή του βυθού. Επίσης βρέθηκε ότι το δεσμευμένο πετρέλαιο τελικά απελευθερώνεται ξανά στο νερό στην αρχική περιοχή της διαρροής [17].

2.7 Μέσα βιοαποδόμησης

Οι παράγοντες βιοαποδόμησης χρησιμοποιούνται για να επιταχυνθεί η βιοαποδόμηση του πετρελαίου στο περιβάλλον. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ακτές ή

στη γη, ενώ δεν είναι αποτελεσματικοί όταν χρησιμοποιούνται στη θάλασσα λόγω του υψηλού βαθμού της αραίωσης και της ταχείας κίνησης του πετρελαίου.

Πολλές μελέτες έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη διεργασία της βιοαποδόμησης και τη χρήση των εν λόγω μέσων. Εκατοντάδες είδη φυσικών βακτηριδίων και μυκήτων βρέθηκε ότι αποικοδομούν ορισμένα συστατικά του πετρελαίου, πιο συγκεκριμένα τα κορεσμένα συστατικά, τα οποία περιέχουν 12 έως 20 άτομα άνθρακα. Ορισμένα είδη επίσης αποικοδομούν αρωματικές ενώσεις κατώτερου μοριακού βάρους [20].

Οι οργανισμοί που αποικοδομούν υδρογονάνθρακες είναι άφθονοι σε περιοχές όπου υπάρχει πετρέλαιο, όπως κοντά στην ξηρά ή στις ακτογραμμές. Μελέτες έχουν δείξει ότι πολλοί από αυτούς τους εγγενείς μικροοργανισμούς που υπάρχουν ήδη στις τοπικές κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες, είναι πιο αποτελεσματικοί στην αποδόμηση του πετρελαίου από τα εισαγόμενα μέσα που δεν έχουν ακόμη εγκλιματιστεί στις τοπικές συνθήκες [20].

Διαφορετικοί τύποι πετρελαίου έχουν διαφορετικές δυνατότητες για βιοαποικοδόμηση, με βάση κυρίως το περιεχόμενό τους σε κορεσμένες ενώσεις που αποτελούν το πιο βιοδιασπώμενο μέρος του πετρελαίου. Για παράδειγμα, τα καύσιμα ντήζελ, τα οποία είναι σχεδόν 95% κορεσμένα κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες θα υποβαθμιστούν άμεσα. Ωστόσο, ορισμένοι τύποι Bunker C που περιέχουν μερικές κορεσμένες ενώσεις θα υποβαθμιστούν μέχρι ένα βαθμό κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες. Αυτό εξηγεί γιατί η ασφαλτος, το ασφαλτένιο και το βαρύ κλάσμα των αρωματικών ενώσεων του πετρελαίου που δεν μπορούν να αποδομηθούν χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή δρόμων και σε στέγες [20].

Τα μέσα βιοαποδόμησης περιλαμβάνουν βιοενισχυτικούς παράγοντες που περιέχουν λιπάσματα ή άλλα υλικά για να αυξήσουν τη δραστηριότητα των οργανισμών που βιοαποδομούν υδρογονάνθρακες. Επίσης υπάρχουν μικρόβια βιοσυσσώρευσης.

Μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη βιοενισχυτικών παραγόντων στο πετρέλαιο μπορεί να ενισχύσει το ρυθμό αφαίρεσης των κορεσμένων και μερικών αρωματικών κλασμάτων του πετρελαίου, έτσι ώστε το 40% να υποβαθμιστεί μέσα σε χρονική περίοδο από ένα μήνα έως ένα έτος. Είναι πιο σημαντικό να αναγνωριστεί ότι όλη η ποσότητα πετρελαίου δεν μπόρεσε ποτέ να υποβαθμιστεί. Μεγάλο μέρος του πετρελαίου παραμένει μη διασπασμένο και σχετικά αμετάβλητο, ακόμη και χρόνια αργότερα. Επιπλέον, μπορεί να είναι δύσκολο να γίνει διάκριση μεταξύ του πετρελαίου που απομακρύνεται με βιοαποικοδόμηση από αυτό από άλλες διεργασίες απομάκρυνσης [20].

3 Μέθοδοι απομάκρυνσης πετρελαίου από το νερό με μηχανικά μέσα

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφηκαν οι τρόποι επεξεργασίας της πετρελαιοκηλίδας, ενώ στο παρόν Κεφάλαιο θα αναφερθούν οι τρόποι ανάκτησης του πετρελαίου από το νερό με μηχανικά μέσα.

3.1 Ξαφριστές (skimmers)

Οι ξαφριστές είναι μηχανικά συστήματα σχεδιασμένα για την απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού. Αυτοί διαφέρουν σημαντικά ως προς το μέγεθος, την εφαρμογή, την ικανότητα, καθώς και την αποτελεσματικότητα στην ανάκτηση του πετρελαίου.

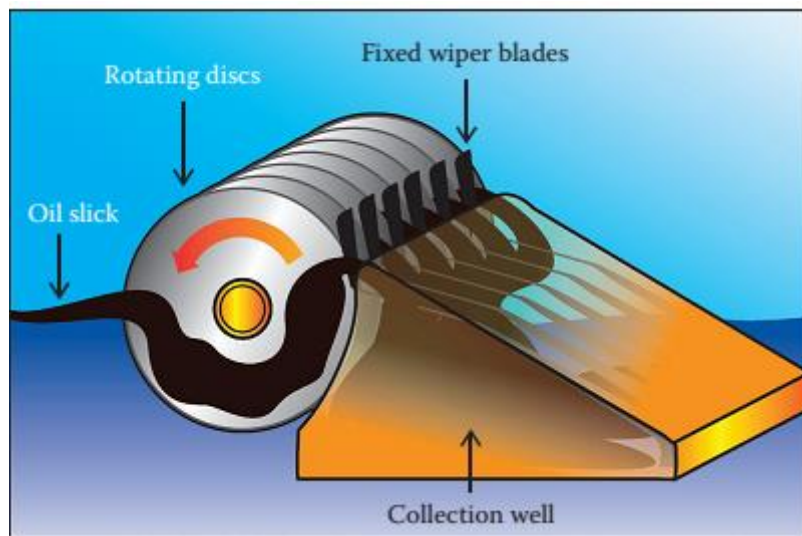
Οι ξαφριστές κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την περιοχή όπου χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, παράκτια, υπεράκτια, σε ρηχά νερά, ή σε ποτάμια, καθώς και σύμφωνα με το ιξώδες του πετρελαίου που προορίζονται για την ανάκτηση, δηλαδή, βαρύ ή ελαφρύ πετρέλαιο.

Έτσι αυτά τα συστήματα είναι διαθέσιμα σε μια ποικιλία μορφών, συμπεριλαμβανομένων των ανεξάρτητων μονάδων που είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή σκάφος ή σε μονάδες που λειτουργούν είτε ως σταθερές ή ως κινητές. Μερικοί ξαφριστές έχουν αποθηκευτικό χώρο για την ανάκτηση του πετρελαίου και μερικοί έχουν άλλες συσκευές, όπως διαχωριστές για την επεξεργασία του ανακτηθέντος πετρελαίου. Η αποτελεσματικότητα ενός ξαφριστή αξιολογείται ανάλογα με το ποσό του πετρελαίου που ανακτά καθώς και την ποσότητα του νερού που ανακτήθηκε με το έλαιο.

Οι επιφανειακοί ελαιόφιλοι ξαφριστές, μερικές φορές ονομάζονται και επιφανειακοί προσροφητικοί ξαφριστές, χρησιμοποιούν μια επιφάνεια στην οποία προσκολλάται το πετρέλαιο που βρίσκεται στην επιφάνεια του νερού. Αυτή η ελαιόφιλη επιφάνεια μπορεί να είναι υπό τη μορφή ενός δίσκου, τυμπάνου, ιμάντα, βούρτσας, ή σχοινιού, η οποία κινείται μέσα από το πετρέλαιο στην επιφάνεια του νερού. Μια λεπίδα υαλοκαθαριστήρα ή ένας πιεστικός κύλινδρος αφαιρεί το πετρέλαιο και το αποθηκεύει σε ένα δοχείο πιο βρίσκεται επάνω στο σύστημα και στη συνέχεια αντλείται σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης σε φορτηγίδα ή στην ξηρά. Η ελαιόφιλη

επιφάνεια από μόνη της μπορεί να είναι από χάλυβα, αλουμίνιο, ύφασμα, ή πλαστικό όπως πολυπροπυλένιο και χλωριούχο πολυβινύλιο.

Ο ξαφριστής σε σχήμα δίσκου είναι ένας κοινότυπος τύπος ελαιόφιλης επιφάνειας (Εικ. 3.1). Οι δίσκοι συνήθως είναι κατασκευασμένοι είτε από χλωριούχο πολυβινύλιο ή χάλυβα. Αυτοί λειτουργούν καλύτερα στην περίπτωση ελαφριού αργού πετρελαίου και είναι κατάλληλοι για να εργάζονται σε μικρές κύματα και μεταξύ ζιζανίων ή συντριμμιών.



Εικόνα 3.1. Σχηματική απεικόνιση ξαφριστή πετρελαίου με ελαιόφιλη επιφάνεια σε σχήμα δίσκου.

Αυτοί οι ξαφριστές είναι συνήθως μικροί και μπορεί να χρησιμοποιηθούν από ένα ή δύο άτομα. Τα μειονεκτήματά τους είναι ότι ο ρυθμός ανάκτησης είναι μικρός και λειτουργούν ανεπαρκώς με ελαφριά καύσιμα ή βαριά πετρέλαια. Μερικοί νέοι ξαφριστές δίσκου με αυλακώσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιφάνεια ως προς το πετρέλαιο και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της ανάκτησης.

Ο ξαφριστής τύμπανο είναι ένας άλλος τύπος ελαιόφιλης επιφάνειας. Μία σχηματική απεικόνιση δίνεται στην Εικ.3.2. Τα τύμπανα είναι κατασκευασμένα από ένα ειδικό πολυμερές ή χάλυβα. Ο ξαφριστής τύμπανο λειτουργεί σχετικά καλά με καύσιμα και ελαφρύ αργό, αλλά είναι αναποτελεσματικός με βαρέα έλαια. Νέες καινοτομίες σε αυτόν τον ξαφριστή περιλαμβάνουν αυλάκια στο τύμπανο για να αυξήσουν τη συνολική επιφάνεια. Αυτοί οι ξαφριστές είναι συχνά μικρότεροι από τους ξαφριστές δίσκου.



Εικόνα 3.2. Λειτουργία ξαφριστή τύπου τυμπάνου ανάμεσα από το πλοίο και ένα παγόβουνο.

Ο ξαφριστής τύπου βούρτσας (Εικ. 3.3) είναι ο κατάλληλος για την ανάκτηση πετρελαίου βαριών κλασμάτων.



Εικόνα 3.3. Ξαφριστής τύπου βούρτσας για ανάκτηση βαριών κλασμάτων πετρελαίου.

Οι ξαφριστές τύπου βούρτσας χρησιμοποιούν τούφες πλαστικών που συνδέονται με τύμπανα, αλυσίδες, ή μάντες για την ανάκτηση του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού. Το πετρέλαιο συνήθως απομακρύνεται από τις βούρτσες με σφηνοειδή ξύστρες. Οι ξαφριστές τύπου βούρτσας είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για την ανάκτηση βαρύτερων πετρελαίων, αλλά είναι αναποτελεσματικοί για καύσιμα και το ελαφρύ αργό πετρέλαιο.

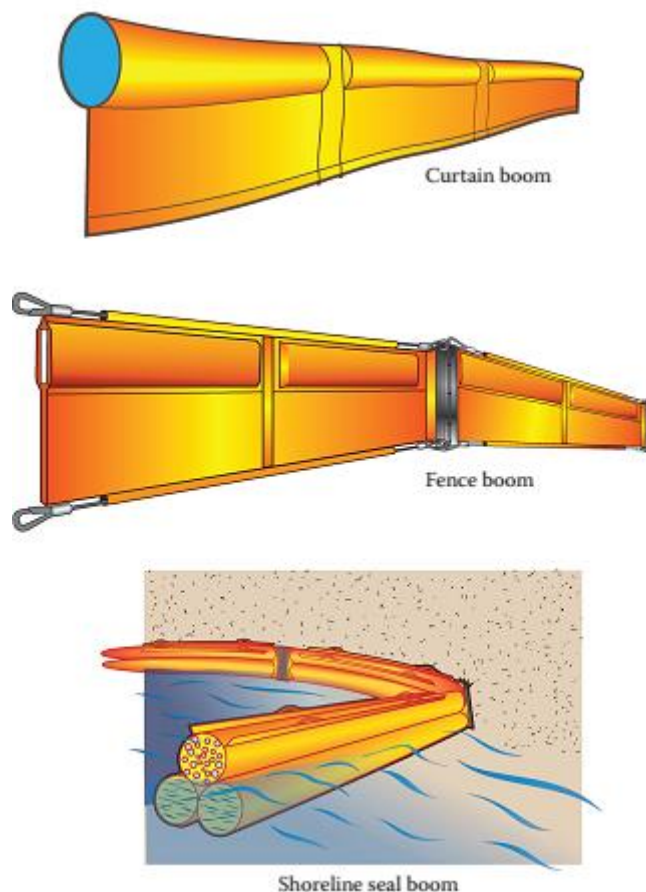
Μερικά ξαφριστές περιλαμβάνουν ένα τύμπανο για την ανάκτηση των ελαφριών κλασμάτων και μια βούρτσα για χρήση σε βαρύτερα κλάσματα. Αυτοί οι ξαφριστές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε περιορισμένες ποσότητες συντριμμάτων ή πάγου. ξαφριστών Οι βούρτσες είναι διαθέσιμες σε μια ποικιλία μεγεθών, από μικρές φορητές μονάδες μέχρι μεγάλες μονάδες εγκατεστημένες σε εξειδικευμένα πλοία και φορτηγίδες.

3.2 Φράγμα συγκράτησης πετρελαίου

Η συγκράτηση ή έλεγχος της πετρελαιοκηλίδας ή ακόμα και η πρόληψη για την εξάπλωση της σε μια συγκεκριμένη περιοχή, ή η προώθησή της σε μια άλλη περιοχή, όπου μπορεί να ανακτηθεί ή να αντιμετωπιστεί, ή να συγκεντρωθεί το πετρέλαιο γίνεται με ειδικά φράγματα. Τα φράγματα περιορισμού, ή απλά φράγματα, είναι ο βασικός και πιο συχνά χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός για τον περιορισμό πετρελαιοκηλίδας στο νερό.

Ένα βραχίονας είναι ένα μηχανικό φράγμα σχεδιασμένο για να σταματήσει ή να εκτρέψει την κίνηση του πετρελαίου στο νερό. Οι βραχίονες μοιάζουν με μια κάθετη κουρτίνα με τμήματα που εκτείνονται πάνω και κάτω από τη γραμμή του ισάλου. Τα περισσότερα εμπορικά φράγματα αποτελούνται από τέσσερα βασικά συστήματα: 1) ένα μέσο επίπλευσης, 2) ένα τμήμα για την πρόληψη μη διαφυγή του πετρελαίου πάνω από την κορυφή του βραχίονα, 3) μια ‘φούστα’ για την αποφυγή σάρωσης του πετρελαίου κάτω από το βραχίονα και 4) ένα ή περισσότερα μέλη για τάνυση ώστε να στηρίζουν το σύνολο του βραχίονα.

Οι βραχίονες κατασκευάζονται, συνήθως σε τμήματα 15 ή 30 m, με συνδέσμους να εγκαθίστανται σε κάθε άκρο, έτσι ώστε τα τμήματα του βραχίονα να μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους, συρόμενα, ή αγκυροβολημένα. Μερικοί τυπικοί τύποι βραχίονα απεικονίζονται στην Εικ.3.4.

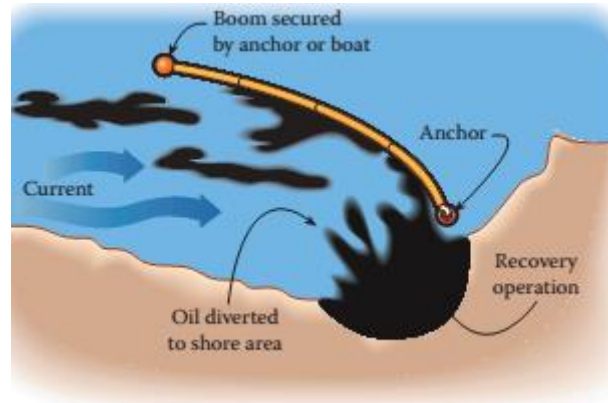


Εικόνα 3.4. Είδη βραχίονα.

Τα χαρακτηριστικά των βραχιόνων που είναι σημαντικά για τον προσδιορισμό της λειτουργικής ικανότητάς τους είναι ο λόγος άνωση-προς-βάρος ή εφεδρικής άνωσης, η απόκριση ανώθησης, και η απόκριση σε στρέψη. Η αναλογία άνωση-προς-βάρος ή εφεδρικής άνωσης προσδιορίζεται από την ποσότητα του μέσου που φουσκώνει το βραχίονα και το βάρος της έκρηξης. Αυτό σημαίνει ότι το επίπεδο που επιπλέει πρέπει να παρέχει επαρκή άνωση για να ισορροπήσει το βάρος του βραχίονα με τη δύναμη που ασκείται από τα ρεύματα και τα κύματα, διατηρώντας έτσι τη σταθερότητα του βραχίονα.

Όσο μεγαλύτερη η άνωση ενός βραχίονα, τόσο μεγαλύτερη η ικανότητά της να ανυψωθεί και να πέσει στα κύματα και να παραμείνει στην επιφάνεια του νερού. Μέσω της ταλάντωσης ο βραχίονας επιβιώνει στα αιχμηρά κύματα, λόγω της αντίστροφης δύναμης της άνωσης και της ευελιξίας του βραχίονα. Ένας βραχίονας με καλή ανταπόκριση στην ταλάντωση θα κινηθεί με τα κύματα στην επιφάνεια του νερού και δε θα βυθιστεί. Τέλος, η ανταπόκρισή του σε στρέψη αναφέρεται στην ικανότητα του

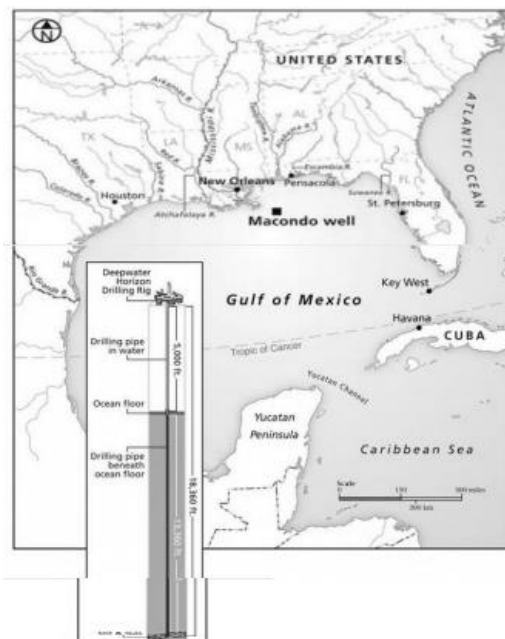
βραχίονα να παραμείνει όρθια μέσα στο νερό και να μην ανατραπεί. Στην Εικ. 3.5 απεικονίζεται η χρήση βραχιόνων για τη δημιουργία φράγματος αποφυγής επέκτασης της πετρελαιοκηλίδας στην ακτή.



Εικόνα 3.5. Τρόπος χρήσης των φραγμάτων με πολλαπλούς βραχίονες.

4 Η περίπτωση του ατυχήματος στο Κόλπο του Μεξικού

Μία από τις χειρότερες περιβαλλοντικές καταστροφές στην ιστορία της ανθρωπότητας ξεκίνησε το απόγευμα της 20^{ης} Απριλίου το 2010, όπου η ανεξέλεγκτη διαφυγή υδρογονανθράκων προκάλεσε έκρηξη στην πλατφόρμα γεώτρησης πετρελαίου (Macondo Well), με την ονομασία Deepwater Horizon. Η εγκατάσταση ήταν μισθωμένη από την BP και ήταν ιδιοκτησία της Transocean, μια διεθνή εταιρεία τεχνολογίας που παρέχει εξέδρες διερεύνησης με βάση τα προϊόντα και τις υπηρεσίες κατασκευών [21].



Εικόνα 4.1. Θέση εξέδρας πετρελαίου και βάθος [22].

Μέσα σε 36 ώρες η γιγαντιαία εξέδρα άντλησης πετρελαίου (Εικ.4.1), επιφάνειας περίπου 27.000m², αρκετά μεγάλη για να παρέχει κατοικημένους χώρους για περίπου 175 άτομα, με πλήρη εξοπλισμό, όπως καφετέριες, εγκαταστάσεις αναψυχής και ελικοδρόμιο, κατέρρευσε και βυθίστηκε στον ωκεανό. Έντεκα κάτοικοι πέθαναν στην εξέδρα, οι περισσότεροι ως αποτέλεσμα της έκρηξης, και άλλοι 17 τραυματίστηκαν. Το αργό πετρέλαιο εξερχόταν από την πηγή μέχρι και τις 15 Ιουλίου 2010 και μόλις στις 19 Σεπτεμβρίου το 2010 το πηγάδι σφραγίστηκε πλήρως [21].

Η πετρελαιοκηλίδα απλώθηκε και κάλυψε περισσότερα από 88.000 τετραγωνικά μίλια και εξαπλώθηκε στις παραλίες και εκβολές των ποταμών με ανυπολόγιστη ζημιά

στον τουρισμό, στην αλιεία και σε πολλά θαλάσσια ζώα και πτηνά μέσα και γύρω από τον Κόλπο του Μεξικού [22]. Ωστόσο το βάθος της πηγής του πετρελαίου κατέστησε δύσκολη την ακριβή μέτρηση για την ποσότητα του πετρελαίου που απορρίφθηκε.

Οι συνέπειες αυτού του γεγονότος σε μια κοινότητα που είναι τόσο εξαρτημένη από τα νερά του Κόλπου είναι εκτεταμένες και έντονες. Κατά τη διάρκεια των έξι μηνών μετά το συμβάν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης ήταν πανταχού παρών και ο ιστορικός Douglas Brinkley δήλωσε ότι το γενικό δημόσιο βιώνει μια «κόπωση λόγω πετρελαιοκηλίδας», 'I am sensing oil spoil fatigue' [23].

Σύμφωνα με την εκτίμηση της BP, η πετρελαιοκηλίδα κόστισε στην εταιρεία περισσότερα από \$40 δισεκατομμύρια με δύο άμεσες δαπάνες, συμπεριλαμβανομένου μιας κύρωσης με άμεση δαπάνη \$20 δισεκατομμυρίων από το ταμείο αποζημιώσεων. Από τη στιγμή της διαρροής του πετρελαίου, με το ποσό του πετρελαίου που απελευθερώθηκε στο περιβάλλον, τη διάρκεια και τη συνεχή φύση της διαρροής, η πετρελαιοκηλίδα του Κόλπου έχει παρουσιάσει μέχρι σήμερα πολλές μοναδικές προκλήσεις [24].

Οι προσπάθειες καθαρισμού του νερού ήταν οι πιο απαιτητικές στην ιστορία των ΗΠΑ και περιλάμβαναν τη χρήση πάνω από 1 εκατομμύριο γαλονιών χημικού διασποράς πετρελαιοκηλίδας και την εμπλοκή χιλιάδων σκαφών, συμπεριλαμβανομένων τοπικών φορέων πλοίων [25]. Πολλοί εντός και εκτός των ακτών εργαζόμενοι και ειδικοί εργαζόμενοι της απορρύπανσης υποβλήθηκαν σε πολυάριθμους φυσικούς κινδύνους (όπως η έκθεση σε χημικές ουσίες, θερμική καταπόνηση) μέσω δραστηριοτήτων που αφορούσαν στη διασπορά χημικών ουσιών, στη δημιουργία πλωτών φραγμάτων κ. ά. [24]. Στις επόμενες υποπαραγράφους αναλύονται διεξοδικά οι διεργασίες και οι πιθανές αιτίες του ατυχήματος.

4.1 Περιγραφή των εγκαταστάσεων και διαδικασιών της γεώτρησης Macondo

Η BP ξεκίνησε τη γεώτρηση του Macondo στις 7 Οκτωβρίου 2009, χρησιμοποιώντας όπως προαναφέρθηκε πλατφόρμα της Transocean (Μαριάννα). Ο τυφώνας Ida κατέστρεψε αυτή την πλατφόρμα στις 9 Νοεμβρίου 2009 και έτσι η BP και η Transocean (η οποία λειτουργούσε την πλατφόρμα βάσει σύμβασης με την BP) αντικατέστησαν τη Μαριάννα με την εξέδρα Deepwater Horizon, η οποία άρχισε τη

γεώτρηση στις 6 Φεβρουαρίου 2010. Η Transocean χρεώνει τη BP περίπου \$500.000 ανά ημέρα για την εκμίσθωση της εξέδρας καθώς και αμοιβές αναδόχου [26].

Η BP έχει ως στόχο η γεώτρηση να λάβει χώρα σε 51 ημέρες, με εκτιμώμενο κόστος 96 εκατομμύρια \$. Αναμενόταν ότι η εξέδρα Deepwater Horizon θα αποχωρούσε μόλις στις 8 Μαρτίου του 2010, αλλά οι διεργασίες πήραν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρωθούν από ό, τι αναμενόταν [26].

Η BP κατείχε το 65% της γεώτρησης Macondo, ενώ η Αμερικανική εταιρεία Πετρελαίου Anadarko, κατέχει μερίδιο 25% και η ιαπωνική εταιρεία Mitsui κατέχει το 10%. Η Deepwater Horizon πλατφόρμα της γεώτρησης (μια εξέδρα εξερεύνησης, δεν είναι εξέδρα παραγωγής) ανήκε στην Transocean, όπως προαναφέρθηκε η οποία λειτουργούσε επίσης για την BP. Ο στόχος των διαδικασιών της γεώτρησης ήταν να αξιολογηθεί με επιτυχία οποιαδήποτε εμπορική χρήση των υδρογονανθράκων (πετρελαίου και φυσικού αερίου). Το πετρέλαιο και η δεξαμενή αερίου βρισκόταν σε περισσότερα από 5.596 m κάτω από το βυθό της θάλασσας, με την κεφαλή της γεώτρησης να είναι σε βάθος άνω των 1.500 m [26].

Η γεώτρηση Macondo απέδωσε ένα από τα μεγαλύτερα ευρήματα στον Κόλπο του Μεξικού, αλλά το πλήρωμα προσπαθούσε επανειλημμένα για να διατηρήσει τον έλεγχο της ανταγωνιστικής διόγκωσης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Σύμφωνα με στοιχεία που δημοσιεύονται από τη Βουλή των Αντιπροσώπων Ενέργειας και Εμπορίου της Επιτροπής των ΗΠΑ το προσωπικό της BP περιγράφει τη γεώτρηση Macondo ως "έναν εφιάλτη", μόλις έξι ημέρες πριν από την έκρηξη της πλατφόρμας [27].

Η Deepwater Horizon ήταν μια ημι-υποβρύχια, κινητή υπεράκτια εξέδρα γεώτρησης πετρελαίου (Εικ. 4.2) η οποία είχε κατασκευαστεί για την Transocean από τη Hyundai (Νότια Κορέα) το 2001. Η πλατφόρμα είχε σημαία από τα Νησιά Μάρσαλ. Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες συντηρούνται σε όρθια θέση με υδατοστεγείς προβλήτες που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια και κάτω από τα κύματα και χρησιμοποιούνται συνήθως σε βάθη νερού μεγαλύτερα από 200 μέτρα, όπου οι σταθερές κατασκευές δεν είναι πρακτικές. Η Deepwater Horizon ήταν δυναμικά τοποθετημένη, πράγμα που σήμαινε, αντί να χρησιμοποιούνται αλυσίδες ή σύρματα για άγκυρα κατά τη διάρκεια της γεώτρησης, η θέση της ελέγχονταν από υπολογιστή χρησιμοποιώντας υποβρύχιους προωθητήρες [28].



Εικόνα 4.2. Πλατφόρμα Deepwater Horizon [29].

Το γεωτρύπανο ήταν ικανό να λειτουργεί σε αντίξοες συνθήκες και σε βάθος νερού περίπου 2.500 m (αναβαθμίσιμο σε πάνω από 3.000 μέτρα), ενώ η γεώτρηση του Macondo λειτουργούσε σε μόλις πάνω από 1.500 μέτρα νερού. Το 2009, πριν αρχίσουν οι εργασίες για την Macondo, τα πληρώματα της Transocean που εργάζονταν με την BP ανακάλυψαν πετρέλαιο στον τομέα του Τίβερη στον Κόλπο του Μεξικού. Σε συνολικό βάθος περίπου 10.685m (σε βάθος ωκεανών 1.259m) ήταν η βαθύτερη γεώτρηση πετρελαίου στον κόσμο [28].

Η εξέδρα Deepwater Horizon λειτουργούσε με μια σειρά εκτεταμένων ελέγχων συντήρησης μέχρι και το 2010, με τα αρχεία να δείχνουν ότι τελευταία ελέγχθηκε σχολαστικά το 2005. Τα έγγραφα από το τμήμα συντήρησης της Transocean ανέφεραν διάφορες ελλείψεις, συμπεριλαμβανομένων διαλείποντες συναγερούς (στον πίνακα ελέγχου) για λειτουργίες κατά το άνοιγμα (αντικρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας, blow-out preventer)» και «αναγνώσεις χαμηλής πίεσης» στο υδραυλικό σύστημα [28].

Οι αντικρηκτικοί μηχανισμοί ασφαλείας σχεδιάζονται για να χειρίζονται μια σειρά από προβλήματα ελέγχου και συχνά είναι εξοπλισμένοι με πολλά διαφορετικά είδη κυλίνδρων, δίνοντας μηχανική ευελιξία στην ανταπόκρισή τους. Το 'τυφλό' έμβολο διάτμησης περιγράφεται ως ο απόλυτα ασφαλής έλεγχος από την αστοχία της συσκευής, τον τεμαχισμό και τη σφράγιση του σωλήνα της γεώτρησης ως έσχατο μέτρο [28].

Η Deepwater Horizon είχε ένα μόνο τυφλό έμβολο διάτμησης που βρίσκονταν στο εσωτερικό ενός 15,5m ψηλού αντικρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας στην κεφαλή του φρέατος στο θαλάσσιο πυθμένα. Με ένα μόνο τυφλό έμβολο διάτμησης, υπάρχει ο κίνδυνος μια από τις εξαιρετικά ισχυρές 'αρθρώσεις' που συνδέουν τα τμήματα των

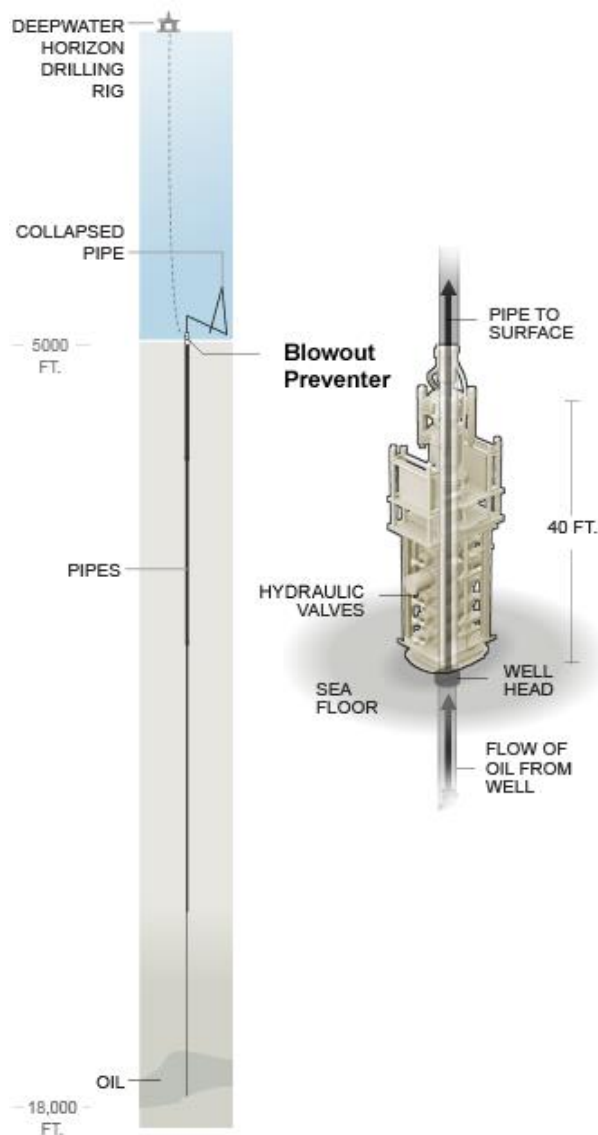
σωλήνων γεώτρησης να κλειδώσει, με αποτέλεσμα να καταρρεύσει όλο το σύστημα. Ένας τέτοιος κίνδυνος ελαχιστοποιείται με τη χρήση δυο τυφλών εμβόλων διάτμησης. Στην επόμενη υποενότητα θα συζητηθούν πιο εξονυχιστικά οι αιτίες του ατυχήματος [28].

Η Transocean προσέλαβε τη West Engineering να πραγματοποιήσει μια φυσική αξιολόγηση του συστήματος ελέγχου της Deepwater, αλλά δεν ήταν σε θέση να έχουν πρόσβαση στον αντιεκρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας ο οποίος ήταν στο θαλάσσιο πυθμένα. Αυτό σήμαινε ότι δεν ήταν σε θέση να επαληθεύσουν εάν η τυφλή διάτμηση θα μπορούσε να κόψει το σωλήνα μέσω του γεωτρύπανου και να στεγανοποιήσει καλά τη γεώτρηση [28].

Μια μελέτη του 2009 με τίτλο ‘τραβήξτε τη βαλβίδα ασφαλείας ή όχι’ υπολόγισε ότι η τιμή των επισκευών, από τη διακοπή εργασιών για να εμποδιστεί μια έκρηξη ανερχόταν σε 700 \$ ανά λεπτό. Γενικά, η εσωτερική έρευνα της BP για την πετρελαιοκηλίδα στον Κόλπο του Μεξικού και σχετικά με την εξέδρα Deepwater Horizon δημοσιεύτηκε στις 8 Σεπτεμβρίου 2010. Τα πλήρη στοιχεία δεν είναι ακόμη γνωστά, αλλά φαίνεται ότι το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο έσπυσαν μέχρι το θαλάσσιο πυθμένα και ο αντιεκρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας δεν ήταν σε θέση να παρέχει την κατάλληλη πίεση. Σύμφωνα με τον Δρ Tony Hayward, Διευθύνων Σύμβουλος της BP το περιστατικό της Deepwater Horizon προέκυψε από αλληλοσυνδεόμενες σε σειρά μηχανικές βλάβες, λάθος ενέργειες ανθρώπινης κρίσης, σχεδιασμού, επιχειρησιακής υλοποίησης και κακού συντονισμού της ομάδας [28].

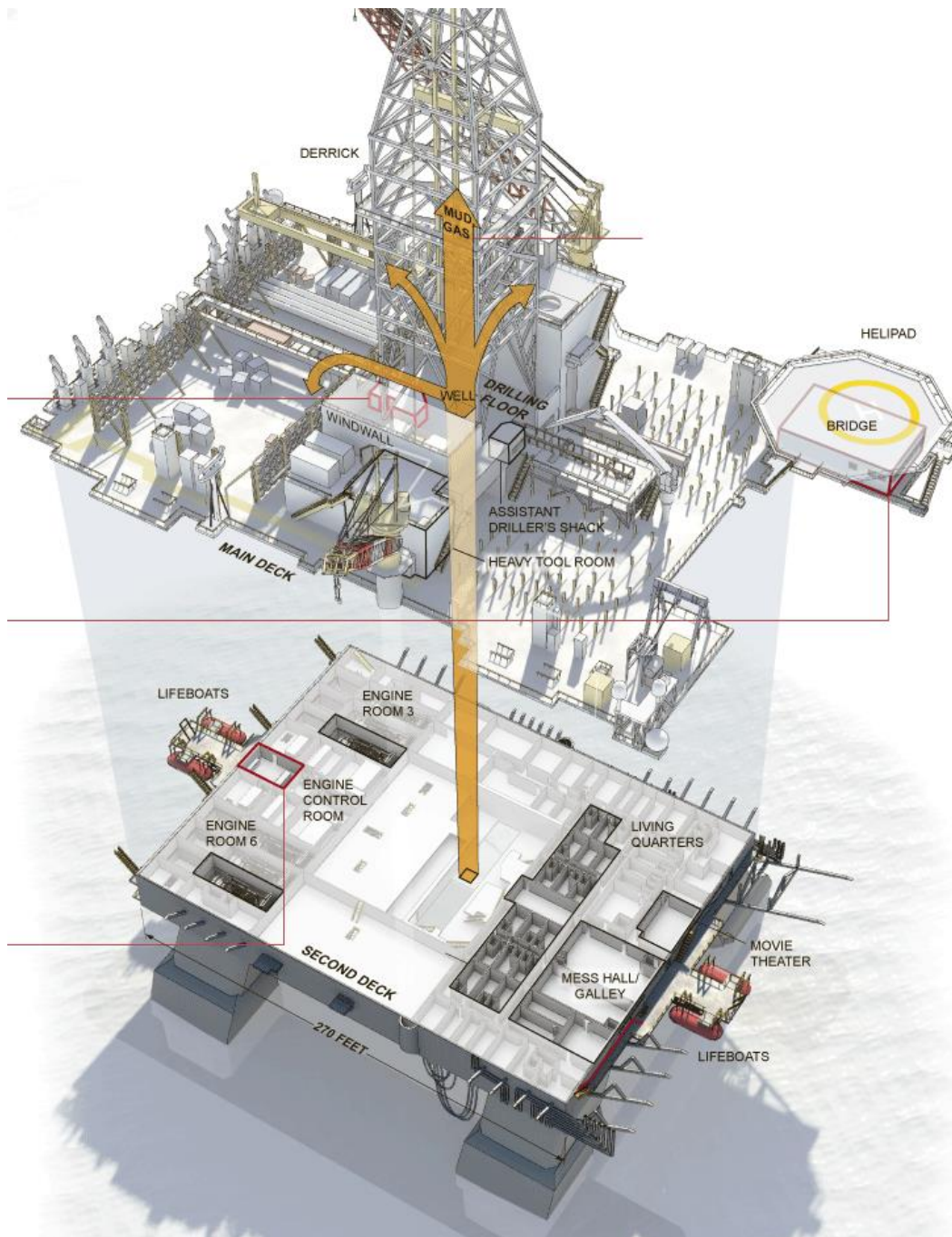
4.1.1 Συνοπτική περιγραφή των γεγονότων

Στις 20 Απριλίου, ένα γεωτρύπανο 50 μίλια ανοικτά των ακτών της Λουιζιάνα στον Κόλπο του Μεξικού, στην Deepwater Horizon εξέδρα, εξερράγη στις φλόγες. Δύο ημέρες αργότερα η εξέδρα βυθίστηκε, λυγίζοντας το σωλήνα 5.000 ποδιών που συνέδεε τη δεξαμενή στην πλατφόρμα γεώτρησης. Στις 24 Απριλίου, σχεδόν ένα μίλι κάτω από την επιφάνεια του ωκεανού, ρομποτικές συσκευές ανακάλυψαν δύο διαρροές στο λυγισμένο σωλήνα (Εικ. 4.3) [30].



Εικόνα 4.3. Αστοχία συστήματος [30].

Όπως προαναφέρθηκε, σύμφωνα με το Διευθύνων Σύμβουλο, το ατύχημα ήταν αποτέλεσμα πολλών παραγόντων. Στην Εικ. 4.4 αντικατοπτρίζεται η πλατφόρμα με τα αντίστοιχα τμήματα ελέγχου. Σύμφωνα με ορισμένους σε περίπτωση έκρηξης η πλατφόρμα είχε πολλές δικλίδες ασφαλείας, αλλά το πλήρωμα απέτυχε να συντονιστεί σωστά και εγκαίρως [31].



Εικόνα 4.4. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες της πλατφόρμας Deepwater Horizon [31].

Στην Εικ. 4.4 από κάτω προς τα πάνω δίνονται επιγραμματικά οι ενέργειες του πληρώματος και τί γινόταν σε κάθε μέρος της πλατφόρμας [31].

Engine Control Room: Ο επικεφαλής μηχανικός και τρεις άλλοι στην αίθουσα ελέγχου του κινητήρα είχαν επίγνωση του φυσικού αερίου στην εξέδρα, αλλά δεν ενεργοποίησαν τη διακοπή λειτουργίας έκτακτης ανάγκης. Αργότερα ανέφεραν ότι το πρωτόκολλο λέει να περιμένουν εντολές από τη γέφυρα. Οι κινητήρες 3 και 6

πιστεύεται ότι ήταν στο κέντρο των δύο μεγάλων εκρήξεων. Οι τέσσερις άνδρες βρίσκονταν μεταξύ των εκρήξεων, αλλά επιβίωσαν.

Bridge: Οι αισθητήρες αερίου δεν ενεργοποιήθηκαν, αλλά η γέφυρα δεν ενεργοποίησε τα συστήματα έκτακτης ανάγκης που θα μπορούσε να είχε αποτρέψει τη διάδοση ή την ανάφλεξη του αερίου. Τα μέλη του πληρώματος στη γέφυρα επίσης δεν άκουσαν αμέσως το γενικό συναγερμό για να ξεκινήσει η εκκένωση, ενώ ενημέρωσαν το θάλαμο ελέγχου για τον έλεγχο της γεώτρησης, δεν ενημέρωσαν για την έκρηξη λάσπης ή φυσικού αερίου.

Drill Shack: Το πλήρωμα καλεί τη γέφυρα για κατάσταση ελέγχου της γεώτρησης και στη συνέχεια προσπαθεί να σταματήσει την έκρηξη. Σε αυτό το σημείο αργότερα κάποιος προσπάθησε να ενεργοποιήσει μια επείγουσα διακοπή λειτουργίας των συστημάτων στο πάτωμα γεώτρησης, αλλά αυτό δεν εμπόδισε τις εκρήξεις. Κανένας από τους εργαζόμενους στο drill shack δεν επιβίωσε.

Mud Gas: Ένα μείγμα, συμπεριλαμβανομένου λάσπης και φυσικού αερίου, αναβλύζει αρχικά έξω από το πηγάδι και στη συνέχεια σε μορφή καταρράκτη καταλήγει στο πάτωμα της γεώτρησης; στη συνέχεια εκτοξεύεται προς τα πάνω μέσα από τον πύργο γεώτρησης. Ένας εργαζόμενος στο γερανό έβλεπε το αέριο να εξαπλώνεται σε όλη την εξέδρα.

4.2 Πιθανοί παράγοντες συμβάντος-μέτρα και προλήψεις

4.2.1 Επένδυση-κουβούκλιο

Οι γεωτρήσεις γίνονται ανά τμήματα και η βασική διαδικασία περιλαμβάνει γεωτρήσεις μέσα από βράχο, εγκατάσταση και διασφάλιση περιβλήματος ώστε να εξασφαλιστεί το φρεάτιο γεώτρησης και στη συνέχεια η γεώτρηση να γίνει βαθύτερη και να γίνει η επανάληψη αυτής της διαδικασίας. Μία ημέρα πριν από την έκρηξη, κατά την προετοιμασία της για τη μελλοντική παραγωγή της σε μεταγενέστερη ημερομηνία, η BP αποφάσισε να εγκαταστήσει ένα ενιαίο περίβλημα μεγάλου μήκους από την κορυφή του φρεατίου προς τα κάτω, αντί πολλαπλά μεμονωμένα περιβλήματα με μια σφραγίδα (γνωστό ως "επένδυση" με ένα "TIEBACK").

Ο κ Richard Cohagan, Διευθύνων Σύμβουλος του πετρελαίου και φυσικού αερίου της εταιρείας Chevron στο Ηνωμένο Βασίλειο, διατύπωσε τα εξής: "Η BP σχεδίασε τη

γεώτρηση έτσι ώστε να μπορέσει να τη χρησιμοποιήσει ως γεώτρηση παραγωγής και αυτός είναι ένας λόγος που χρησιμοποιήθηκε ενιαίο περίβλημα. Επίσης πρόσθεσε « η BP προσπαθούσε να σχεδιάσει τη σωστή γεώτρηση υπό τους δικούς της όρους» [32].

Πολλαπλά επιμέρους περιβλήματα θα παρείχαν περισσότερα εμπόδια στη ροή του φυσικού αερίου μέχρι την επιφάνεια της γεώτρησης σε περίπτωση έκρηξης, αλλά η εγκατάστασή τους θα ήταν και πιο ακριβή. Μια ανασκόπηση της BP στα μέσα Απριλίου στο πρόγραμμα εγκατάστασης, δε συνιστούσε ενιαίο περίβλημα, όπου θα καθιστούσε τη στεγανοποίηση στην κεφαλή του φρεατίου το οποίο σε περίπτωση αστοχίας θα αποτελούσε το «μόνο εμπόδιο».

Όταν εγκαταστάθηκε η τελική σειρά από το ενιαίο περίβλημα, μια βασική πρόκληση ήταν να διασφαλιστεί ότι το περίβλημα κατευθυνόταν σωστά προς τα κάτω και εφήρμοζε καλά από το κέντρο της οπής. Εάν αυτό δεν είχε γίνει σωστά, καθίσταται δύσκολο να εκτοπιστεί υγρό γεώτρησης από το στενό ανοιχτό χώρο γύρω από το περίβλημα, το οποίο με τη σειρά του θα οδηγούσε σε αδυναμία να μείνει στη θέση του.

Σε μία τέτοια περίπτωση, είναι πιθανό ότι θα σχηματισθούν κανάλια στο περίβλημα που επιτρέπουν τη ροή του αερίου στον ανοιχτό χώρο γύρω από το περίβλημα. Τα συστήματα οδήγησης είναι εξαρτήματα που πηγαίνουν γύρω από το περίβλημα για να το κεντράρουν στο κέντρο της γεώτρησης. Οι ειδικοί της Halliburton, συνέστησαν τη χρήση 21 συστημάτων οδήγησης για αυτό το ενιαίο περίβλημα, αλλά η BP αποφάσισε να χρησιμοποιήσει έξι.

4.2.2 Τσιμέντο

Παρά τις προβλέψεις της Halliburton και της BP, ότι μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα ροής αερίου από ελλιπή επεξεργασία του τσιμέντου, η BP αποφάσισε να μην εκτελέσει μια διαδικασία, 9-12 ωρών, γνωστή ως "cement bond log test" για την αξιολόγηση της ακεραιότητας της επισφράγισης του τσιμέντου, μη λαμβάνοντας υπόψη τους εργολάβους που είχαν προσληφθεί για να αναλάβουν αυτή τη δοκιμή του τσιμέντου [32].

Με αυτή τη δοκιμή θα φαινόταν εάν το τσιμέντο ήταν συνδεδεμένο με το περίβλημα και με τα περιβάλλοντα συστήματα. Αν εντοπιζόταν κανάλι που επέτρεπε τη ροή του αερίου προς τα πάνω, τότε σήμαινε ότι το περίβλημα ήταν διάτρητο και έπρεπε να προστεθεί συμπληρωματικό μέσο στο δακτυλιοειδή χώρο με στόχο την επισκευή του τσιμέντου. Βασικό εύρημα, νούμερο ένα, της έκθεσης Bly ήταν ότι όπως

ήταν σχεδιασμένο το μείγμα τσιμέντου ήταν ακατάλληλο για αυτό το σκοπό. Ο Δρ Hayward δήλωσε: «γνωρίζαμε ότι το τσιμέντο δεν ήταν καλό, γιατί είχαμε εισροή στο πηγάδι». Ο Δρ Hayward πρόσθεσε: «Νομίζω ότι πρέπει να είμαστε προσεκτικοί μέχρι να μπορέσει να ολοκληρωθεί η ανάλυση του τσιμέντου, για να καταλάβουμε γιατί το τσιμέντο απέτυχε» [32].

Εφόσον ο Halliburton αρνήθηκε να παράσχει δείγματα για δοκιμές, οι ερευνητές της BP είχαν ανεξάρτητο εργαστήριο να αναλύσουν το τσιμέντο. Η BP σημείωσε ότι στα συστατικά του τσιμέντου βρέθηκε υψηλό ποσοστό αζώτου καθιστώντας δύσκολο για το τσιμέντο να σχηματίσει ένα σταθερό "πολτό αφρό". Το τσιμέντο που χρησιμοποιείται εγχύθηκε με άζωτο για να γίνει πιο διάφανος αφρός. Αυτό γίνεται προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφή του σκληρού μέρους σχηματισμού της δεξαμενής, η οποία θα καταστήσει πιο δύσκολη την παραγωγή πετρελαίου σε μεταγενέστερη ημερομηνία.

Η BP λέει ότι όταν το ανεξάρτητο εργαστήριο προσπάθησε να παράγει ένα ίδιο δείγμα τσιμέντου, με βάση τον πολτό που χρησιμοποιήθηκε, αλλά δεν μπορούσαν να πετύχουν τη σταθερότητα του τσιμέντου. Ως εκ τούτου, η BP κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αφρός πολτού πιθανόν βίωσε "ξεμπλοκάρισμα του αζώτου" με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν κανάλια τα οποία επέτρεπαν στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο να ρέουν μέσα από αυτά [33].

Γενικότερα, όταν πραγματοποιείται γεώτρηση σε υψηλή πίεση και σε πεδία υψηλής θερμοκρασίας, όπως στο Macondo, η δεξαμενή είναι συνήθως γεμάτη με βαρύ υγρό γεώτρησης (γνωστό ως "λάσπη"), για να αντισταθμίσει στη δεξαμενή την προς τα πάνω πίεση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Συνιστάται ότι πριν από την έναρξη της διαδικασίας της τσιμεντοποίησης αυτή η λάσπη κυκλοφορεί πλήρως από την κορυφή προς τα κάτω. Αυτό επιτρέπει τη λάσπη να προετοιμάζεται-αφαιρώντας τυχόν θύλακες αερίου και άλλα υπολείμματα με ασφάλεια, έτσι ώστε το τσιμέντο να μην είναι ρυπασμένο. Η BP αποφάσισε κατά την πλήρη 12-ωρη διαδικασία να κυκλοφορήσει εν μέρει τη λάσπη [33].

Η επιλογή να χρησιμοποιήσει ένα ενιαίο περίβλημα σήμαινε ότι η γεώτρηση Macondo σε περίπτωση ροής αερίου στην τελική σειρά περιβλήματος γύρω από το δακτυλιοειδή χώρο είχε μόλις δύο εμπόδια: το τσιμέντο στον πυθμένα της δεξαμενής και τη 'σφράγιση' στο βυθό της θάλασσας. Επίσης με ανεπαρκή συστήματα οδήγησης υπήρχε σοβαρός κίνδυνος αποτυχίας της επεξεργασίας του τσιμέντου και την έλλειψη

ενός σωστού δεσμού του τσιμέντου με τα άλλα υποσυστήματα, αλλά η BP δεν ήταν σε θέση να το ελέγξει αυτό.

Τέλος, η BP δεν ανέπτυξε το περίβλημα «μανίκι κλειδώματος» που θα εμπόδιζε τη ‘σφραγίδα’ από το να καεί από κάτω. Ακόμα και όταν εδραιώνεται στην κεφαλή του φρέατος, υπό ορισμένες συνθήκες πίεσης, το περίβλημα μπορεί να σηκωθεί, δημιουργώντας μια ευκαιρία για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο να σπάσουν τη σφραγίδα του φρέατος και να εισέλθουν στη μετώπη στην επιφάνεια. Το μανίκι κλειδώματος το αποτρέπει αυτό [32].

4.2.3 Δοκιμή αρνητικής πίεσης

Ένα από τα βασικά συμπεράσματα της έκθεσης Bly ήταν ότι μετρήσεις που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της "δοκιμής αρνητικής πίεσης" για τον προσδιορισμό και την ακεραιότητα έδειξαν ότι υπήρχε ροή πετρελαίου και φυσικού αερίου από τη δεξαμενή εντός της γεώτρησης. Ακόμη και το πλήρωμα της πλατφόρμας Transocean και της BP πίστευε ότι η δοκιμή ήταν ανεπιτυχής και η ακεραιότητα δεν είχε εγκατασταθεί.

Ο Δρ Hayward είπε: «γνωρίζαμε εκ των υστέρων ότι το αρνητικό τεστ ερμηνεύθηκε λανθασμένα». Αυτή η δοκιμή προσομοίωνε την προσωρινή εγκατάλειψη της γεώτρησης, πριν από την παραγωγή, μετά τη διάτρηση, όταν ένα μέρος της γεώτρησης μετατοπίζεται προς το θαλασσινό νερό. Ο επικεφαλής ασφαλείας και λειτουργιών της BP ο κος Bly, πρόσθεσε: «Υπήρχαν αρχεία πληροφοριών που θα ήταν διαθέσιμα, έτσι γνωρίζαμε ότι πληροφορίες σχετικά με το σωλήνα διάτρησης και την αυξανόμενη πίεση δεν ήταν εκεί. Δεν μπορούμε να εξηγήσουμε γιατί δεν τα βρίσκαμε».

Αυτή η σειρά των αποφάσεων ελήφθησαν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, καθώς μέχρι τις 20 Απριλίου, την ημέρα της έκρηξης η γεώτρηση ήταν πίσω 43 ημέρες και κόστισε στη BP τουλάχιστον επιπλέον £ 21 εκατομμύρια σε αμοιβές μίσθωσης μόνο. Ωστόσο, κάθε απόφαση και αποτυχία αύξανε τον κίνδυνο μιας έκρηξης.

Αντιπροσωπευτικό δείγμα αδυναμίας της πετρελαιοβιομηχανίας να λάβει υπόψη την υψηλή συνέπεια των πράξεών της για χαμηλή πιθανότητα γεγονότων, είναι τα λόγια του Δρ Hayward: «δεν ήμασταν έτοιμοι». Ο κ Cohagan, της Chevron στο Ηνωμένο Βασίλειο, δήλωσε: «η Deepwater Horizon μας έδωσε μια νέα προοπτική για το πόσο άσχημα τα πράγματα μπορούν να είναι. Είμαστε ανήσυχοι ότι η υπεράκτια βιομηχανία

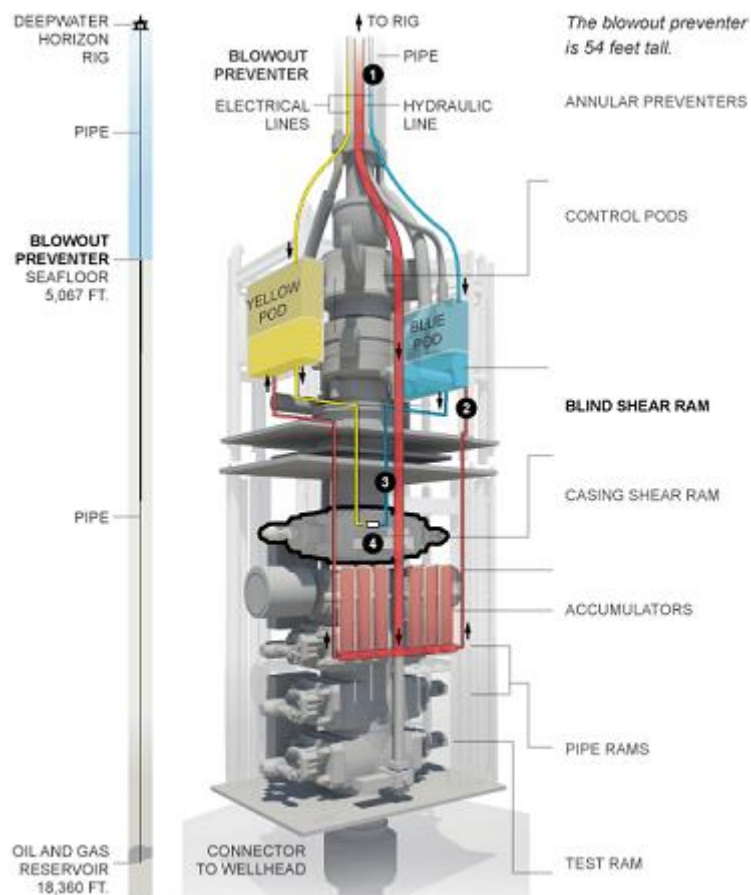
πετρελαίου και φυσικού αερίου απέτυχε να είναι έτοιμη για τη χειρότερη περίπτωση σεναρίου».

4.2.4 Αντιεκρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας

Οι προαναφερόμενοι παράγοντες αστοχίας της εξέδρας θεωρούνται ως πιθανοί, αλλά ωστόσο οι ειδικοί θεωρούν ότι ο πιο πιθανός παράγοντας έκρηξης ήταν η έλλειψη σωστού αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας. Μετά την έκρηξη της εξέδρας πετρελαίου, Deepwater Horizon, οι ερευνητές επικεντρώθηκαν στην αποτυχία ενός εξαρτήματος, του αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας της γεώτρησης που υποτίθεται ότι θα σφραγίζε τη δεξαμενή σε περίπτωση που ήταν εκτός ελέγχου.

Το εξάρτημα, που ονομάζεται τυφλό έμβολο διάτμησης, είναι το μόνο μέρος του αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας που μπορεί να σφραγίζει εντελώς τη δεξαμενή. Λίγα λεπτά μετά την έκρηξη, τουλάχιστον ένας εργαζόμενος στην εξέδρα είχε χτυπήσει ένα κουμπί έκτακτης ανάγκης, το οποίο υποτίθεται ότι θα ενεργοποιούσαν το τυφλό έμβολο διάτμησης μέσα σε περίπου 30 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια το γεωτρήπανο θα αποσυνδέονταν από τη δεξαμενή. Αλλά εκείνο το βράδυ το τυφλό έμβολο διάτμησης δε λειτούργησε πλήρως [34].

Στην Εικ. 4.5 αντικατοπτρίζεται το εσωτερικό του αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας. Ο αντιεκρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας είναι μια κατασκευή πέντε επιπέδων, που περιέχει συσκευές που επιτρέπει στους φορείς εκμετάλλευσης να διατηρήσουν τον έλεγχο της γεώτρησης. Μόλις το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο ή άλλα υγρά ρέουν διάφορα εξαρτήματα του συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να σφραγίσουν το χώρο μεταξύ του σωλήνα γεωτρήσεως και της οπής της γεώτρησης. Αλλά ένας από τους πιο κρίσιμους ρόλους του συστήματος είναι να εμποδίσει μια καταστροφική έκρηξη και την ξαφνική απελευθέρωση της ανεξέλεγκτης ροής πετρελαίου από τη δεξαμενή [34].



Εικόνα 4.5. Εσωτερική δομή αντιαεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας [34].

Στις ακόλουθες παραγράφους περιγράφεται ο ρόλος του κάθε εξαρτήματος του αντιαεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας που αντικατοπτρίζεται στην Εικ.4.5, [34]:

Annular preventers (δακτυλιοειδής φορέας πρόληψης): Μπορεί να σφραγίσει κυκλικά τον αγωγό της γεώτρησης ή να στεγανοποιήσει ένα ανοιχτό φρεάτιο γεώτρησης, όταν δεν υπάρχει αγωγός.

Control pods (λοβός ελέγχου): Λαμβάνει ηλεκτρικά σήματα από τη δεξαμενή και κατευθύνει τη ροή του υδραυλικού ρευστού. Το επάνω μέρος εμπεριέχει ηλεκτρονικά εξαρτήματα, ενώ το κάτω μέρος υδραυλικές βαλβίδες. Μόνο ένας λοβός τη φορά ενεργοποιείται.

Blind shear ram (τυφλό έμβολο διάτμησης): αποκόπτει τελείως τον αγωγό της γεώτρησης και σφραγίζει πλήρως τη δεξαμενή.

Casing shear ram (έμβολο διάτμησης περιβλήματος): αποκόπτει το σωλήνα γεώτρησης ή το περίβλημα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης όταν είναι απαραίτητο η εξέδρα να αποσυνδεθεί άμεσα από τη γεώτρηση.

Accumulators (συσσωρευτές): αποθηκεύουν το ρευστό που στέλνεται από τη δεξαμενή. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης υγρό που είναι υπό πίεση σε αυτά τα δοχεία (συσσωρευτές) μπορούν να παράσχει ώθηση για να ενεργοποιήσει το τυφλό έμβολο διάτμησης.

Pipe rams ('κριαρία' σωλήνων): στεγανοποιούν το χώρο μεταξύ του εξωτερικού χώρου του αγωγού γεώτρησης και της οπής της γεώτρησης. Επίσης κρατάνε τον αγωγό κεντραρισμένο.

Test ram (δοκιμή κριαριών): Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των κριαριών των σωλήνων.

Στο σχήμα της Εικ.4.5 υπάρχουν τέσσερα νούμερα τα οποία υποδεικνύουν τι θα έπρεπε να είχε γίνει με τη σειρά, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης [34]:

1→ Σε περίπτωση έκρηξης, ένας εργαζόμενος της δεξαμενής πιέζει ένα κουμπί έκτακτης ανάγκης. Αμέσως αποστέλλεται σήμα από την εξέδρα σε μια ηλεκτρική γραμμή σε έναν από του λοβούς ελέγχου.

2→ Οι λοβοί ελέγχου στη συνέχεια κατευθύνουν το υδραυλικό υγρό που βρίσκεται υπό πίεση από την εξέδρα και από τους συσσωρευτές,

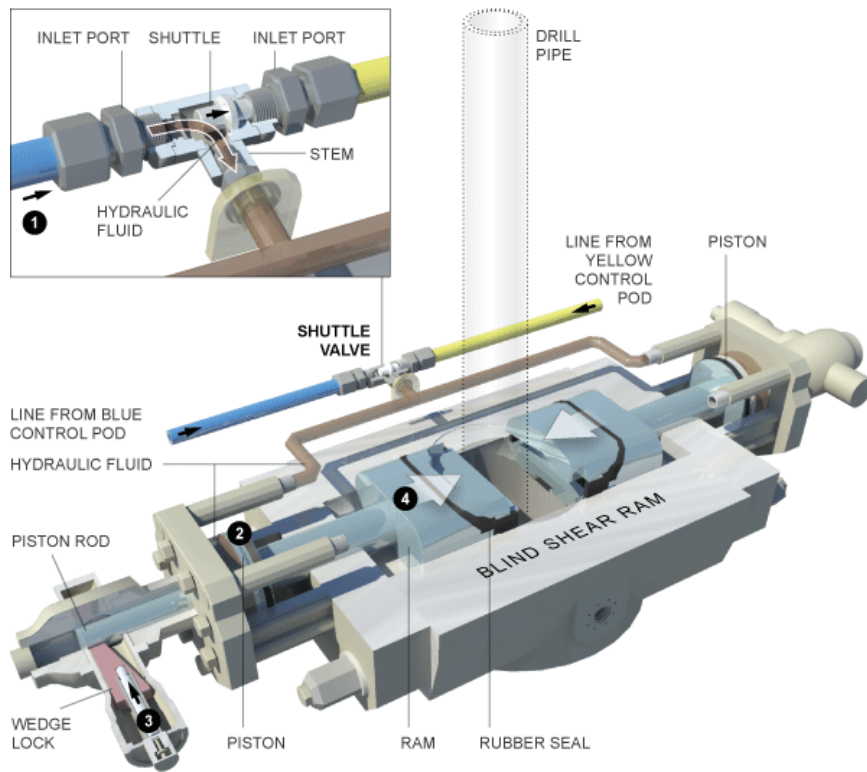
3→ Μέσω μιας βαλβίδας, η οποία ονομάζεται βαλβίδα άμεσου κλεισίματος, μέσα στο τυφλό έμβολο διάτμησης. Μερικά συστήματα αντιακρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας έχουν ξεχωριστό σύστημα έκτακτης ανάγκης με τη δική τους βαλβίδα άμεσου κλεισίματος.

4→ Το τυφλό έμβολο διάτμησης στη συνέχεια αποκόπτει τον αγωγό γεώτρησης και σφραγίζει τη δεξαμενή παρεμποδίζοντας τη διαφυγή του πετρελαίου.

Πιο εξονυχιστική έρευνα στο εσωτερικό του τυφλού εμβόλου διάτμησης από τους ειδικούς δείχνει ότι από όλα τα εξαρτήματα του αντιακρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας, σε περίπτωση έκρηξης, όπως αυτή που έλαβε χώρα στην εξέδρα άντλησης πετρελαίου Deerpwater Horizon τον Απρίλιο του 2010, μόνο το τυφλό έμβολο διάτμησης σχεδιάστηκε για να σφραγίσει τη δεξαμενή. Ήταν η μόνη συσκευή που υποτίθεται ότι θα απέκοπτε το σωλήνα και θα στεγανοποιούσε την οπή [34].

Σε αντίθεση με πολλά άλλα μέρη του αντιακρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας της Deerpwater Horizon, το τυφλό έμβολο διάτμησης δεν είχε εναλλακτικό τρόπο λειτουργίας (backup). Η καταστροφή οποιουδήποτε μέρους του εμβόλου οδηγούσε σίγουρα στην καταστροφή. Ένα από τα πιο κρίσιμα στοιχεία των τυφλών εμβόλων διάτμησης είναι η βαλβίδα κλεισίματος, το μόνο σημείο από το οποίο το υδραυλικό ρευστό μπορεί να εισέλθει στο έμβολο. Μια ανάλυση των κινδύνων που

πραγματοποιήθηκε από τον κατασκευαστή του αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας χαρακτήρισε αυτήν την βαλβίδα ως έναν από τους πιο αδύναμους κρίκους. Καθώς το ρευστό ρέει μέσω του συστήματος, έχει δύο πιθανές οδούς μέχρι να φτάσει στη βαλβίδα, και επομένως εάν η βαλβίδα αποτύχει, η δεξαμενή δε θα σφραγιστεί [34].



Εικόνα 4.6. Τρόπος λειτουργίας του τυφλού εμβόλου διάτμησης [34].

Στην Εικ. 4.6 περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του τυφλού εμβόλου διάτμησης με αριθμούς από το 1 έως το 4 [34]:

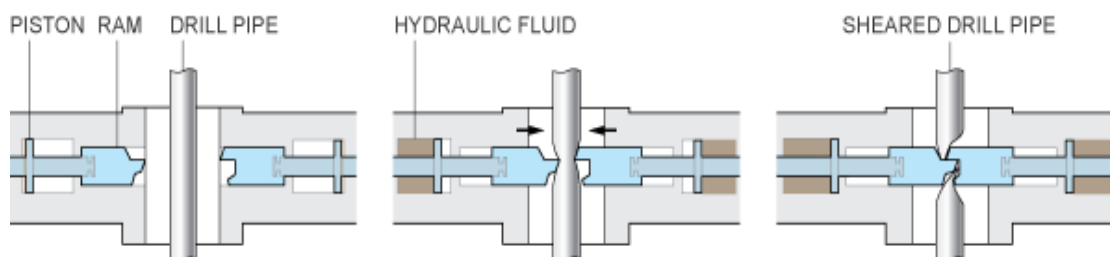
1 → Το ρευστό εισέρχεται στη βαλβίδα κλεισίματος από τη μια από τις δυο εισόδους και πιέζει ένα μέταλλο (shuttle) από τη μια πλευρά και ρέει προς τα κάτω στο στέλεχος της βαλβίδας σε σχήμα T.

2 → Το ρευστό ρέει πίσω από τα έμβολα και αναγκάζει τα κριάρια να αποκόψουν τον αγωγό γεώτρησης.

3 → Οι κλειδαριές σφίγγες σύρονται για να αποτρέψουν τα έμβολα να κάνουν κίνηση πίσω.

4 → Στεγανά από καουτσούκ επάνω στα ‘κριάρια’ σφραγίζουν τη δεξαμενή. Το πετρέλαιο που αναβλύζει από τη δεξαμενή προσθέτει πίεση κάτω και πίσω από το ‘κριάρι’, βοηθώντας να διατηρηθεί το ‘κριάρι’ κλειστό.

Στην Εικ. 4.7 περιγράφεται σχηματικά και πιο αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο τα ‘κριαρία’ αποκόπτουν το σωλήνα γεώτρησης από τη δεξαμενή [34].



Εικόνα 4.7. Τρόπος αποκοπής του σωλήνα γεώτρησης από τη δεξαμενή με τη βοήθεια των ‘κριαριών’ [34].

- 1 → Τα έμβολα (pistons) πιέζουν τα ‘κριαρία’ προς τον αγωγό.
- 2 → Οι λεπίδες κόβουν τον αγωγό.
- 3 → Ο αγωγός σπάει και καταρρέει.

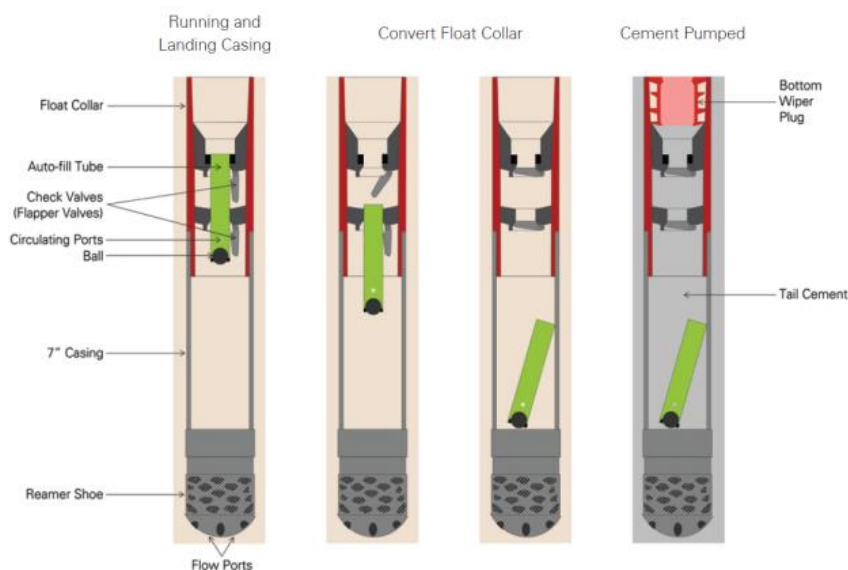
Χρονολογικά, τα αίτια μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής: [58]

- Η απόφαση να βαθύνει η γεώτρηση άλλα 100 πόδια βαθύτερα από την αρχή του reservoir υδρογονανθράκων, ώστε το production casing να βρίσκεται πλήρως εντός του ρεζερβουάρ, παρότι ο πολύ εύθραστος γεωμορφολογικός σχηματισμός, ειδικά σε αυτό το βάθος (αλλά και σε όλη την έκταση του Macondo) ήταν υπερβολικά ψαθυρός με βάση τις επί τόπου γεωλογικές αναλύσεις δειγμάτων και υπερήχων. Για να μην συμβεί kick (μη ηθελημένη εισαγωγή υδρογονανθράκων στο φρέαρ) ή blowout (ανεξέλεχτη εισροή υδρογονανθράκων που μπορεί να φτάσει μέχρι την επιφάνεια), πάντα το εσωτερικό του φρέατος πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση υπερπίεσης. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση εσωτερικά της οπής του φρέατος πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερη από την πίεση που ασκεί ο γεωλογικός σχηματισμός που την περικλείει. Αυτό επιτυγχάνεται με τον έλεγχο του βάρους της λάσπης που ρίπτεται στο φρέαρ, το οποίο όμως δεν μπορεί να είναι απεριόριστο γιατί αν ξεπεραστεί ένα όριο που ονομάζεται fracture gradient (όριο θραύσης) του βράχου που βρίσκεται σε συνθήκες γεώτρησης, αυτός θα παρουσιάσει ρωγμές, θραύση ή και κατάρρευση. Έτσι, υπάρχει κίνδυνος η λάσπη να βρει δίοδο στις ρωγμές να βγει έξω από το φρέαρ με αποτέλεσμα η πίεση στο εσωτερικό του

πηγαδιού να μειωθεί ραγδαία και οι υδρογονάνθρακες του γύρω σχηματισμού να βρεθούν σε υψηλότερη πίεση από ότι στο εσωτερικό και να συμβεί kick. Συμπερασματικά, για να υπάρχει ισοροπία, πρέπει πάντα το βάρος της λάσπης να είναι μεγαλύτερο της πίεσης του βράχου, αλλά μικρότερο του όριου θραύσης. Το εύρος που θα μπορούσε να κινηθεί το βάρος της λάσπης ήταν πολύ στενό, λόγω του έντονα εύθραστου Macondo και βέβαια στένευε ακόμα περισσότερο όσο η γεώτρηση βάθαινε. Έτσι, η απόφαση βάθυνσης της γεώτρησης 100 πόδια παραπάνω, οδήγησε σε περιοχή όπου το όριο θραύσης ήταν σχεδόν ταυτόσημο με το βάρος της λάσπης και το ήδη εύθραυστο μόρφωμα έγινε ακόμα πιο εύθραυστο και γέμισε debris, δηλαδή μικρά κομμάτια σπασμένου βράχου στο τέλος του φρέατος, εκεί δηλαδή που θα ακουμπούσε το κάτω τμήμα του production casing. Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα προς την καταστροφή.

- Σε αυτή τη φάση, ξεκινάει η εγκατάσταση του production casing και, για να μπορέσει να γίνει προσωρινή εγκατάληψη του φρέατος, σταθεροποίηση του casing με τσιμέντο, στη συνέχεια εκτέλεση ελέγχων και τέλος αφαίρεση του BOP και αναχώρηση της πλατφόρμας για κοντινή περιοχή νέας γεώτρησης. Φυσικά, για να είναι ασφαλής η τοποθέτηση του casing αυτού, πρέπει να γίνει απολύτως κεντραρισμένα. Καθώς όμως τοποθετείται, η άκρη του γεμίζει με debris που ασκούν επιπλέον συμπίεση, και το casing δεν τοποθετείται πλήρως κεντραρισμένα. Ο επόμενος στόχος ήταν η ακέραια τοποθέτηση τσιμέντου γύρω από το casing, ανάμεσα σε αυτό και στο βράχο, το οποίο αν τοποθετηθεί σωστά, απομονώνει πλήρως το φρέαρ από υδρογονάνθρακες. Κατά γενική ομολογία, όλων των εμπλεκόμενων στη δίκη, το τσιμέντο απέτυχε να απομονώσει το φρέαρ από τους υδρογονάνθρακες. Πριν ξεκινήσει το cement job, υπάρχει μία ζωτικής σημασίας παράμετρος, η επιτυχία της οποίας πρέπει να οπωσδήποτε να επικυρωθεί. Το τελευταίο κομμάτι του production casing ονομάζεται shoe track. Στο τέλος του shoe track υπάρχει το reamer shoe, όπου υπάρχουν οπές από όπου θα εισέλθουν οι υδρογονάνθρακες όταν θα ξεκινήσει η ελεγχόμενη εξόρυξη πετρελαίου. Στην αρχή του shoe track, υπάρχει μία βαλβίδα διπλής κατεύθυνσης που ονομάζεται float collar, μέσα στην οποία βρίσκεται ένας σωλήνας (autofill tube) που την κρατάει ανοιχτή και που επιτρέπει έτσι τη ροή ρευστού και προς τις δύο κατευθύνσεις. Όταν το

production casing τοποθετείται, το float collar είναι ανοιχτό ώστε να επιτρέψει στο casing να διέλθει μέσα στη λάσπη (mud). Αφού όμως τοποθετηθεί



Εικόνα 4.6. Shoe track

το casing και πριν ξεκινήσει η ρίψη του τσιμέντου, το float collar από διπλής κατευθύνσεως, πρέπει να γίνει μονής. Αν δεν συμβεί αυτό, όταν τοποθετεί το τσιμέντο, αυτό μπορεί να παρουσιάσει το φαινόμενο u-tubing, δηλαδή όσο είναι υγρό, να επιστρέψει εν μέρη μέσα στο casing και έτσι να μην τοποθετηθεί ακέραια και ομοιόμορφα γύρω από το shoe track. Για να γίνει η απόρριψη του σωλήνα, υπάρχει ένας μηχανισμός που αν ενεργοποιηθεί, σταματά να τον στηρίζει μέσα στη βαλβίδα και τον απορρίπτει. Συνοπτικά, αυτός στηρίζεται με τη βοήθεια βελόνων διάτμησης, που όταν ασκηθεί πάνω τους μία συγκεκριμένη πίεση, αστοχούν και πέφτει μαζί τους και ο σωλήνας, με αποτέλεσμα η βαλβίδα να κλείσει και να μπορεί να την ανοίξει μόνο ρευστό που διέρχεται από την πλατφόρμα. Για να γίνει λοιπόν η μετροπή αυτή, πρέπει να πέσει λάσπη με ρυθμό 5-8 βαρέλλια ανά λεπτό. Ξενικά η ρίψη λάσπης αλλά δεν υπάρχει κυκλοφορία. Αυτό ήταν ένδειξη ότι οι μικρές οπές στο reamer shoe είχαν φράξει από τα προαναφερθέντα debris και πιθανότατα, και τον ίδιο τον σωλήνα. Η BP τότε έδωσε εντολή στο πλήρωμα να αυξήσει την πίεση της λάσπης, ώστε το επιβαλλόμενο στρες να καθαρίσει τα debris. Μέσα σε 2 ώρες εκτυλίχθηκαν 9 προσπάθειες, ολοένα αυξανόμενης πίεσης. Η κυκλοφορία της λάσπης επιτεύχθηκε με πίεση 3142 psi και ρυθμό 1 bpm. Με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του

float collar, η κυκλοφορία επιτεύχθη με 5 φορές μεγαλύτερη από την πίεση ασφαλείας και με τέσσερις φορές μικρότερη προβλεπόμενο ρυθμό ροής.

- Αμέσως μετά, από 3142 psi, ξαφνικά η πίεση έπεσε στα 150 psi, με αποτέλεσμα να προκληθεί αναταραχή στο πλήρωμα καθώς η τόσο ραγδαία πτώση πίεσης σε συνδυασμό με την πολύ χαμηλή πίεση κυκλοφορίας λάσπης, ήταν ένδειξη ότι υπήρξε κάποια ρωγμή στο σύστημα, κάποια μηχανική αστοχία και όχι ένδειξη επίτευξης κυκλοφορίες και ξεβραξίματος. Παρόλα αυτά, η BP αποφασίζει την έναρξη του cement job χωρίς να ερευνήσει την πτώση πίεσης και χωρίς να διασφαλίσει με σιγουριά (ένας έλεγχος ανάστροφης κυκλοφορίας μπορούσε να το επιβεβαιώσει) ότι είχε γίνει η μετατροπή της βαλβίδας. Αντίθετα, το φράξιμο είχε αποτρέψει την μετατροπή της βαλβίδας και η τεράστια πτώση πίεσης ήταν ένδειξη μηχανικής αστοχίας και όχι ξεβούλωμα στο reamer shoe όπως υποστήριζε η BP. Η πίεση έπεφτε καθώς η λάσπη εξερχόταν, όχι από τις οπές αλλά από ρήγμα που δημιουργήθηκε στο shoe track κατά την καταπόνηση του συστήματος με την 5 φορές μεγαλύτερη επιβαλλόμενη πίεση με πολύ μικρό ρυθμό ροής.
- Στη συνέχεια ξεκινά η ρίψη τσιμέντου. Το τσιμέντο όμως προλαβαίνει και διέρχεται από τη ρωγμή και συνεχίζει προς το annulus από πάνω, πριν φτάσει στις οπές, και έτσι τοποθετείται τελείως ανομοιόμορφα γύρω από το shoe track. Στην ουσία, δεν υπήρξε καν τοποθέτηση τσιμέντου στην περιοχή κάτω από τη ρωγμή, που ήταν η περιοχή βράχου γεμάτου με υδρογονάνθρακες. Οι υδρογονάνθρακες πλέον είχαν ελεύθερη δίοδο, μία μεγάλη ρωγμή, χωρίς καμία αντίσταση στη ροή, έτοιμη να προκαλέσουν ταχύτατο blowout.
- Η BP υποστήριξε ότι η είσοδος των υδρογονανθράκων ήταν αποτέλεσμα του ασταθούς τσιμέντου που διέθεσε η Halliburton. Πράγματι, το τσιμέντο αποδείχθηκε ότι ήταν ασταθές. Λόγω των εύθραυστων μορφομάτων, επιλέχθηκε η χρήση τσιμέντου εμπλουτισμένου με άζωτο (foam cement). Η επιλογή αυτή καθ'αυτή ήταν λογική και σωστή, όμως, εν γνώση της BP χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο που αρχικά δεν προοριζόταν να γίνει foamed και εμπλουτίστηκε στη συνέχεια με άζωτο, με αποτέλεσμα να είναι ασταθές και οι φουσκάλες αζώτου να διασκορπιστούν ανομοιόμορφα ή και να απομακρυνθούν, αφήνοντας ένα πορώδες τσιμέντο με διόδους για τους υδρογονάνθρακες. Όμως, αν και πράγματι το τσιμέντο ήταν ασταθές, πρώτον, η BP δεν ζήτησε να δει τεστ σταθερότητας από την Halliburton, δεν άφησε αρκετό

χρόνο στο τσιμέντο να στερεοποιηθεί πριν ξεκινήσει το άδειςμα του φρέατος από τη λάσπη και τρίτον, ενώ το πλήρωμα της εταιρίας που είχε προσληφθεί από την BP να εκτελέσει το cement bond log test, δηλαδή το τεστ που αποδεικνύει αν το τσιμέντο έχει τοποθετηθεί ακέραια και αν το σύστημα είναι απολύτως απομονωμένο, βρισκόταν ήδη στην περιοχή, αποφάσισε να το διώξει και να μην εκτελέσει το κοστοβόρο αυτό τεστ.

- Ενώ η Halliburton είχε υποδείξει στην BP ότι ήταν η απαραίτητη η εγκατάσταση 21 centralizers (μηχανικές συσκευές που διατηρούν το casing κεντραρισμένο), η BP αποφάσισε να εγκαταστήσει μόνο 6 centralizers.
- Ενώ, παρόλο που δεν εκτελέστηκε το cement bond log test, υπήρχε ακόμα ένα αξιόπιστο τεστ που θα μπορούσε να δώσει ένδειξη για την έλλειψη ακεραιότητας του συστήματος, το προαναφερθέν τεστ αρνητικής πίεσης, το οποίο προσομοιώνει τις υδροστατικές συνθήκες μετά την προσωρινή εγκατάληψη και δείχνει αν υπάρχει ακεραιότητα σε όλο το σύστημα και αποδεικνύει αν είναι αδύνατο υδρογονάνθρακες να εισέλθουν στο σύστημα. Σε αυτή τη φάση, το φρέαρ περιέχει λάσπη. Αρχικά, ένα μέρος της λάσπης αντικαθίσταται με ελαφρύτερο ρευστό, ώστε η πίεση έξω από τα casings να γίνει μεγαλύτερη από ότι στο εσωτερικό (δεν μπορεί μετά την προσωρινή εγκατάληψη το φρέαρ να μείνει γεμάτο λάσπη, γιατί αυτή θα ασκεί συνεχόμενη χρόνια κόπωση στο σύστημα). Στη συνέχεια, η εσωτερική πίεση αναρροφάται στο μηδέν και πρέπει να παραμείνει μηδέν εσωτερικά. Αν αρχίσει να αυξάνεται, υπάρχει ένδειξη ότι κάτι έχει εισχωρήσει σε ένα υποτιθέμενα κλειστό σύστημα. Αν παρατηρηθεί αναστροφή στη ροή του υγρού, τότε υπάρχει ένδειξη ότι κάτι το ωθεί προς τα έξω, επομένως το πλήρωμα μπορεί να ανταποκριθεί με κλείσιμο του BOP αφού ρίξει λάσπη για να συμβεί εσωτερική υπερπίεση. Ξεκίνησε η μέτρηση της πίεσης και αντί για 0, το όργανο μέτρησης στην drill pipe, έδειχνε 1400 psi. Η BP εξηγεί τη μέτρηση χρησιμοποιώντας ένα μη υπαρκτό φυσικό φαινόμενο και αποφασίζει να μετρήσει την πίεση σε έναν άλλο σωλήνα, τον kill line, όπου η πίεση μετρήθηκε 0 psi (στη συνέχεια αποδείχτηκε ότι πρόκειται για ένα false reading λόγω μπλοκαρίσματος του σωλήνα). Παρότι η πίεση στην drill pipe εξακολουθούσε να είναι 1400, η BP αποφασίζει να θεωρήσει το τεστ επιτυχές και δίνει εντολή στο πλήρωμα της Transocean να αντικαταστήσει και την υπόλοιπη λάσπη.

- Το πλήρωμα ανοίγει το BOP (προηγουμένως είχε κλείσει για τη διένεξη του τεστ) και αφαιρείται η λάσπη, ενώ προστίθεται νερό. Προφανώς, η μέτρηση πίεσης στο εσωτερικό θα έπρεπε να πέφτει σταδιακά. Αντίθετα, παρατηρείται μία ξαφνική αύξηση, ξεκάθαρη ένδειξη ότι υπάρχει κάτι εσωτερικά που αυξάνει την πίεση και στη συνέχεια παρατηρούνται πολλές ανωμαλίες στις μετρήσεις της πίεσης. Ξαφνικά, υπάρχει μία μέτρηση πολύ μεγάλης αύξησης της πίεσης και το πλήρωμα της Transocean, λόγω ελλειπούς εκπαίδευσης και επικοινωνίας, δεν κλείνει το φρέαρ. Παραβιάζοντας την Πράξη Καθαρού Νερού, αποφασίζουν να διαγνώσουν τα αίτια της ανωμαλίας στην πίεση, παρά να κλείσουν το BOP και να αναλύσουν μετά τα αίτια. Ακόμα και σε αυτή τη φάση, οι υδρογονάνθρακες ήταν κάτω από το BOP και όχι μέσα στο riser. Από τη στιγμή όμως που υδρογονάνθρακες εισέλθουν στο riser, δεν υπάρχει τίποτα να τους σταματήσει.
- Λάσπη αρχίζει να πετάγεται πάνω στην εξέδρα. Το πλήρωμα ενεργοποιεί τα upper annular preventors του BOP αλλά αυτά φουσκώνουν γύρω από άρθρωση στη drill pipe και δεν καταφέρνουν να κλείσουν το σύστημα. Οδηγούν τη ροή της λάσπης και των υδρογονανθράκων στο MGS και όχι overboard. Το MGS γεμίζει πλήρως και λάσπη μαζί με υδρογονάνθρακες αρχίζουν να ψεκάζονται από το σύστημα εξαερισμού του MGS. Το πλήρωμα ενεργοποιεί τα variable bore rams του BOP, ενώ αέριο υψηλής πίεσης αρχίζει να ξεχύνεται παντού πάνω στην εξέδρα. Το αέριο βρίσκει πηγή ανάφλεξης και σημειώνεται η τεράστια έκρηξη πάνω στην πλατφόρμα. Καθώς η επικοινωνία με την πλατφόρμα έχει χαθεί, το BOP είναι προγραμματισμένο να ενεργοποιήσει αυτόματα τις blind shear rams που αναλύθηκαν προηγουμένως. Παρόλα αυτά, κανένας από τους δύο λοβούς που περιέχουν μπαταρίες ώστε όταν ενεργοποιηθούν, να οδηγήσουν υδραυλικό υγρό στα έμβολα τυφλής διάτμησης ώστε αυτά να κλείσουν. Ο ένας λοβός είχε αποφορτισμένη μπαταρία λόγω έλλειψης συντήρησης, ενώ ο back up λοβός που ήταν φορτισμένος επαρκώς, είχε ελαττωματικά τοποθετημένες solenoid βαλβίδες μιας και το ένα από τα δύο πηνεία τους ήταν ανάποδα τοποθετημένα και δεν μπορούσε να δημιουργηθεί μαγνητικό πεδίο ώστε να λειτουργήσουν οι βαλβίδες. Όταν πλέον έφτασαν οχήματα ROV για να ενεργοποιήσουν τα έμβολα τυφλής διάτμησης εξ επαφής, ενώ πράγματι κατάφεραν να τα ενεργοποιήσουν, οι τεράστιες πιέσεις είχαν λυγίσει την drill pipe με αποτέλεσμα να μην είναι κεντραρισμένη και να κοπεί μόνο σε ένα

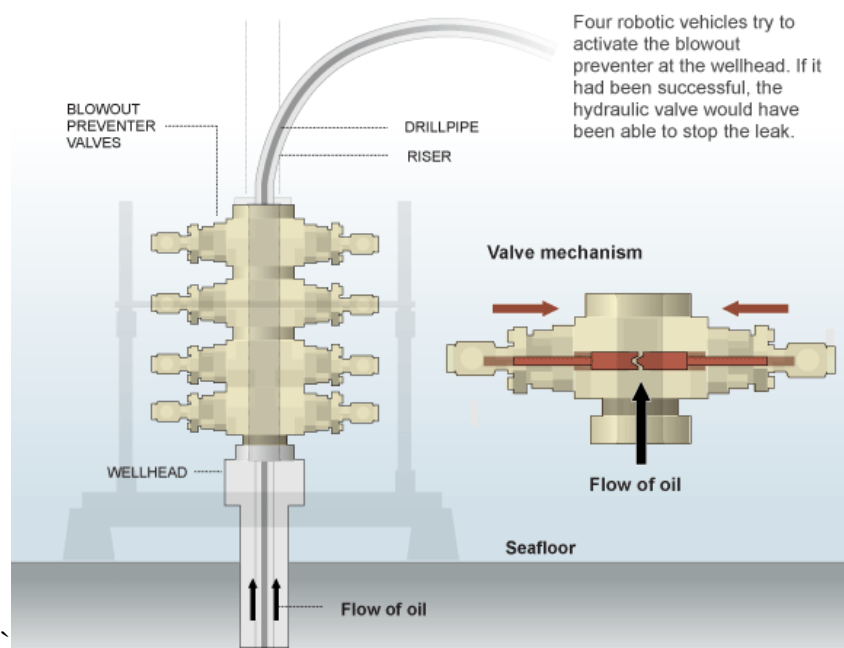
σημείο. Η πλατφόρμα πλέον είχε βυθιστεί και η διαρροή θα ήταν ασταμάτητη μέχρι τον Ιούλιο.

4.3 Τρόποι αντιμετώπισης της διαρροής

Από τη στιγμή που ξέσπασε η πυρκαγιά στην Deepwater Horizon εξέδρα στον Κόλπο του Μεξικού στις 20 Απριλίου, οι μηχανικοί επιχείρησαν μια σειρά από τεχνικές για να επιβραδυνθεί ή να σταματήσει ο χείμαρρος πετρελαίου από τη διαρροή η οποία ήταν 5.000 πόδια κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στις ακόλουθες παραγράφους με τις αντίστοιχες εικόνες και τις αντίστοιχες ημερομηνίες περιγράφονται οι προσπάθειες των μηχανικών [35].

25 Απριλίου- Επιδιόρθωση του αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας

Οι υπάλληλοι χρησιμοποιούν τηλεχειριζόμενα υποβρύχια για να προσπαθήσουν να ενεργοποιήσουν το μηχανισμό αποτροπής έκρηξης, προσπαθώντας να τοποθετήσουν μια στοίβα από βαλβίδες στην κεφαλή του φρέατος με στόχο να σφραγιστεί η δεξαμενή σε περίπτωση απότομης αύξησης της πίεσης (Εικ. 4.8). Μια κρίσιμη βαλβίδα δεν είχε λειτουργήσει ποτέ πλήρως και οι προσπάθειες για την ενεργοποίηση της συσκευής μετά την έκρηξη τελικά ήταν ανεπιτυχείς [35].

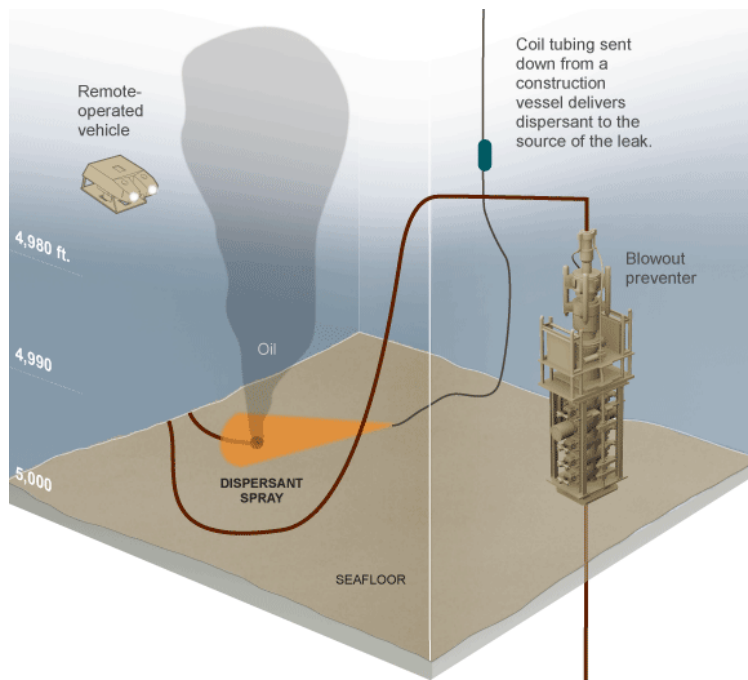


Εικόνα 4.8. Επιδιόρθωση του αντιεκρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας [35].

Τέσσερα ρομποτικά οχήματα προσπαθούν να ενεργοποιήσουν τον αντιεκρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας στην κεφαλή της δεξαμενής. Εάν αυτή η διαδικασία ολοκληρώνονταν με επιτυχία η υδραυλική βαλβίδα θα ήταν ικανή να σταματήσει τη διαρροή.

30 Απριλίου-Χημικά πρόσθετα διασποράς

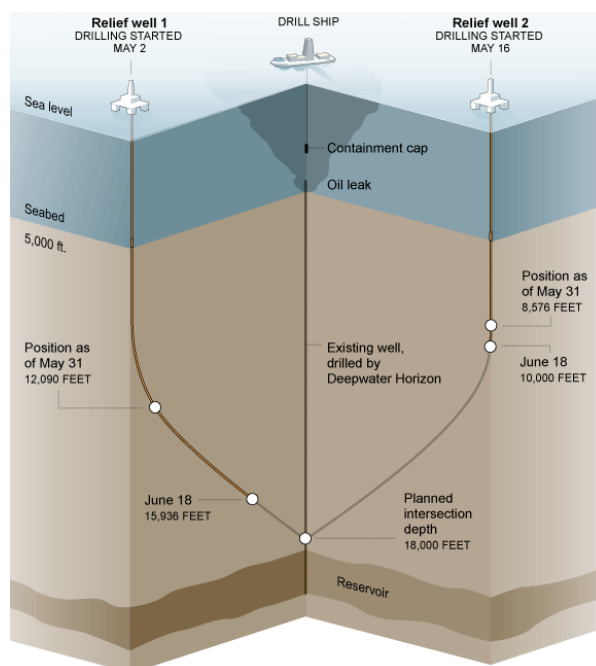
Τα πληρώματα εγχύνουν χημικές ουσίες διασποράς στο πετρέλαιο καθώς ρέει από την κύρια υποθαλάσσια διαρροή (Εικ. 4.9). Το μέσο διασποράς που χρησιμοποιείται συμβατικά στην επιφάνεια του νερού έχει ως στόχο να διασπάσει το πετρέλαιο σε μικρά σταγονίδια μειώνοντας την άνωση του. Ο πλήρης αντίκτυπος της χημικής διασποράς για την υποβρύχια οικολογία είναι άγνωστος. Αργότερα η Αρχή Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών επισήμανε στη BP να χρησιμοποιήσει ένα λιγότερο τοξικό χημικό από αυτό που χρησιμοποιήθηκε αρχικά [35].



Εικόνα 4.9. Έγχυση χημικών πρόσθετων διασποράς στο υποθαλάσσιο σημείο-πηγή της διαρροής [35].

2 Μαΐου- Δημιουργία νέων ‘ανακουφιστικών’ γεωτρήσεων

Η BP ξεκινάει τις γεωτρήσεις για το πρώτο από τα δύο πηγάδια ανακούφισης (Εικ. 4.10) που μπορούσε αργότερα να χρησιμοποιηθεί για την έγχυση λάσπης και τσιμέντου μέσα στην υπάρχουσα γεώτρηση [35].

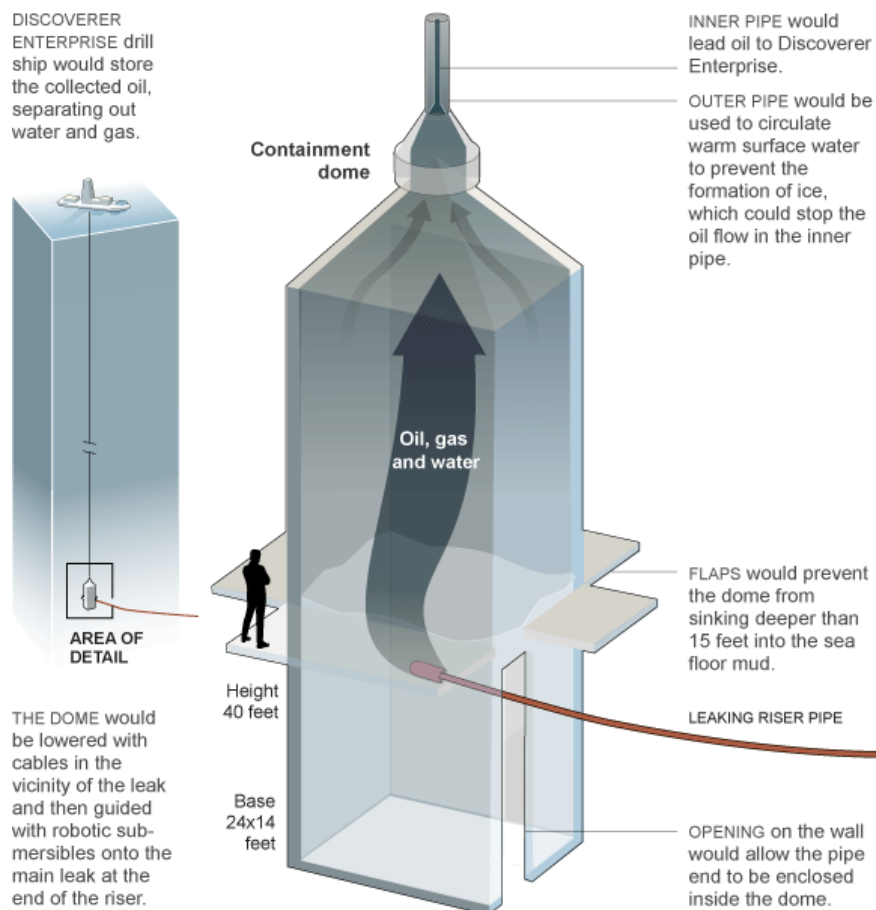


Εικόνα 4.10. Δημιουργία γεωτρήσεων ανακούφισης [35].

7 Μαΐου-Τοποθέτηση δοχείου περιστολής

Οι εργαζόμενοι προσπαθούν να τοποθετήσουν επάνω από τη διαρροή ένα τετραώροφο χαλύβδινο δοχείο περιστολής (Εικ. 4.11). Αλλά όταν ανακαλύπτουν ότι τα ανοίγματα του δοχείου συστέλλονται και φράζουν εξαιτίας ενός παγωμένου μίγματος αερίου και νερού αναστέλλουν την τοποθέτησή του [35].

Το δοχείο θα βυθίζονταν με ειδικά σχοινιά και θα οδηγούνταν προς το σημείο της διαρροής με τη βοήθεια ρομποτικών συστημάτων. Το άνοιγμα στον πάτο του δοχείου θα επέτρεπε την τελική άκρη του αγωγού να συμπεριληφθεί μέσα στο δοχείο. Επίσης τα πτερύγια θα εμπόδιζαν το δοχείο να βυθιστεί πάνω από 15 πόδια μέσα στη λάσπη. Ο εσωτερικός σωλήνας θα οδηγούσε το πετρέλαιο στην ίδια την πλατφόρμα, ενώ ο εξωτερικός σωλήνας θα χρησίμευε για την επανακυκλοφορία του ζεστού νερού για την παρεμπόδιση σχηματισμού πάγου που θα σταματούσε τη ροή πετρελαίου στον εσωτερικό σωλήνα [35].



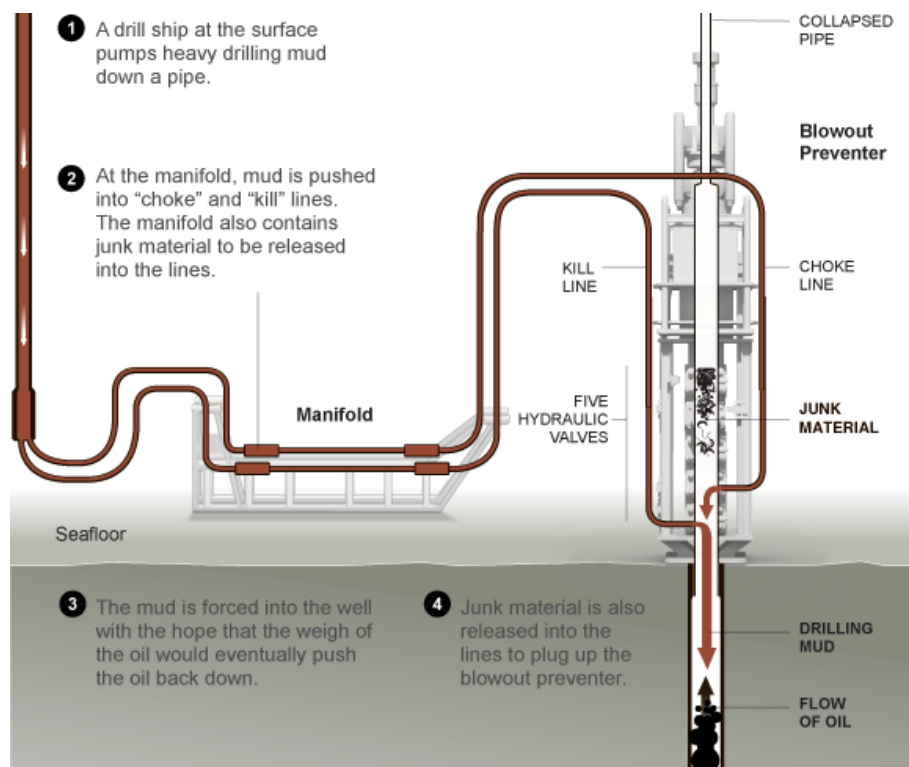
Εικόνα 4.11. Τοποθέτηση χαλύβδινου δοχείου περιστολής [35].

16 Μαΐου- Προσαρμογή αγωγού

Μετά από δύο λανθασμένες εκκινήσεις, οι μηχανικοί της BP εισήγαγαν επιτυχώς μέσα στο σπασμένο σωλήνα ανύψωσης ένα μακρύ σωλήνα, ένα μίλι σε μήκος, για να εκτρέψουν λίγο από το πετρέλαιο σε πλοίο γεώτρησης. Πάνω από εννέα ημέρες, ο σωλήνας συσώρευσε περίπου 22.000 βαρέλια πετρελαίου, το οποίο αποτέλεσε μόνο ένα κλάσμα της συνολικής διαρροής [35].

26 Μαΐου- Top kill και Junk shot

Με μια διαδικασία που ονομάζεται top kill, οι μηχανικοί αντλούν τη βαριά λάσπη της διάτρησης μέσα στη δεξαμενή με την ελπίδα ότι το βάρος του υγρού θα υπερνικήσει την πίεση της ανόδου του πετρελαίου. Με μια άλλη τεχνική που ονομάζεται Junk shot, αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων μπάλες του γκολφ και κομμάτια από καουτσούκ εγχέονται στον αντιαεκρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας. Και οι δύο τεχνικές αποτυγχάνουν να σταματήσουν τη διαρροή [35].



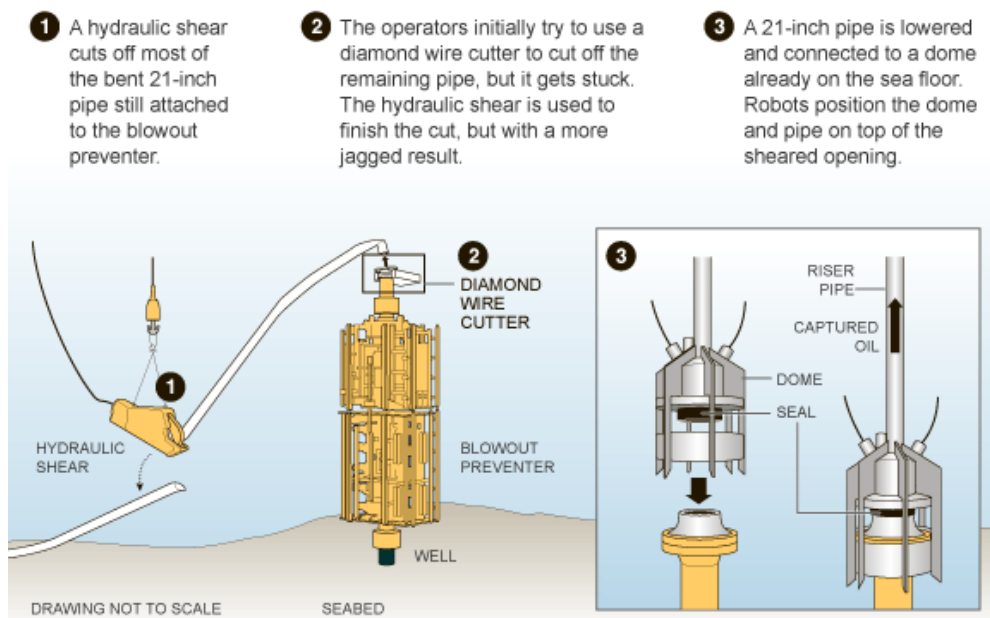
Εικόνα 4.12. Εφαρμογή μεθόδου top kill και junk shot [35].

Πιο αναλυτικά με βάση την Εικ.4.12, ένα πλοίο γεώτρησης αντλεί τη βαριά λάσπη από τον αγωγό. Ο αγωγός έχει πολλαπλά ανοίγματα με άχρηστο υλικό, όπου η λάσπη

στραγγαλίζεται και σταματάει η ροή. Η λάσπη εξαναγκάζεται να εισαχθεί στη δεξαμενή με την ελπίδα ότι το βάρος της θα αντισταθμίσει το πετρέλαιο και θα το αναγκάσει να επιστρέψει. Επίσης στις γραμμές διοχετεύεται άχρηστο υλικό για να συνδεθεί ο αντιακρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας [35].

31 Μαΐου-Μια επιπλέον προσπάθεια σφράγισης της δεξαμενής

Οι μηχανικοί τοποθετούν υποβρύχια ρομπότ για να αποκόψουν τον αναδιπλωμένο αγωγό που έχει καταρρεύσει, έτσι ώστε ένα να τοποθετηθεί καπάκι πάνω από τον αντιακρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας και μέρος της διαρροής του πετρελαίου να διοχετευτεί σε ένα δεξαμενόπλοιο στην επιφάνεια της θάλασσας (Εικ. 4.13) [35].



Εικόνα 4.13. Αποκοπή αγωγού και τοποθέτηση από καπάκι-δοχείο επάνω από τον αντιακρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας [35].

1 → Ένα εργαλείο κοπής αποκόπτει το μεγαλύτερο μέρος του λυγισμένου αγωγού ο οποίος είναι ακόμα προσαρτημένος στον αντιακρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας.

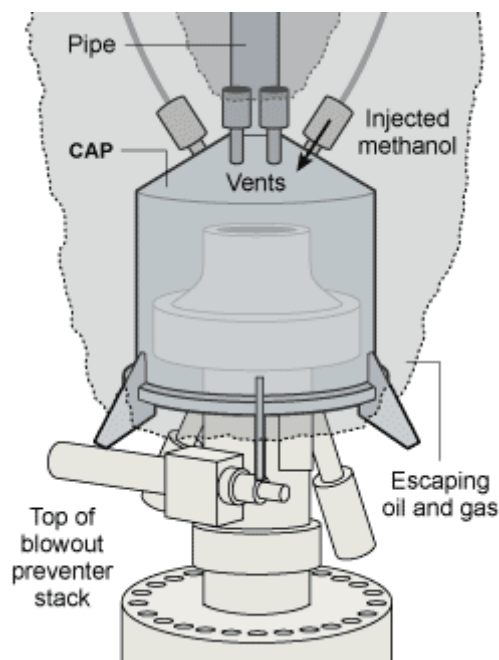
2 → Οι χειριστές αρχικά προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν συρμάτινο κόφτη διαμαντιού, αλλά κολλάει. Η διαδικασία επιτυγχάνεται με υδραυλικό κόφτη αλλά με ένα οδοντωτό περίγραμμα.

3 → Ένας αγωγός 21 ιντσών βυθίζεται και συνδέεται σε ένα καπάκι που είναι ήδη στο βυθό της θάλασσας. Ρομποτικά συστήματα τοποθετούν το δοχείο-καπάκι και τον αγωγό στο άνοιγμα του αγωγού που κόπηκε.

Ο νέος σωλήνας ανύψωσης με εσωτερική σωλήνα 6.625 ιντσών χρησιμοποιούνταν για να συλλέξει τη διαρροή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Μεθανόλη και ζεστό θαλασσινό νερό αντλούνταν προς το σωλήνα ανύψωσης για να μονώσουν το μικρότερο σωλήνα για την πρόληψη σχηματισμού παγοκρυστάλλων, οι οποίοι απέτρεψαν τη λειτουργία του προγενέστερου δοχείου κάλυψης [35].

4 Ιουνίου-Έναρξη δέσμευσης πετρελαίου

Ένα δοχείο-καπάκι τοποθετείται πάνω από την κορυφή του αντιακρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας για να διοχετεύσει το πετρέλαιο και το αέριο σε ένα πλοίο. Το πετρέλαιο εξακολουθεί να εκρέει σε τεράστιες ποσότητες στο επάνω μέρος της συσκευής από κάτω από το χείλος και μέσω τεσσάρων ανοιχτών αεραγωγών. Οι μηχανικοί δεν είναι σε θέση να κλείσουν όλες τις διεξόδους, όπως είχε αρχικά προγραμματιστεί [35].

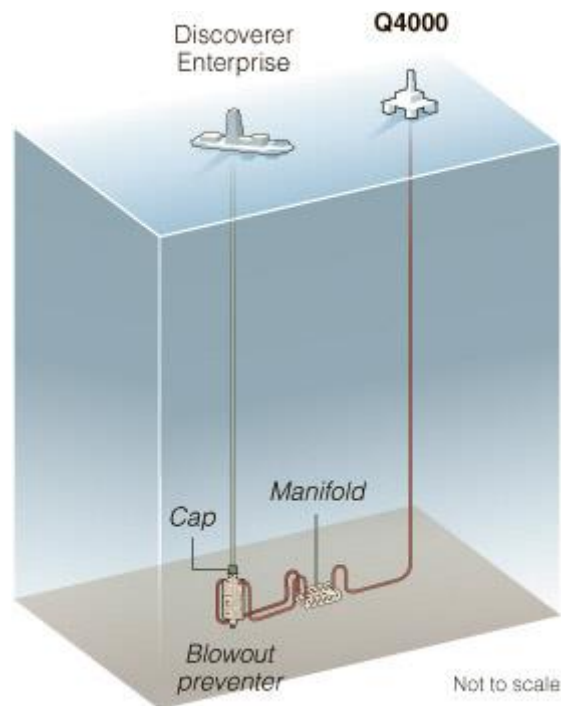


Εικόνα 4.14. Δέσμευση πετρελαίου, με μερικές διεξόδους κλειστές [35].

16 Ιουνίου-Περισσότερη δέσμευση πετρελαίου

Ένα δεύτερο σύστημα συγκράτησης αρχίζει να μεταγγίζει μεγάλη ποσότητα πετρελαίου και φυσικού αερίου από τη διαρροή (Εικ. 4.15). Η BP εκτιμά ότι το σύστημα θα μεταφέρει προς την επιφάνεια 5.000 έως 10.000 βαρέλια την ημέρα, για τη συμπλήρωση των περίπου 15.000 βαρελιών καθημερινά από ένα καπάκι συγκράτησης στην κορυφή του αντιακρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας [35].

Χρησιμοποιώντας εξοπλισμό που αρχικά είχε τεθεί σε εφαρμογή για την έγχυση της βαριάς λάσπης της γεώτρησης κατά τη διάρκεια της αποτυχημένης διαδικασίας τον προηγούμενο μήνα, το νέο σύστημα εξάγει το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο απευθείας από τον αντiekρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας, το περνάει μέσα από τον πολλαπλό συλλέκτη στον θαλάσσιο πυθμένα και το διοχετεύει μέσω των σωλήνων επάνω στο σκάφος Q4000. Το Q4000 δεν έχει χωρητικότητα αποθήκευσης και καίει το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο [35].



Εικόνα 4.15. Σύστημα διοχέτευση πετρελαίου και φυσικού αερίου διαμέσου του αντiekρηκτικού συστήματος ασφαλείας και του πολλαπλού συλλέκτη [35].

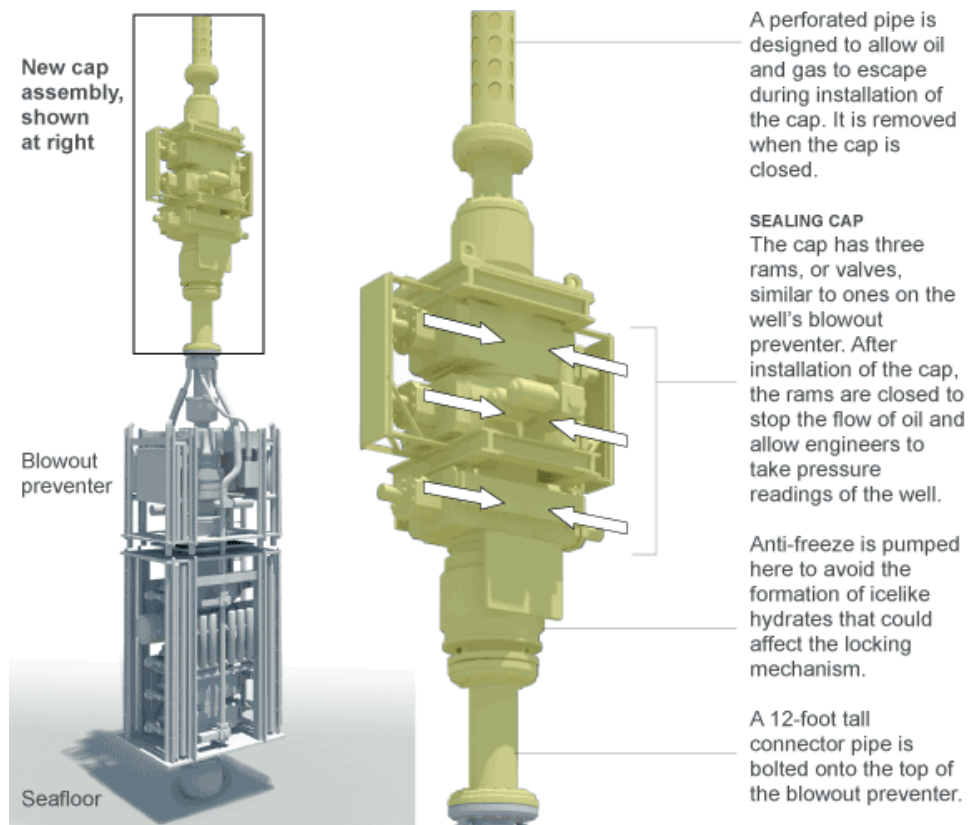
10 Ιουλίου-Καλύτερο δοχείο-καπάκι

Η BP αντικαθιστά το καπάκι που είχε τεθεί σε εφαρμογή στις 3 Ιουνίου με ένα άλλο με πιο αυστηρή δομή (Εικ. 4.16) που θα μπορούσε δυνητικά να σταματήσει τη ροή του πετρελαίου από την πηγή. Το νέο σύστημα έχει μερικά ίδια είδη εξαρτημάτων όπως τα αντiekρηκτικά συστήματα ασφαλείας.

Ένας διάτρητος σωλήνας (perforated pipe) σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επιτρέπει στο πετρέλαιο και το αέριο να εξέρχονται κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης του νέου δοχείου-καλύμματος. Ο διάτρητος σωλήνας αφαιρείται όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία [35].

Όπως φαίνεται από την Εικ. 4.16, το καπάκι στεγανοποίησης έχει τρία έμβολα ή βαλβίδες παρόμοια με αυτά που είχε το αντiekρηκτικό σύστημα ασφαλείας. Μετά την εγκατάσταση τα έμβολα κλείνουν για να σταματήσουν τη ροή του πετρελαίου επιτρέποντας στους μηχανικούς να καταγράψουν την πίεση της δεξαμενής [35].

Το αντιψυκτικό τροφοδοτείται από κάτω από τα έμβολα για να αποφευχθεί, όπως προαναφέρθηκε, ο σχηματισμός πάγου που θα μπορούσε να εμποδίσει το 'κλείδωμα' του μηχανισμού. Ένας συνδέτης αγωγός, 12 πόδια ψηλός, τοποθετείται στην κορυφή του αντiekρηκτικού συστήματος ασφαλείας [35].



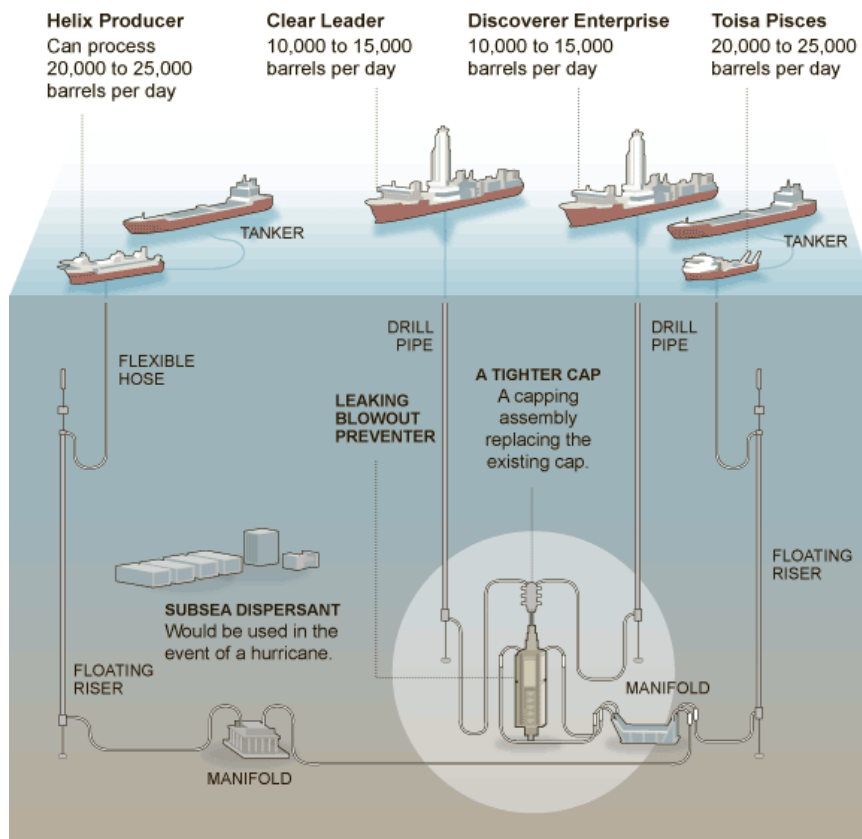
Εικόνα 4.16. Τοποθέτηση 'δοχείου-καπάκι' με μεγαλύτερες δικλίδες ασφαλείας [35].

12 Ιουλίου-Αύξηση χωρητικότητας

Μετά από ημέρες καθυστερήσεων που οφείλονταν στις καιρικές συνθήκες, ο παραγωγός Helix με ένα σκάφος παραγωγής, έχει αρχίσει τη συλλογή πετρελαίου. Οι αξιωματούχοι της BP λένε ότι τελικά αναμένονταν να έχουν ένα σύνολο τεσσάρων σκαφών στην περιοχή για να συλλέξουν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Το Q4000 αντικαταστάθηκε από άλλο σκάφος, το Toisa Pisces, το οποίο συνδέονταν με δύο

πλωτές μετώπες (floating riser) έτσι ώστε σε περίπτωση ενός τυφώνα να μπορούσαν να αποσυνδεθούν [35].

Επίσης όπως φαίνεται στην Εικ. 4.17 στον πυθμένα της θάλασσας έχουν τοποθετηθεί και δοχεία με χημικά πρόσθετα διασποράς σε περίπτωση που θα ήταν ανάγκη να χρησιμοποιηθούν αν υπήρξε και άλλος τυφώνας [35].



Εικόνα 4.17. Σύστημα αύξησης χωρητικότητας [35].

15 Ιουλίου-Έλεγχος του συστήματος

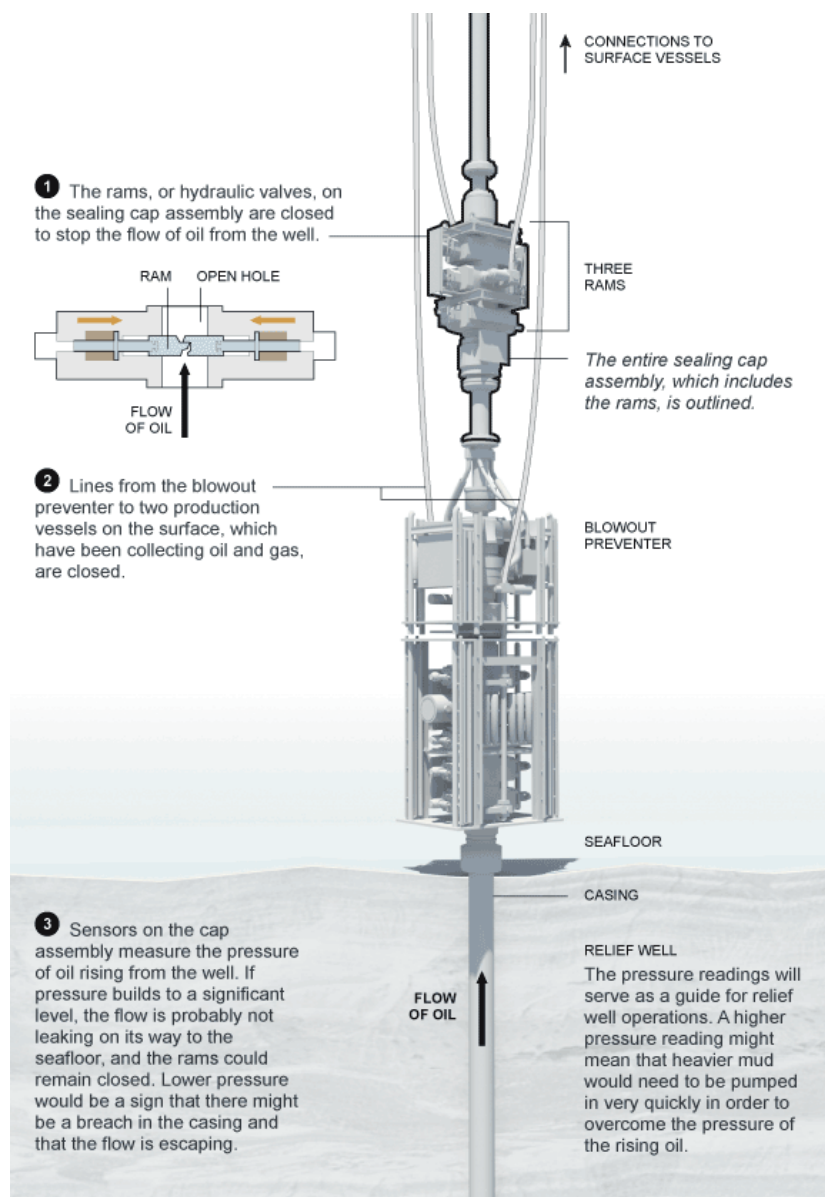
Το καινούργιο σύστημα κάλυψης σταματά τη ροή του πετρελαίου για πρώτη φορά. Οι μηχανικοί αρχίζουν την παρακολούθηση της πίεσης της δεξαμενής για να ελέγξουν την ακεραιότητά του συστήματος. Τα βήματα ελέγχου δίνονται στην Εικ. 4.18 [35]:

1→ Τα έμβολα ή υδραυλικές βαλβίδες κλείνουν για να σταματήσουν τη ροή από τη δεξαμενή.

2→ Οι γραμμές ροής από το αντιεκρηκτικό σύστημα ασφαλείας προς τα δοχεία παραγωγής στην επιφάνεια της θάλασσας, τα οποία συλλέγουν το πετρέλαιο και το αέριο, επίσης κλείνουν.

3→ Αισθητήρες επάνω στο ‘καπάκι’ καταγράφουν την πίεση του πετρελαίου που εξέρχεται από τη δεξαμενή. Σε περίπτωση που η πίεση φτάσει σε ένα σημαντικό επίπεδο τότε δεν υπάρχει διαρροή και τα έμβολα παραμένουν κλειστά. Χαμηλότερη πίεση θα σήμαινε ότι υπάρχει ρήγμα στο περίβλημα και η ροή εξέρχεται από άλλο σημείο.

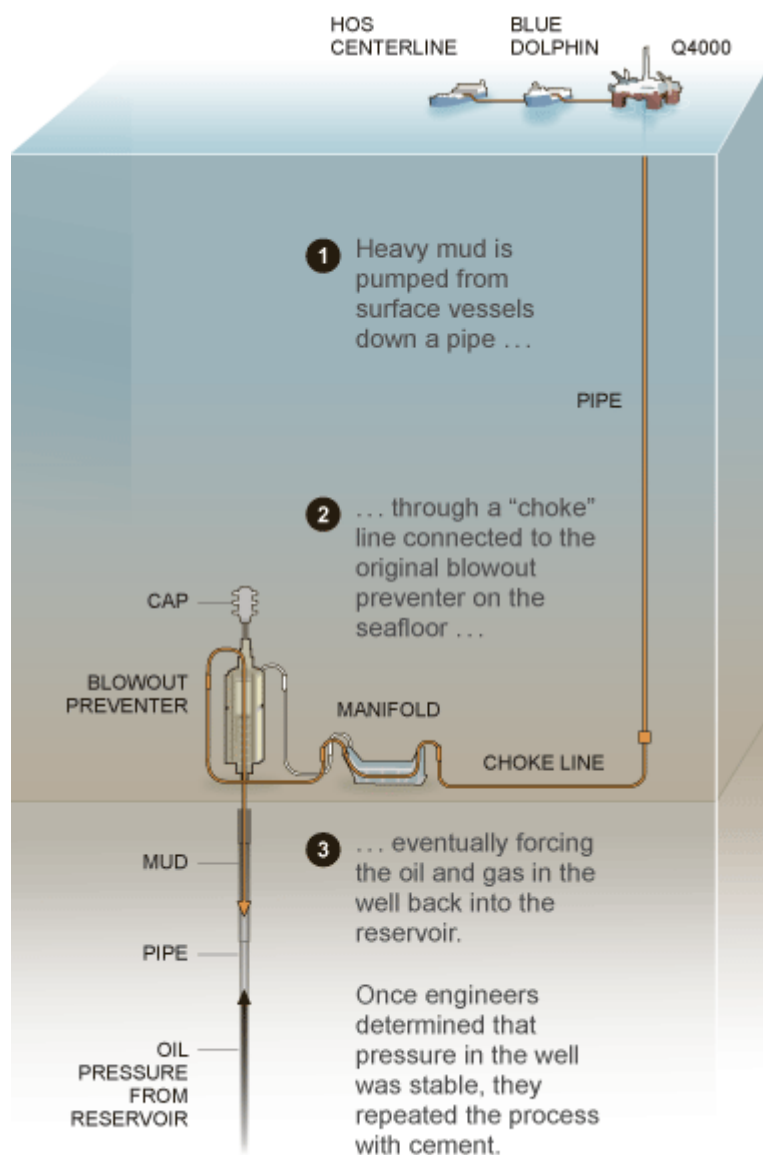
Δεξαμενή ανακούφισης→ Η καταγραφή της πίεσης χρησιμεύει ως οδηγός για την ‘ανακούφιση’ των διαδικασιών. Υψηλότερη πίεση πιθανόν θα σήμαινε ότι η βαρύτερη λάσπη θα χρειαζόταν να αντληθεί πολύ γρήγορα για να αντισταθμίσει την πίεση του ανερχόμενου πετρελαίου.



Εικόνα 4.18. Έλεγχος ακεραιότητας συστήματος.

3 Αυγούστου-Στατική σταθερότητα

Οι μηχανικοί αντλούν επιτυχώς τη λάσπη μέσω μιας βαλβίδας επί του αντιακρηκτικού συστήματος ασφαλείας και σε ένα μεταλλικό σωλήνα. Επίσης είναι σε θέση να αντλούν τη λάσπη με βραδύτερο ρυθμό και σε χαμηλότερη πίεση, επειδή το νέο καπάκι στην κορυφή έχει ανακόψει τη ροή του πετρελαίου. Η λάσπη αναγκάζει το πετρέλαιο και το αέριο να γυρίσουν πίσω εντός της δεξαμενής. Επίσης αντλείται τσιμέντο για να σφραγίσει τη δεξαμενή (Εικ.4.19) [35] .



Εικόνα 4.19. Αντληση λάσπης με ελεγχόμενο ρυθμό και τσιμεντοποίηση του σημείου εξόδου του πετρελαίου και αερίου [35].

1→ Βαριά λάσπη τροφοδοτείται από δοχεία στην επιφάνεια προς το βυθό μέσω των σωλήνων,

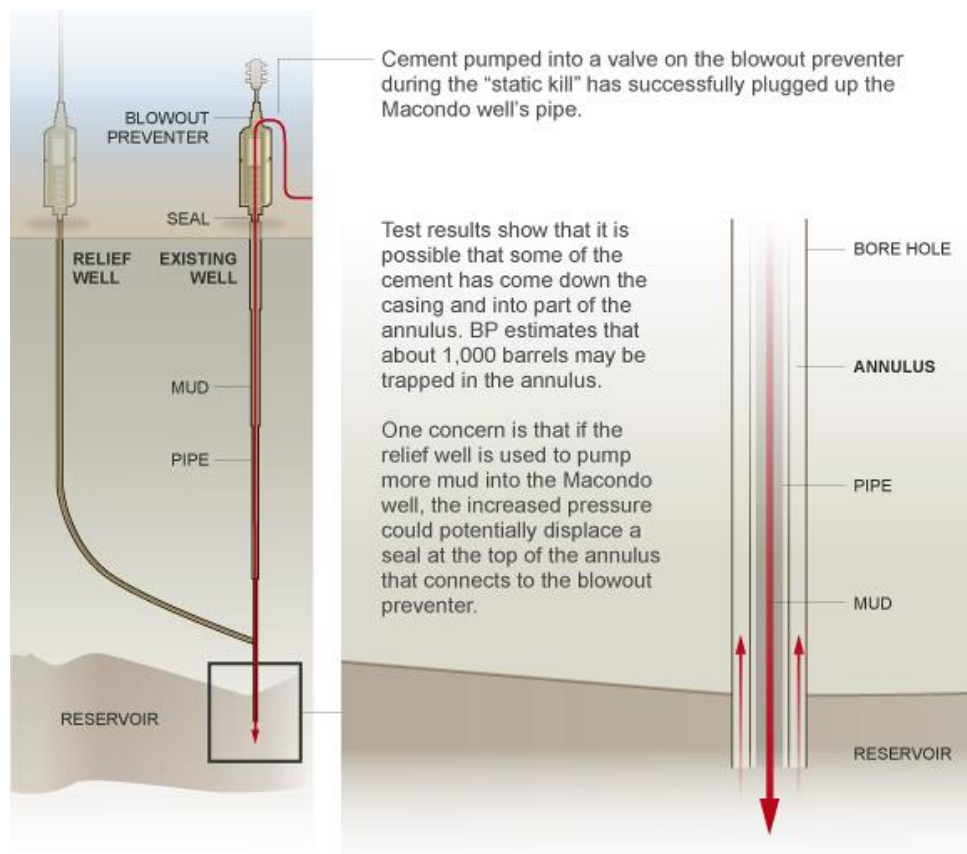
2→ Μέσω μιας γραμμής 'στραγγαλισμού' η οποία συνδέεται στην αρχική κατασκευή του αντiekρηκτικού συστήματος ασφαλείας,

3→ Οδηγεί αναγκαστικά το πετρέλαιο και το αέριο πίσω στη δεξαμενή.

Όταν οι μηχανικοί ήταν βέβαιοι ότι η πίεση στη δεξαμενή είχε σταθεροποιηθεί επανέλαβαν τη διαδικασία αλλά με τσιμέντο αντί για λάσπη.

14 Αυγούστου-Πρόοδος στη δεξαμενή ανακούφισης

Οι μηχανικοί της BP συνέχισαν να αναπτύσσουν ένα πιο συγκεκριμένο σχέδιο για το πώς έπρεπε να ολοκληρωθεί το κάτω μέρος του συστήματος ώστε να υπάρχει ο ελάχιστος κίνδυνος αστοχίας. Όταν οι μηχανικοί αντλούσαν το τσιμέντο στο μεταλλικό περίβλημα της δεξαμενής Macondo κατά τη static kill μέθοδο, τον περασμένο μήνα, είναι πιθανό το τσιμέντο να εναποτέθηκε στο δακτύλιο, στο κενό χώρο μεταξύ του σωλήνα και της οπής (Εικ. 4.20) [35].



Εικόνα 4.20. Δεξαμενή ανακούφισης [35].

Η BP εκτιμάει ότι περίπου 1.000 βαρέλια τσιμέντου παγιδεύτηκαν στο διάκενο. Μια ανησυχία ήταν, εάν η αύξηση της πίεσης θα μπορούσε να προκαλέσει τη μετακίνηση του καλύμματος στην κορυφή του διακένου που συνδέει το αντiekρηκτικό σύστημα ασφαλείας, σε περίπτωση που η δεξαμενή ανακούφισης χρησιμοποιούνταν μέσα στη δεξαμενή Macondo για να αντληθεί περισσότερη λάσπη [35].

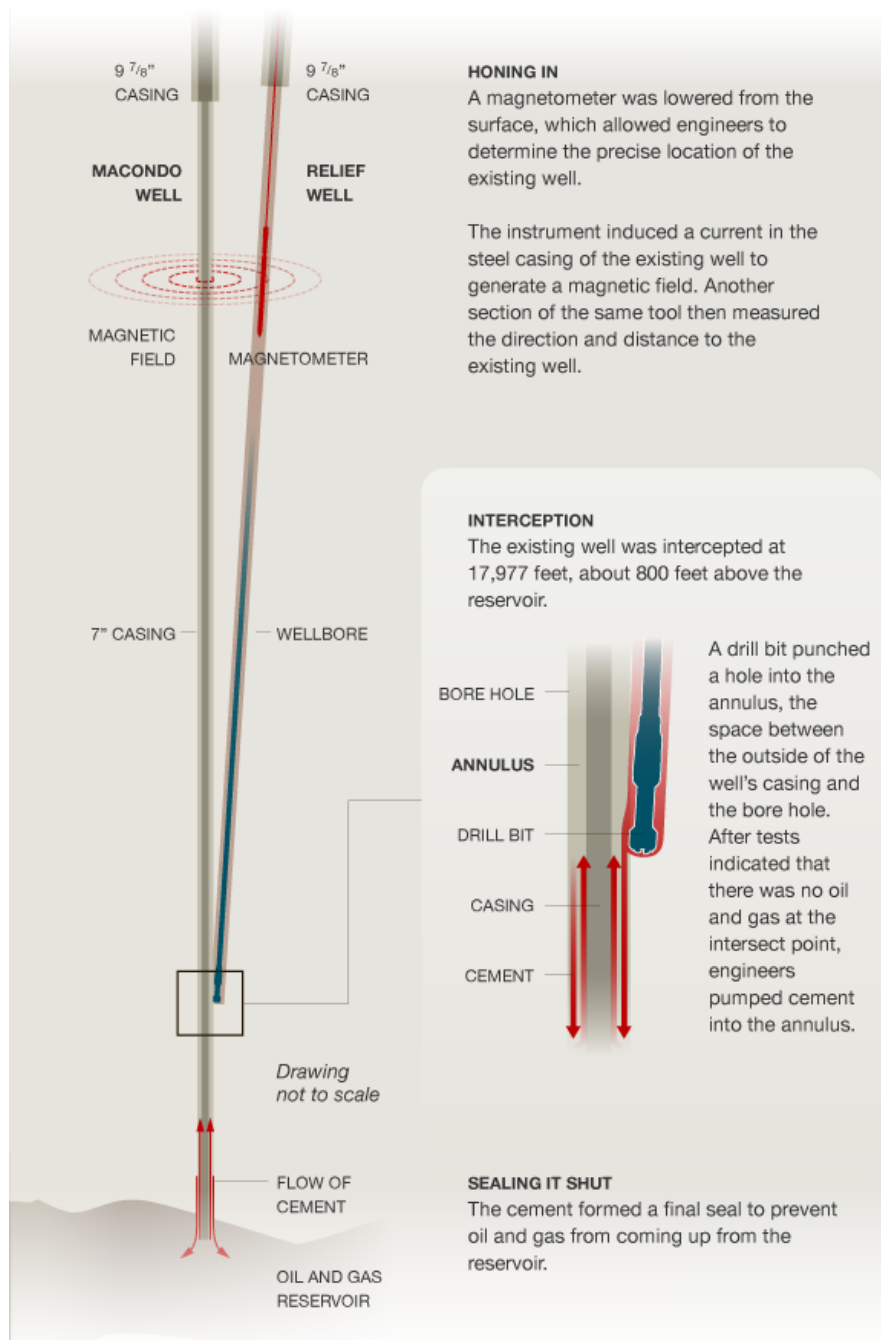
21 Σεπτεμβρίου-Το τελικό σύστημα

Μετά από 5 μήνες η ομοσπονδιακή κυβέρνηση δηλώνει ότι η Macondo είναι μόνιμα στεγανή και η διαρροή πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει σταματήσει μετά από αποτυχημένες προσπάθειες και ημι-επιτυχίες από τους μηχανικούς της BP. Η επιβεβαίωση του τελικού συστήματος πραγματοποιήθηκε με τις ακόλουθες διαδικασίες [35]:

Διευκρίνιση ακριβούς σημείου πηγής (Honing in): ένα μαγνητόμετρο (Εικ. 4.21) βυθίστηκε στο σημείο εκροής του πετρελαίου με σκοπό τον εντοπισμό της ακριβούς τοποθεσίας της δεξαμενής-πηγής. Το μαγνητόμετρο δημιουργεί επαγωγικό ρεύμα στο χαλύβδινο σωλήνα και παράγει μαγνητικό πεδίο. Μια άλλη λειτουργία του ίδιου οργάνου στη συνέχεια μετράει την απόσταση και την κατεύθυνση της υπάρχουσας δεξαμενής.

Διακοπή (Interception): η υπάρχουσα γεώτρηση διακόπηκε στα 17.977 πόδια (=5.479,39 m), περίπου 800 πόδια (=243,84m) επάνω από τη δεξαμενή. Με την άκρη ενός τρυπανιού (drill bit) ανοίχτηκε οπή μέσα στο υπάρχον κενό (annulus) ανάμεσα στο εξωτερικό περίβλημα της γεώτρησης (casing) και την οπή (borehole). Μετά τις δοκιμές αποδείχθηκε ότι στο σημείο παρέμβασης δεν υπήρχε άλλο πετρέλαιο ή αέριο και επομένως οι μηχανικοί προσθέσανε τσιμέντο μέσα στο κενό (annulus).

Σφράγιση (sealing it shut): το τσιμέντο δημιούργησε την τελική στεγανοποίηση με αποτέλεσμα να μην εξέρχεται πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.



Εικόνα 4.21. Επιβεβαίωση τελικού συστήματος [35].

Συγκεντρωτικά, οι εργασίες διακοπής της διαρροής και σφραγίσματος του φρέατος έγιναν με την ακόλουθη χρονική σειρά:

- Μετά από πολλές προσπάθειες ενεργοποίησης διαφόρων μηχανισμών, τα τηλεμετακινούμενα οχήματα ROV κατορθώνουν να κόψουν τις βελόνες

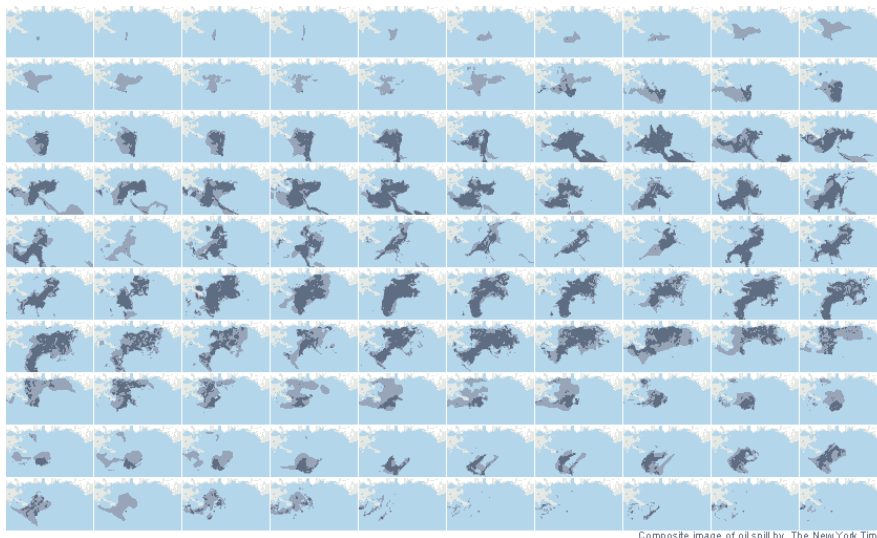
αυτόματης διάτμησης με αποτέλεσμα να κλείσουν τα blind shear rams αλλά λόγω λυγισμένου αγωγού, δεν έγινε διακοπή της διαρροής.

- Στη συνέχεια ξεκινά η γεώτρηση των δύο γεωτρήσεων ανακούφισης.
- Σε αυτό το χρονικό σημείο, η πλατφόρμα βυθίζεται.
- Γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν δύο σημεία διαρροής. Το πρώτο στο σπασμένο riser ακριβώς πάνω από την κορυφή του BOP και το δεύτερο, από την drill pipe που διερχόταν έξω από το σπασμένο riser, πάνω στον πυθμένα.
- Τοποθετείται το δοχείο περισυλλογής αλλά η μη αναμενόμενη γρήγορη εμφάνιση hydrate crystals, δεν επιτρέπει καν την τοποθέτηση του δοχείου στον πυθμένα.
- Τοποθέτηση του RITT στην άκρη του σπασμένου riser και μεταφέρονται κάποιες ποσότητες πετρελαίου σε σκάφος στην επιφάνεια της θάλασσας. Οι ποσότητες είναι αμελητέες συγκριτικά με τα βαρέλια που εκρέουν καθημερινά.
- Ξεκινούν οι διαδικασίες του Top Kill, κατά την οποία, αντλείται βαριά λάσπη μέσω αγωγών του BOP, με μεγάλη ροή και πίεση, ώστε να συμπίεσει τους υδρογονάνθρακες πίσω στο reservoir. Η υποεκτίμηση της υψηλής ροής της ανοδικής πορείας των υδρογονανθράκων οδήγησε σε τρεις αποτυχημένες προσπάθειες.
- Οχήματα ROV κόβουν το riser που ήταν ακόμα ενωμένο ακόμη μερικώς με το BOP. Χρησιμοποιήθηκαν υδραυλικά ψαλίδια και πριόνι με διαμαντένια άκρη για να κοπεί το υλικό. Στη συνέχεια γίνεται η τοποθέτηση του Top Hat πάνω από το BOP και γίνονται αμέσως ενέσεις μεθανόλης ώστε να μην δημιουργηθούν κρύσταλλοι όπως στην περίπτωση του δοχείου περισυλλογής. Το διερχόμενο πετρέλαιο οδηγείται με αγωγό σε σκάφος περισυλλογής στην επιφάνεια της θάλασσας.
- Αποφασίζεται αφαίρεση του Top Hat και αντικατάστασή του με το Capping stack, ένα σύστημα που μοιάζει με μικρό BOP και περιέχει τρία έμβολα διάτμησης για να κλείσουν και να ανακόψουν τη ροή.
- Τοποθετείται το capping stack και μετά από 87 μέρες συνεχούς διαρροής, η ροή σταματά. Το πηγάδι σφραγίστηκε και έπρεπε πλέον να στραγγαλιστεί άμεσα, αφού οι εσωτερικές πιέσεις ήταν αυξητικές, πριν προλάβουν να ολοκληρωθούν οι ανακουφιστικές γεωτρήσεις.
- Ξεκινά το static kill, μία διαδικασία που είναι όμοια με το top kill, με τη διαφορά ότι τώρα οι υδρογονάνθρακες δεν βρίσκονται σε κίνηση και είναι στατικοί.

Ρίπτεται λάσπη μέσα στο φρέαρ ώστε να υποχωρήσουν οι υδρογονάνθρακες πίσω στο ρεζερβουάρ και στη συνέχεια, ρίπτεται τσιμέντο. Επομένως, στις 19 Σεπτεμβρίου 2010 και μετά από 152 μέρες από την έκρηξη, το φέαρ έγινε μόνιμα 'killed'.

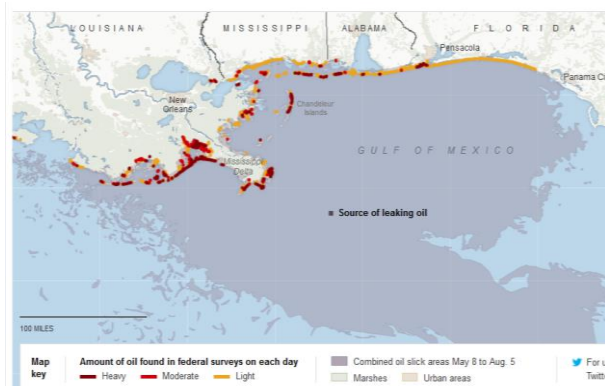
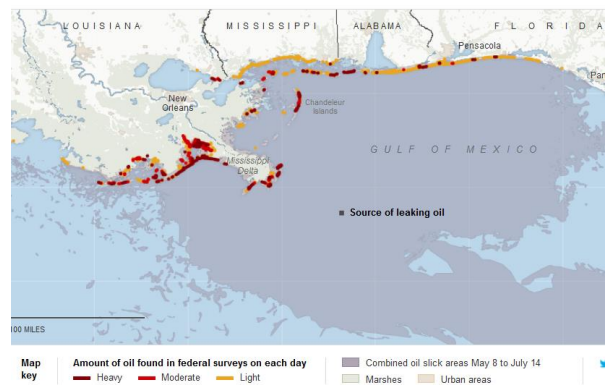
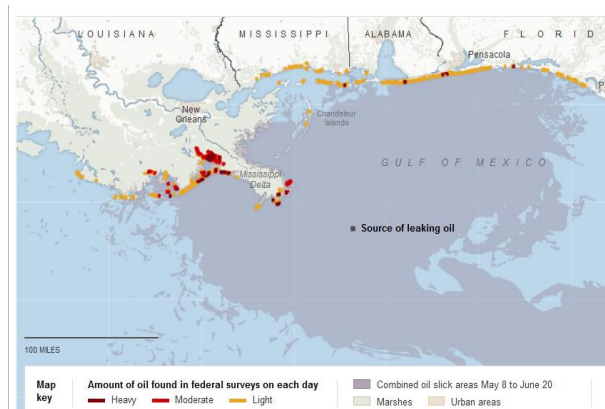
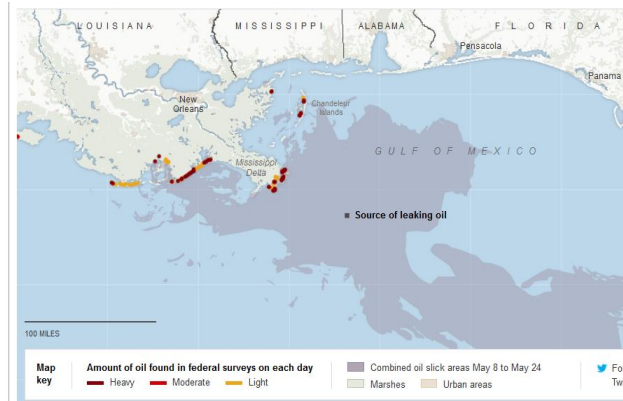
5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αντιμετώπιση του ατυχήματος

Ο χάρτης στην Εικ. 5.1 δείχνει την ποσότητα και τον τρόπο εξάπλωσης του πετρελαίου στις ακτές, όπως αναφέρονταν κάθε μέρα από την ομοσπονδιακή κυβέρνηση με βάση τις πληροφορίες από έρευνα στον αέρα και στο έδαφος. Η ποσότητα του πετρελαίου όπως φαίνεται με βάση τις ημερομηνίες της Εικ.4.2, άλλαζε συχνά από μέρα σε μέρα σε τμήματα της ακτογραμμής, λόγω πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των πρόσφατων επισκέψεων από ομάδες καθαρισμού ή παλίρροιες που 'ξέβραζαν' καινούργια ποσότητα πετρελαίου.



Εικόνα 5.1. Τρόπος εξάπλωσης πετρελαίου από το σημείο διαρροής από τις 22 Απριλίου μέχρι τις 2 Αυγούστου.

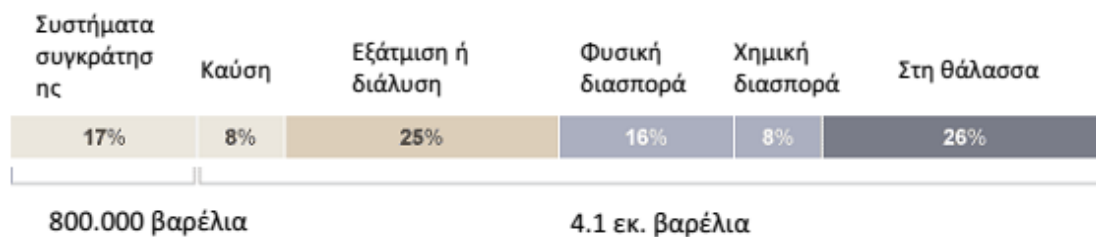
Κατά τον πρώτο μήνα του ατυχήματος το πετρέλαιο παρέμεινε ως επί το πλείστον στον κόλπο. Αλλά την τελευταία εβδομάδα του Μαΐου, τα ρεύματα του πετρελαίου μεταφέρθηκαν σε υγρότοπους στις παραλίες της Λουιζιάνα. Τον Ιούνιο, άρχισαν να εντοπίζονται πιο συχνά μεγάλες ποσότητες πετρελαίου στα κράτη προς τα ανατολικά. Οι έρευνες στην περιοχή της Λουιζιάνα τέθηκαν για πρώτη φορά στις 24 Μαΐου και στις 12 Ιουνίου ξεκίνησαν για τις περιοχές του Μισισιπή, Αλαμπάμα και Φλόριντα, αλλά τα στοιχεία της έρευνας δεν ήταν διαθέσιμα από την αρχή των ερευνών.



Εικόνα 5.2. Ποσότητα και περιοχές εξάπλωσης του πετρελαίου στις: 24 Μαΐου (α), 20 Ιουνίου (β), 14 Ιουλίου (γ) και 5 Αυγούστου (δ).

Η «κατ'εκτίμηση έκταση» της πετρελαιοκηλίδας ήταν μια εκτίμηση από την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας η οποία έγινε με βάση τις τρέχουσες προγνώσεις ανέμου και κίνησης των νερών των ωκεανών, καθώς και ανάλυση αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων. Η έρευνα παρουσιάζει περιοχές όπου το πετρέλαιο ήταν ορατό στην επιφάνεια του νερού κατά τη διάρκεια λήψης των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών Εικόνων του Κόλπου.

Σε ορισμένες μέρες στις εκτάσεις υπό έρευνα λόγω των κακών καιρικών συνθηκών δεν υπήρχε ορατότητα και δεν ήταν διαθέσιμες οι μετρήσεις κάθε μέρα. Οι εκτάσεις των περιοχών όπως φαίνεται στην Εικ. 5.1 διαφέρουν σημαντικά από μέρα σε μέρα, λόγω των αλλαγών στη μορφή του ανέμου και στα ωκεάνια ρεύματα. Γενικότερα από το πετρέλαιο το οποίο διασπάρθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό 26% παρέμεινε στη θάλασσα και μεγάλο ποσοστό εναποτέθηκε στις ακτές. Ίδιο περίπου ποσοστό 25%, εξατμίστηκε ή διαλύθηκε, ενώ 17 και 16% συγκρατήθηκε από συστήματα και διασπάρθηκε φυσικά, αντίστοιχα. Τέλος το 8% απομακρύνθηκε με καύση και άλλο 8% με χημική διασπορά.



Εικόνα 5.3. Τρόπος διασποράς του πετρελαίου μέχρι 1^η Αυγούστου, 103 μέρες μετά το ατύχημα.

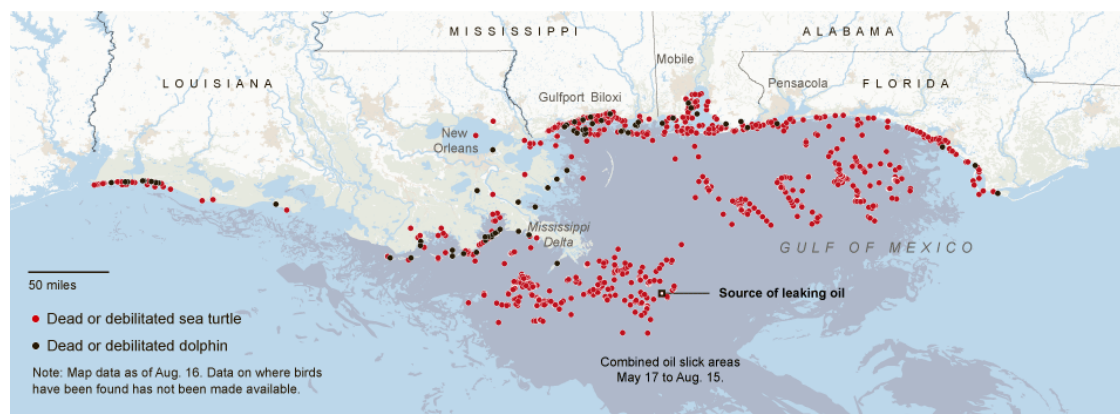
Η επιτροπή ανέφερε ότι περίπου 4,9 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου εξήχθησαν, με περίπου 800.000 βαρέλια ή 17 %, περιορίστηκαν από τις προσπάθειες περιορισμού της BP. Από τα υπόλοιπα, 4,1 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου κυκλοφόρησαν μέσα στα νερά του κόλπου, περισσότερα από τα μισά κήηκαν, ή είχαν ήδη εξατμιστεί ή διασκορπίστηκαν από τις αρχές του Αυγούστου. Αυτό σημαίνει ότι περίπου 1,3 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου ήταν ακόμη στην ξηρά, όπως σε μπάλες από πίσσα, θάφτηκαν κάτω από την άμμο ή επέπλευσαν στην επιφάνεια του ωκεανού ως μια ελαφριά γυαλάδα.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά τις ενέργειες της φύσης όταν ξεκινά μία διαρροή, μία πολυδιάστατη διαδικασία που ονομάζεται weathering, κάποιες βοηθούν στην αντιμετώπισή της και άλλες τη δυσχεραίνουν. Οι φυσικοί αυτοί μηχανισμοί αποτελούνται από μηχανικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες. Αρχικά, ξεκινάει η εξάπλωση της κηλίδας. Μόλις υπάρξει απελευθέρωση πετρελαίου στη θάλασσα, ξεκινά η δημιουργία μίας ενιαίας κηλίδας ομοιόμορφου πάχους, η οποία εξαπλώνεται οριζόντια. Τα μεγάλα ρεύματα, το ιξώδες και το ελαφρύ βάρος του ελαίου της κηλίδας, τα υψηλά μποφόρ και οι θερμοκρασία της περιοχής, οδήγησαν δυστυχώς την κηλίδα στις ακτές. Στη συνέχεια, εκτελείται η εξάτμιση, όπου οι υψηλές θερμοκρασίες βοηθούν τη διαδικασία. Τα συστατικά του ελαίου με ελαφρύ και μέσο βάρος, περνούν από την υγρή στην αέρια κατάσταση στην ατμόσφαιρα. Επομένως, παρότι ο όγκος της κηλίδας μειώνεται, η διαδικασία της εξάτμισης αλλάζει τη σύσταση του εναπομείνοντος πετρελαίου και αυτό που απομένει έχει υψηλότερο ειδικό βάρος και είναι πιο παχύρρευστο, κάτι που συνεισφέρει στη δημιουργία tar balls. Η φυσική διάσπαση, στη συνέχεια, είναι η δημιουργία μικρών σταγονιδίων πετρελαίου που ενσωματώνονται στο σώμα του νερού. Τα κύματα διασπών με μηχανικό τρόπο την κηλίδα σε μικρά σωματίδια και, ενώ οι μεγάλες σταγόνες μένουν στην επιφάνεια, οι πιο μικρές διασπείρονται όλο και πιο βαθιά στο νερό. Η γαλακτωματοποίηση είναι μία διαδικασία που δυσχεραίνει πολύ την αντιμετώπιση της κηλίδας, καθώς δημιουργείται ένα προϊόν που αντιστέκεται στις άλλες θετικές διαδικασίες του weathering. Μέσω της τυρβώδους ροής του νερού δημιουργείται γαλάκτωμα νερού σε λάδι, ένα παχύρρευστο και κολλώδες υλικό που διασπάται πολύ δύσκολα. Η φωτο-οξειδωση είναι η φωτοχημική αντίδραση παρουσία οξυγόνου κατά την οποία παράγονται υδατοδιαλυτά και τοξικά υποπροϊόντα. Ειδικά στην περιοχή του κόλπου, η έντονη παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας δίνει ταχύτητα στην αντίδραση αυτή. Τα τοξικά αυτά υποπροϊόντα διασπείρονται σε αέρα και νερό. Στη συνέχεια, συμβαίνει καθίζηση και η προσάραξη στις ακτές καθώς το έλαιο έχει την τάση (εδικά τα πιο βαρέα, κολλώδη συστατικά) να προσκολλάται πάνω σε υλικά (βράχοι, βακτήρια, μίγματα οργανικής ύλης, πυθμένας). Ειδικά όταν ξεβράζεται στην ακτή και κολλάει σε οργανική και ανόργανη ύλη, με αποτέλεσμα να θάβεται βαθιά και η αφαίρεσή του γίνεται τρομερά δύσκολη. Τέλος, η βιοδιάσπαση είναι η διαδικασία κατά την οποία μύκητες και βακτήρια καταναλώνουν υδρογονάνθρακες ως τροφή και, παρουσία ανόργανων υλικών και οξυγόνου, ο μεταβολισμός τους παράγει διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Όσον αφορά το αγνοούμενο 26% του πετρελαίου της διαρροής, η πιο υποστηριζόμενη θεωρία

της επιστημονικής κοινότητας είναι η κατάληξή του στον τυθμένα με τη μορφή marine snow, σε μία διαδικασία που μοιάζει με βροχή νιφάδων στον βυθό, τη λεγόμενη dirty blizzard.

5.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ατυχήματος στην πανίδα της περιοχής

Από τις 16 Αυγούστου, πάνω από 7.000 πτηνά, θαλάσσιες χελώνες και δελφίνια βρέθηκαν νεκρά ή εξασθενημένα στον κόλπο, από τότε που ξεκίνησε η εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας. Η πλειοψηφία δεν ήταν ορατά «λαδωμένη» και οι ερευνητές δεν έχουν ακόμη προσδιορίσει γιατί πέθαναν. Οι επιστήμονες ωστόσο επιβεβαίωσαν ότι από τον Αύγουστο πέθαναν πολλά περισσότερα ζώα από ό, τι για την ίδια χρονική περίοδο κατά τα προηγούμενα έτη.



Εικόνα 5.4. Χάρτης με τα σημεία εξεύρεσης των νεκρών θαλάσσιων χελωνών και δελφινιών, όπως καταγράφηκε στις 16 Αυγούστου.

Επίσημα έχει βρεθεί διπλάσιος αριθμός θαλάσσιων χελωνών από ότι συνήθως βρίσκεται αυτή την εποχή του έτους (Πίνακας 5.1). Η πλειοψηφία ήταν ένα είδος που ονομάζεται Ridley Kemp, ένα από τα τέσσερα είδη που απειλούνται με εξαφάνιση στον κόλπο, και από τα μικρότερα και πιο σπάνια είδη θαλάσσιων χελωνών. Όπως προαναφέρθηκε οι περισσότερες δεν είχαν εμφανή σημάδια πετρελαίου επάνω τους, και πιθανόν ο αυξημένος αριθμός θανάτων σύμφωνα με κάποιους να οφείλεται στη μη χρήση συσκευών, κυρίως από γαριδόστρατες, που εμποδίζουν τις χελώνες από το να παγιδευτούν στα δίκτυα ψαράδων.

Πίνακας 5.1. Επίδραση του πετρελαίου στις θαλάσσιες χελώνες [36].

	Ζωντανές	Νεκρές	Συνολικά
Ορατό πετρέλαιο	444	17	461
Μη ορατό πετρέλαιο	63	510	573

Τα περισσότερα δελφίνια βρέθηκαν νεκρά ή εξασθενημένα από την έναρξη της διαρροής και συνήθως δε βρίσκονται αυτή την εποχή του έτους (Πίνακας 5.2). Σε προηγούμενες περιπτώσεις διαρροών, όχι τόσο μεγάλων παρατηρήθηκε ότι τα δελφίνια κολυμπούσαν ακόμα και σε νερά με πετρέλαιο. Όπως οι φάλαινες και οι θαλάσσιες χελώνες, τα δελφίνια για να αναπνεύσουν αέρα ανεβαίνουν στην επιφάνεια και οι επιστήμονες πιστεύουν ότι τα δελφίνια πολύ πιθανόν να εισέπνευσαν τοξικές χημικές ουσίες από το πετρέλαιο. Η πλειοψηφία αυτών που βρέθηκαν ήταν ρινοδέλφια, τα πιο γνωστά είδη που ζουν και σε ζωολογικούς κήπους.

Πίνακας 5.2. Επίδραση του πετρελαίου στα δελφίνια [36].

	Ζωντανά	Νεκρά	Συνολικά
Ορατό πετρέλαιο	1	5	6
Μη ορατό πετρέλαιο	4	67	71

Τα περισσότερα από τα πτηνά που ανακτήθηκαν ήταν καφέ πελεκάνοι, το πτηνό της Λουϊζιάνας, το οποίο μάλιστα είχε πρόσφατα απομακρυνθεί από τη λίστα από τα απειλούμενα υπό εξαφάνιση είδη. Σύμφωνα με τους βιολόγους τα πουλιά βούτηξαν στο πετρέλαιο επειδή κάνει το νερό να φαίνεται πιο ήρεμο. Ενώ οι πελεκάνοι είναι μεγάλοι σε μέγεθος και βρέθηκαν, πολλά μικρότερα πουλιά που υπέστησαν βλάβη από το πετρέλαιο δεν μπόρεσαν ποτέ να βρεθούν. Στον Πίνακα 5.3 δίνεται ο αριθμός των πουλιών που βρέθηκαν. Χαρακτηριστικό είναι ότι αυτά που δεν είχαν εμφανείς κηλίδες πετρελαίου επάνω τους να είναι όλα νεκρά.

Πίνακας 5.3. Επίδραση του πετρελαίου στα πτηνά [36].

	Ζωντανά	Νεκρά	Συνολικά
Ορατό πετρέλαιο	1.924	1.886	3.810
Μη ορατό πετρέλαιο	0	2.333	2.333

Στις ακόλουθες παραγράφους αναλύεται πιο λεπτομερώς η διασπορά του πετρελαίου και η επίδραση του στο θαλάσσιο περιβάλλον.

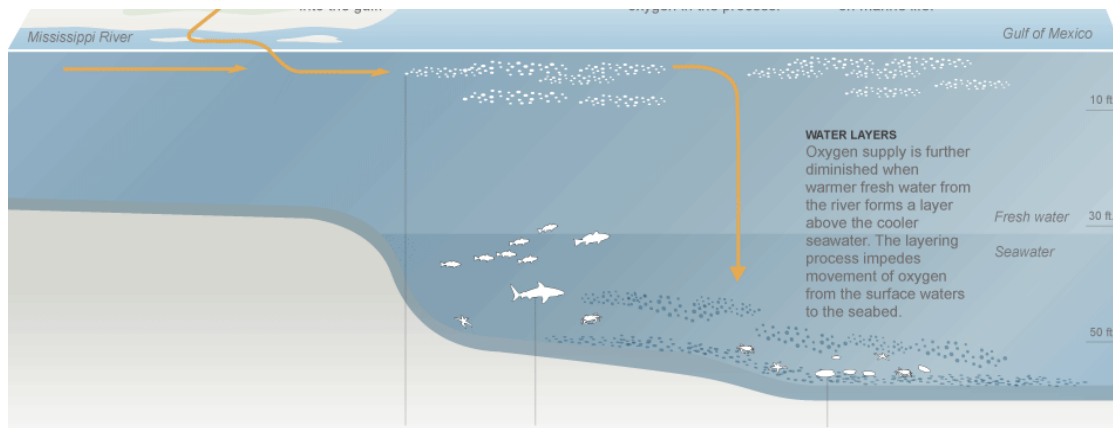
5.1.1 Ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της πετρελαιοκηλίδας

Τεράστια ποσά λιπασμάτων, απορροής όμβριων νερών και επεξεργασμένων λυμάτων καταλήγουν στον Κόλπο του Μεξικού, δημιουργώντας μια περιοχή με πολύ χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, η οποία ονομάζεται η υποξική ζώνη. Η χρήση του αζώτου κυρίως σε λιπάσματα είναι μια πολύ σημαντική αιτία. Το πρόβλημα, που διήρκεσε για δεκαετίες, είναι ένα παράδειγμα πώς ο κόλπος είχε υποστεί τεράστια περιβαλλοντική ζημία σε μεγάλο βαθμό λόγω της άνισης εφαρμογής των νόμων της ρύπανσης από τα κράτη πολύ πριν από την πρόσφατη διαρροή πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα η απορροή λυμάτων από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων σε μεγάλες πόλεις όπως το Σικάγο επιβαρύνουν πιο πολύ το πρόβλημα με την αποβολή όχι μόνο αζώτου, αλλά και φωσφόρου [36].



Εικόνα 5.5. Περιοχές αποβολής αζώτου στον Κόλπο του Μεξικού μέσω των ποταμών Μισισσιπή και Ατσαφαλάγια [36].

Πάνω από 1.5 εκ. τόνοι αζώτου απορρέουν στον Κόλπο του Μεξικού κάθε χρόνο, με αποτέλεσμα να έχει δημιουργηθεί η δεύτερη μεγαλύτερη στον κόσμο υποξική ζώνη. Η μεγαλύτερη μάζα του αζώτου προέρχεται από τις αγροτικές καλλιέργειες στο Ιλινόις, Οχάιο και Ιντιάνα. Στην Εικ. 5.6 περιγράφεται το φαινόμενο δημιουργίας της υποξικής ζώνης [36].



Εικόνα 5.6. Τρόπος δημιουργίας υποξικής ζώνης [37].

Αρχικά το άζωτο μαζί με το φώσφορο και φρέσκο νερό απορρίπτονται στα ποτάμια τα οποία εκρέουν στον Κόλπο του Μεξικού. Ως αποτέλεσμα διεγείρεται η αύξηση του φυτοπλαγκτόν (υπερτροφία) και άλλων ειδών βλάστησης. Στη συνέχεια καθώς το φυτοπλαγκτόν αποσυντίθεται με τη βοήθεια βακτηρίων, απαιτείται όλο και περισσότερο οξυγόνο από τα βακτήρια κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Επομένως όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του φυτοπλαγκτόν, τόσο περισσότερο είναι και το οξυγόνο που απαιτείται. Ως αποτέλεσμα το οξυγόνο να μειώνεται δραματικά και να εκλείπει από την πανίδα [37].

Στην Εικ.5.6 το φυτοπλαγκτόν αναπαρίσταται με άσπρες κουκίδες στην επιφάνεια της θάλασσας. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα μικροσκοπικά μονοκύτταρα φυτά είναι η βάση για την τροφική αλυσίδα και εμφανίζονται στην επιφάνεια της θάλασσας γιατί χρειάζονται ηλιακό φώς για να επιβιώσουν [37].

Τα ψάρια επιβιώνουν στις υποξικές ζώνες κολυμπώντας σε περιοχές με περισσότερο οξυγόνο. Αυτό βέβαια έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι τόσο προσβάσιμα τα ψάρια και να μειώνεται η ποσότητα που είναι διαθέσιμη προς κατανάλωση από τον άνθρωπο. Ωστόσο υπάρχουν και είδη ψαριών τα οποία δεν κινούνται με αποτέλεσμα να πεθάνουν λόγω έλλειψης οξυγόνου. Τέλος, η παροχή οξυγόνου μειώνεται σημαντικά όταν φρέσκο ζεστό νερό από το ποτάμι σχηματίζει στρώμα επάνω από το κρύο στρώμα της θάλασσας. Το στρώμα του ζεστού νερού εμποδίζει την κίνηση του οξυγόνου από την επιφάνεια του νερού σε βαθύτερα στρώματα της θάλασσας [37].



Εικόνα 5.7. Σημείο διαρροής ως προς το βάθος επιβίωσης ψαριών [36].

Στην Εικ.5.7 αντικατοπτρίζεται το σημείο διαρροής σε σύγκριση με το βάθος στο οποίο εμφανίζονται διάφορα είδη ψαριών. Από την αρχή της διαρροής έγιναν σημαντικές προσπάθειες για να κρατηθούν τα πουλιά, τα θηλαστικά και άλλα είδη που συναντώνται στην ακτογραμμή μακριά από την πετρελαιοκηλίδα. Ωστόσο ορισμένοι θαλάσσιοι βιολόγοι ανησυχούν για τις επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας και της χρήσης χημικών μέσων διασποράς στην υποβρύχια ζωή. Ορισμένα χημικά μέσα διασποράς τείνουν να είναι σημαντικά τοξικά [36].

Από πάνω, από τον αέρα μέχρι το βυθό επηρεάστηκαν σημαντικά είδη της θαλάσσιας ζωής. Όπως προαναφέρθηκε ο καφέ πελεκάνους και άλλα θαλασσοπούλια βουτούσαν συχνά μέσα στο πετρέλαιο, επειδή η κηλίδα κάνει το νερό να φαίνονται πιο

ήρεμο. Αν τα πτηνά είναι επικαλυμμένα με πετρέλαιο, δεν είναι σε θέση να ρυθμίζουν τις θερμοκρασίες τους και οδηγούνται σε υπερθερμία. Στη συνέχεια το πλαγκτόν στην επιφάνεια της θάλασσας, το οποίο αποτελείται από μικρούς ακίνητους οργανισμούς, μπορεί να σκοτωθεί από τα χημικά διασποράς του πετρελαίου [36].

Επιπλέον και τα τέσσερα είδη θαλάσσιων χελωνών στον κόλπο απειλούνται ή είναι υπό εξαφάνιση. Μερικά έχουν ήδη ξεβραστεί στη στεριά με αποτέλεσμα ο μικρός αριθμός τους να καθιστά πιο δύσκολο την 'ανοικοδόμηση' του πληθυσμού. Τα δελφίνια με τη σειρά τους που βγαίνουν στην επιφάνεια αντιμετώπισαν άμεσο κίνδυνο καθώς πλησίαζαν τις βάρκες που προσπαθούσαν να σκορπίσουν τα χημικά διασποράς με αποτέλεσμα να επηρεαστούν από την τοξικότητα των χημικών [36].

Οι γαρίδες και άλλα οστρακοειδή είναι πιο ευάλωτα στο πετρέλαιο και στα χημικά διασποράς επειδή παραμένουν στάσιμα, ωστόσο ελάχιστα είδη πληθυσμών μπορεί να είναι κινητά. Οι προνύμφες ψαριών βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο και ο ερυθρός τόνος προκάλεσε ιδιαίτερη ανησυχία. Ο Κόλπος του Μεξικού είναι ένα από τα δύο φυτώρια στον κόσμο για τον τόνο. Τέλος, οι φάλαινες φυσητήρες οι οποίες περνούν το μεγαλύτερο διάστημα στην κατάδυση για την εξεύρεση θηράματος, μπορεί να βρεθούν μέσα σε υπολείμματα πετρελαίου που βρίσκονται στην επιφάνεια, καθώς εξέρχονται για να αναπνεύσουν [36].

6 Νομοθεσία στην περίπτωση πετρελαιοκηλίδας στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής

Η έκρηξη της εξέδρας Macondo της BP στον Κόλπο του Μεξικού στις 20 Απριλίου του 2010, ήταν η πρώτη μεγάλη δοκιμασία του εθνικού περιορισμού της πετρελαιοκηλίδας και των συστημάτων και νόμων ανταπόκρισης που είχαν τεθεί σε εφαρμογή από τη ρύπανση πετρελαίου το 1990 [38]. Με βάση όσων καταγράφηκαν από την έκρηξη βγαίνει το συμπέρασμα ότι υπάρχει έλλειψη συνειδητοποίησης της πράξης ή του μηχανισμού που πρέπει να τεθεί σε εφαρμογή για να ανταποκριθεί στις μεγάλες πετρελαιοκηλίδες. Έτσι πολλά είναι τα ερωτήματα τα οποία τέθηκαν σχετικά με τη νομοθεσία και τους κανονισμούς ύστερα από το ατύχημα του 2010 [39].

Η έκρηξη της British Petroleum (BP) στα βαθιά νερά του Κόλπου του Μεξικού ήταν η μεγαλύτερη τυχαία διαρροή πετρελαίου στον κόσμο, μεγαλύτερη και από την Ιχτος έκρηξη στα ανοικτά των ακτών του Μεξικού και την πετρελαιοκηλίδα του Exxon Valdez στην Αλάσκα. Έντεκα μέλη του πληρώματος της Deepwater Horizon σκοτώθηκαν, άλλοι τραυματίστηκαν, τα μέσα βιοπορισμού χιλιάδων ψαράδων εξαφανίστηκαν, αμέτρητα θαλάσσια ζώα και οργανισμοί καταστράφηκαν και οι παραλίες στη Λουιζιάνα, Μισισσιπή, Αλαμπάμα και Φλόριντα έχουν ρυπανθεί με πετρέλαιο [40].

Από τη στιγμή του ατυχήματος κατατέθηκαν εκατοντάδες αγωγές, υπήρξαν ακροάσεις ενώπιον κοινού έρευνας, πάνελ του Λιμενικού Σώματος και του Υπουργείου Εσωτερικών, υπήρξε έρευνα από μια επιτροπή που διορίστηκε από τον Πρόεδρο Ομπάμα και εκτεταμένες ακροάσεις του Κογκρέσου.

Η εκτίμηση των ζημιών των πόρων είχε αρχίσει από την πρώτη στιγμή της διαρροής αλλά θα επέλθει σημαντικός χρόνος για να ολοκληρωθεί. Κάποια 185 εκατομμύρια γαλόνια (4,4 εκατομμύρια βαρέλια) αργού πετρελαίου συγκεντρώθηκαν, ενώ οι προσπάθειες καθαρισμού και φυσικές διεργασίες όπως θα συζητηθεί στα επόμενα κεφάλαια φαίνεται να έχουν αφαιρεθεί μεγάλο μέρος του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού με τις συνέπειες ωστόσο για τον Κόλπο του Μεξικού να μπορεί να διαρκέσουν για δεκαετίες [40].

Οι ερωτήσεις που προέκυψαν ήταν πολλές, μεταξύ αυτών ερωτήσεις σχετικά με το ποιος ήταν υπεύθυνος που καθυστερούν οι προσπάθειες αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τη χαλαρή αντιμετώπιση της ομοσπονδιακής εποπτείας, την

υπαιτιότητα των εταιρειών που συμμετείχαν, τον αντίκτυπο του πετρελαίου στο οικοσύστημα, τη χρήση των μέσων διασποράς, και την ικανότητα του περιβάλλοντος να ανακάμψει. Όλα αυτά τα ερωτήματα σχετίζονται με την εφαρμογή της κατάλληλης νομοθεσίας για την αντιμετώπιση υπεράκτιων πετρελαιοκηλίδων.

Με βάση λοιπόν το τρέχον κανονιστικό πλαίσιο, δηλαδή του 2010, για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου σε μεγάλο βαθμό αντικατοπτρίζονται οι αντιδράσεις και μέθοδοι αντιμετώπισης για προηγούμενες καταστροφές από πετρελαιοκηλίδα [40].

Με βάση μια σύντομη ιστορική αναδρομή, η πετρελαιοκηλίδα του Exxon Valdez το Μάρτιο του 1989 οδήγησε στην ψήφιση του νόμου για την πετρελαϊκή ρύπανση του 1990 (Oil Pollution Act 90, OPA90). Η OPA90 βελτιώνει το τμήμα 311 του νόμου για καθαρή θάλασσα, 33 Κώδ §1321, ο οποίος εκδόθηκε μετά την 1969 από την έκρηξη Santa Barbara. Η Πράξη σχετικά με την ασφάλεια του λιμανιού και μεταφοράς πετρελαίου του 1978, η οποία επίσης βελτίωνε το τμήμα 311, ήταν μια αντίδραση στο πετρελαιοφόρο Argo όπου ήταν υπεύθυνο για την πετρελαιοκηλίδα του 1976 [41].

Έτσι η OPA90 θεωρείται το επίτευγμα από δεκαπέντε χρόνια νομοθετικής προσπάθειας έτσι ώστε να «εδραιώσει και να εξορθολογήσει την ανταπόκριση μηχανισμών ελέγχου διαρροών πετρελαίου στο πλαίσιο των διάφορων ομοσπονδιακών νόμων ". Η OPA90 θεωρείται αντίδραση στην Exxon Valdez [41].

Η OPA 90 παρέχει ένα ολοκληρωμένο νομικό πλαίσιο με βάση το οποίο θεσπίζει ως ομοσπονδιακή διαχείριση τον έλεγχο των πετρελαιοκηλίδων και τους ομοσπονδιακούς ελέγχους για τον περιορισμό, την αφαίρεση, την ανάκτηση και τον καθαρισμό σε περίπτωση ατυχήματος. Κατέχει τον καθένα "Υπεύθυνο" για το κόστος περιορισμού, καθαρισμού και για οποιεσδήποτε ζημιές προκύψουν ως αποτέλεσμα της διαρροής [41].

Επίσης δημιουργεί ένα ενιαίο ταμείο που ονομάζεται Oil Spill Liability Trust Fund έτσι ώστε σε περίπτωση μεγάλης καταστροφής να μπορεί να διαθέσει μέχρι \$ 1 δις. Ταυτόχρονα επιβάλλει στις αρχές πιο αυστηρές κυρώσεις για την πρόληψη αντιμέτρων κατά της πετρελαιοκηλίδας και για την ανάπτυξη μη κατάλληλων μηχανισμών αντίδρασης [41].

Πριν από την OPA90, δεν ήταν σαφές ποιος από τους διάφορους ομοσπονδιακούς, πολιτειακούς, τοπικούς αξιωματούχους ή και ιδιώτες είχαν την κύρια ευθύνη για την ανταπόκριση στην περίπτωση ατυχήματος και της πρόκλησης μιας μεγάλης πετρελαιοκηλίδας. Για να αποσαφηνιστεί αυτό, το τμήμα 4201 της OPA90 με σαφήνεια

απαιτεί η ομοσπονδιακή κυβέρνηση να πάρει τον έλεγχο αμέσως ώστε να διασφαλίζεται ότι ο περιορισμός, αφαίρεση της πετρελαιοκηλίδας και τα μέτρα αποκατάστασης αναλαμβάνονται έγκαιρα και λαμβάνουν χώρα εύρυθμα [41].

6.1 Νομοθετική αντιμετώπιση του ατυχήματος στον Κόλπο του Μεξικού

Η Ομοσπονδιακή ευθύνη σχετίζεται και με τα υπεράκτια συμβάντα, όπως η έκρηξη της BP. Ως εξουσιοδοτημένη ομοσπονδιακή υπηρεσία, το Λιμενικό Σώμα όφειλε να αναλάβει τον έλεγχο των ενεργειών για τον περιορισμό της διαρροής και να ορίσει το μέρος ή μέρη που είναι υπεύθυνα για την πετρελαιοκηλίδα και συνεπώς το μέρος ή μέρη που ευθύνονται για την απομάκρυνση και τον καθαρισμό του περιβάλλοντος [42].

Το Λιμενικό Σώμα ανέλαβε εποπτικό έλεγχο της ανταπόκρισης στη διαρροή στην αρχή, αλλά το γεγονός ότι το Λιμενικό Σώμα ήταν υπεύθυνο δεν ήταν αυτό το οποίο ουσιαστικά αντιλήφθηκαν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Η σύγχυση σχετίζεται εν μέρει με το γεγονός ότι η BP ήταν ο κύριος «υπεύθυνος» σύμφωνα με την OPA 90, και με την ιδιότητα αυτή από κοινού είχαν την ευθύνη για τον έλεγχο της διαρροής [42].

Ο "υπεύθυνος" για μια υπεράκτια εγκατάσταση περιλαμβάνει το μισθωτή ή κάτοχο της άδειας της περιοχής στην οποία βρίσκεται η εγκατάσταση. Η BP είχε μερίδιο ευθύνης από την αρχή το οποίο ήταν σαφές με βάση την OPA90 και πλέον το έχει αποδεχτεί και η ίδια η BP. Επιπλέον, στις 15 Μαΐου το 2010, η Γραμματέας Napolitano και η Γραμματέας Salazar απέστειλαν επιστολή στο Γενικό Διευθυντή της BP, Tony Hayward, επαναλαμβάνοντας ότι η BP έχει μερίδιο ευθύνης και είναι υπόλογη για την εκκαθάριση της διαρροής και της όλης οικονομικής ζημίας που προκλήθηκε από τη διαρροή [42].

Σύμφωνα με την OPA90 ο υπεύθυνος οφείλει όχι μόνο να καλύψει τα έξοδα για τον καθαρισμό της περιοχής, να δεχτεί τις ανάλογες κυρώσεις και να δεχτεί τις ζημιές, αλλά καθιστά σαφές ότι με βάση εντολές του Λιμενικού Σώματος θα πρέπει να λάβει διορθωτικά μέτρα για τον περιορισμό της υπερχειλίσης και διεξαγωγής εργασιών αφαίρεσης. Ενώ το Λιμενικό Σώμα μπορεί να μην έχει δικό του εξειδικευμένο προσωπικό στις γεωτρήσεις βαθέων υδάτων, το Λιμενικό Σώμα έχει την εξουσία να υποχρεώσει τον ιδιώτη να φέρει τον κατάλληλο εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό, συμπεριλαμβανομένων των αρμόδιων και να τους αναγκάσει να εργαστούν για την αντιμετώπιση της διαρροής [42].

Σύμφωνα με την OPA90, η BP παρέμεινε στο χώρο καθ 'όλη τη διάρκεια της διαρροής, αν και το προσωπικό της έλαβε βοήθεια και από άλλο προσωπικό του Λιμενικού Σώματος ακολουθώντας τις κατευθύνσεις τους για τον έλεγχο της διαρροής [42].

Η ένταση στις σχέσεις μεταξύ της κυβέρνησης και της BP καταγράφηκε στις εκθέσεις του Προέδρου της Επιτροπής. Ο υπεύθυνος (PB) χρεώνεται από τη μία πλευρά τις ζημιές που προκλήθηκαν από την πετρελαιοκηλίδα και υπόκειται σε αστικές και ποινικές κυρώσεις και ταυτόχρονα απαιτείται να εργάζεται υπό ομοσπονδιακή κατεύθυνση για να φέρει τη διαρροή υπό έλεγχο και τη διεξαγωγή των εργασιών καθαρισμού και αποκατάστασης. Ότι ο υπεύθυνος μπορεί να έχει ταυτόχρονα ρόλο αντιπάλου αλλά και εταίρου μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στο ευρύ κοινό, αλλά είναι ένα άμεσο αποτέλεσμα αδιάρρηκτων υποχρεώσεων του που επιβάλλονται από την OPA90 [39].

Στο επίκεντρο της προσέγγισης OPA90's για τον έλεγχο της πετρελαιοκηλίδας και της άμεσης αντίδραση βρίσκεται το Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης (National Contingency Plan ,NCP). Το NCP θεσπίζει μια οργανωτική δομή με εθνικές, περιφερειακές, κρατικές και τοπικές συνιστώσες, και ενσωματώνει τις ευθύνες των δεκαέξι ομοσπονδιακών υπηρεσιών, κρατικών και τοπικών κυβερνήσεων [39].

Ο σκοπός αυτής της δομής ήταν να δημιουργήσει ένα «ενοποιημένο σύστημα εντολής» το οποίο περιλαμβάνει τα υπεύθυνα μέρη "για να υπάρξει μια αποτελεσματική και αποδοτική ανταπόκριση». Το NCP προορίζει μια εθνική ομάδα απόκρισης, εθνικές ομάδες αντιμετώπισης, ένα συντονιστής στον τόπο του ατυχήματος, μια ενιαία περιοχή διοίκησης, ένα εθνικό διοικητή περιστατικών και επιτροπές περιοχής [39].

Η Ενιαία Διοίκηση του Χώρου περιλαμβάνει έναν επιτόπιο ομοσπονδιακό συντονιστή, έναν επιτόπιο συντονιστή της κατάστασης και τον υπαίτιο του ατυχήματος. Στην περίπτωση πετρελαιοκηλίδας, ο επιτόπιος ομοσπονδιακός συντονιστής αναλαμβάνει την ενιαία διοίκηση της περιοχής για να ανταποκριθεί άμεσα και αποτελεσματικά [39].

Αν μια διαρροή οριστεί ως "εθνικής σημασίας", στη συνέχεια αναλαμβάνει ο διοικητής εθνικών περιστατικών. Οι επιτροπές της περιοχή αναπτύσσουν σχέδια έκτακτης ανάγκης οι και Εθνικές Ομάδες Αντιμετώπισης αναπτύσσουν σχέδια για μια περιφερειακή ανταπόκριση.

Μετά από μια πετρελαιοκηλίδα, η παρακάτω ακολουθία συμβάντων εμφανίζεται σύμφωνα με το NCP. Κατ 'αρχάς, αυτός που ανακαλύπτει τη διαρροή ειδοποιεί το

Εθνικό Κέντρο Αντιμετώπισης (NRC). Δεύτερον, το NRC πληροφορεί τον επιτόπιο ομοσπονδιακό συντονιστή. Τρίτον, ο ομοσπονδιακός συντονιστής ερευνά τη διαρροή τις συντεταγμένες του ατυχήματος και κατευθύνει όλες τις ενέργειες συγκράτησης και αφαίρεσης της πετρελαιοκηλίδας από το χώρο. Τέταρτον, αν ο επιτόπιος ομοσπονδιακός συντονιστής θελήσει μπορεί να κατευθύνει τις διεργασίες για τη διεξαγωγή, συγκράτηση και απομάκρυνση της πετρελαιοκηλίδας και να τις έχει υπό την εποπτεία του [26].

Στην περίπτωση του ατυχήματος της BP η αρχική απάντηση του Λιμενικού Σώματος με την έκρηξη ήταν ο χειρισμός από τους επιτόπιους συντονιστές και πιο συγκεκριμένα από τον καπετάνιο Joseph Paradis, που είχε αντιμετωπίσει ένα περιστατικό στο Houma, της Louisiana. Όταν ενεργοποιήθηκε η ενιαία εντολή ο Ναύαρχος Mary Landry έγινε ο επιτόπιος συντονιστής, και ένα δεύτερο περιστασιακό διοικητήριο άνοιξε στα γραφεία της BP στο Χιούστον του Τέξας [26].

Στις 29 Απριλίου, εννέα ημέρες μετά την έναρξη της διαρροής, το Λιμενικό Σώμα αναγνώρισε το περιστατικό ως "εθνικής σημασίας" και δημιούργησε μια εθνική διοίκηση περιστατικών (NIC) και όρισε το Ναύαρχο Thad Allen ως διοικητής. Την 1η Ιουνίου, 2010, το ένα τρίτο περιστασιακό γραφείο εντολών άνοιξε στο Mobile, της Alabama [39].

Η σύγκυση των μέσων μαζικής ενημέρωσης για το ποιος ήταν υπεύθυνος φαίνεται να αναπαράγεται σε μεγάλο βαθμό από το γεγονός ότι η BP παρέμεινε συμμετέχοντας σε όλες τις προσπάθειες απόκρισης και είχε κοινά γραφεία με την NIC. Παρ'όλα αυτά, κυβερνητικοί υπάλληλοι επιμένουν ότι το Λιμενικό Σώμα ήταν πραγματικά υπεύθυνο ανά πάσα στιγμή [39].

Στο πλαίσιο της Ενιαίας Δομής Διοίκησης, η BP είχε φορείς λήψης αποφάσεων σε πολλαπλές τοποθεσίες και τα μέλη του Λιμενικού Σώματος και των εργαζομένων της BP συνεργάστηκαν. Η BP παρείχε ελεγχόμενη πρόσβαση στην εξέδρα, που λειτουργούσαν τα τηλεχειριζόμενα οχήματα (ROVs) που απαιτούνταν για υποβρύχιες εργασίες και ήλεγχε την κυκλοφορία των σκαφών στην περιοχή πάνω από τη διαρροή [39].

Η BP επίσης είχε το προβάδισμα στις προσπάθειες περιορισμού, συμπεριλαμβανομένων των ανεπιτυχών προσπαθειών για την ενεργοποίηση του αντικρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας χρησιμοποιώντας τα συστήματα ROVs. Επειδή η εμπειρία του Λιμενικού Σώματος στις διεργασίες απορρύπανσης περιορίζεται

στην επιφάνεια του νερού, η ακτοφυλακή βασίστηκε στη BP και στους εμπειρογνώμονες οι οποίοι προσλήφθηκαν από άλλες εταιρίες [43].

Όταν οι πρώτες προσπάθειες συγκράτησης αποδείχθηκαν ανεπιτυχείς, ενεπλάκησαν και ο Αναπληρωτής Γραμματέας Εσωτερικών Ντέιβιντ Hayes, ο Υπουργός Ενέργειας Steven Chu, και επιστήμονες από τα εθνικά εργαστήρια και Γεωλογικής Επισκόπησης. Κατά τη διάρκεια ωστόσο των προσπαθειών το Λιμενικό Σώμα υποστηρίζει ότι διατήρησε τον έλεγχο [43].

Η BP παρέμεινε επιτόπου στη Macondo υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του Λιμενικού Σώματος, ως τις 15 Ιουλίου, 2010 όπου στις 19 Σεπτεμβρίου 2010 μπόρεσε και έκλεισε τη διαρροή πλήρως. Η εμπειρία της BP άσκησης της ευθύνης, υπό την εποπτεία του Λιμενικού Σώματος, οι προσπάθειες για την επίτευξη ελέγχου της διαρροής έγινε σύμφωνα με το σχέδιο ανταπόκρισης της OPA90 για περιορισμό διαρροής [43].

6.2 Η αργή αντίδραση της κυβέρνησης και η καθυστέρηση μείωσης της διαρροής

Η OPA90 είχε ως στόχο να δημιουργήσει μια ολοκληρωμένη αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου και ένα δίκτυο περιορισμού που θα ανταποκρινόταν γρήγορα και αποτελεσματικά σε οποιοδήποτε τύπο διαρροής. Η έκρηξη Macondo ήταν το πρώτο σοβαρό περιστατικό εθνικής σημασίας που δοκίμασε αυτό το δίκτυο, ωστόσο τα μέσα ενημέρωσης παραπονέθηκαν ότι η κυβέρνηση άργησε να απαντήσει.

Τα μέσα ενημέρωσης παραπονέθηκαν ότι η κυβέρνηση άργησε να απαντήσει , ωστόσο μέλη της κυβέρνησης λένε ότι υπερβάλλουν. Σύμφωνα με τα μέσα ενημέρωσης: «Αν και μερικές από τη δομή διοίκησης τέθηκαν σε εφαρμογή πολύ γρήγορα, κατά τα άλλα η κινητοποίηση των πόρων για την καταπολέμηση της διαρροής φάνηκε να υστερεί» [40].

Ο επιτόπιος συντονιστής ανταποκρίθηκε αμέσως και το Λιμενικό Σώμα ήταν στο σημείο του ατυχήματος και ανταποκρίθηκαν στην έκρηξη και στην πυρκαγιά την ημέρα του ατυχήματος. Επίσης την επόμενη μέρα, 21 Απριλίου, 2010 ο επιτόπιος ομοσπονδιακός συντονιστής ορίστηκε και ενεργοποιήθηκε μια περιφερειακή ομάδα αντιμετώπισης.

Ενώ πήρε δέκα ημέρες για να οριστεί η διαρροή "εθνικής σημασίας", από τα μέσα Μαΐου το Λιμενικό Σώμα προσπαθούσε να καταπολεμήσει τη διαρροή. Ανταποκρινόμενοι στο ατύχημα έχτισαν την οργανωτική δομή όπως έπρεπε και παρείχανε όλα τα δυνατά μέσα από όλη τη χώρα. Το περιοδικό Audubon σχολιάζοντας το έργο της διάσωσης τραυματισμένων πουλιών, το οποίο δεν επιφυλακτικό στο να αντιπαράκειται με την κυβέρνηση, ανέφερε ότι το Λιμενικό Σώμα ανταποκρίθηκε γρήγορα ως αρμόδιο όργανο και έπραξε κατάλληλα.

Μια εξήγηση για την καθυστέρηση στην κινητοποίηση ως εθνική προσπάθεια έγκειται στις ακαθάριστες υποεκτιμήσεις του μεγέθους της διαρροής στα πολύ πρώιμα στάδια της. Η BP ανέφερε αρχικά ότι η διαρροή ήταν μόλις 1.000 βαρέλια την ημέρα, και μετά αυξήθηκε στα 5.000 βαρέλια την ημέρα [44].

Οι ειδικοί από το παρατηρητήριο της Columbia Lamont-Doherty ανέφεραν ότι ήδη από τον Μάιο ήταν σε θέση χρησιμοποιώντας αξιόπιστες τεχνικές, να εκτιμήσουν ότι ο ρυθμός ροής ήταν της τάξης των 40.000 έως 60.000 βαρέλια την ημέρα, δέκα φορές μεγαλύτερη από ό, τι είχε αναφέρει η BP. Αυτό το ποσοστό καθορίζεται τελικά από την επίσημη ομοσπονδιακή εκτίμηση. Οι χαμηλές αρχικά εκτιμήσεις της BP αναμφίβολα καθυστέρησαν το Λιμενικό Σώμα για τον ορισμό της διαρροής ως εθνικής σημασίας και διοργανώνει τη μαζική ανταπόκριση που απαιτείται για μια τέτοια μεγάλη διαρροή [44].

Ο λόγος που πήρε τόσο καιρό για να σταματήσει η διαρροή ήταν ότι δεν υπήρχε η ικανότητα στην πράξη, παρά την ύπαρξη σχεδίων έκτακτης ανάγκης για αυτόν ακριβώς τον σκοπό. Το NCP απαιτεί ότι κάθε παράκτια εγκατάσταση γεώτρησης πριν από τη γεώτρηση έχει σχεδιάσει ένα πλάνο ειδικά για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου. Τέτοιο σχέδιο υποτίθεται ότι είναι το βασικό εργαλείο για τον περιορισμό τυχόν διαρροής [45]. Αλλά όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3 το σχέδιο αντιμετώπισης της BP ήταν εξολοκλήρου ανεπαρκές.

Ο κανονισμός NCP αναφέρεται σε ένα κανονισμό του Υπουργείου Εσωτερικών το οποίο θέτει λεπτομερείς απαιτήσεις για την εγκατάσταση ειδικών σχεδίων για τις υπεράκτιες γεωτρήσεις πετρελαίου. Ο κανονισμός του υπουργείου εσωτερικών με τη σειρά του απαιτεί ότι εάν λειτουργεί μια υπεράκτια εξέδρα άντλησης πετρελαίου θα πρέπει να υποβληθεί για έγκριση στη Διοικητική Υπηρεσία Ορυκτών (Mineral Management Service ένα σχέδιο για την αντιμετώπιση διαρροών και το σχέδιο ανταπόκρισης σε περίπτωση διαρροής θα πρέπει να αποδεικνύει ότι μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα και αποτελεσματικά [45].

Οι γενικές απαιτήσεις για το σχέδιο ανταπόκρισης είναι οι εξής [46]:

(α) Το σχέδιο αντιμετώπισης πρέπει να παρέχει σχέδιο ανταπόκρισης σε διαρροή πετρελαίου από την εγκατάσταση. Θα πρέπει αμέσως να εκτελούνται οι διατάξεις του σχεδίου όποτε υπάρχει απελευθέρωση του πετρελαίου από την εγκατάσταση. Θα πρέπει επίσης να πραγματοποιηθεί η εκπαίδευση του προσωπικού, η δοκιμή του εξοπλισμού, καθώς και περιοδικές ασκήσεις που περιγράφονται στο σχέδιο. Τα μέτρα αυτά πρέπει να είναι επαρκή για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των εγκαταστάσεων και να περιοριστεί ή να γίνει αποτροπή της απόρριψης πετρελαίου στη θάλασσα ή σε μια σημαντική απειλή εκκένωσης.

(β) Το σχέδιο πρέπει να είναι συνεπές με το Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης και κατάλληλα σχεδιασμένο ανάλογα με την περιοχή.

(γ) Δεν υπάρχει τρόπος απαλλαγής από τη λήψη όλων των απαραίτητων κατάλληλων δράσεων.

Ο κανονισμός του Υπουργείου Εσωτερικών υποδεικνύει αυστηρώς τη συντήρηση του εξοπλισμού, την εκπαίδευση και κατάρτιση του προσωπικού καθώς και περιοδικές ασκήσεις για να δοκιμάσει το προσωπικό και τον εξοπλισμό. Ο χειριστής εξέδρας πρέπει να προσδιορίσει τη χειρότερη περίπτωση έκχυσης, τους περιβαλλοντικούς πόρους που απειλούνται από μια χειρότερη περίπτωση έκχυσης και λεπτομερή μέτρα στην περίπτωση μια χειρότερης διαρροής. Το σχέδιο αντιμετώπισης απαιτείται να ελέγχεται περιοδικά με ασκήσεις και να αναθεωρείται και να επικαιροποιείται επίσημα κάθε δυο έτη [47].

Με βάση μεγάλο μέρος των ακροάσεων του Κογκρέσου κατέληξε ότι τα σχέδια βαθέων υδάτων έκτακτης ανάγκης στον κόλπο του Μεξικού όλων των μεγάλων εταιρειών πετρελαίου ήταν στερεότυπα που αντιγράφονται από τα σχέδια που είχαν σχεδιαστεί για χρήση στην Αρκτική, συμπεριλαμβανομένων των αναφορών σε θαλάσσιους είδη ως δυνητικά επηρεαζόμενα είδη [47].

Ωστόσο, αυτό δεν ήταν το μόνο πρόβλημα με το σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Ενώ η BP ήταν υποχρεωμένη να προσδιορίσει κάθε χειρότερη περίπτωση διαρροής πετρελαιοκηλίδας για κάθε ειδική εξέδρα μαζί με λίστα εξοπλισμού και προσωπικού που θα χρησιμοποιούνταν σε μια τέτοια περίπτωση, δεν έγινε ποτέ. Η εστίασή της ήταν περιφερειακή και δεν είναι ειδική για οποιονδήποτε συγκεκριμένο είδος εξέδρας ή τύπο συμβάντος [47].

Το σχέδιο αντιμετώπισης της BP υποστηρίζει ότι η BP είχε τη δυνατότητα να ανταποκριθεί σε μια έκρηξη των 250.000 βαρελίων την ημέρα, τέσσερις φορές

περισσότερο από την αναφερόμενη μέγιστη διαρροή που προκλήθηκε. Ωστόσο, πουθενά στο σχέδιο δεν περιγράφεται συγκεκριμένα πώς θα χειριστεί μια τέτοια διαρροή. Το σχέδιο αναφέρεται γενικά σε εξοπλισμό που διαθέτει η BP και προσθέτει έναν κατάλογο του εξοπλισμού που βρίσκεται στην περιοχή, αλλά δεν περιγράφει πώς ο ειδικός εξοπλισμός θα χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη μια μέγιστης διαρροής [47].

Το σχέδιο αντιμετώπισης της BP ισχυρίζεται ότι έχει συμβάσεις με τον Εθνικό Οργανισμό Ανταπόκρισης (NRC) και τον Οργανισμό Ανταπόκρισης Θαλάσσιας Ρύπανσης (Marin Spill Response Corporation) για τον εξοπλισμό αντιμετώπισης σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας και ότι οι εργολάβοι θα οργάνωναν την απομάκρυνση της πετρελαιοκηλίδας. Ωστόσο οι λεπτομέρειες σχετικά με συγκεκριμένους τύπους διαρροών λείπει [42].

Ενώ αναφέρεται ότι ο εξοπλισμός περιλαμβάνει skimmers, τηλεχειριζόμενα υποβρύχια του τύπου που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά από το καπάκι, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3, ο αντικρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας δεν αναφέρεται πουθενά. Σε σχέση με την έκρηξη Macondo και την ανταπόκριση της BP, γρήγορα έγινε φανερό ότι η BP δεν ήταν έτοιμη και δεν περίμενε μια τέτοια έκρηξη στον πυθμένα της θάλασσας και ιδιαίτερα τέτοιου μεγέθους. Ο εξοπλισμός και το προσωπικό που απαιτούνταν για τον περιορισμό της διαρροής συγκροτήθηκε μετά το γεγονός, και συμμετείχε προσωπικό και εξοπλισμός από όλο τον κόσμο [42].

Ο πρόεδρος του διοικητικού συμβουλίου της BP ερωτήθηκε από την Προεδρική Επιτροπή για την ανεπάρκεια του σχεδίου έκτακτης ανάγκης. Η απάντησή του ήταν η ακόλουθη [42]:

Graham: *"Γιατί υπήρχε χάσμα μεταξύ του τί θα έκανε και του τί πραγματικά μπορεί να κάνει σε μια περίπτωση διαρροής πετρελαιοκηλίδας;"*

Suttles: *"Είναι δύσκολο για μένα να πάω πίσω στο χρόνο και να καταλάβω τί σκέφτονται οι άνθρωποι εκείνη τη στιγμή". Επίσης συμπλήρωσε λέγοντας ότι κανείς δεν περίμενε ότι μια γεώτρηση που λειτουργεί επί εβδομάδες στο τέλος θα κατέρρευε και σε σημαντικό βαθμό. Συνεχίζοντας: "Τώρα, όμως, η εταιρεία διαθέτει συστήματα που έχουν αναπτυχθεί ύστερα από την έκρηξη της 20^{ης} Απριλίου που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και σε άλλα παρόμοια ατυχήματα".*

Graham: *"Νομίζετε ότι τώρα η εταιρεία σας μπορεί να ανταποκριθεί στα πρότυπα που πρέπει να υπάρχουν για τέτοια περιστατικά";*

Suttles: *"Νομίζω ότι αυτό που ήταν σαφές είναι ότι έχουμε αποδείξει ότι μπορούμε να συγκρατήσουμε πλέον μια ανεξέλεγκτη ροή σε αυτή τη συγκεκριμένη γεώτρηση. . . .*

Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να δούμε σε ποιο βαθμό το ίδιο σύστημα είναι προσαρμόσιμο σε όλες τις περιπτώσεις στον κόλπο του Μεξικού".

Το κύριο πρόβλημα με το σχέδιο έκτακτης ανάγκης της BP ήταν ότι δεν ανέφερε ποια συγκεκριμένη τεχνολογία θα χρησιμοποιούσε για να ανταποκριθεί σε μια τέτοια έκρηξη βαθέων υδάτων. Αντί αυτού, κατ' επανάληψη τόνιζε ότι μια τέτοια διαρροή ήταν απίθανο να συμβεί, και ότι αν συνέβαινε η περιβαλλοντική ζημία θα ήταν ελάχιστη επειδή η γεώτρηση απείχε σαράντα οκτώ μίλια από την ακτή [48].

Αν η έκρηξη στη Macondo αποκάλυψε μια αδυναμία στο ολοκληρωμένο σύστημα απόκρισης και συγκράτησης που είχε δημιουργηθεί από τον OPA90, οφειλόταν στο γεγονός ότι η αδυναμία υπήρξε στην εφαρμογή μη αναφοράς στοιχείων (όπως εξοπλισμός) σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης. Αυτό σημαίνει ότι το OPA90 δεν παρουσιάζει αδυναμία στην ίδια ρυθμιστική δομή [48].

Το σχέδιο αντιμετώπισης της BP ήταν απλά ανεπαρκές. Οι κανονισμοί απαιτούσαν η BP να είναι έτοιμη για τη χειρότερη περίπτωση διαρροής, αλλά η BP απέτυχε να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των κανονισμών. Ο διευθύνων σύμβουλος της BP, Tony Hayward, παραδέχθηκε ότι η BP δεν είχε τα εργαλεία που έπρεπε να έχει και ήταν απολύτως δίκαιη η κριτική να που ειπώθηκε ότι η BP στη συγκεκριμένη περίπτωση έριξε αλλού τις ευθύνες [47].

Η Προεδρική Επιτροπή που ερεύνησε την πετρελαιοκηλίδα της BP κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα λάθη από τις τρεις μεγάλες εταιρείες ήταν υπεύθυνα για την έκρηξη, και ότι τα σχέδια έκτακτης ανάγκης από όλες τις μεγάλες εταιρείες πετρελαίου ήταν ανεπαρκή [42].

Εννέα πρωταρχικές και αποτυχημένες αποφάσεις διαχείρισης από την BP, τη Halliburton, και την Transocean προσδιορίζονται ως κύριες αιτίες που προκλήθηκε η έκρηξη, με την BP υπεύθυνη για επτά από αυτές και εμπλοκή σε δυο από αυτές. Τα ελλιπή σχέδια έκτακτης ανάγκης αποτέλεσαν έναν επιπλέον παράγοντα [49].

Η υπηρεσία διαχείρισης εξορύξεων θα έπρεπε να είχε ρυθμίσει το θέμα με τα σχέδια που ήταν ελλιπή και απέτυχε να διασφαλίσει ότι τα σχέδια αντιμετώπισης πληρούν τις απαιτήσεις του κανονισμού. Επιπλέον λόγω του συμβάντος ήρθαν στην επιφάνεια και προβλήματα με περιφερειακά σχέδια της περιοχής.

Ενώ η κρατική συμμετοχή έχει ενσωματωθεί στο σχεδιασμό του NCP και στη δομή διοίκησης μέσω αυτών των σχεδίων, στην πραγματικότητα το κράτος και οι τοπικές κυβερνήσεις σε ορισμένα σημεία, είτε αρνήθηκαν να αναγνωρίσουν τα σχέδια ή επέλεξαν την ομοσπονδιακή απεμπλοκή έξω από τη δομή του NCP [50].

Διοικητές από τα Κράτη-Μέλη του Κόλπου ζήτησαν και έλαβαν δηλώσεις καταστροφών έκτακτης ανάγκης σύμφωνα από την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης και σύμφωνα με το νόμο. Η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης παρέχει χρήματα σε κρατικές υπηρεσίες, οι οποίες στη συνέχεια είναι υπεύθυνες για την εκταμίευση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να έρχεται σε αντιπαράθεση με αυτά τα μέτρα που προτείνονται από το NCP και τις εξουσιοδοτημένες δραστηριότητες, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί περαιτέρω σύγχυση σχετικά με την επάρκεια των προσπαθειών ανταπόκρισης [50].

6.3 Ποινές και διώξεις κατά της BP

Η OPA 90 υποβάλλει μια σειρά από αστικές και ποινικές κυρώσεις με τις οποίες ο υπεύθυνος υπόκειται δυνητικά. Αυτές μπορεί να είναι διοικητικές κυρώσεις που μπορεί να αξιολογούνται από την ακτοφυλακή και οι οποίες περιλαμβάνουν αστικές κυρώσεις Κατηγορίας I των \$ 10.000 ανά παραβίαση, και αστικές κυρώσεις της Τάξης II των \$ 25.000 ανά ημέρα μέχρι κατ'ανώτατο όριο \$ 125,000. Οι αστικές κυρώσεις οι οποίες εκτιμώνται ύστερα από προσφυγή στο δικαστήριο συνήθως περιλαμβάνουν \$ 25.000 ανά ημέρα παράβασης ή \$ 1.000 ανά βαρέλι πετρελαίου που απορρίφθηκε ή στην περίπτωση αμέλειας ή δόλου, η ποινή δεν είναι λιγότερη από \$ 100.000 και όχι περισσότερη από \$ 3.000 ανά βαρέλι που απορρίφθηκε [39].

Επίσης μπορεί να αποδοθούν ποινικές κυρώσεις κατά αρμόδιους οργανισμούς και ιδιώτες, συμπεριλαμβανομένου ενός πρόστιμου \$ 25.000 συν ένα έτος φυλάκισης για αμέλεια και \$ 50.000 πρόστιμο και μέχρι τρία χρόνια φυλάκισης για παραβίαση εκ προμελέτης. Για μια παραβίαση η οποία περιλαμβάνει τη διακινδύνευση εν γνώσει της εταιρίας το πρόστιμο μπορεί να είναι μέχρι \$ 250.000 για ένα άτομο και \$ 1.000.000 για έναν οργανισμό με επιπλέον ποινή φυλάκισης που ωστόσο δε θα υπερβαίνει τα δεκαπέντε χρόνια. Κάθε ημέρα παράβασης θεωρείται ένα ξεχωριστό αδίκημα [39].

Το Υπουργείο Δικαιοσύνης ξεκίνησε έρευνα για να διαπιστωθεί αν πρέπει να ασκηθεί ποινική δίωξη σε σχέση με την πετρελαιοκηλίδα της BP. Η ποινική έρευνα επικεντρώνεται στην BP, Transocean και Halliburton, αλλά το Υπουργείο δεν ανακοινώνει επίσημα από την αρχή τι προτίθεται να χρεώσει τη BP ή ποιες ποινικές κυρώσεις θα επιδιώξει. Η έκθεση του οργανισμού της Deepwater Horizon μετά το

ατύχημα, η οποία θα πρέπει να διευκρινίζει ποια αστικά πρόστιμα θα αξιολογούνται με βάση την BP δεν ήταν διαθέσιμα από την αρχή της κρίσης [39].

Το Δεκέμβριο του 2010, το Υπουργείο Δικαιοσύνης κατέθεσε μια αστική καταγγελία κατά της BP και οκτώ άλλες εταιρείες στο Περιφερειακό Δικαστήριο των Ηνωμένων Πολιτειών στη Νέα Ορλεάνη, όπου αναμφίβολα συμπεριλάμβανε και άλλες ενοποιημένες υποθέσεις που εκκρεμούσαν. Με την παρούσα προσφυγή, οι Ηνωμένες Πολιτείες ζητούν να αξιολογηθούν οι αστικές κυρώσεις και να ανακτηθούν οι ζημιές στο πλαίσιο νόμου για καθαρό νερό και σύμφωνα με την OPA 90 πρέπει να επωμιστεί και το κόστος για τον καθαρισμό και των ζημιών σε φυσικούς πόρους [51].

Η καταγγελία απαιτεί ότι η πολιτικές κυρώσεις πρέπει να αξιολογούνται σε τιμή μέχρι \$ 1.100 ανά βαρέλι πετρελαίου που έχει απορριφθεί ή έως \$ 4.300 ανά βαρέλι πετρελαίου που έχει απορριφθεί λόγω αμέλειας ή εκ προθέσεως. Από την αρχή της εκτίμησης το ποσό της αποζημίωσης, με βάση την καταγγελία υπερέβαινε τα 75 εκατομμύρια \$ και αρχικά η BP είχε παραιτηθεί από το \$ 75 εκατομμύρια ως ανώτατο όριο ευθύνης στα πλαίσια της OPA 90 [51].

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το πετρέλαιο που ξεχύθηκε στον Κόλπο ήταν σε ποσοστό περίπου 60.000 βαρέλια ανά ημέρα από τις 20 Απριλίου έως τις 15 Ιουλίου το 2010, οι αστικές κυρώσεις ανά βαρέλι και ανά ημέρα ποινικών παραβάσεων ανέρχεται σε τεράστια ευθύνη. Με βάση μια αρχική εκτίμηση 4,4 εκατομμύρια βαρέλια ήταν το συνολικό μέγεθος της διαρροής και αν το αστικό πρόστιμο ήταν \$ 3.000 ανά βαρέλι γιατί το ατύχημα έγινε από αμέλεια, το πρόστιμο θα υπερέβαινε τα 13,2 δις \$. Επιπλέον, όποια εταιρεία καταδικάζεται για ποινική κύρωση χάνει το δικαίωμά να υποβάλει προσφορά για τυχόν συμβάσεις με την κυβέρνηση των ΗΠΑ και ο Γραμματέας Εσωτερικών έχει το δικαίωμα υπό την εποπτεία του Κτηματολογίου του εξωτερικού για να υποβάλλει κυρώσεις εάν διαπιστώσει ότι η BP έχει παραβιάσει κανονισμούς ή όρους μίσθωσης.

Τελικά οι ζημιές που πρέπει να πληρώσει η BP, εκτός από τις προαναφερθείσες αστικές και ποινικές κυρώσεις, περιλαμβάνουν τα έξοδα καθαρισμού του πετρελαίου από ομοσπονδιακές, πολιτειακές και τοπικές κυβερνήσεις, σωματικές βλάβες και υλικές ζημιές και επιπλέον κυρώσεις από ενοποιημένες αγωγές και αξιώσεις αποζημίωσης των πόρων όπως αξιολογήθηκαν από ομοσπονδιακές και πολιτειακές κυβερνήσεις ως διαχειριστές για τις ζημιές φυσικών πόρων. Το συνολικό κόστος πρόκειται είναι πολύ μεγάλο. Ένα πρώτο άρθρο που δημοσιεύθηκε στους New York Times, εκτιμάται ότι το συνολικό κόστος για την BP, συμπεριλαμβανομένων των

αστικών και ποινικών κυρώσεων θα μπορούσε να υπερβαίνει τα 60 δισεκατομμύρια \$. Πράγματι τον Ιούνιο του 2016 αποτιμήθηκε το συνολικό κόστος το οποίο έφθασε τα 61.6 δισεκατομμύρια \$ [52].

Από τα έξοδα απομάκρυνσης του πετρελαίου, ενώ ο οργανισμός για καθαρό νερό θέτει ανώτατο όριο τα \$ 50 εκατομμύρια, αυτό δεν καλύπτεται από την OPA 90, η οποία αναφέρει: «Με την επιφύλαξη των περιορισμών που καθορίζονται από το εν δυνάμει εδάφιο (α) του παρόντος άρθρου και τη διαφύλαξη του άρθρου 2703 του παρόντος τίτλου, όλα τα έξοδα απομάκρυνσης που πραγματοποιούν τα Κράτη-Μέλη των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ή οποιοδήποτε μέλος ή τοπικός αξιωματούχος ή υπηρεσία σχετική με τις διαδικασίες της απομάκρυνσης του απορριφθέντος πετρελαίου από οποιαδήποτε εξωτερική διεθνή εγκατάσταση ή από ένα πλοίο που μεταφέρει πετρέλαιο ως φορτίο από μια τέτοια εγκατάσταση επιβαρύνουν τον ιδιοκτήτη ή το φορέα εκμετάλλευσης της εν λόγω εγκατάστασης ή πλοίου.

Η BP κατά συνέπεια είναι υπεύθυνη για όλα τα έξοδα για την απομάκρυνση του πετρελαίου από το νερό και από τις ακτές των κρατών του Κόλπου.

Αποζημιώσεις για σωματική βλάβη και οικονομική ζημία δεν προκαταλαμβάνονται από την OPA 90. Τέτοιου είδους αποζημιώσεις υπόκεινται στην ομοσπονδιακή νομοθεσία, στις ενοποιημένες δράσεις του ομοσπονδιακού δικαστηρίου στη Νέα Ορλεάνη.

Σχετικά με το ατύχημα, αυτά περιλαμβάνουν έντεκα ισχυρισμούς άδικων θανάτων, πολλές αξιώσεις για σωματικές βλάβες που υπέστη εργαζόμενοι της εξέδρας της γεώτρησης και τα άτομα που κατέβαλαν προσπάθειες για τον καθαρισμό του νερού. Επίσης συμπεριλαμβάνονται αξιώσεις για ζημιές επιχειρηματικών συμφερόντων, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων από τους αλιείς, τα άτομα που ασχολούνται με τις τουριστικές και συναφείς επιχειρήσεις, καθώς και άλλες επιχειρήσεις που επηρεάστηκαν αρνητικά από την πετρελαιοκηλίδα.

Η ευθύνη της BP στις δράσεις αυτές είναι αναμφίβολα σημαντική. Στην περίπτωση της διαρροής της Exxon στην Αλάσκα, οι απαιτήσεις για την αποκατάσταση των ζημιών που απορρέουν από το νόμο του κράτους αποτέλεσαν μακράν τη μεγαλύτερη ευθύνη που αντιμετωπίζει η Exxon ακόμα και σήμερα.

Η αποζημίωση για τους φυσικούς πόρους είναι ακόμα ένας άλλος τομέας όπου η BP αντιμετωπίζει σημαντικές και άγνωστες ευθύνες. Η ενότητα 1006 της OPA 90 καθιστά τη BP υπόδικη απέναντι στην ομοσπονδιακή κυβέρνηση, στις τοπικές κυβερνήσεις και ινδικές φυλές για ζημιές σε φυσικούς πόρους που διαχειρίζονται,

ελέγχονται ή ανήκουν σε μια από τις παραπάνω οντότητες, οι οποίες ορίζονται ρητά ως διαχειριστές των εν λόγω φυσικών πόρων.

Επιπλέον, το μέτρο των ζημιών σε φυσικούς πόρους έχει συμπεριληφθεί στο χρηματικό ποσό που προτείνει η OPA90. Αντί αφήνοντας στο δικαστήριο προσδώσει μια τιμή για κάθε καταστροφή των φυσικών πόρων, η OPA 90 προβλέπει ότι το μέτρο της αποζημίωσης πρέπει να βασίζεται στα εξής: «(α) το κόστος για την αποκατάσταση, αντικατάσταση ή την απόκτηση ισοδύναμων με τους κατεστραμμένους φυσικούς πόρους, (β) τη μείωση της αξίας των φυσικών πόρων που εκκρεμούν για αποκατάσταση και (γ) το εύλογο κόστος για την αξιολόγηση αυτών των ζημιών. Οι διαχειριστές αναλαμβάνουν την αξιολόγηση των βλαβών των φυσικών πόρων καθώς και την ανάπτυξη σχεδίων για την αποκατάσταση και επαναφορά τους.

Η OPA 90 επιτρέπει επίσης εκταμιεύσεις από το Ταμείο, που ιδρύθηκε βάσει του νόμου περί καθαρό νερό, να πληρώσει μέχρι \$ 1 δις για τα έξοδα απομάκρυνσης που προκύπτουν στην περίπτωση μιας πετρελαιοκηλίδας. Ο σκοπός του Ταμείου όπως προαναφέρθηκε είναι να πληρώνει εγκεκριμένες από το NCP δραστηριότητες και τα έξοδα απομάκρυνσης έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία καθυστέρηση στην ανάληψη των απαραίτητων ενεργειών για την πρόληψη, περιορισμό, ή καθαρισμός των πετρελαιοκηλίδων.

Μέσω της υποκατάστασης, το Ταμείο έχει το δικαίωμα να ανακτήσει από υπεύθυνα μέρη τα ποσά που πληρώνει Το Ταμείο αποτελεί ένα ουσιαστικό πόρο για την αποκατάσταση ιδιαίτερα όταν δεν έχει καθοριστεί ο υπεύθυνος ή όταν ο υπεύθυνος δε συνεργάζεται.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ωστόσο, η BP αναγνώρισε το σφάλμα της ως υπεύθυνο μέρος και συμφώνησε να χρηματοδοτήσει το ταμείο με άλλα \$ 20 δισεκατομμύρια. Μάλιστα η BP έχει δηλώσει ότι είναι διατεθειμένη να πληρώσει λογικές και κατάλληλες αξιώσεις αποζημίωσης. Υπό τις συνθήκες αυτές, το Ταμείο Αρωγής Ευθύνης πετρελαιοκηλίδας μπορεί να διαδραμάτισε όχι και τόσο σημαντικό ρόλο, αλλά εξακολουθεί να έχει ένα ρόλο.

Αρχικά στις 3 Ιουνίου, 2010 φυσικά η BP χρεώθηκε 69 εκατομμύρια \$, για να επιστρέψει το Ταμείο για τα έξοδα απομάκρυνσης που προέκυψαν έως εκείνο το χρονικό σημείο. Έως τις 12 Νοεμβρίου, 2010, τα έξοδα απομάκρυνσης ανήλθαν σε \$ 581 εκατομμύρια, εκ των οποίων η BP επέστρεψε στο ταμείο τα \$ 518 εκατομμ. Σε μια έκθεση με ημερομηνία 12, Νοεμβρίου του 2010, το Γραφείο κυβερνητικής υπευθυνότητας (GAO) αναφέρει ότι οι απαιτούμενες πληρωμές από το Ταμείο θα

μπορούσε να υπερβαίνουν το 1 δισεκατομμύριο \$ για την έκρηξη της Macondo και συνέστησε στο Κογκρέσο να τροποποιήσει την OPA 90 και να επιτρέψει τις εκταμιεύσεις από το Ταμείο έτσι ώστε να υπερβαίνουν τον περιορισμό του \$ 1 δις ανά περιστατικό, υπό την προϋπόθεση ότι η ανάκτηση των εκταμιευόμενων χρημάτων θα γίνεται από υπεύθυνα μέρη που μπορεί να επιβεβαιωθούν.

Οι αποζημιώσεις για τους φυσικούς πόρους, ενώ είναι σημαντικές στην πορεία της έρευνας θα είναι μικρότερες από τις αποκαλυπτικές προβλέψεις που γίνονται κατά τις πρώτες ημέρες της έκρηξης. "Λόγω της φύσης του ελαίου και της μνημειώδους προσπάθεια καθαρισμού η ορατή ζημιά δεν ήταν τόσο μεγάλη όσο φαντάζεται ο κόσμος ή παρέθεσαν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Από τα 4,4 εκατομμύρια βαρέλια που εξήλθαν η κυβέρνηση εκτίμησε ότι η BP είχε αφαιρέσει το ένα τέταρτο (είτε με την ανάκτηση ή την καύση του πετρελαίου), άλλο ένα τέταρτο είχε εξατμιστεί και το ένα τρίτο τέταρτο διασπάρθηκε στη θάλασσα. Το τελευταίο τέταρτο παρέμεινε ως κηλίδα στην επιφάνεια της θάλασσας ή ξεβράστηκε στην ακτή.

Αυτό που εγείρει μακροχρόνια ανησυχία για τους επιστήμονες είναι το πετρέλαιο που διασκορπίστηκε στα βάθη του νερού ως αποτέλεσμα της διαδεδομένης χρήσης των χημικών μέσων διασποράς από τη BP. Τα βαθιά νερά του Κόλπου δείχνουν ζώνες απεμπλουτισμένου οξυγόνου και σημαντική μείωση του πλαγκτόν και από τα κωπήποδα που οι επιστήμονες το αποδίδουν στην πετρελαιοκηλίδα.

Έως τις 31 Δεκεμβρίου 2010 οι περισσότερες παραλίες είχαν καθαριστεί από το πετρέλαιο, αλλά στις ακτογραμμές τις Λουιζιάνα υπήρχε το υπόλοιπο πετρέλαιο και μπάλες από πίσσα παρέμειναν θαμμένες κάτω από την άμμο και τα όστρακα στρειδιών.

Η Υπηρεσία Εθνικών Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA), της ανατέθηκε μέσω της ομοσπονδιακής κυβέρνησης καθήκοντα κηδεμονίας εν δυνάμει του άρθρου 1006 της OPA 90, έπρεπε να κάνει την εκτίμηση των ζημιών των φυσικών πόρων. Μόλις αυτό ολοκληρώθηκε η NOAA ανέπτυξε ένα σχέδιο για την αποκατάσταση ή την αντικατάσταση του κατεστραμμένων πόρων. Η BP αναμένεται να πληρώσει το κόστος της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της εφαρμογής του σχεδίου αποκατάστασης.

Σχετικά στα αρχικά στάδια αυτής της εκτίμησης ο Πρόεδρος Ομπάμα έπεισε την BP να δώσει "εθελοντικά" να πληρώσει αξιώσεις για βλάβη σε πρόσωπα που προσβλήθηκαν οικονομικά ή τραυματίστηκαν από την πετρελαιοκηλίδα το ποσό των 20 δισεκατομμυρίων \$. Το ποσό αυτό διαχειρίζεται από τον Kenneth Feinberg και τα πρόσωπα των οποίων οι απαιτήσεις απορρίπτονται είχαν δικαίωμα προσφυγής σε μια

ομάδα τριών ατόμων. Ο Πρόεδρος κατέστησε σαφές ότι τα \$ 20 δις δεν είναι ένα ανώτατο όριο. Η BP συμφώνησε επίσης να δώσει επιπλέον \$ 100 εκατομμύρια για τους εργαζόμενους που απολύθηκαν κατά τη διάρκεια της αναστολής των υπεράκτιων γεωτρήσεων ύστερα από απόφαση του Προέδρου Ομπάμα.

Συμπερασματικά, το δικαστήριο διαμοίρασε την ευθύνη της διαρροής κατά 67% στην BP, κατά 30% στην Transocean και κατά 3% στην Halliburton, ενώ αποποίησε ευθυνών την Cameron. Η BP κρίθηκε ως υπεύθυνη εγκληματικής αμέλειας, ενώ οι Transocean και Halliburton ως υπεύθυνες αμέλειας. Η Halliburton απέτυχε να παρέχει σταθερό τσιμέντο και κατέστρεψε αποδεικτικά έγγραφα, ενώ είχε επιμερισμένη ευθύνη με το πλήρωμα της Transocean ως προς την επίβλεψη της λειτουργίας των εργασιών και τον έλεγχο σε πιθανές ανωμαλίες πιέσεων. Η Halliburton, ως κατασκευάστρια του τσιμέντου και ως υπεύθυνη για το cement job, μπορούσε να κάνει προτάσεις στην BP σχετικά με τη σύνθεση και την τοποθέτηση του τσιμέντου, χωρίς όμως η BP να είναι υπεύθυνη να τις υιοθετήσει. Η Transocean, ως η μόνη υπεύθυνη για την ενεργοποίηση του BOP και του diverter system για την εκτροπή των υδρογονανθράκων, απέτυχε να σφραγίσει άμεσα το φρέαρ. Ακόμα, μαζί με την BP, ήταν υπεύθυνη για τη συντήρηση του BOP και είχε το δικαίωμα να σταματήσει τις διαδικασίες, αν θεωρούσε πως το τεστ αρνητικής πίεσης ήταν ανεπιτυχές. Η BP ήταν μισθωτής του Macondo και μίσθωσε με συμβόλαιο την Transocean για να γεωτρήσει το φρέαρ. Διευθύνοντας το πλήρωμα της Transocean, ήταν υπεύθυνη να αποφανθεί για την επιτυχία ή αποτυχία της μετατροπής του float collar, να δώσει την άδεια για να ξεκινήσει το cement job, να διεξάγει το cement bond log test καθώς και να διαχειρίζεται τη λειτουργία του φρέατος.

6.4 Επίδραση της έκρηξης της Macondo στις σημερινές γεωτρήσεις πετρελαίου βαθέων υδάτων

Εκτός από την προστασία του περιβάλλοντος, η περιβαλλοντική νομοθεσία εξυπηρετεί και ένα δευτερεύοντα σκοπό, να καθησυχάσει το κοινό ότι οποιεσδήποτε βιομηχανικές δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα, πραγματοποιούνται σε ένα ασφαλές περιβάλλον και με ένα ασφαλή τρόπο.

Μετά το ατύχημα στον Κόλπο του Μεξικού και παρά την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου εθνικού σχεδίου για τον περιορισμό της πετρελαιοκηλίδας και την απόκριση του συστήματος σύμφωνα με την OPA 90, στο μέλλον μπορεί να προκληθούν ακόμα μεγαλύτερες διαρροές και να διαρκέσουν για αρκετούς μήνες προτού τεθούν υπό έλεγχο. Με αυτή τη λογική τότε μπορεί κανείς να θέσει το ερώτημα αν τελικά η OPA 90 είναι επαρκής.

Εναλλακτικά, όπως υποστηρίζουν ορισμένοι περιβαλλοντολόγοι, θα μπορούσε κανείς να συμπεράνει ότι η παραγωγή πετρελαίου βαθέων υδάτων είναι απλά πάρα πολύ προκλητική για να επιτραπεί να συνεχιστούν στο μέλλον παρόμοιες γεωτρήσεις. Επειδή η έκρηξη Macondo προκάλεσε συνεχή διαρροή πετρελαίου για τρεις μήνες, ακόμη και με την ολοκλήρωση του εθνικού συστήματος συγκράτησης πετρελαιοκηλίδας και την ανταπόκριση του σχεδίου σύμφωνα με την OPA 90.

Κατά την άμεση αντίδραση στην έκρηξη, ο πρόεδρος διέταξε αμέσως τον Γενικό Γραμματέα Εσωτερικών να υποβάλει εντός τριάντα ημερών έκθεση σχετικά με το τι μέτρα ήταν απαραίτητα για την προστασία και ασφάλεια της δημόσιας υγείας στα πλαίσια της Εθνικής Εξωτερικής Δράσης για την προστασία της γης [53].

Ο γραμματέας σε μια σειρά δράσεων που εκδίδεται μέσω του Γραφείου της Διαχείριση Ενέργειας του Ωκεανού, αναστέλλει γεωτρήσεις βαθέων υδάτων στον Κόλπο του Μεξικού, για πρώτη φορά στις 28 Μάη του 2010 και μετά ξανά στις 12 Ιουλίου του 2010. Κατά τη διάρκεια της αναστολής, ο διευθυντής του Γραφείου της Διαχείριση Ενέργειας του Ωκεανού πραγματοποίησε μια σειρά από δημόσιες συναντήσεις, συγκεντρώθηκαν πληροφορίες από τις γραπτές παρατηρήσεις και από ακροάσεις του Κογκρέσου. Στη συνέχεια την 1η Οκτωβρίου 2010, εξέδωσε την απόφαση του για τον Υπουργό, στον οποίο συνέστησε μια πρόωρη άρση της αναστολής, με την επιφύλαξη της έγκρισης των νέων κανόνων ασφαλείας και

περιορισμού. Κατά συνέπεια, τη 12 Οκτωβρίου του 2010 έγινε άρση της απαγόρευσης καθώς οι νέοι και πιο αυστηροί κανονισμοί είχαν τεθεί σε ισχύ [53].

Οι νέοι κανονισμοί έθεσαν πιο αυστηρά πρότυπα για την καλή σχεδίαση, την πρόληψη της έκρηξης, την πιστοποίηση της ασφάλειας, την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, καθώς και την κατάρτιση των εργαζομένων. Μετά το ατύχημα η πετρελαιοβιομηχανία ισχυρίζεται ότι τα ατυχήματα αντιμετωπίζονται με ένα διαφορετικό τρόπο και ότι πλέον είναι πολύ πιο έτοιμη και έμπειρη σε θέματα ασφαλείας.

Στα πλαίσια αποκάλυψης των σχεδίων αντιμετώπισης, η Exxon, η Shell, η Conoco Phillips και η Chevron έχουν δεσμευθεί να δαπανήσουν \$ 1 δισεκατομμύριο στον Κόλπο του Μεξικού για τη σωστή εδραίωση της δύναμης απόκρισης. Το Γραφείο Διαχείριση Ενέργειας του Ωκεανού συμπέρανε ότι η Macondo έδωσε κίνητρο για την ανάπτυξη τεχνολογιών και δυνατοτήτων που προηγουμένως έλειπε.

Γενικότερα ο Κόλπος του Μεξικού εμπεριέχει περίπου 19% αποδεδειγμένων αποθεμάτων πετρελαίου των ΗΠΑ. Offshore εταιρίες παρείχαν το ποσό των 5,9 δισεκατομμυρίων \$ στο Υπουργείο Οικονομικών των ΗΠΑ το 2009, 5,6 δις \$ από τα οποία προήλθαν από τον Κόλπο του Μεξικού. Οι περισσότερες από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές για εύρεση πετρελαίου βρίσκονται σε βαθιά νερά του Κόλπου.

Η Εθνική πολιτική λοιπόν ενθαρρύνει την παραγωγή πετρελαίου από την υφαλοκρηπίδα, με την προϋπόθεση ότι μπορεί να γίνει με ασφάλεια και χωρίς αδικαιολόγητο κίνδυνο για το περιβάλλον. Η διερεύνηση πετρελαίου και η παραγωγή αναμφίβολα θα συνεχιστεί στα βαθέα ύδατα στον Κόλπο του Μεξικού, αλλά θα προχωρήσει πιο προσεκτικά και πιο μεθοδευμένα.

Την ίδια στιγμή, η έκρηξη Macondo άλλαξε δραματικά το πολιτικό τοπίο για τις υπεράκτιες μισθώσεις. Τον Μάρτιο, λίγο πριν από την έκρηξη Macondo, ο Πρόεδρος ανακοίνωσε ότι η κυβέρνησή είχε στόχο το άνοιγμα νέων περιοχών για διερεύνηση πετρελαίου εκτός της ακτής των ΗΠΑ με στόχο την ενισχυμένη παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από μισθώσεις. Αυτή η εξαγγελία αποτελούσε μέρος ενός πολιτικού ανοίγματος με στόχο την υποστήριξη της επικείμενης νομοθεσίας για το κλίμα [54].

Τη 2 Δεκεμβρίου, 2010, η Διοίκηση ακυρώνει αυτήν την πρωτοβουλία θεωρώντας την ως "μια απότομη πολιτική μεταστροφή. . . στον απόηχο της μαζικής πετρελαιοκηλίδας της BP και της κατάρρευσης της ολοκληρωμένης νομοθεσίας για το κλίμα". Ενώ η Διοίκηση δεσμεύτηκε να συνεχίσει τη μίσθωση για διερεύνηση πετρελαίου στα

βαθύτερα νερά του Κόλπου του Μεξικού, περιοχές στα ανοικτά των ακτών στο μέσο του Ατλαντικού εξαιρέθηκαν από το επόμενο σχέδιο χρηματοδοτικής μίσθωσης για τα επόμενα πέντε έτη. Επίσης σε αναστολή για διερεύνηση πετρελαίου, μπήκαν περιοχές στα Δυτικά του Κόλπου του Μεξικού και ανοικτά των Δυτικών ακτών της Αλάσκας [54].

Με όλα λοιπόν τα παραπάνω κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το ρυθμιστικό σχέδιο ανταπόκρισης σε περίπτωση ατυχήματος που δημιουργήθηκε από την OPA 90 ήταν ανεπαρκές για να αντιμετωπίσει μια σημαντική έκρηξη που προκλήθηκε από τις εργασίες γεώτρησης βαθέων υδάτων. Σε κάθε περίπτωση μέχρι σήμερα κανένας κανονισμός δεν έχει πετύχει σε μεγάλο βαθμό ολοκληρωμένη περιβαλλοντική πολιτική που να έχει ως στόχο να εμπνεύσει εμπιστοσύνη ότι η εξερεύνηση και παραγωγή πετρελαίου μπορεί να προχωρήσει περιβαλλοντικά υπεύθυνα ευαίσθητες περιοχές, OPA 90 δεν έχει πετύχει.

6.5 Νομοθετικές μεταβολές μετά το ατύχημα

Η Κοινοβουλευτική Επιτροπή Ενέργειας και Εμπορίου πραγματοποίησε δέκα ημέρες από ακροάσεις το Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο του 2010 και εισήγαγε ένα νομοσχέδιο που ονομάζεται πρόληψη έκρηξης 2010. Επίσης εισήχθη ένα επιπλέον νομοσχέδιο στη Βουλή και η Γερουσία έκρινε επίσης ακροάσεις. Και τα δύο νομοσχέδια καταργούν το όριο ευθύνης για τις υπεράκτιες διαρροές και επιφέρουν αλλαγές στο OPA 90. Το νομοσχέδιο παραπέμφθηκε στην επιτροπή από το οποίο προέκυψε ένα εντελώς διαφορετικό νομοσχέδιο και ψηφίστηκε από τη Βουλή στις 30 Ιουλίου, 2010 [55].

Ο νέος Νόμος (Πράξη) (Consolidated Land, Energy, and Aquatic Resources (CLEAR) A) που ψηφίστηκε από τη Βουλή, καλύπτει μια σειρά από θέματα ενέργειας καθώς και τμήματα που τροποποιούν το OPA 90 σε σημαντικό βαθμό. Για παράδειγμα, μια ενότητα που προστέθηκε εξαλείφει το ανώτερο όριο των \$ 75 εκατομμυρίων για τις διαρροές από υπεράκτιες εγκαταστάσεις και επιτρέπει στον Πρόεδρο την αύξηση των ορίων άλλων ενεργειών με βάση συγκεκριμένα ευρήματα [55].

Μια επιπλέον ενότητα που προστέθηκε στη λίστα των ανακτήσιμων αξιώσεων αφορά στις ζημιές της ανθρώπινης υγείας, συμπεριλαμβανομένης της ψυχικής υγείας.

Επίσης αφαιρεί το ανώτατο όριο ευθύνης της OPA 90 και κάνει επιπλέον άλλες αλλαγές στο καθεστώς ευθύνης [55].

Για να ενισχυθεί η πρόληψη για διαρροή, το νέο Νομοσχέδιο απαιτεί από την υπηρεσία του Εσωτερικών να επιβάλει πρόσθετα πρότυπα εξοπλισμού ασφαλείας για τους αντικρηκτικούς μηχανισμούς ασφαλείας και απαιτεί ανεξάρτητη επιθεώρηση από τρίτους και πιστοποίηση των αντικρηκτικών μηχανισμών ασφαλείας. Επίσης απαιτείται από το Υπουργείο Εσωτερικών να ρυθμίσουν τις απαιτήσεις για τσιμέντο και της υποχρεωτικής ασφάλειας και των συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης για διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε εξωτερική πλατφόρμα. Το νομοσχέδιο επίσης επιβάλλει πρότυπα ασφάλειας και ένα αμερικανικό πρότυπο πλοίων που δραστηριοποιούνται για την εξερεύνηση πετρελαίου και παραγωγής από πλατφόρμες [55].

Επίσης πραγματοποιήθηκαν επιπλέον τροποποιήσεις με σκοπό τη βελτίωση ενός μελλοντικού σχεδιασμού για την αντιμετώπιση διαρροών. Πιο αναλυτικά, οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις απαιτείται να υποβάλλουν σχέδιο ανταπόκρισης για τη χειρότερη περίπτωση διαρροής. Τα σχέδια ανταπόκρισης θα υπόκεινται σε κυβερνητική εξέταση και έγκριση. Επιπλέον θα πρέπει να αξιολογούνται και μέθοδοι για την αντιμετώπιση της χειρότερης περίπτωσης υποβρύχιας έκρηξης [55].

Επίσης θα πρέπει να αναπτυχθούν μνημόνια συνεργασίας για να διευκρινιστούν οι αρμοδιότητες της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος, του Λιμενικού Σώματος, του Υπουργείου Εσωτερικών και άλλες ομοσπονδιακές υπηρεσίες για την πρόληψη και την άμεση ανταπόκριση σε διαρροές. Τα παράκτια κράτη θα είναι επιλέξιμα για επιχορηγήσεις με στόχο τη βελτίωση του σχεδίου ανταπόκρισης σε περίπτωση διαρροής. Επιπλέον δημιουργήθηκαν νέα προγράμματα, όπως έρευνα για την ανάπτυξη offshore τεχνολογιών, το Πρόγραμμα Αξιολόγησης Κινδύνου και το Πρόγραμμα Υγιεινής και Ασφάλειας της Ακαδημίας Εθνικού πετρελαίου και φυσικού αερίου τα οποία επικεντρώθηκαν στην πρόληψη και αντιμετώπιση διαρροών [39].

Η πράξη CLEAR επίσης δημιουργεί στον Κόλπο του Μεξικού μια δυναμική αποκατάστασης με στόχο να συμπεριλάβει κυβερνήτες από τα Κράτη-Μέλη του Κόλπου και ανωτέρους της ομοσπονδιακής υπηρεσίας, να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο, πολυ-δικαιοδοσίας σχέδιο για τη μακροπρόθεσμη αποκατάσταση της ζημίας στον Κόλπο του Μεξικού το οποίο θα ακολουθείται από ετήσιες εκθέσεις προς το Κογκρέσο [39].

Η Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας θα πρέπει να δημιουργήσει ένα ολοκληρωμένο θαλάσσιο περιβαλλοντικό ερευνητικό πρόγραμμα παρακολούθησης του θαλάσσιου και παράκτιου περιβάλλοντος του Κόλπου του Μεξικού, το οποίο να διαρκέσει τουλάχιστον δέκα χρόνια. Επίσης η Υπηρεσία είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί την τύχη του πετρελαίου που απελευθερώθηκε κατά τη διάρκεια της οριζόντιας διαρροής, καθώς και των μέσων διασποράς που εφαρμόστηκαν για να απορροφηθεί το πετρέλαιο, καθώς και για τον εντοπισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [39].

Η δράση CLEAR έχει το δικαίωμα να εγκρίνει την ακύρωση της μίσθωσης και τις άδειες, εάν, μετά από ακροαματική διαδικασία, συνάγεται το συμπέρασμα ότι υπήρξε διαρροή και ότι οποιαδήποτε βλάβη ή ζημιά δεν εξαφανιστεί ή μειωθεί στο αποδεκτό διάστημα των 30 ημερών [39].

Πιο συγκεκριμένα, σε άμεση απάντηση στο ατύχημα της Deepwater Horizon, η πράξη CLEAR απαγόρευσε τις μισθώσεις ή τα δικαιώματα διέλευσης από όλους τους συμμετέχοντες που είχαν αποτύχει να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις τους ακόμα και για την παροχή αποζημίωσης για τα έξοδα μετακίνησης και ζημιών. Ή για οποιοδήποτε συμμετέχοντα που κατά τα προηγούμενα επτά χρόνια, είχε παραβιάσει εκ προθέσεως επαναλαμβανόμενα την Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία πάνω από πέντε φορές, που είναι ο υψηλότερος μέσος όρος της βιομηχανίας. Ή είχε καταδικαστεί για έγκλημα που σχετίζεται με θάνατο ή σοβαρή σωματική βλάβη ή συνέβησαν πάνω από δέκα θάνατοι στις εγκαταστάσεις τους, ως αποτέλεσμα της παραβίασης των κανόνων του ομοσπονδιακού κράτους για την υγεία, την ασφάλεια, ή την προστασία του περιβάλλοντος ή είχε επιβληθεί πρόστιμο πάνω από \$ 10 εκατομμύρια υπό την Δράση για καθαρό νερό και καθαρό αέρα [39].

Βάσει των διατάξεων αυτών της CLEAR, η BP αποκλείστηκε αμέσως από τη μίσθωση της πλατφόρμας. Άλλες διατάξεις της CLEAR που επηρεάζουν τις υπεράκτιες μισθώσεις, αλλά όχι την OPA 90, περιλαμβάνουν διατάξεις που αποβλέπουν στην κατάργηση της Υπηρεσίας Διαχείρισης Ορυκτών και τη διανομή των καθηκόντων του σε τρία ξεχωριστά γραφεία [39].

Η CLEAR αρχικά δεν πέρασε από τη Γερουσία στην τελευταία σύνοδο του Κογκρέσου. Εξάλλου, οι ενδιάμεσες εκλογές του Κογκρέσου που διεξήχθησαν το φθινόπωρο του 2010 δώσανε τον έλεγχο στη Βουλή των Αντιπροσώπων με το Ρεπουμπλικανικό Κόμμα με αποτέλεσμα να αλλάξει το πολιτικό τοπίο στην Ουάσιγκτον, γεγονός που καθιστά εξαιρετικά απίθανο ότι η CLEAR θα εφαρμοστεί.

Παρά το γεγονός ότι η CLEAR σχεδόν βέβαια δε θα εφαρμοστεί το Κογκρέσο παρά την έκρηξη Macondo δεν έλαβε κάποια μορφή δράσης. Ειδικότερα, δύο κρίσιμα σημεία, τροποποιήσεις θα πρέπει να θεσπιστούν [39].

Κατ'αρχάς, το ανώτατο όριο των \$ 75 εκατομμυρίων για την ευθύνη για τις υπεράκτιες διαρροές πρέπει να αρθεί. Στην πραγματικότητα, ενώ η OPA 90 ενισχύθηκε και προστέθηκαν διευκρινιστικές σημειώσεις στην υφιστάμενη νομοθεσία για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου στις περισσότερες περιπτώσεις, στο συγκεκριμένο σημείο του ανώτατου ορίου υπάρχει μια αποδυνάμωση. Πριν από την OPA 90, δεν υπήρχε όριο ευθύνης για διαρροές ή εκρήξεις που προέκυπταν από δραστηριότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η απεριόριστη ευθύνη ήταν του Υπουργείου Εσωτερικών και είχε τεθεί σε εφαρμογή μετά την έκρηξη Santa Barbara [39].

Ένα δεύτερο κρίσιμο σημείο είναι το όριο στο Ταμείο Ρύπανσης από Πετρέλαιο του \$ 1 δις για οποιοδήποτε μεμονωμένο περιστατικό. Το όριο αυτό στην περίπτωση του ατυχήματος του Κόλπου του Μεξικού είχε διευκρινιστεί το Γραφείο Κυβερνητικής Ευθύνης, ότι θα ξεπεραστεί. Ωστόσο, άλλες διατάξεις του CLEAR, όπως εκείνες που προορίζονται για την αντιμετώπιση ελλείψεων στο Τμήμα Εσωτερικών, η ρυθμιστική εποπτεία των υπεράκτιων γεωτρήσεων, θα μπορούσαν να θεωρηθούν περιττές υπό το πρίσμα των αλλαγών που εγκρίθηκαν από το γραφείο Διαχείρισης Ενέργειας Ωκεανού, ρύθμισης και επιβολής, τον Οκτώβριο του 2010 [39].

Με τις νέες πολιτικές εξελίξεις αναμένεται ότι μερικές από τις διατάξεις της CLEAR, όπως αυτές που έχουν σχεδιαστεί για να 'τιμωρήσουν' τη BP και αυτές που έχουν σχεδιαστεί για να αποζημιώσουν εκείνους που απαιτούν σημαντική νέα χρηματοδότηση για την ανοικοδόμηση των ακτογραμμών των χωρών του Κόλπου είναι βέβαιο ότι θα βρουν μικρή υποστήριξη [39].

6.6 Ανασκόπηση σημαντικών διεθνών περιπτώσεων πετρελαιοκηλίδων

▪ 1967

Η προσάραξη του supertanker "Torrey Canyon" στις ακτές της Κορνουάλης, προκάλεσε την έως τότε μεγαλύτερη διαρροή πετρελαίου, με 119.000 τόνους πετρελαίου να διαρρέουν στον ωκεανό.

▪ 1972

Τη σύγκρουση των τάνκερ "Horta Barbosa" και "Sea Star" ακολούθησε η διαρροή 115.000 τόνων πετρελαίου στον κόλπο του Ομάν.

▪ 1978

Το VLCC Amoco Cadiz, προσαράζοντας στις γαλλικές ακτές, διέρρευσε ολόκληρο το φορτίο του σε πετρελαίο, 227.000 τόνους, καλύπτοντας τα 200.000 χιλιόμετρα των ακτών της Βρετάνης.

▪ 1979

290.000 τόνοι πετρελαίου χύθηκαν στη θάλασσα του Τομπάγκο, όταν συγκρούστηκε το ελληνικής σημαίας tanker Atlantic Empress με το tanker Aegean Captain.

▪ 1983

Το tanker Castillo de Bellver έπιασε φωτιά κοντά στις ακτές του Cape Town και 170.000 τόνοι καυσίμου εγχύθηκαν σε μία εξαιρετικά ευαίσθητη περιβαλλοντική περιοχή.

▪ 1989

Το "Exxon Valdez" προσκρούει σε βράχους στην περιοχή Prince William Sound. 36.000 τόνοι αργού πετρελαίου διαρρέουν στις ακτές της Αλάσκα. Παρότι μικρή σε ποσότητα πετρελαίου κηλίδα, σε σύγκριση με τις μεγάλες καταστροφές, αποτέλεσε ίσως τη σοβαρότερη περιβαλλοντική καταστροφή ανθρώπινων αιτιών. Θα χρειαστεί τουλάχιστον μία ακόμα δεκαετία, σύμφωνα με μελέτη της USGS, για να επανέλθει η οικολογική ισοροπία στην περιοχή.

▪ 1991

Αποτέλεσμα του πολέμου του Κόλπου, η πετρελαιοκηλίδα γνωστή ως Gulf War oil spill, είναι μία από τις μεγαλύτερες σε έκταση διεθνώς. Στη διάρκεια του πολέμου του 1991, οι Ιρακινές στρατιωτικές δυνάμεις ξεσκέπασαν 76 Κουβεϊτιανές πετρελαιοπηγές, από τις οποίες προκλήθηκε διαρροή πετρελαίου, ενώ άλλες 99 καταστράφηκαν.

Περίπου 60 εκατομμύρια βαρέλια πετρέλαιο διέρρευσαν, σχηματίζοντας 246 λίμνες πετρελαίου.

▪ **2002**

Το ελληνικών συμφερόντων πλοίο "Prestige", με σημαία Μπαχάμας, βυθίζεται έξω από τις ακτές της Ισπανίας μεταφέροντας 77.000 τόνους πετρελαίου. Το ατύχημα άνοιξε συζήτηση για το αν οι νηογνώμονες ευθύνονται για τις συνέπειες τέτοιων καταστροφών. Το κράτος της Ισπανίας μήνυσε τον ABS για την πιστοποίηση του πλοίου ως συμμορφωμένο με όλους τους κανονισμούς και τη νομοθεσία και ως ασφαλές να τελέσει το ταξίδι. Η υπόθεση όμως καταρρίφθηκε δικαστικά.

▪ **2006**

Ο παράκτιος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος Jieh, 28χλμ νότια της Βηρυτού, βομβαρδίζεται από το ισραηλινό ναυτικό. Ενδεχομένως διαρροή να υπήρξε και από ισραηλινή φρεγάτα που χτυπήθηκε από πύραυλο. 11 ως 40 εκατομμύρια λίτρα πετρελαίου έπεσαν στη θάλασσα. Εξαιτίας των ανέμων στην περιοχή, ένα μέρος του πετρελαίου μεταφέρθηκε στη θάλασσα και το υπόλοιπο διασκορπίστηκε στην ακτή.

6.7 Η Διεθνής Σύμβαση για πρόληψη θαλάσσιας ρύπανσης από πετρέλαιο

Το 1973 ο IMO υιοθέτησε τη Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανση από τα Πλοία, γνωστή ως MARPOL 73/78 (IMO, 1997). Η σύμβαση MARPOL αντιμετωπίζει τη ρύπανση από πετρέλαιο, υγρές επιβλαβείς ουσίες χύδην, επιβλαβείς ουσίες σε συσκευασμένη μορφή, λύματα των πλοίων, απορρίμματα και ατμοσφαιρικούς ρύπους. Τα κράτη που κυρώνουν τη MARPOL αποδέχονται υποχρεωτικά τα Παραρτήματα I και II. Το Παράρτημα I αφορά την πρόληψη ρύπανσης από πετρελαιοειδή. Ο Κανονισμός 21 αναφέρεται σε απορρίψεις πετρελαίου από εγκαταστάσεις μόνιμων ή πλωτών γεωτρήσεων ή άλλες εξέδρες, διότι θεωρούνται από τη MARPOL «πλοία» που δεν είναι πετρελαιοφόρα όσον αφορά τις απορρίψεις πετρελαίου από τους χώρους των μηχανοστασίων τους. Για όλες τις άλλες απορρίψεις που σχετίζονται με έρευνες και εκμετάλλευση κοιτασμάτων από τον βυθό, ισχύουν εθνικοί κανονισμοί. [56]

Με βάση λοιπόν τους κανονισμούς που ισχύουν για πλατφόρμες εξόρυξης, το παράρτημα I της Marpol ορίζει:

Οι κανονισμοί ισχύουν για σταθερές ή πλωτές εξέδρες, συμπεριλαμβανομένων των γερανών γεώτρησης, των εγκαταστάσεων πλωτής παραγωγής, αποθήκευσης και εκφόρτωσης (FPSO) που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και αποθήκευση πετρελαίου στην ανοικτή θάλασσα και των πλωτών μονάδων αποθήκευσης (FSUs) που χρησιμοποιούνται για την υπεράκτια αποθήκευση παραγόμενου πετρελαίου. Οι σταθερές ή πλωτές εξέδρες που ασχολούνται με την εξερεύνηση, την εκμετάλλευση και τη σχετική ανοικτή θαλάσσια επεξεργασία ορυκτών πόρων θαλάσσιου βυθού και άλλων πλατφορμών πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του παραρτήματος I που ισχύουν για τα πλοία χωρητικότητας άνω των 400 GT. Πρέπει να είναι εξοπλισμένες, στο μέτρο του δυνατού, με τις εγκαταστάσεις που απαιτούνται από τους κανονισμούς 12 και 14 του παραρτήματος. Πρέπει να τηρούν αρχείο όλων των εργασιών που αφορούν απορρίψεις πετρελαίου ή ελαιωδών μιγμάτων, υπό μορφή εγκεκριμένη από τη διοίκηση και με την επιφύλαξη των διατάξεων του κανονισμού 4 του παραρτήματος I, απαγορεύεται η απόρριψη πετρελαίου ή ελαιωδών μειγμάτων στη θάλασσα, εκτός εάν η περιεκτικότητα σε έλαιο της εκροής χωρίς αραίωση δεν υπερβαίνει τα 15 μέρη ανά εκατομμύριο. [57]

6.8 Ελληνική νομοθεσία για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών ρύπανσης θάλασσας από πετρέλαιο

Στην Εθνική Νομοθεσία περιλαμβάνεται κατ' αρχήν το σύνολο του νομοθετικού πλαισίου, τόσο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ) όσο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχει κυρωθεί με Νόμους, Προεδρικά Διατάγματα, Υπουργικές Αποφάσεις κ.α. Ειδικότερα, όσον αφορά την εθνική νομοθεσία για την αντιμετώπιση μίας διαρροής πετρελαίου, σε περίπτωση δηλαδή που συνέβαινε κάτι αντίστοιχο με το Deepwater Horizon σε εθνικά ύδατα, οι βασικές ρυθμίσεις είναι οι εξής [59]: (ΠΔ 11/02)

- Αρμόδιος φορέας για την κατάρτιση και παρακολούθηση εφαρμογής του εθνικού σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας και των ακτών από πετρέλαιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες είναι το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας (Υ.Ε.Ν.). Ο σχεδιασμός υλοποιείται μέσω της Κεντρικής Υπηρεσίας και των Λιμενικών Αρχών.
- Οι παράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης αργού πετρελαίου μακριά από τις ακτές, όπως καθορίζονται στο Άρθρο 3 της Διεθνούς Σύμβασης (Δ.Σ) «για την ετοιμότητα, συνεργασία και αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο, 1990», υποχρεούνται να διαθέτουν σχέδια έκτακτης ανάγκης για την καταπολέμηση περιστατικών ρύπανσης της θάλασσας, εναρμονισμένα με το τοπικό σχέδιο της οικείας Λιμενικής Αρχής και κατ' επέκταση με το εθνικό σχέδιο.
- Η αποτελεσματικότητα του μηχανισμού καταπολέμησης περιστατικών ρύπανσης της θάλασσας και των ακτών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο προϋποθέτει τον υψηλό βαθμό συνεργασίας των Αρχών με τα στελέχη των εξειδικευμένων επιχειρήσεων αντιμετώπισης ρύπανσης και τους υπεύθυνους προστασίας περιβάλλοντος των παράκτιων εγκαταστάσεων.
- Τόσο οι φυσικοχημικές μεταβολές (εξάπλωση, εξάτμιση, διάλυση, βιοαποικοδόμηση, γαλακτωματοποίηση, φωτοοξειδωση, καταβύθιση), στις οποίες υπόκειται το πετρέλαιο ύστερα από τη διαρροή του στην θάλασσα, όσο και η αρχική του σύνθεση σε συνδυασμό με τις ωκεανολογικές και καιρικές συνθήκες, θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την επιλογή των τεχνικών καταπολέμησης. Σε πολλές περιπτώσεις είναι ανέφικτη η αποτροπή προσβολής

των παραλίων και θεωρείται πλεονεκτική η εκτροπή της κηλίδας προς συγκεκριμένη περιοχή της ακτής, όπου υπάρχει ευχερής πρόσβαση και δυνατότητα πλήρους εκμετάλλευσης του διαθέσιμου τεχνικού εξοπλισμού ανάκτησης του διαρρεύσαντος πετρελαίου.

- Οι ακολουθητέες μέθοδοι μετά από διαρροή είναι: Διακοπή ή κατά το δυνατόν ελαχιστοποίηση του ρυθμού διαφυγής του πετρελαίου στο περιβάλλον, παρακολούθηση της κίνησης της κηλίδας, εφόσον δεν συντρέχει κίνδυνος προσβολής ακτών, με πλωτά ή εναέρια μέσα, ανάκτηση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας, διασκορπισμός του πετρελαίου στην ανοιχτή θάλασσα, προστασία των ευαίσθητων περιοχών, ανάκτηση του πετρελαίου από κατάλληλα σημεία της ακτής και στη συνέχεια καθαρισμός της παραλίας, βιοαποκατάσταση ή οποιοσδήποτε πρόσφορος συνδυασμός των παραπάνω.
- Οι Λιμενικές Αρχές είναι υπεύθυνες για την κινητοποίηση των εμπλεκόμενων φορέων και αρχών και τον συντονισμό των ενεργειών τους, προκειμένου να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά τα περιστατικά ρύπανσης στην περιοχή δικαιοδοσίας τους βάσει του κατά περίπτωση εγκεκριμένου τοπικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης.
- Στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης κάθε υπόχρεου φορέα καθορίζονται ο ρόλος και τα καθήκοντα όλου του εμπλεκόμενου προσωπικού και προδιαγράφονται αναλυτικά οι διαδικασίες άμεσης ενημέρωσης των αρμόδιων κατά περίπτωση αρχών, ανάλογα με τη φύση του συμβάντος. Ο υπεύθυνος κάθε εγκατάστασης θέτει σε εφαρμογή το σχέδιο έκτακτης ανάγκης και ο τοπικός συντονιστής της Λιμενικής Αρχής εποπτεύει ή κατευθύνει τις εργασίες.
- Συγκεκριμένα, σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας ακολουθείται η μεθοδολογία αντιμετώπισης: α) Περιορισμός του ρυθμού διαφυγής του πετρελαίου στο περιβάλλον από τη πηγή πρόκλησης ρύπανσης ή άμεση διακοπή της διαρροής, εφόσον είναι τεχνικά εφικτό. β) Συνέχιση παρακολούθησης της κηλίδας, εφόσον δεν υφίσταται κίνδυνος προσβολής ακτών. γ) Εφόσον συντρέχει περίπτωση προσβολής ακτών και η αρμόδια Λιμενική Αρχή διαθέτει περιορισμένα ή ανεπαρκή μέσα αντιμετώπισης της πετρελαιοκηλίδας, λήψη απόφασης για καταπολέμηση της ρύπανσης στην ανοιχτή θάλασσα ή ανάπτυξη των διαθέσιμων μέσων (πλωτών φραγμάτων) για προστασία των ευαίσθητων περιοχών της ακτογραμμής. δ) Καθορισμός προτεραιοτήτων για καθαρισμό των

ακτών που έχουν προσβληθεί, όταν οι καιρικές συνθήκες είναι απαγορευτικές για την αξιοποίηση του ειδικού εξοπλισμού καταπολέμησης στη θάλασσα. ε) Ενημέρωση και κινητοποίηση των φορέων υποστήριξης των Λιμενικών Αρχών για την παροχή συνδρομής στην οργάνωση συνεργειών καταπολέμησης όπως προβλέπουν τα κατά περίπτωση τοπικά σχέδια έκτακτης ανάγκης.

- Ο εγκλωβισμός του διαρρέυσαντος πετρελαίου με πλωτά φράγματα και η ανάκτησή του στη θάλασσα με τη βοήθεια ειδικών αντλιών και μηχανικών διατάξεων (SKIMMERS) είναι κατά κανόνα προτιμότερη από την χρήση χημικών ουσιών διασκορπισμού της κηλίδας. Η απομάκρυνση του συγκεντρωμένου πετρελαίου από τις ακτές των φυσικών κολπίσκων, λιμενίσκων και όρμων διενεργείται με συνεργεία εργατοτεχνιτών, οι οποίοι υποστηρίζονται από κατάλληλα μηχανήματα έργου και ειδικό εξοπλισμό ανάκτησης (αντλίες κενού, κ.ο.κ) βάσει των σχετικών οδηγιών του ισχύοντος Εγχειριδίου Καταπολέμησης Ρύπανσης.
- Η στοιχειοθέτηση των αιτημάτων αποζημίωσης ενισχύεται με φωτογραφικό και αποδεικτικό υλικό που συλλέγεται κατά την αντιμετώπιση περιστατικού καθώς και με αποτελέσματα /ευρήματα επιστημονικών ερευνών πεδίου που αφορούν στις επιπτώσεις της ρύπανσης στην πανίδα και χλωρίδα.
- Πλωτά ναυπηγήματα και πλωτές δεξαμενές που λειτουργούν ως αποθήκες υγρών καυσίμων, οφείλουν να διαθέτουν σχέδια έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο.
- Τα υπόψη σχέδια καταρτίζονται/αναθεωρούνται, σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες οδηγίες του IMO, και εγκρίνονται από την Διεύθυνση Μελετών Κατασκευών του YEN ή τους αναγνωρισμένους από το YEN νηογνώμονες.
- Όταν σημειωθεί περιστατικό ρύπανσης της θάλασσας ή/ και των ακτών από πετρέλαιο μπορούν να εγερθούν απαιτήσεις αποζημίωσης για το κόστος καθαρισμού και τις οικονομικές ζημιές που υφίστανται οι πολίτες στις τοπικές κοινωνίες έναντι του πλοιοκτήτου που προξένησε τη ρύπανση.

Συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση της εργασίας έρχεται σε συμφωνία με την αρχική υπόθεση, ότι η διαρροή πετρελαίου στην περιοχή του Κόλπου του Μεξικού, θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί πλήρως. Παρόλη την επαλληλία σφαλμάτων, ακόμα και στο τέλος, αν το πλήρωμα είχε αντιληφθεί έγκαιρα την εισαγωγή υδρογονανθράκων, η διαρροή και η έκρηξη δεν θα είχαν συμβεί. Υπήρχε μία μεγάλη σειρά σφαλμάτων αλλά και πολλές ευκαιρίες κατά τη διάρκεια των εργασιών, για να διακοπούν οι εργασίες και να αντιμετωπιστούν οι δυσλειτουργίες. Όπως αναφέρθηκε στο δικαστήριο, οι εγκληματικές αποφάσεις της BP αποσκοπούσαν σε οικονομικό όφελος μέσω εξοικονόμησης χρόνου και αποφυγής σημαντικών τεστ ασφάλειας. Παρόλα αυτά, υπήρχαν και άλλοι, έμμεσοι λόγοι που συνέβαλαν:

- Στην περίπτωση που η BP και η ανάδοχος εταιρία καθώς και όλοι οι εμπλεκόμενοι είχαν εφαρμόσει με συνέπεια και αυστηρότητα τις λειτουργίες της πλατφόρμας, θα είχε αποφευχθεί αρχικά το kick και εν συνέχεια το blowout.
- Οι κυβερνήσεις και οι εταιρίες πραγματοποιούν γεωτρήσεις βαθέων υδάτων σε σημεία που είναι υψηλού κινδύνου, ιδιαίτερα λόγω γεωλογικών συνθηκών, χωρίς να λαμβάνονται τα σωστά μέτρα ασφαλείας και υπό το πρίσμα του οικονομικού παράγοντα, λαμβάνονται εν γνώση των εμπλεκόμενων, αποφάσεις πολύ μεγάλου ρίσκου. Για κάθε μέρα καθυστέρησης, η BP χρεωνόταν 1 εκατομμύριο δολάρια και πριν την καταστροφή, βρισκόταν ήδη σχεδόν 2 μήνες σε καθυστέρηση από το αρχικό πλάνο. Όταν στη γεώτρηση συναντήθηκαν πολύ ψαθυροί γεωμορφολογικοί σχηματισμοί, λήφθηκε το ρίσκο όχι μόνο να συνεχιστούν οι διαδικασίες αλλά και να βαθύνει η γεώτρηση ακόμα περισσότερο, ενώ για να εξοικονομηθεί χρόνος, σοβαρά τεστ ακαιρεότητας δεν διεξήχθησαν.
- Η ομάδα λειτουργίας της εξέδρας δεν ήταν καλά εκπαιδευμένη σε περίπτωση έκρηξης. Υπήρχαν πολλές ενδείξεις ότι το προσωπικό δεν είχε το βάθος των γνώσεων, των κανόνων, των δεξιοτήτων και το πνεύμα της ομαδικής εργασίας που απαιτείται για τη σωστή αντιμετώπιση των αυξημένων κινδύνων. Η έλλειψη

σωστής επικοινωνίας αποδείχτηκε όταν ξεκίνησαν να ηχούν τα alarms πυροπροστασίας και το πλήρωμα δεν γνώριζε ποιος είναι υπεύθυνος να διευθύνει τις ενέργειες εκκένωσης. Το πλήρωμα της Transocean ήταν υπεύθυνο για την έγκυρη ενεργοποίηση του BOP, αλλά δεν αναγνώρισε έγκαιρα το blowout, πράγμα για το οποίο η εταιρία κρίθηκε ένοχη στο δικαστήριο.

- Υπήρχε ένδειξη έλλειψης επαρκών πόρων για την ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του εξοπλισμού της Macondo. Το BOP δεν είχε συντηρηθεί με βάση τα outlines του κατασκευαστή, για παράδειγμα. Αν είχε συντηρηθεί, τότε η διαρροή θα είχε αποφευχθεί.
- Οι διαδικασίες, τυπικές και άτυπες δεν κάλυψαν επαρκώς τις περιπτώσεις αυξημένου κινδύνου. Η βιομηχανία γνώριζε πως δεν υπήρχαν αναγνωρισμένες μέθοδοι για τη διακοπή της γεώτρησης σε περίπτωση έκρηξης, εκτός από τη περίπτωση δημιουργίας ενός πηγαδιού ανακούφισης. Έτσι, χρειάστηκαν 5 μήνες μέχρι το απόλυτο σφράγισμα του πηγαδιού, ενώ κάθε μέρα που περνούσε, αμέτρητα βαρέλια πετραλαίου χύνονταν στη θάλασσα.
- Ανώτατη διοίκηση και στελέχη της BP είχαν έλλειψη ενημέρωσης από τις προκλήσεις και τους κινδύνους της συγκεκριμένης πλατφόρμας.
- Επίσης η μη άμεση ανταπόκριση και επικοινωνία όλων των αρμόδιων αρχών που σύμφωνα με τα πρωτόκολλα των ΗΠΑ έπρεπε να συμμετάσχουν στον περιορισμό του ατυχήματος,
- Οι αποτυχημένες προσπάθειες ελέγχου της διαρροής δείχνουν τη μη προετοιμασία της υπεύθυνης εταιρίας για αντιμετώπιση ατυχημάτων τέτοιου μεγέθους. Επίσης αποδεικνύεται ότι το μέγεθος κάθε ατυχήματος μπορεί να είναι κάθε φορά μεγαλύτερο.
- Τέλος, το γεγονός ότι δεν υπήρχε παρόμοιο περιστατικό τέτοιου μεγέθους σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πρωτοκόλλων και την αργή επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών, υποδεικνύει ότι ούτε οι ίδιες οι ΗΠΑ ήταν έτοιμες για τέτοιο ατύχημα.
- Όσον αφορά στα πρώτα στάδια αντιμετώπισης και πρόληψης μη επέκτασης της πετρελαιοκηλίδας χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα διασποράς, των οποίων η δράση αμφισβητήθηκε από πολλούς.
- Τα χημικά μέσα διασποράς χρησιμοποιήθηκαν και στη μέση της διαρροής με αποτέλεσμα τα συσσωματώματα πετρελαίου να καταλήγουν στον πυθμένα. Ως αποτέλεσμα ήταν να επηρεαστεί η υδρόβια ζωή σε σημαντικό βαθμό.

Βιβλιογραφία

- [1] El-Reedy MA. Offshore Structures: Design, Construction and Maintenance. Washington, USA: Elsevier Science; 2012.
- [2] Samie NN. Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms. Oxford, United Kingdom: Elsevier Science; 2016.
- [3] Drilling & Service Assemblies, Example of drilling barges, [https://www.google.gr/search?q=Drilling+barges&client=firefox-b-ab&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEWjj9uuMxMfSAhUDuhQKHRSGBcsQsAQIGQ&biw=1366&bih=633#imgrc=0mjfc7oAWg7sFM](https://www.google.gr/search?q=Drilling+barges&client=firefox-b-ab&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEWjj9uuMxMfSAhUDuhQKHRSGBcsQsAQIGQ&biw=1366&bih=633#imgrc=0mjfc7oAWg7sFM;); 05/03/2017.
- [4] Offshore energy today, New contracts for vantage drilling jackup rigs, https://www.google.gr/search?q=JackUp+rigs&client=firefox-b-ab&tbm=isch&imgil=xJom0DngsLFqGM%253A%253BejhAuNp-wUMgvM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.offshoreenergytoday.com%25252Fnew-contracts-for-vantage-drilling-jack-up-rigs%25252F&source=iu&pf=m&fir=xJom0DngsLFqGM%253A%252CejhAuNp-wUMgvM%252C_&usg=__ghliCCfTF7uX7gemsHe3FPt_Dzg%3D&biw=1366&bih=633&ved=0ahUKEWjHsYP7w8fSAhUBNxQKHQXCDK8QyjcIOQ&ei=gUzAWiftFYHuUIWEs_gK#imgrc=xJom0DngsLFqGM; 05/03/2017.
- [5] Pieces of Malaysia's Oil & Gas, Part II: Types of offshore platforms, <http://minyakdangasmalaysia.blogspot.gr/2010/10/part-ii-types-of-offshore-platforms.html>, 09/03/2017.
- [6] Offshore, Minimum facilities platform provides alternative for marginal field developments, <http://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-73/issue-11/productions-operations/minimum-facilities-platform-provides-alternative-for-marginal-field-developments.html>, 08/03/2017.
- [7] Oil and gas technologies, Compliant Towers, <https://oilandgastechologies.wordpress.com/2012/08/11/compliant-towers/>,
- [8] Offshore platforms, Platform shape underwater, https://www.google.gr/search?q=Submersible+platforms/rigs&client=firefox-b-ab&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEWjaraHowsfSAhXI7hoKHdgTAVwQ_AUICCGb&biw=1366&bih=633#imgrc=HAZB9JgEsqZ2UM; 06/03/2017.

- [9] Marine Insight, Semi-Submersible Ships and Semi-Submersible Rigs: A General Overview, (2016), <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/semi-submersible-ships-and-semi-submersible-rigs-a-general-overview/>,
- [10] Maritime Connector, Offshore platforms, <http://maritime-connector.com/wiki/platforms/>, 10/03/2017.
- [11] Offshore energy today, Floating platforms, <http://www.offshoreenergytoday.com/tag/floating/>, 08/03/2017.
- [12] Offshore technology, Shtokman Gas Condensate Deposit, Russia, <http://www.offshore-technology.com/projects/shtokman/shtokman2.html>, 10/03/2017.
- [13] Rigzone, How does a drillship works?, http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=306, 08/03/2017.
- [14] Tech talk, Flow induced vibration of subsea gas production systems caused by choke valves http://site.ge-energy.com/businesses/ge_oilandgas/en/newsletter/geog_viewsandnews_0213/techtalk.html, 08/03/2017.
- [15] Dastanameh, [https://www.google.gr/search?q=Spar+Platforms&client=firefox-b-ab&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjRu5fKx8zSAhXDdxQKHbtxBVwQ_AUICCGB&biw=1366&bih=633#imgdii=tpltePTZTiRgHM:&imgcr=aaQeZ04u-LvAVM](https://www.google.gr/search?q=Spar+Platforms&client=firefox-b-ab&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjRu5fKx8zSAhXDdxQKHbtxBVwQ_AUICCGB&biw=1366&bih=633#imgdii=tpltePTZTiRgHM:&imgcr=aaQeZ04u-LvAVM;);, 08/03/2017.
- [16] Sadeghi K. Coasts, ports and offshore structures engineering. Power and Water University of Technology, Tehran, Iran. 2001.
- [17] Fingas M. Oil Spill Science and Technology. New York, USA: Elsevier Science; 2016.
- [18] Kleindienst S, Paul JH, Joye SB. Using dispersants after oil spills: impacts on the composition and activity of microbial communities. Nat Rev Micro. 2015;13:388-96.
- [19] Investigadora en apuros, How surfactant works, <https://investigadoraenapuros.wordpress.com/2011/08/03/en-el-suelo-y-bajo-nuestros-pies/>, 20/03/2017.
- [20] Atlas RM. Petroleum biodegradation and oil spill bioremediation. Marine Pollution Bulletin. 1995;31:178-82.
- [21] Bartlit J, Sankar S, Grimsley S. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. Macondo-The Gulf Oil Disaster-Chief Counsel's Report. 2011.

- [22] Lehner P, Deans B. In Deep Water: The anatomy of a disaster, the fate of the gulf, and how to end our oil addiction. New York, USA: OR Books; 2010.
- [23] Bosman J, (2010) No Shortage of Books on Oil Spill, The New York Times. Access: <http://www.nytimes.com/2010/07/21/books/21oilbooks.html>.
- [24] Medicine I, Salerno JA, McCoy MA. Assessing the Effects of the Gulf of Mexico Oil Spill on Human Health: A Summary of the June 2010 Workshop. Washington: National Academies Press; 2010.
- [25] Judson RS, Martin MT, Reif DM, Houck KA, Knudsen TB, Rotroff DM, et al. Analysis of Eight Oil Spill Dispersants Using Rapid, In Vitro Tests for Endocrine and Other Biological Activity. Environmental Science & Technology. 2010;44:5979-85.
- [26] BP, Deepwater Horizon Accident Investigation Report, (2010) Access: http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/sustainability/issue-reports/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf.
- [27] Ingersoll C, Locke RM, Reavis C. BP and the Deepwater Horizon Disaster of 2010. MIT's loan management 2012.
- [28] Energy GBPHoC, Committee CC, Yeo T. UK deepwater drilling - implications of the Gulf of Mexico oil spill: second report of session 2010-11, Vol. 1: Report, together with formal minutes, oral and written evidence. London, United Kingdom: Stationery Office; 2011.
- [29] Rigzone, Deepwater Horizon http://www.rigzone.com/oil/data/offshore-rig-search/rig-profile/153/semisub/transocean_ltd/deepwater_horizon/, 18/01/2017.
- [30] Herbert G, (2010) How the leak started, The New York Times. Access: <http://www.nytimes.com/interactive/2010/05/25/us/20100525-topkill-diagram.html>.
- [31] Barstow D, Rohde D, Saul S, (2010) How the Rig Crew Responded to the Blowout, The New York Times. Access: http://www.nytimes.com/interactive/2010/12/26/us/20101226-deepwater-horizon-rig-video-diagram.html?_r=0.
- [32] Hayard T, Congress of the United States, House of Representatives, Committee on Energy and Commerce, (2010) Access:
- [33] BP, Deepwater Horizon Accident Investigation Report, Executive Summary, (2010) Access: http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/sustainability/issue-reports/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_Report_Executive_summary.pdf.

- [34] Moss M, Fountain H, (2010) Investigating the Cause of the Deepwater Horizon Blowout, The New York Times. Access: <http://www.nytimes.com/interactive/2010/06/21/us/20100621-bop.html? r=0>.
- [35] Corum J, Granberg A, Grondahl M, Xaquín G.V., Park H, Peçanha S, et al., (2010) Efforts to Suppress the Flow of Oil, The New York Times. Access: <http://www.nytimes.com/interactive/2010/05/25/us/20100525-topkill-diagram.html>.
- [36] Heyoun P, Xaquín GV, Graham R, Erin A, Shan C, Kevin Q, (2010) The New York Times. Access: <http://www.nytimes.com/interactive/2010/04/28/us/20100428-spill-map.html>.
- [37] Rabalais NN, Eugene TR. Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University; Charles G. Crawford and Dale M. Robertson, U.S. Geological Survey; Margot Stiles, Oceana; National Marine Fisheries Service, NOAA.
- [38] Zeller T. Estimates suggest spill is biggest in US history. The New York Times. 2010;27.
- [39] Griggs JW. BP Gulf of Mexico oil spill. Energy LJ. 2011;32:57.
- [40] Associated Press. Current estimates include the official government estimate of 172,000,000 gallons, and an estimate by Columbia University of 185,000,000 gallons. Seth Borenstein, Study Shows Latest Government Spill Estimate Right. 2010.
- [41] Randle RV. Oil Pollution Deskbook. Environmental Law Institute. 1991:450.
- [42] The role of BP in the deepwater horizon explosion and oil spill-Hearing before the subcommittee on oversight and investigations, (2010) representatives Coeac-Ho. Access: https://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/NOAA_related_docs/oil_spills/role_of_BP_DWH_explosion_oil_spill_111_137.pdf.
- [43] Freudenburg WR, Gramling R. Blowout in the Gulf: The BP oil spill disaster and the future of energy in America. Boston, USA: MIT Press; 2011.
- [44] Winerman L, Government Underestimated, Underreported Oil Spill Size, (2010) Access: <http://www.pbs.org/newshour/rundown/report-federal-government-underestimated-underreported-oil-spill-size/>.
- [45] Carrigan C. Reform in Real Time: Evaluating Reorganization as a Response to the Gulf Oil Spill. 2014.
- [46] Murchison KM. Beyond Compensation for Offshore Drilling Accidents: Lowering Risks, Improving Response. Miss CL Rev. 2011;30:277.

- [47] Henry W, Drilling down on America's energy future: Safety, security and clean energy (2010) Congress t. Access: <https://www.hsdl.org/?view&did=743573>.
- [48] The Associated Press, (2010) BP didn't plan for major oil spill in Gulf of Mexico, Access: http://blog.al.com/live/2010/04/document_bp_didnt_plan_for_maj.html.
- [49] Plater ZJ. The Exxon Valdez Resurfaces in the Gulf of Mexico and the Hazards of Megasytem Centripetal Di-Polarity. BC Envtl Aff L Rev. 2011;38:391.
- [50] Han LC. New Directions in the American Presidency. USA: Taylor & Francis; 2011.
- [51] Markon J, (2010) 'BP squad' assembles to probe oil spill; Criminal inquiry to focus on three firms and their ties to regulators, Washington DC newspapers. Access: <https://www.highbeam.com/doc/1P2-25423569.html>.
- [52] Associated Press, (2016) BP estimates cost of 2010 Gulf oil spill at \$61.6 billion, Fuel fix. Access: <http://fuelfix.com/blog/2016/07/14/bp-estimates-cost-of-2010-gulf-oil-spill-at-61-6-billion/>.
- [53] OCS EIS/EA BOEMRE, Increased Safety Measures for Energy Development on the Outer Continental Shelf, for 30 CFR Part 250 Environmental Assessment and Finding of No Significant Impact (2010) Access: https://www.boem.gov/uploadedFiles/BOEM/Environmental_Stewardship/Environmental_Assessment/NEPA/policy/assessments/EASafetyRule.pdf.
- [54] Lawrence KI, Liability, Compensation, and Financial Responsibility Under the Oil Pollution Act of 1990: A Review of the Second Decade (2011) Journal TML. Access: <http://www.winston.com/images/content/1/0/1072.pdf>.
- [55] McAndrews KL. Consequences of Macondo: A summary of recently proposed and enacted changes to US offshore drilling safety and environmental regulation. SPE Americas E&P Health, Safety, Security, and Environmental Conference: Society of Petroleum Engineers; 2011.
- [56] Γρηγόρης Ι. Τσάλτας, το Διεθνές Καθεστώς των Θαλασσών και των Ωκεανών, Διεθνής Πολιτική, Διεθνές Δίκαιο, Διεθνής Οργάνωση, Τόμος δεύτερος, Ι. Σίδερης, Αθήνα 2003.
- [57] IMO (2015a).MARPOL Annex I - Prevention of Pollution by Oil. IMO website
- [58] No 10-4536, United States of America v. BP Exploration & Production, Inc., et al, Judge Barbier, Document 13355, Finding of facts and conclusions of Law.
- [59] Π.Δ.11/2002 - ΦΕΚ 6/Α/21-1-2002

