

Ατυχήματα σε υπεράκτιες
εγκαταστάσεις εξόρυξης πετρελαίου
και φυσικού αερίου: Η περίπτωση
της πλατφόρμας Deepwater Horizon

Τομέας: Βιομηχανικής Διοίκησης & Επιχειρησιακής Έρευνας

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Κηρυττόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ

Συνεπιβλέπουσα: Μυρτώ Κωνσταντινίδου, ΕΛΕ Β' ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ



--- κενή σελίδα ---

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία, θεωρώ αναγκαίο να ευχαριστήσω θερμά τη κυρία Μυρτώ Κωνσταντινίδου (ΕΛΕ Β' ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ) για την πολύτιμη καθοδήγησή της με την ιδιαίτερη εμπειρία και γνώσεις που τη χαρακτηρίζουν αναφορικά με τις υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης και τη πετρελαϊκή βιομηχανία.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Κωνσταντίνο Κηρυττόπουλο (Καθηγητής ΕΜΠ), για το ενδιαφέρον και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα.

Υπεύθυνη δήλωση για λογοκλοπή και για κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας:

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον οδηγό συγγραφής Διπλωματικών Εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι προϊόν δικής μου εργασίας και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Παναγιώτης Μπούγας

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή τη Διπλωματική εργασία είναι του συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	7
Abstract	8
Ορισμοί	9
Αρκτικόλεξα.....	10
1. Εισαγωγή	12
2. Ατυχήματα σε πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων	14
2.1 Ανάλυση ατυχημάτων του παρελθόντος.....	14
2.1.1 Piper Alpha	14
2.1.2 Alexander L. Kielland	19
2.1.3 Mumbai (Bombay) High North Platform	21
2.1.4 Abkatun-A Permanente	24
2.1.5 Πετρελαιοκηλίδα Montara	25
2.1.6 Adriatic IV	26
2.1.7 Ixtoc	27
2.1.8 Gunashli Platform No.10.....	29
2.1.9 Fieldwood Energy Louisiana Explosion 2014	29
2.1.10 BP Thunder Horse	30
2.1.11 Taylor Energy Oil Platform	31
2.1.12 Kolskaya	32
2.1.13 Gryphon Alpha FPSO	32
2.1.14 Frade Underground Blowout	33
2.1.15 Cidade de Sao Mateus	34
2.1.16 Penglai 19-3 Oil Spill	35
2.1.17 Πρόσφατα ατυχήματα	35
2.2 Ιδιαίτεροι κίνδυνοι στις υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων	39
2.3 Υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο	42
2.3.1 Διεθνές δίκαιο	42
2.3.2 Ενωσιακό δίκαιο.....	43
3. Μέθοδος Έρευνας	47
4. Πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων στην Ελλάδα	49
5. Περιγραφή ατυχήματος Deepwater Horizon.....	51
6. Χρήση μεθόδου Accimap για ανάλυση του Deepwater Horizon	54
6.1 Εισαγωγή στο Accimap.....	54
6.2 Διάγραμμα Accimap	56
6.3 Παραπομπές Accimap	58
6.4 Ανάλυση διαγράμματος Accimap	60
7. Χρήση μεθόδου πεταλούδας (Bowtie) για ανάλυση του Deepwater Horizon.....	66
7.1 Εισαγωγή στο Bowtie	66
7.2 Διάγραμμα Bowtie.....	71

7.3 Ανάλυση διαγράμματος Bowtie.....	73
8. Ανάλυση λειτουργίας BOP και γεωτρητικού πολφού.....	77
9. Ανάλυση βαθύτερων αιτιών πρόκλησης του Deerwater Horizon και συστάσεις για αποτροπή παρόμοιων μελλοντικών συμβάντων	81
10. Εξελίξεις και Αλλαγές μετά το DWH.....	87
11. Ομοιότητες Κόλπου του Μεξικού με Μεσόγειο Θάλασσα και ανάλυση του περιβάλλοντός της.....	92
12. Συμπεράσματα	95
Κατάλογος Πινάκων	99
Κατάλογος Σχημάτων.....	100
Κατάλογος Εικόνων.....	101
Κατάλογος Αναφορών	103

Περίληψη

Οι τελευταίες δεκαετίες χαρακτηρίζονται από τις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις των χωρών παγκοσμίως. Για αυτό το λόγο, ο αγώνας για αναζήτηση και δέσμευση ορυκτών πόρων εντατικοποιήθηκε με αποτέλεσμα να αυξηθούν και οι εγκαταστάσεις έρευνας και εξόρυξης. Η εξόρυξη των υδρογονανθράκων δε περιορίζεται μόνο στη στεριά αλλά είναι εξίσου έντονη και στη θάλασσα μέσω των υπεράκτιων πλατφορμών. Οι υπεράκτιες πλατφόρμες είναι χώροι με περιορισμένη χωρητικότητα, δυσχερείς συνθήκες λόγω των διεργασιών που συντελούνται κατά την έρευνα και εξόρυξη υδρογονανθράκων, καθώς επίσης συχνά φέρουν εξοπλισμό μεγάλης ηλικίας καθιστώντας τις δυνητικά επικίνδυνες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Η παρούσα εργασία εξετάζει τόσο τις υπεράκτιες πλατφόρμες γενικότερα, ενώ εξειδικεύεται στη μελέτη περίπτωσης του ατύχηματος Deerwater Horizon στον Κόλπο του Μεξικού που συνέβη το 2010. Η ομοιότητα του Κόλπου του Μεξικού με τη Μεσόγειο εγείρει σοβαρές ανησυχίες για ένα παρόμοιο μελλοντικό ατύχημα και τις επιπτώσεις του σε αυτή. Σκοπός της διατριβής αποτελεί η αναζήτηση των βαθύτερων αιτιών που οδήγησαν στο ατύχημα DWH και στη συνέχεια η εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεων για την εφαρμογή τους στις μελλοντικές πλατφόρμες έρευνας και εξόρυξης υδρογονανθράκων στην Ελλάδα. Για την επίτευξη των παραπάνω χρησιμοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη συγκέντρωση πληροφοριών που αφορούν στις πλατφόρμες ενώ για τη μελέτη της περίπτωσης του Deerwater Horizon χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι Accimap και Bowtie. Η συγκεκριμένη διπλωματική διερευνά τα πρωταρχικά αίτια που οδήγησαν στο ατύχημα, αποτυπώνει την χρονολογική και αιτιολογική ακολουθία των γεγονότων και εν τέλει διατυπώνει συγκεκριμένες προτάσεις που δύνανται να εφαρμοστούν για τη προστασία της Ανατολικής Μεσογείου που χαρακτηρίζεται από έντονο γεωτρητικό ενδιαφέρον στην παρούσα φάση. Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί χρήσιμο οδηγό για τις υπεράκτιες γεωτρήσεις στη Ελλάδα, καθώς πρόκειται για μια χώρα που εξαρτάται άμεσα από το θαλάσσιο περιβάλλον της Μεσογείου και μια καταστροφή με έκταση σαν αυτή του Deerwater Horizon θα μπορούσε να αποβεί μοιραία για την οικονομία και το μέλλον της.

Abstract

The last decades are characterized by the increased energy demands worldwide. This is the reason why, the struggle for the exploration and exploitation of mineral resources has been intensified, resulting in the increase of mining facilities. Hydrocarbon extraction is not limited to onshore fields but is equally intense at sea via offshore installations. Offshore platforms are workplaces with limited space, difficult working and operational conditions due to the processes that take place during the extraction and production operations, as well as they often carry old equipment making them potentially dangerous to humans and to the environment. The present thesis examines both accidents in offshore installations in general, and specializes in the case study of the Deepwater Horizon accident in the Gulf of Mexico that occurred in 2010. The similarities of the Gulf of Mexico with the Mediterranean Sea raise serious concerns about a similar potential accident in it and the consequences it may have. The purpose of the dissertation thesis is to search for the deeper causes that led to the DWH accident and then to draw conclusions and proposals for their implementation in future offshore installations in Greece. To achieve this goal, a literature review was performed to gather information about the offshore installations, while the Accimap and Bowtie methodologies were used to study in details the Deepwater Horizon case. This thesis investigates the primary causes that led to the accident, captures the chronological and causal sequence of events and finally formulates specific proposals that can be implemented to protect the Eastern Mediterranean Sea area, which is currently characterized by intense drilling interest. This study can serve as a useful guide for offshore drilling in Greece, as it is a country that is directly dependent on the marine environment of the Mediterranean Sea and a catastrophe similar to the Deepwater Horizon could be devastating to its global economy.

Ορισμοί

Παρακάτω ερμηνεύονται οι τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται, κατά κόρον, με σκοπό τη καλύτερη κατανόηση της εργασίας:

Πίνακας 1: Ορισμοί

Έννοια	Ορισμός
Έκρηξη λόγω υπερπίεσης (Blowout)	Είναι η ανεξέλεγκτη απελευθέρωση/εκτόνωση αργού πετρελαίου ή/και φυσικού αερίου από ένα κοιτάσμα μετά από αστοχία στα συστήματα ελέγχου πίεσης.
Χτύπημα υπερπίεσης (Kick)	Είναι ένα πρόβλημα ελέγχου της γεώτρησης, όταν η πίεση του κοιτάσματος είναι υψηλότερη από την υδροστατική πίεση της στήλης γεωτρητικού πολφού (drilling mud) που φέρει το γεωτρώπανο. Όταν συμβαίνει αυτό η μεγαλύτερη πίεση του κοιτάσματος πιέζει τα ρευστά του πετρώματος μέσα στη γεώτρηση. Αυτή η εξαναγκασμένη ροή υγρών ονομάζεται kick. Εάν η ροή ελεγχθεί επιτυχώς τότε το «kick» έχει αποσβεστεί, διαφορετικά ένα ανεξέλεγκτο «kick» μπορεί να οδηγήσει σε «blowout».
Πλατφόρμες Deepwater	Είναι οι πλατφόρμες που βρίσκονται σε μεγάλα βάθη (περίπου στα 3.000 μέτρα βάθος)
Εξοπλισμός BOP	Το BOP είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη στεγανοποίηση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση γεωτρήσεων πετρελαίου και αερίου για την αποφυγή εκρήξεων και την ανεξέλεγκτη απελευθέρωση αργού πετρελαίου ή φυσικού αέριο από τη γεώτρηση.
Capping device	Είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για το σφράγισμα μιας γεώτρησης κατά τη φάση της εγκατάλειψής της.

Συνομεύσεις – Αρκτικόλεξα

Πίνακας 2: Αρκτικόλεξα

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΟ	ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΑ
ANSI	American National Standards Institute	Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων
API	American Petroleum Institute	Αμερικανικό Ινστιτούτο Πετρελαίου
BOP	Blow Out Preventer	Μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης
BP	British Petroleum	εταιρεία Βρετανικά Πετρέλαια
BSEE	Bureau of Safety and Environmental Enforcement (US)	Γραφείο Ασφάλειας και Επιβολής Περιβαλλοντικών κανονισμών και προστίμων (ΗΠΑ)
CSB	Chemical Safety Board (US)	Γραφείο Ασφάλειας και Διερεύνησης Ατυχημάτων (ΗΠΑ)
DWH	Deepwater Horizon	-
EDS	Emergency Disconnect Systems	Συστήματα Αποσύνδεσης Έκτακτης Ανάγκης
FPSO	Floating Production Storage and Offloading	Πλωτή Παραγωγή Αποθήκευση και Εκφόρτωση Υ/Α
GIRG	Global Industry Response Group	-
HPHT	High Pressure High Temperature	Υψηλή πίεση, Υψηλή θερμοκρασία
HSE	Health and Safety Executive (UK)	Διεύθυνση Υγιεινής και Ασφάλειας
IMO	International Maritime Organization	Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας
IOGP	International Association of Oil & Gas Producers	Διεθνής Ένωση Παραγωγών Πετρελαίου & Αερίου
MCD	Mudline Containment Device	Συσκευή περιορισμού λάσπης
MGS	Mud Gas Separator	Διαχωριστής αερίου-λάσπης

Πίνακας 2: Αρκτικόλεξα

MMS	Mineral Management System (US)	Σύστημα Διαχείρισης Ορυκτών Πόρων (ΗΠΑ)
MOC	Management of Change	Διαχείριση των Αλλαγών
MWCC	Marine Well Containment Company	-
OSPRAG	Oil Spill Prevention and Response Advisory Group	Συμβουλευτική Ομάδα Πρόληψης και Αντιμετώπισης Πετρελαιοκηλίδων
ROV	Remotely Operating Vehicle	Τηλεχειριζόμενο όχημα
WAD	Work As Done	Εργασία στη πράξη
WAI	Work As Imagined	Εργασία κατά τον σχεδιασμό
Υ/Α	-	Υδρογονάνθρακες
ΑΕΠ	-	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
ΑΟΖ	-	Ανεξάρτητη Οικονομική Ζώνη
Ε.Ε	-	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΟΗΕ	-	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

1. Εισαγωγή

Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν το καύσιμο της καθημερινότητας παγκοσμίως. Αποτελούν το καύσιμο της ανθρώπινης ανάπτυξης καθώς από αυτούς εξαρτάται άμεσα η βιομηχανία, οι μεταφορές και το βιοτικό επίπεδο της κάθε κοινωνίας. Η εξάρτηση του ανθρώπου από τους υδρογονάνθρακες είναι τεράστια, παρόλη την προτροπή για στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς κάτι τέτοιο απαιτεί μεγάλο χρόνο μετάβασης και κόστος. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι υδρογονάνθρακες είναι περιορισμένοι και βαίνουν διαρκώς μειούμενοι, λόγω των μεγάλων ρυθμών ανάπτυξης του κόσμου, οι προσπάθειες για εντοπισμό νέων κοιτασμάτων γίνονται πιο εντατικές και η εξόρυξη υδρογονανθράκων γίνεται σε στεριά και θάλασσα. Η υψηλή ζήτηση υδρογονανθράκων έχει καταστήσει πλέον οικονομικά βιώσιμη την εκμετάλλευση κοιτασμάτων σε μεγάλα βάθη. Ωστόσο μεγάλα βάθη συνεπάγονται ακραίες συνθήκες εξόρυξης (υψηλή πίεση και θερμοκρασία) που καθιστούν τις επιτελούμενες διεργασίες στις υπεράκτιες πλατφόρμες ιδιαίτερα επικίνδυνες (Konstantinidou and Christou, 2012).

Στο παρελθόν η βιομηχανία πετρελαίου βίωσε πολλά ατυχήματα σε υπεράκτιες πλατφόρμες με κόστος τόσο σε ανθρώπινες ζωές όσο και στο περιβάλλον. Ωστόσο, η αναθεώρηση των υφιστάμενων πρακτικών αναφορικά με τη καταλληλότητά τους και την ασφάλεια γινόταν μόνο κατόπιν εκδήλωσης του ατυχήματος και η νοοτροπία των εταιρειών έδινε προτεραιότητα στη παραγωγή και όχι στην ασφάλεια.

Στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας θα ακολουθήσει αναφορά σε ατυχήματα του παρελθόντος στις υπεράκτιες πλατφόρμες παγκοσμίως για να αναδειχθούν οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους η υπεράκτια γεωτρητική δραστηριότητα μπορεί να αποβεί μοιραία. Ακόμη, στο παρόν κείμενο μελετώνται οι ιδιαίτεροι κίνδυνοι που χαρακτηρίζουν μια πλατφόρμα καθώς πρόκειται για ένα ιδιαίτερο εργασιακό περιβάλλον με ιδιότυπες απαιτήσεις και συνθήκες.

Η ασφάλεια στις υπεράκτιες πλατφόρμες ήταν ένα θέμα που αφύπνισε τη διεθνή κοινότητα, το 2010, με το ατύχημα του *Deerwater Horizon* που έλαβε χώρα στον Κόλπο του Μεξικού. Πρόκειται για ένα ατύχημα που εξαιτίας των βαρύτατων συνεπειών του, αποτέλεσε αφορμή για την συνειδητοποίηση κενών ασφαλείας στις εργασίες που εκτελούνται στην υπεράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Στη παρούσα εργασία γίνεται ενδελεχής ανάλυση του ιστορικού του ατυχήματος μέσω των μεθόδων ανάλυσης *Accimap* και *Bowtie*, και στη συνέχεια εξάγονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη ανάλυση. Ακόμη, γίνεται περαιτέρω εμβάθυνση στις λανθάνουσες αιτίες που οδήγησαν στο συγκεκριμένο ατύχημα. Επίσης, θα γίνει αναφορά στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο και πως αυτό έχει μεταβληθεί μετά το ατύχημα του *Macondo*, τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Η εστίαση στη μελέτη του ατυχήματος στο *Macondo* δεν είναι τυχαία και επιλέχθηκε καθώς ο Κόλπος του Μεξικού παρουσιάζει παρόμοια μορφολογία με τη Μεσόγειο Θάλασσα, δηλαδή τα μεγάλα βάθη γεώτρησης (*Deerwater*) και τη κλειστή θάλασσα. Επομένως, η συγκεκριμένη διατριβή δύναται να αποδώσει συμπεράσματα και προτάσεις για την αποφυγή παρόμοιων ατυχημάτων στην Μεσόγειο Θάλασσα στις υφιστάμενες πλατφόρμες αλλά και στις μελλοντικές γεωτρήσεις που επικεντρώνονται στην Νότιο-Ανατολική Μεσόγειο και στον Ελλαδικό χώρο και πρόκειται να μας απασχολήσουν στο εγγύς μέλλον. Ειδικά σε μια χώρα όπως η Ελλάδα που το μεγαλύτερο ποσοστό του ΑΕΠ προκύπτει από τον τουρισμό, μια ενδεχόμενη πετρελαιοκηλίδα, σαν αυτή του *Macondo*, δύναται να αποβεί καταστροφική για την οικονομία και το μέλλον της χώρας. Επομένως, η αξιολόγηση των κινδύνων από τη λειτουργία υπεράκτιων πλατφορμών στη Μεσόγειο κρίνεται ζωτικής σημασίας. Την αναγκαιότητα της μελέτης αυτής επιβεβαιώνει η επικαιρότητα και οι σύγχρονες γεωπολιτικές εξελίξεις με τη προσπάθεια της Ε.Ε για απεξάρτηση από τους Ρωσικούς

υδρογονάνθρακες που πρόκειται να θέσουν την Ελλάδα ως έναν ενεργειακό κόμβο αποθήκευσης υδρογονανθράκων για διανομή στην υπόλοιπη Ευρώπη ενώ το γεωτρητικό ενδιαφέρον έχει αναθερμανθεί στην παρούσα φάση.

Τέλος, η εργασία καταλήγει με τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη διατριβή και με σχόλια για το μέλλον της υπεράκτιας βιομηχανίας πετρελαίου παγκοσμίως με σκοπό την ευαισθητοποίηση και την κινητοποίηση για αποτροπή και μετριασμό ατυχημάτων σαν το Macondo.



Εικόνα 1: Αεροφωτογραφία της καταστροφής του Deepwater Horizon ¹

¹ Πηγή: https://www.huffingtonpost.gr/entry/ta-aitia-toe-mevaleroe-atechematos-thalassias-repanses-sten-anthropoteta_gr_60143d23c5b63b0fb28081f9

2. Ατυχήματα σε πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων

2.1 Ανάλυση ατυχημάτων του παρελθόντος

2.1.1 Piper Alpha

Η Piper Alpha ήταν μια πλατφόρμα υπό την εκμετάλλευση της Occidental Petroleum. Η τοποθεσία της ήταν στη Βόρεια Θάλασσα, σε απόσταση 193 χιλιομέτρων από το Αμπερντίν της Σκωτίας. Τον Ιούλιο του 1988 υπέστη μια τεράστια έκρηξη, η οποία θεωρείται έως σήμερα η χειρότερη καταστροφή σε πλατφόρμα εξόρυξης υδρογονανθράκων, στην ιστορία του Ηνωμένου Βασιλείου. Το δυστύχημα κόστισε τη ζωή σε 166 ανθρώπους από τα 226 μέλη του πληρώματος της πλατφόρμας, καθώς και σε άλλα δύο μέλη του πληρώματος ενός σκάφους επιφυλακής (Vinnem, 2013). Όσον αφορά στις υλικές ζημιές που προκλήθηκαν από το παραπάνω δυστύχημα, αυτές εκτιμώνται σε 1,4 δισεκατομμύρια δολάρια.

Αναλυτικότερα, η πλατφόρμα Piper Alpha ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 1973, ενώ ρυμουλκήθηκε στο κοίτασμα Piper το 1975 και ξεκίνησε τη παραγωγή το 1976. Επρόκειτο για μια αρθρωτή πλατφόρμα, ύψους 300 μέτρων με δυνατότητα φιλοξενίας 200 ατόμων. Στην αρχή είχε τη δυνατότητα παραγωγής πετρελαίου, ωστόσο στη συνέχεια, το 1978, έγιναν οι απαραίτητες αναβαθμίσεις και η πλατφόρμα είχε, πλέον, τη δυνατότητα να παράγει και φυσικό αέριο. Παρόλα αυτά, η παραπάνω αναβάθμιση της πλατφόρμας είχε ως αποτέλεσμα να γίνουν εκπτώσεις στα πρωτόκολλα ασφαλείας, καθώς με τη νέα χωροταξία συγκεντρώθηκαν ευαίσθητες περιοχές (όπως η συμπίεση του φυσικού αερίου), δίπλα στην αίθουσα ελέγχου. Εν τέλει, η Piper Alpha παρήγαγε αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο από 36 πηγάδια για παράδοση σε τέσσερις τερματικούς σταθμούς. Μάλιστα, την εποχή της καταστροφής, η εν λόγω πλατφόρμα ήταν από τις πιο παραγωγικές πλατφόρμες στη Βόρεια Θάλασσα αλλά η αναβάθμισή της αποδείχθηκε μοιραία.

Η παραπάνω αναβάθμιση, έδινε τη δυνατότητα στη πλατφόρμα κατά την εξαγωγή αερίου, να αφαιρεί το νερό και το υδρόθειο και στη συνέχεια να συμπιέζει και να ψύχει το αέριο. Τα βαρύτερα κλάσματα του αερίου συμπυκνώνονταν ως υγρό προπάνιο και το υπόλοιπο ως αέριο μεθάνιο. Το υγρό προπάνιο μέσω δύο παράλληλων αντλιών (η μια αντλία σε λειτουργία και η άλλη σε αναμονή) διοχετευόταν μαζί με το πετρέλαιο για μεταφορά σε τερματικό σταθμό. Πρέπει να σημειωθεί πως η Piper Alpha μπορούσε να λειτουργήσει σε δύο φάσεις. Κατά τη Φάση 1 το αέριο που εξορυσσόταν καιγόταν επιτόπου, οπότε γινόταν αποκλειστική παραγωγή πετρελαίου, ενώ στη Φάση 2 το αέριο που εξορυσσόταν, μετά από κατάλληλες διεργασίες πήγαινε στα κατάλληλα τερματικά, οπότε γινόταν ταυτόχρονη παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η Piper Alpha μέχρι πριν τρεις μέρες από το δυστύχημα λειτουργούσε στη Φάση 2, όταν για λόγους συντήρησης αναγκάστηκε να λειτουργεί στη Φάση 1. Κατά τη λειτουργία της αυτή, το υγρό προπάνιο εξακολουθούσε να αφαιρείται από το αέριο και να εγχέεται στη γραμμή εξαγωγής πετρελαίου, αλλά το αέριο μεθάνιο έπρεπε να καεί.

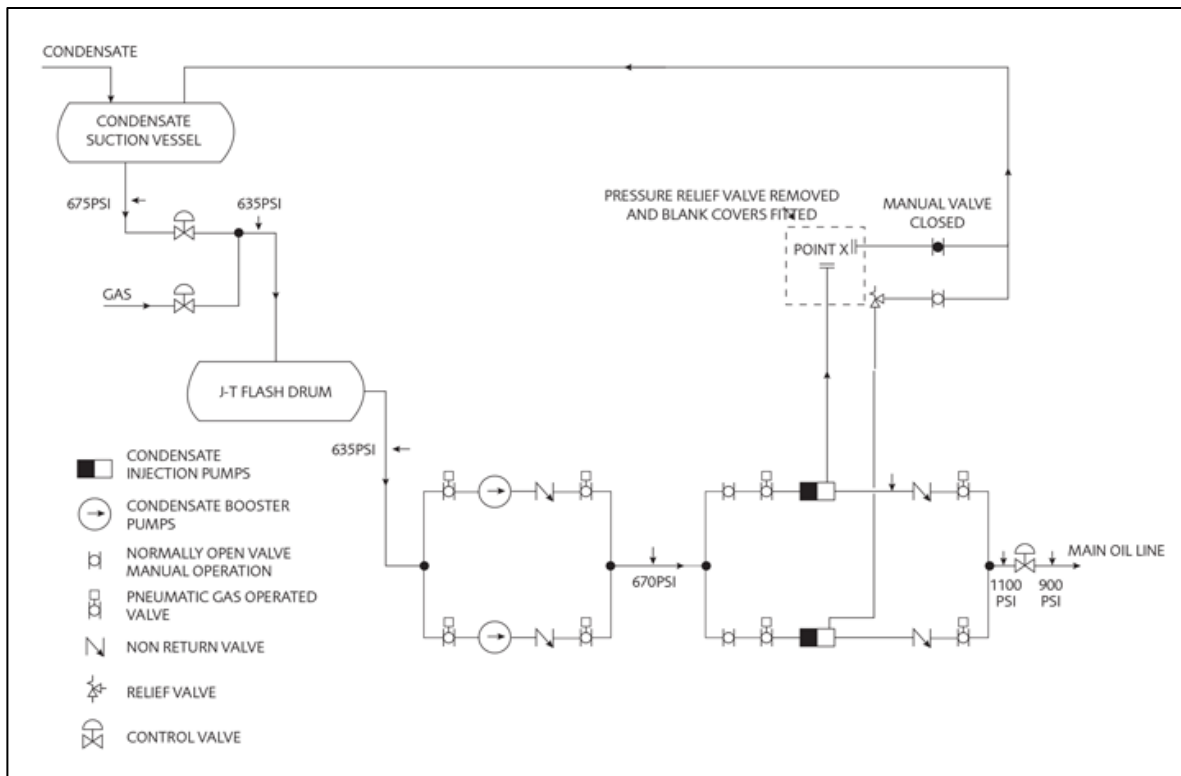
Το χρονικό του ατυχήματος ξεκινάει στις 6 Ιουλίου 1988, ώρα 12:00 το μεσημέρι. Η μια από τις δύο παράλληλες αντλίες, που προαναφέρθηκαν, τέθηκε εκτός λειτουργίας για την προγραμματισμένη συντήρηση. Η έξοδος του σωλήνα της εν λόγω αντλίας σφραγίστηκε με μια τυφλή φλάντζα, η οποία παρέμεινε εκεί όλη την ημέρα καθώς ο μηχανικός δε προλάβαινε να την επισκευάσει εκείνες τις ώρες. Ωστόσο, για να μην τεθεί σε λειτουργία η αντλία, έως ότου γίνουν οι απαραίτητες εργασίες συντήρησης, ο μηχανικός συμπλήρωσε ένα δελτίο που ανέφερε πως η αντλία δε έπρεπε για κανένα λόγο να λειτουργήσει ακόμη. Την ίδια μέρα, στις 18:00 ώρα, η νυχτερινή βάρδια ανέλαβε υπηρεσία. Ο μηχανικός συντήρησης της αντλίας δεν ενημέρωσε

κανέναν από τα ενεργά μέλη του πληρώματος και άφησε το παραπάνω σημείωμα στο κέντρο ελέγχου και αποχώρησε. Ωστόσο, το σημείωμα αυτό δε βρέθηκε ποτέ, αλλά εντελώς συμπτωματικά υπήρχε ένα σημείωμα που ανέφερε πως η αντλία έπρεπε να συντηρηθεί αλλά και πως δε είχε γίνει ακόμη αυτό, επομένως κάποιος θα μπορούσε να θεωρήσει ότι η αντλία παρέμενε λειτουργική αγνοώντας την τυφλή φλάντζα που είχε τοποθετηθεί. Στις 19:00, το σύστημα πυρόσβεσης τίθεται σε χειροκίνητο έλεγχο καθώς κοντά στην γραμμή εισαγωγής της αντλίας εκτελούσαν εργασίες συντήρησης κάποιοι δύτες και για την ασφάλειά τους ακολουθήθηκε το παραπάνω πρωτόκολλο ασφαλείας. Στις 21:45 η μια αντλία, από τις δύο παράλληλες, που παρέμενε σε λειτουργία έπαψε να λειτουργεί. Επειδή, η ενέργεια που χρειαζόταν η πλατφόρμα για να λειτουργήσει εξαρτιόταν από τη λειτουργία αυτών των αντλιών, ο υπεύθυνος της πλατφόρμας έπρεπε να αποφασίσει γρήγορα τι θα κάνει αλλιώς εντός μερικών λεπτών από τη διακοπή λειτουργίας της αντλίας, η πλατφόρμα θα έπαυε να έχει ρεύμα. Επομένως, έκανε μια γρήγορη έρευνα για το εάν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η αντλία που ήταν να συντηρηθεί, αγνοώντας όμως, καθώς δεν είχε ενημερωθεί, ότι η αντλία αυτή ήταν σφραγισμένη. Στις 21:52, δίνεται άδεια να λειτουργήσει η σφραγισμένη αντλία. Στις 21:55 σημειώνεται η πρώτη έκρηξη εξαιτίας διαρροής από τη φλάντζα. Το αέριο έρρεε μέσα στη αντλία και δημιούργησε υπερπίεση στο σημείο της τυφλής φλάντζας. Ως αποτέλεσμα η φλάντζα δεν άντεξε την πίεση και έσπασε με αποτέλεσμα να εκτοξευθεί με μεγάλη πίεση αέριο. Αρκετοί εργάτες άκουσαν τον θόρυβο καθώς επίσης και πολλοί συναγερμένοι ήχησαν άλλα χωρίς κανέναν να προλάβει να δράσει, το αέριο αναφλέγει και εξερράγη. Ο φύλακας που ήταν σε βάρδια εκείνη την ώρα πάτησε το κουμπί έκτακτης ανάγκης και έκλεισε όλες τις βαλβίδες στις σωλήνες εξαγωγής αερίου και πετρελαίου. Συνεπώς, η πλατφόρμα έπαψε την εξόρυξη. Ωστόσο, εξαιτίας της πρώτης έκρηξης, κάποια θραύσματα δημιούργησαν διαρροές σε άλλους σωλήνες, οι οποίες στη συνέχεια προκάλεσαν φωτιά. Στις 22:04 εκπέμπεται σήμα Mayday. Στις 22:05 ενημερώνεται η ακτοφυλακή και στέλνει δυνάμεις για διάσωση. Στις 22:06, δοχεία που περιείχαν αργό πετρέλαιο, μη μπορώντας να αντέξουν τη θερμότητα της φωτιάς που είχε ξεσπάσει, σπάνε και το αργό πετρέλαιο χύνεται στη θάλασσα. Σε κλάσματα δευτερολέπτου αναφλέγεται και αυτό, δημιουργώντας μεγάλο μαύρο πλούμιο καυσαερίων από την καύση του, το οποίο μπορούσε να φανεί από μεγάλη απόσταση. Παράλληλα, ξεκίνησε να καίγεται και μια παραπλήσια πλατφόρμα που χρησιμοποιούσαν οι δύτες για διάφορες εργασίες. Στις 22:20, υψηλή θερμοκρασία που είχε αναπτυχθεί στη περιοχή λόγω της φωτιάς προκάλεσε έκρηξη στον παραπλήσιο αγωγό μεταφοράς υδρογονανθράκων «Ταρταν» με αποτέλεσμα να απελευθερωθούν 30 τόνοι εξαιρετικά εύφλεκτων υλικών, τα οποία ανεφλέγησαν άμεσα δημιουργώντας μια πύρινη μπάλα. Μάλιστα, οι εκρήξεις και οι δονήσεις που σημειώθηκαν τότε, ήταν αρκετά ισχυρές ώστε να γίνουν αισθητές σε απόσταση ενός χιλιομέτρου από την πλατφόρμα. Σε εκείνο το σημείο η πλατφόρμα ήταν βέβαιο ότι θα καταστραφεί. Στις 22:50, άλλος ένας κοντινός αγωγός, ο «MCP-01» εκρήγνυται, δημιουργώντας φλόγες που έφτασαν τα 90 μέτρα. Μάλιστα, η θερμότητα ήταν τόσο έντονη που ένα διασωστικό σκάφος που είχε φτάσει εκεί, το «Tharros», αναγκάστηκε να απομακρυνθεί για να μην λιώσει. Στις 23:18, εκρήγνυται άλλος ένας αγωγός αερίου, ο «Claymore», απελευθερώνοντας ακόμη περισσότερο καύσιμο στη πύρινη καταιγίδα που είχε ξεσπάσει. Η θερμότητα που είχε δημιουργηθεί έλιωσε τους 20.000 τόνους ατσαλιού της πλατφόρμας εντός 80 λεπτών. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, η δομή της Piper Alpha είχε αποδυναμωθεί τόσο πολύ που οι κορυφές άρχισαν να καταρρέουν, Η κύρια μονάδα φιλοξενίας, ένα τετράωρο κτίριο στο οποίο είχαν βρει καταφύγιο 81 άνδρες, γλίστρησε στη θάλασσα. Όλοι όσοι ήταν μέσα πέθαναν. Οι επιχειρήσεις διάσωσης ξεκίνησαν στις 23:35 (McGinty, 2010).

Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος της πυρκαγιάς, οι φλόγες που είχαν προκληθεί στη πλατφόρμα είχαν ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας ίσο με 100 GW, δηλαδή τρεις φορές μεγαλύτερο από το συνολικό ρυθμό

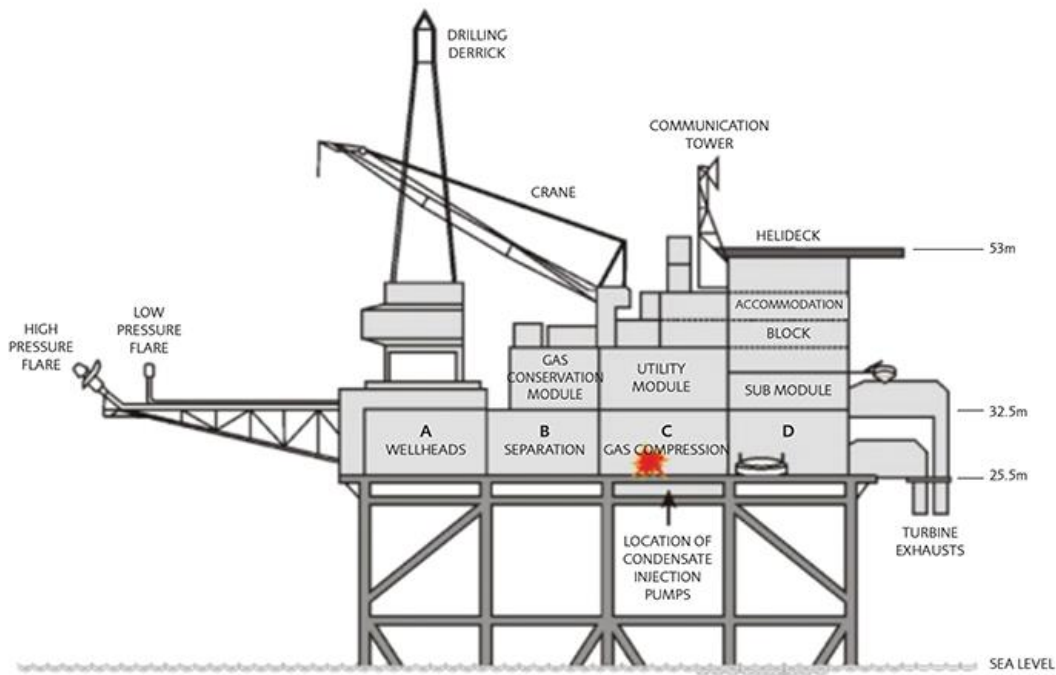
κατανάλωσης ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου. Μάλιστα, χρειάστηκαν πάνω από τρεις βδομάδες για να σβήσουν οι πυρκαγιές.

Από τις έρευνες που ακολούθησαν το δυστύχημα, προέκυψε ότι σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε πως το μεγαλύτερο μέρος του προσωπικού που είχε την δικαιοδοσία να διατάξει εκκένωση είχε σκοτωθεί όταν η πρώτη έκρηξη κατέστρεψε το δωμάτιο ελέγχου. Αυτό ήταν αποτέλεσμα του σχεδιασμού της πλατφόρμας που δε περιλάμβανε τοίχους προστασίας από εκρήξεις. Ακόμη, σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι κοντινές συνδεδεμένες πλατφόρμες Tartan και Claymore συνέχισαν να στέλνουν φυσικό αέριο και πετρέλαιο στη Piper Alpha έως ότου οι αγωγοί να εκραγούν λόγω υψηλής θερμοκρασίας. Τα συνεργεία επιχειρήσεων δε πίστευαν ότι είχαν την δικαιοδοσία να διακόψουν την παραγωγή, παρόλο που μπορούσαν να δουν ότι η Piper Alpha καιγόταν. Η έρευνα Cullen που διενεργήθηκε το Νοέμβριο του 1988 για να διαπιστωθεί η αιτία καταστροφής, κατέληξε σε 106 συστάσεις για αλλαγές στις διαδικασίες ασφαλείας στη Βόρεια Θάλασσα, αναφορικά με τη λειτουργία του εξοπλισμού, την επικοινωνία του προσωπικού της πλατφόρμας, τον ασφαλή σχεδιασμό των πλατφορμών και τις επικοινωνίες των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης (Cullen,1990).



Εικόνα 2: Διάγραμμα εγκατάστασης Piper Alpha με αντλίες συμπυκνώματος και ανακουφιστικές βαλβίδες ασφαλείας²

² Πηγή : <https://www.thechemicalengineer.com/features/piper-alpha-the-disaster-in-detail/>



Εικόνα 3: Διάγραμμα εγκατάστασης Piper Alpha. Το κόκκινο σημάδι δείχνει από που πιθανώς ξεκίνησε η αρχική διαρροή ³



Εικόνα 4: Φωτογραφία της πλατφόρμας λίγο μετά τη δεύτερη έκρηξη ⁴

³ Πηγή : <https://www.thechemicalengineer.com/features/piper-alpha-the-disaster-in-detail/>

⁴ Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Piper_Alpha#/media/File:Piper_Alpha_oil_rig_fire.jpg



Εικόνα 5: Τα απομεινάρια της πλατφόρμας ⁵

⁵ Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Piper_Alpha#/media/File:Module_A_Remains.jpg

Εικόνα 6: Μνημείο για τους νεκρούς της Piper Alpha ⁶

2.1.2 Alexander L. Kielland

Η Alexander L. Kielland ήταν μια Νορβηγική ημι-βυθιζόμενη πλατφόρμα που ανετράπη κατά τη λειτουργία της, στο πετρελαϊκό πεδίο Ekofisk, τον Μάρτιο του 1980, σκοτώνοντας 123 ανθρώπους. Πρόκειται για το χειρότερο δυστύχημα σε Νορβηγικά χωρικά ύδατα από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου.

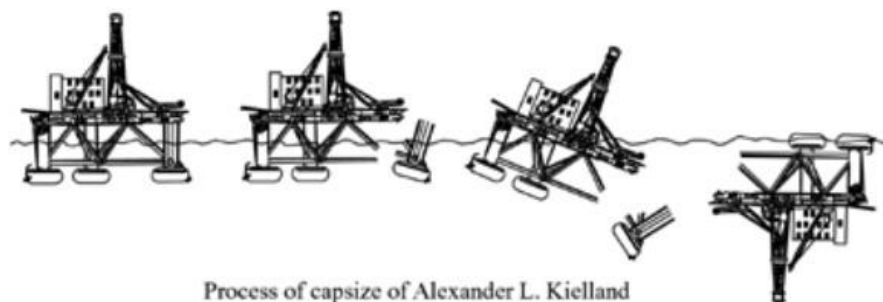
Η πλατφόρμα βρισκόταν 320 χιλιόμετρα ανατολικά του Νταντί της Σκωτίας και ήταν στη κατοχή της Νορβηγικής Stavanger Drilling Company. Η πλατφόρμα ναυπηγήθηκε ως κινητή μονάδα γεώτρησης σε Γαλλικό ναυπηγείο και παραδόθηκε στην ανάδοχο εταιρεία το 1976. Αυτή η πλατφόρμα δε χρησιμοποιούνταν για εξόρυξη, αλλά σαν χώρος φιλοξενίας των μελών του πληρώματος των κοντινών πλατφορμών. Μέχρι το 1978 είχε αποκτήσει χώρους για τη φιλοξενία τουλάχιστον 386 ατόμων. Τη χρονιά του ατυχήματος, το 1980, η πλατφόρμα βρισκόταν στη Νορβηγική Βόρεια Θάλασσα και παρείχε φιλοξενία στο πλήρωμα της πλατφόρμας εξόρυξης «Edda 2/7C» (Bignell and Fortune, 1998).

⁶ Πηγή : <https://jpt.spe.org/process-safety-thirty-years-after-piper-alpha-disaster>

Τη μέρα του ατυχήματος, στις 27 Μαρτίου 1980, επικρατούσε ομίχλη και έντονη βροχόπτωση στη περιοχή. Στη πλατφόρμα βρίσκονταν, εκτός υπηρεσίας, 200 άτομα. Ο άνεμος έπνεε με ταχύτητα 74 km/h με τα κύματα να φτάνουν σε ύψος 12 μέτρων. Η Alexander L.Kielland είχε μόλις ρυμουλκηθεί μακριά από την πλατφόρμα εξόρυξης «Edda 2/7C». Στις 18:30, οι επιβαίνοντες στη πλατφόρμα ένωσαν ένα απότομο ράγισμα, το οποίο επακολούθησε ένα τρέμουλο της πλατφόρμας. Ξαφνικά, η πλατφόρμα έλαβε κλίση πάνω από 30 μοίρες και μετά σταθεροποιήθηκε ξανά. Αυτό συνέβη γιατί πέντε από τις συνολικά έξι αγκυρώσεις της πλατφόρμας είχαν σπάσει και η μια εναπομένουσα αγκύρωση «κράταγε» τη πλατφόρμα από την ανατροπή της. Στις 18:53, η πλατφόρμα συνέχισε να αυξάνει τη κλίση της και η τελευταία αγκύρωση έσπασε με αποτέλεσμα η πλατφόρμα να ανατραπεί.

Στη πλατφόρμα, την ώρα της ανατροπής, 130 άνδρες ξεκουράζονταν στο σαλόνι και στον κινηματογράφο. Επίσης, η πλατφόρμα διέθετε τέσσερις σωσίβιες λέμβους αλλά μόνο μία κατάφερε να εκτοξευθεί, γιατί διέθεταν εξοπλισμό ασφαλείας που δεν επέτρεπε να απελευθερωθούν μέχρι να αφαιρεθεί η τάση από τα καλώδια που τις συγκρατούσαν. Ο τραγικός απολογισμός ήταν 123 νεκροί από τους 212 που ήταν το πλήρωμα. Οι έρευνες που ακολούθησαν έδειξαν ότι το δυστύχημα οφειλόταν σε δομική αστοχία της πλατφόρμας και στη κακής ποιότητας συγκόλληση που είχε γίνει σε έναν από τους έξι βραχίονες στήριξης της πλατφόρμας (Lancaster, 2005).

Ως αποτέλεσμα, της καταστροφής του Alexander L.Kielland, οι πλατφόρμες της Βόρειας Θάλασσας απέκτησαν πιο σαφή οργάνωση διοίκησης, ορίζοντας ρητά τον υπεύθυνο που θα διέταζε την εγκατάλειψη της πλατφόρμας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (Balleisen, 2017). Μάλιστα, σύμφωνα με τις μελέτες που διενεργήθηκαν επί του ατυχήματος, κατέστη σαφές ότι οι εργάτες είχαν μόλις 14 λεπτά μεταξύ της αρχικής αστοχίας και της τελικής ανατροπής για να εγκαταλείψουν τη πλατφόρμα, κάτι που δεν έκαναν επειδή δεν υπήρχε μια αποτελεσματική διοικητική δομή. Αυτές, οι πλέον αναθεωρημένες και σαφείς δομές διοίκησης χρησιμοποιούνται στη θάλασσα σήμερα για περιπτώσεις όπου τα σκάφη χάνουν αγκυροβόλια σε συνθήκες καταιγίδας ή όταν οι σταθερές εγκαταστάσεις απειλούνται από σκάφη εκτός ελέγχου. Ακόμη, ο IMO εξέδωσε απαίτηση για όλες τις σωσίβιες λέμβους να εφοδιάζονται με γάντζους για να μπορούν να απελευθερωθούν πιο εύκολα και υπό φορτίο (δηλαδή με τα άτομα ήδη μέσα) (Farag, 2020).



Εικόνα 7: Στάδια ανατροπής πλατφόρμας Alexander L.Kielland ⁷

⁷ Πηγή : <https://officerofthewatch.files.wordpress.com/2013/03/2013-04-29-alexander-l-kielland-capsize-accident-in-north-sea-figure-2.jpg>



Εικόνα 8: Η πλατφόρμα Alexander L.Kielland δεξιά⁸



Εικόνα 9: Μνημείο για τους νεκρούς της Alexander L.Kielland⁹

2.1.3 Mumbai (Bombay) High North Platform

Η πλατφόρμα Mumbai High North ήταν ουσιαστικά ένα σύμπλεγμα επιμέρους πλατφορμών που εντοπίζονταν στο πετρελαϊκό πεδίο Mumbai High Field, 176 km δυτικά της Βομβάης, της Ινδίας. Η εν λόγω

⁸ Πηγή : [https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_L._Kielland_\(platform\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_L._Kielland_(platform))

⁹ Πηγή : <https://www.conocophillips.no/news-media/story/40-years-since-the-alexander-l-kielland-disaster/>

πλατφόρμα ενεπλάκη σε ένα μεγάλο ατύχημα, όταν ένα πλοίο έπεσε πάνω της, κοστίζοντας τη ζωή σε 22 ανθρώπους.

Αναλυτικότερα, το παραπάνω σύμπλεγμα αποτελούταν από μια επιμέρους μικρή πλατφόρμα πάνω από το πηγάδι της γεώτρησης, μια επιμέρους πλατφόρμα για φιλοξενία των πληρωμάτων και δύο επιμέρους πλατφόρμες για διάφορες παραγωγικές διεργασίες. Η συνολική εγκατάσταση έπαιρνε πετρέλαιο και φυσικό αέριο από 11 πηγάδια και τα προωθούσε στη στεριά (Dhillon, 2010). Η πλατφόρμα ήταν υπό την εκμετάλλευση της Oil & Natural Gas Corporation (ONGC), μια κρατική πετρελαϊκή εταιρεία. Τη μέρα του ατυχήματος, μια πλωτή πλατφόρμα jack-up εκτελούσε εργασίες στη μικρή πλατφόρμα πάνω από το πηγάδι και στη περιοχή έπνεαν μουσώνες.

Το ατύχημα συνέβη στις 27 Ιουλίου 2005, όταν ένα πλοίο υποστήριξης με μήκος 100 μέτρα, το «Samundra Suraska», μετέφερε έναν τραυματισμένο εργάτη στη πλατφόρμα για ιατρική περίθαλψη (Dhillon, 2021). Όπως, προαναφέρθηκε, στη περιοχή έπνεαν μουσώνες οπότε δε μπορούσαν να λειτουργήσουν τα ελικόπτερα. Ο γερανός της πλατφόρμας δε λειτουργούσε για τη μεταφορά του ασθενή, επομένως το πλοίο ήρθε στη απάνεμη πλευρά για να μεταφέρει τον ασθενή με τον δικό του γερανό. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα πρόωσης αζιμουθίου του πλοίου δε λειτουργούσε σωστά οπότε το σκάφος τέθηκε υπό χειροκίνητο έλεγχο. Ξαφνικά, το πλοίο παρουσίασε μεγάλη κλίση, εξαιτίας των ανέμων, και το ελικοδρόμιό του, χτύπησε του σωλήνες ανύψωσης αερίου της πλατφόρμας, προκαλώντας διαρροή. Η διαρροή αυτή δημιούργησε ανάφλεξη πολύ γρήγορα και ξέσπασε μεγάλη πυρκαγιά στη πλατφόρμα. Εξαιτίας της πυρκαγιάς μόνο δύο σωσίβιες λέμβοι ελευθερώθηκαν και εξαιτίας των μουσώνων κανένα ελικόπτερο δε μπορούσε να συνδράμει στη διάσωση.

Το αποτέλεσμα ήταν 22 νεκροί άνθρωποι, ενώ 362 διασώθηκαν σε διάστημα 15 ωρών και το πλοίο βυθίστηκε. Από το παραπάνω συμβάν, προέκυψαν πολλά μαθήματα τα οποία αφορούσαν την ανάγκη για νέα χωροταξία και δομή των σωλήνων ανύψωσης «risers» καθώς και για νέους κανονισμούς σχετικά με τον τύπο των πλοίων καθώς και τον τρόπο προσέγγισης αυτών, στις πλατφόρμες (Srinivasan Chandrasekaran, 2016).



Εικόνα 10: Το Mumbai High North Complex ¹⁰

¹⁰ Πηγή : <https://www.ams-grp.com/wp-content/uploads/2020/07/Mumbai-north-Blow-outreport.pdf>



Εικόνα 11: Φωτογραφία από τη φωτιά που ξέσπασε στο Mumbai High North Complex ¹¹



Εικόνα 12: Το πλοίο Samundra Suraska ¹²

¹¹ Πηγή : <https://www.ams-grp.com/wp-content/uploads/2020/07/Mumbai-north-Blow-outreport.pdf>

¹² Πηγή : <https://www.ams-grp.com/wp-content/uploads/2020/07/Mumbai-north-Blow-outreport.pdf>

2.1.4 Abkatun-A Permanente

Η πλατφόρμα Abkatun ανήκει στο πετρελαϊκό κολοσσό Pemex, που είναι κρατική εταιρεία του Μεξικού. Η πλατφόρμα βρίσκεται στη χερσόνησο Γιουκατάν, 132 χιλιόμετρα βορειοανατολικά από το λιμάνι του Dos Bocas και παράγαγε 300.000 βαρέλια πετρελαίου ημερησίως.

Τη 1^η Απριλίου 2015 σημειώθηκε μια έκρηξη στη πλατφόρμα, που βύθισε μεγάλο τμήμα της. Η έκρηξη προκλήθηκε στο τμήμα της πλατφόρμας όπου γινόταν η άντληση και η αφαίρεση υγρασίας του αερίου, ενώ στη συνέχεια έγινε ανάφλεξη και η πλατφόρμα άρχισε να καίγεται. Όπως, προέκυψε αργότερα, η έκρηξη προκλήθηκε από μια διαρροή σε έναν σωλήνα μεταφοράς αερίου που χρησιμοποιούνταν σπανίως. Ο εν λόγω σωλήνας φάνηκε ότι παρουσίασε ασυνήθιστα γρήγορο ρυθμό διάβρωσης εξαιτίας της παρουσίας μικρο-οργανισμών και θειικού οξέος εντός του μεταφερόμενου αερίου.

Η μοιραία φωτιά κόστισε τη ζωή σε 4 ανθρώπους, ενώ 16 άλλοι τραυματίστηκαν σοβαρά. Ωστόσο, η εταιρεία δεν αντιμετώπισε νομικές κυρώσεις καθώς ακολουθούσε όλα τα προβλεπόμενα μέτρα και το πρόβλημα οφειλόταν στους μικρο-οργανισμούς που έφερε το φυσικό αέριο (Khan and Abbassi, 2018). Μάλιστα η εταιρεία δεσμεύτηκε να αναθεωρήσει την κατασκευή δεκάδων μιλίων παρόμοιων γραμμών αερίου για να αντιμετωπίσει παρόμοια ενδεχόμενα.



Εικόνα 13: Η πυρκαγιά στη πλατφόρμα Abkatun Permanente ¹³

¹³ Πηγή : <https://petroglobalnews.com/tag/abkatun-permanente/>

2.1.5 Πετρελαιοκηλίδα Montara

Η πετρελαιοκηλίδα Montara προέκυψε από διαρροή πετρελαίου και φυσικού αερίου, που έλαβε χώρα στο πετρελαϊκό πεδίο Montara στη Θάλασσα του Τιμόρ, στα ανοιχτά της βόρειας ακτής της Δυτικής Αυστραλίας. Στο συγκεκριμένο ατύχημα, δεν υπήρχαν ανθρώπινα θύματα αλλά προκλήθηκε τεράστια οικολογική καταστροφή. Θεωρείται μια από τις χειρότερες πετρελαϊκές καταστροφές στην ιστορία της Αυστραλίας.

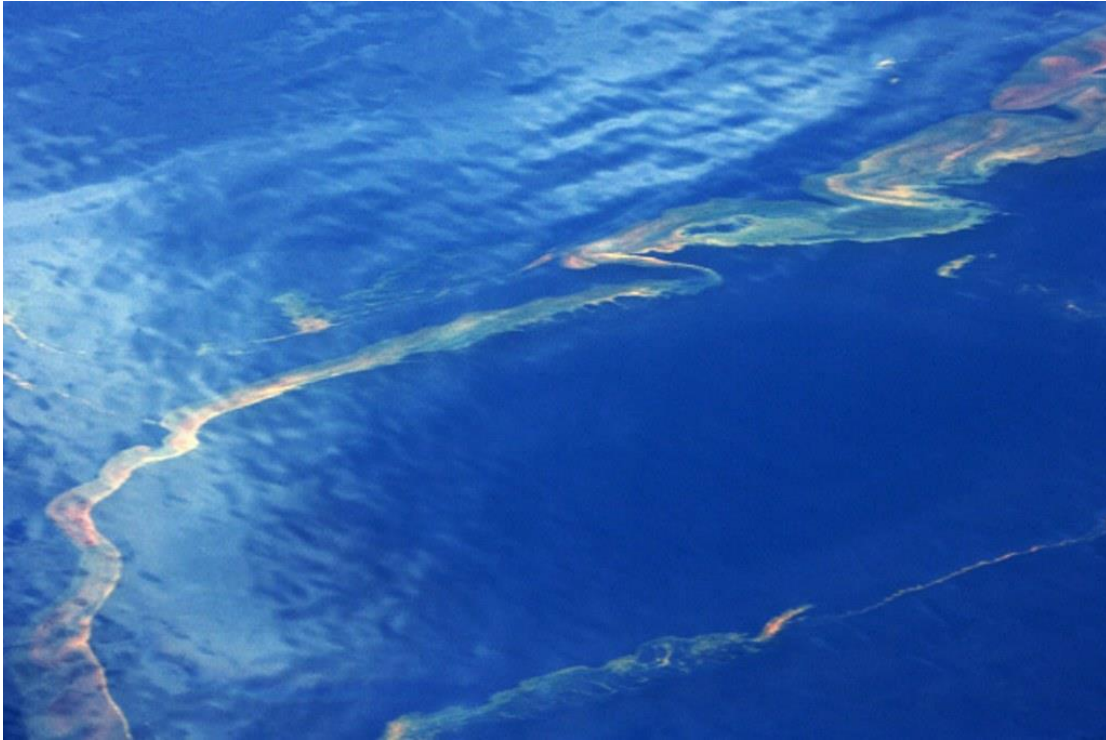
Η διαρροή προήλθε από τη πλατφόρμα «Montara Wellhead Platform», στις 21 Αυγούστου 2009, μετά από μια έκρηξη που σημειώθηκε σε αυτή. Η πλατφόρμα βρισκόταν σε βάθος θαλάσσης 76 μέτρα και το βάθος της γεώτρησης ήταν περίπου 3 χιλιόμετρα. Την ώρα του ατυχήματος βρίσκονταν στη πλατφόρμα 69 εργαζόμενοι, οι οποίοι απομακρύνθηκαν με ασφάλεια. Η διαρροή συνέχισε να υπάρχει για συνολικά 75 μέρες, όταν σταμάτησε με άντληση λάσπης και το πηγάδι σφραγίστηκε. Μάλιστα, μέχρι τις 24 Αυγούστου, η πετρελαιοκηλίδα που είχε προκύψει από την εν λόγω διαρροή, υπολογίστηκε ότι είχε μήκος 14 χιλιόμετρα και πλάτος 30 μέτρα. Στις 29 Αυγούστου, η πετρελαιοκηλίδα έφτασε σε μήκος τα 180 χιλιόμετρα. Ακόμη, η κηλίδα εξαπλώθηκε σε 6.000 km² ωκεανού, με το πετρέλαιο να μολύνει την τοπική θαλάσσια πανίδα και χλωρίδα (Faure, 2018).

Η έκρηξη και εν συνεχεία η διαρροή αποδόθηκαν στη κακής ποιότητας τσιμέντωση της γεώτρησης, η οποία ενδεχομένως προκάλεσε και τη διαρροή. (Gold, Russell; Casselman, Ben (30 April 2010). "Drilling Process Attracts Scrutiny in Rig Explosion". The Wall Street Journal). Ο φορέας εκμετάλλευσης (PTTEP Australasia) υπολόγισε ότι χάνονταν καθημερινά 64 τόνοι αργού πετρελαίου. Για την αντιμετώπιση της καταστροφής επιστρατεύθηκαν εναέρια μέσα για την επιτήρηση της πετρελαιοκηλίδας καθώς και για ψεκασμούς με διασκορπιστικές ουσίες. Ακόμη, πραγματοποιήθηκαν επιχειρήσεις περιορισμού και ανάκτησης του πετρελαίου από πλωτά μέσα. Εκπρόσωποι της PTTEP συναντήθηκαν με κυβερνητικούς αξιωματούχους της Ινδονησίας, η οποία και επλήγη σε μεγάλο βαθμό, για να συζητήσουν πιθανές αποζημιώσεις. Ωστόσο, η εταιρεία απέρριψε οποιοδήποτε ισχυρισμό για δικές της ευθύνες και δεσμεύτηκε στην Αυστραλιανή κυβέρνηση να χρηματοδοτήσει πολλές επιστημονικές μελέτες με σκοπό να προσδιοριστούν τυχόν, επιπλέον, περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο μέλλον (Mervin Fingas., 2017).



Εικόνα 14: Η φωτιά που ξέσπασε στη πλατφόρμα Montara Wellhead Platform ¹⁴

¹⁴ Πηγή : <https://www.poandpo.com/news/indonesia-says-australia-responsible-for-ecosystem-damage-from-montara-oil-spill-1242019692/>



Εικόνα 15: Αεροφωτογραφία της πετρελαιοκηλίδας στις 25 Αυγούστου 2009 ¹⁵

2.1.6 Adriatic IV (2004)

Η Adriatic IV ήταν ένα γεωτρύπανο τύπου jack-up, που βρισκόταν στο πετρελαϊκό πεδίο Temsah, στα ανοιχτά του Port Said της Αιγύπτου, στη Μεσόγειο. Το γεωτρύπανο ήταν δίπλα σε μια πλατφόρμα παραγωγής συμφερόντων της BP, της ENI και της Αιγύπτου. Η έκρηξη αερίου σημειώθηκε κατά τις εργασίες γεώτρησης, όπου γινόταν διάνοιξη ενός πηγαδιού φυσικού αερίου και προκλήθηκε φωτιά. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες, η φωτιά εξαπλώθηκε γρήγορα στη πλατφόρμα, όπου συνέχισε να μαίνεται για τουλάχιστον μια βδομάδα προτού τεθεί υπό έλεγχο. Στη πλατφόρμα εργάζονταν πάνω από 150 άνθρωποι, οι οποίοι απομακρύνθηκαν με ασφάλεια χωρίς θύματα. Η Global Santa Fe, ένας εργολάβος υπεράκτιων γεωτρήσεων, ανέφερε πως το γεωτρύπανο Adriatic IV ήταν βυθισμένο και μη διασώσιμο. Η πλατφόρμα υπέστη και αυτή ανεπανόρθωτη ζημιά και ο υπουργός Πετρελαίου της Αιγύπτου διέταξε την διάλυσή της. Σε λιγότερο από ένα χρόνο από το ατύχημα, η παραγωγή στο πεδίο Temsah επανήλθε σε πλήρεις ρυθμούς παραγωγής.

Η ζημιά του παραπάνω ατυχήματος ήταν περισσότερο οικονομική παρά οικολογική. Το κόστος του κατεστραμμένου γεωτρύπανου αποτιμήθηκε στα 50 εκατομμύρια δολάρια, ενώ η απομάκρυνση των συντριμμίων υπολογίστηκε στα 12,5 εκατομμύρια δολάρια. Όλα τα κόστη καλύφθηκαν από ασφαλιστικά ταμεία (Vinnem, 2013).

¹⁵ Πηγή : <https://www.flickr.com/photos/skytruth/3884431230>



Εικόνα 16: Η φωτιά στη πλατφόρμα Adriatic IV ¹⁶

2.1.7 Ixtoc

Το Ixtoc I ήταν η γεώτρηση που άνοιξε η ημι-βυθιζόμενη γεωτρητική πλατφόρμα Sedco 135 για ερευνητικούς λόγους. Η εν λόγω γεώτρηση γινόταν στον Κόλπο του Μεξικού σε βάθος 50 μέτρων. Στις 3 Ιουνίου 1979, σημειώθηκε έκρηξη στο πηγάδι, με αποτέλεσμα να προκληθεί μια από τις μεγαλύτερες πετρελαιοκηλίδες στην ιστορία. Η γεωτρητική πλατφόρμα, που άνηκε στη Μεξικάνικη πετρελαϊκή εταιρεία Pemex, την ώρα του ατυχήματος έχασε τον έλεγχο στη κυκλοφορία του γεωτρητικού πολφού.

Για να γίνει κατανοητή η βλάβη που σημειώθηκε, αξίζει να γίνει μια σύντομη περιγραφή του μηχανισμού λειτουργίας των σύγχρονων περιστροφικών γεωτρήσεων. Αναλυτικότερα, ο πολφός γεώτρησης κυκλοφορεί μέσω του σωλήνα του γεωτρώπανου στο πηγάδι και από αυτό ξανά στην πλατφόρμα. Αυτό γίνεται για να δημιουργηθεί πίεση στο πηγάδι, που θα αναγκάσει το πετρέλαιο να ανέλθει τη στήλη της γεώτρησης και να καταλήξει στη πλατφόρμα. Την ώρα του ατυχήματος, η πλατφόρμα εκτελούσε γεώτρηση σε βάθος 3.600 μέτρων.

Μια μέρα πριν το δυστύχημα, το τρυπάνι βρισκόταν σε μια περιοχή μαλακών στρωμάτων. Εξαιτίας του μαλακού υπεδάφους, χάθηκε η κυκλοφορία του γεωτρητικού πολφού αφού διέφευγε μέσω ρωγμών που είχαν σχηματιστεί στα τοπικά πετρώματα. Το αποτέλεσμα ήταν η απώλεια υδροστατικής πίεσης και οι υπεύθυνοι της Pemex αποφάσισαν να αφαιρέσουν το τρυπάνι για να τοποθετήσουν έναν σωλήνα διάτρησης και να αντλήσουν εντός αυτού υλικά που θα σφράγιζαν τις ρωγμές του υπεδάφους που προκαλούσαν απώλειες στη κυκλοφορία του γεωτρητικού πολφού. Κατά την αφαίρεση, λοιπόν, του γεωτρητικού σωλήνα, ο γεωτρητικός πολφός άρχισε να ρέει προς την επιφάνεια της θάλασσας αντί να ρέει προς το πηγάδι ώστε να

¹⁶ Πηγή : <https://www.shipsnostalgia.com/media/jackup-adriatic-iv-and-tempah-platform.114557/>

εμποδίσει κάποιον ενδεχόμενο πίδακα πετρελαίου. Επίσης, ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) δε μπορούσε να κλείσει καθώς εντός αυτής βρισκόταν ακόμη το τρυπάνι. Το αποτέλεσμα ήταν ο σχηματισμός ενός καταστροφικού πίδακα πετρελαίου, του οποίου η ορμή συνεχώς αυξανόταν. Στη συνέχεια, μόλις το εκτινασσόμενο πετρέλαιο και αέριο συνάντησαν τους κινητήρες των αντλιών ανεφλέγησαν, προκαλώντας μεγάλες εκρήξεις. Οι εκρήξεις αυτές είχαν ως αποτέλεσμα να καταρρεύσει ο πύργος της πλατφόρμας και να καταστραφούν οι υποβρύχιες εγκαταστάσεις της γεώτρησης, απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες πετρελαίου στον Κόλπο του Μεξικού. Για να αντιμετωπίσει η εταιρεία τη παραπάνω διαρροή, προσπάθησε με δύο πηγάδια «ανακούφισης» να εκτονώσει τη ζημιά αλλά δεν τα κατάφερε.

Ο τραγικός απολογισμός ήταν να έχουν χυθεί στον Κόλπο του Μεξικού περίπου 3,3 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου σε διάρκεια 10 μηνών που χρειάστηκαν για να σταματήσει η διαρροή του πετρελαίου. Μάλιστα, η Μεξικάνικη κυβέρνηση ξόδεψε περί τα 132 εκατομμύρια δολάρια για να θέσει τη διαρροή υπό έλεγχο. Για την μείωση της έκτασης της πετρελαιοκηλίδας χρησιμοποιήθηκαν διασκορπιστικά από αέρος με χρήση αεροπορικών μέσων. Τα ρεύματα του Κόλπου μετέφεραν το πετρέλαιο στις ακτές του Τέξας, ενώ οι ΗΠΑ έστησαν πλωτά φράγματα για το περιορισμό της καταστροφής και την αποτροπή της από τις ακτές της. Το πετρέλαιο που χάθηκε εκείνη τη περίοδο, μόλυνε σημαντικό κομμάτι της υπεράκτιας περιοχής στο Κόλπο του Μεξικού καθώς υπολογίστηκε να έχουν καταλήξει στις μεξικάνικες παραλίες περίπου 6.000 τόνοι πετρελαίου. Τέλος, υπήρξαν σοβαρές καταστροφές στη τοπική πανίδα, η οποία χαρακτηριζόταν και από πολύ σπάνια είδη (Hooper, 2009).



Εικόνα 17: Αεροφωτογραφία πλατφόρμας ΙΧΤΟC όπου φαίνεται η πετρελαιοκηλίδα¹⁷

¹⁷ Πηγή : <https://alchetron.com/Ixtoc-1-oil-spill#ixtoc-i-oil-spill-7020f50c-8f49-49ba-9a50-931695f1096-resize-750.jpeg>

2.1.8 Gunashli Platform No.10

Η πλατφόρμα No. 10 βρισκόταν στο κοίτασμα Gunashli που διαχειρίζεται η αζέρινη SOCAR. Στις 4 Δεκεμβρίου 2015, ξέσπασε μια πυρκαγιά στη πλατφόρμα καταστρέφοντας το βόρειο τμήμα της. Σύμφωνα με την ιδιοκτήτρια εταιρεία, η φωτιά ξεκίνησε όταν ένας υποθαλάσσιος αγωγός φυσικού αερίου υψηλής πίεσης υπέστη ζημιά κατά τη διάρκεια μιας σφοδρής καταιγίδας. Αποτέλεσμα της πυρκαγιάς ήταν να καταρρεύσει η πλατφόρμα που λειτουργούσε αδιαλείπτως από το 1984. Στη συνέχεια, η πυρκαγιά εξαπλώθηκε σε γειτονικές γεωτρήσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ακόμη, η παραγωγή από τα 28 πηγάδια που είχε η πλατφόρμα αναγκάστηκε να διακοπεί, κάτι που προκάλεσε ζημιά στην εταιρεία καθώς το 60% του πετρελαίου που παρήγαγε η εταιρεία διακινούνταν από την εν λόγω πλατφόρμα. Σύμφωνα με το Υπουργείο Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης του Αζερμπαϊτζάν, στο δυστύχημα σκοτώθηκαν 12 εργαζόμενοι ενώ άλλοι 18 αγνοούνται από τους συνολικά 63 που βρίσκονταν στη πλατφόρμα. Τέλος, στις 5 Δεκεμβρίου 2015, η Γενική Εισαγγελία διέταξε ποινική έρευνα για πιθανή παραβίαση των κανόνων πυρασφάλειας (Kramer, 2015).



Εικόνα 18: Η πυρκαγιά που ξέσπασε στη πλατφόρμα No. 10 της SOCAR ¹⁸

2.1.9 Fieldwood Energy Louisiana Explosion 2014

Στις 21 Νοεμβρίου 2014, σημειώθηκε έκρηξη στη πλατφόρμα Echo, που ήταν υπό την εκμετάλλευση της Fieldwood Energy LLC του Χιούστον. Κατά την έκρηξη σκοτώθηκε ένας εργάτης ενώ άλλοι τρεις τραυματίστηκαν. Η εν λόγω πλατφόρμα βρίσκεται στον Κόλπο του Μεξικού, περίπου 12 μίλια στα ανοικτά των ακτών της Νέας Ορλεάνης. Το βάθος της θάλασσας στο σημείο της πλατφόρμας είναι 67 μέτρα και θεωρείται εξέδρα σε ρηγά νερά. Η έκρηξη σημειώθηκε κατά τις λειτουργίες προγραμματισμένης συντήρησης.

¹⁸ Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Gunashli_Platform_No.10_fire#/media/File:GunashliPlatformNo10Fire.jpg

Σύμφωνα με την ιδιοκτήτρια εταιρεία το ατύχημα έγινε κατά τον καθαρισμό μιας συσκευής θέρμανσης που χρησιμοποιείται στη πλατφόρμα για τον διαχωρισμό του πετρελαίου από το νερό. Ωστόσο, η υπόθεση συνεχίζει να είναι υπό διερεύνηση (Robertson, 2014).

2.1.10 BP Thunder Horse

Το πετρελαϊκό κοιτάσμα Thunder Horse βρίσκεται 240 χιλιόμετρα από τη δυτική ακτή της Νέας Ορλεάνης στο Κόλπο του Μεξικού. Οι διαχειριστές του εν λόγω κοιτάσματος είναι η BP (75%) και η Exxon Mobil (25%). Στη περιοχή αυτή ήταν αγκυροβολημένη η ημι-βυθιζόμενη πλατφόρμα Thunder Horse PDO, μια από τις μεγαλύτερες πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων που έχει κατασκευαστεί παγκοσμίως. Επρόκειτο για ένα θαύμα της υπεράκτιας μηχανικής με κόστος 1 δισεκατομμύριο δολάρια. Μάλιστα, η συγκεκριμένη πλατφόρμα φέρει εξοπλισμό και συστήματα που δύνανται να εξάγουν 250.000 βαρέλια πετρελαίου την ημέρα.

Στις 8 Ιουλίου 2005, η πλατφόρμα εκκενώθηκε λόγω του τυφώνα Ντένις, με το προσωπικό να ασφαρίζει τις εγκαταστάσεις και να αποχωρεί. Στις 11 Ιουλίου ένα διερχόμενο πλοίο ανέφερε πρόβλημα με τη πλατφόρμα και το προσωπικό της BP αντίκρισε τη πλατφόρμα να έχει πάρει κλίση 20 – 30 μοίρες, έτοιμη να βυθιστεί στα βαθιά νερά. Η αιτία του προβλήματος φάνηκε να ήταν στις βαλβίδες απομόνωσης του συστήματος έρματος που προκάλεσαν πλημμύρισμα στα αντλιοστάσια στη βάση της πλατφόρμας.

Για να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα, τοποθετήθηκαν φορητές αντλίες οι οποίες βοήθησαν την πλατφόρμα να επανακτήσει τη σταθερότητά της. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες εργασίες σταθεροποίησης της πλατφόρμας και εν τέλει αποκαταστάθηκε η ζημιά. Η BP μαζί με την αμερικάνικη ακτοφυλακή πραγματοποίησαν έντονες προσπάθειες για τη διάσωση αυτής της πανάκριβης πλατφόρμας και το κόστος για την επισκευή της πλατφόρμας υπολογίστηκε στα 250 εκατομμύρια δολάρια (United States. Congress. Senate. Committee On Energy And Natural Resources, 2007).



Εικόνα 19: Η πλατφόρμα Thunderhorse PDO, αξίας 1 δις δολάρια έτοιμη να βυθιστεί στο Κόλπο του Μεξικού ¹⁹

¹⁹ Πηγή : <https://www.nsenerybusiness.com/projects/thunder-horse-oil-field-expansion/>

2.1.11 Taylor Energy Oil Platform

Η Taylor Energy Oil Platform άνηκε στην εταιρεία Taylor Energy, κατασκευάστηκε το 1984 και βρισκόταν 18 χιλιόμετρα από την ακτή της Λουιζιάνα. Επρόκειτο για μια σταθερή κατασκευή 8 πασσάλων σε βάθος 150 μέτρων με 28 πηγάδια που έφταναν σε βάθος τα 3,35 χιλιόμετρα.

Στις 16 Σεπτεμβρίου 2004, ο τυφώνας Ιβαν πέρασε σε απόσταση 90 χιλιομέτρων από τη πλατφόρμα και δημιούργησε ανέμους 210 χλμ./ώρα και κύματα ύψους 110 μέτρων. Αυτά είχαν ως αποτέλεσμα να αναποδογυρίσει η πλατφόρμα και να παρασυρθεί 170 μέτρα από την αρχική της θέση. Επίσης, από την τρικυμία που είχε ξεσπάσει, προκλήθηκε υποθαλάσσια κατολίσθηση με αποτέλεσμα τα πηγάδια να θαφτούν 145 μέτρα κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας. Τη στιγμή της ανατροπής, χύθηκαν στον Κόλπο πάνω από 600 βαρέλια αργού πετρελαίου.

Παρόλο που η εταιρεία ενημέρωσε άμεσα το λιμενικό σώμα, η υπόθεση παρέμεινε κρυφή από το ευρύ κοινό έως το 2010, όταν παρατηρητές που παρακολουθούσαν την πετρελαιοκηλίδα του Deerwater Horizon, ανακάλυψαν την πετρελαιοκηλίδα στη τοποθεσία του Taylor (Li,2017). Η πετρελαιοκηλίδα συνεχίζει να υφίσταται έως και σήμερα, ενώ το 2018 εκτιμήθηκε ότι καθημερινά χύνονται περίπου 108 βαρέλια πετρελαίου στον Κόλπο. Συνολικά, έχουν χαθεί 1 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου στο Κόλπο προκαλώντας σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα (University of Michigan, 2006).



Εικόνα 20: Πετρελαιοκηλίδα Taylor ²⁰

²⁰ Πηγή : <https://earthjustice.org/news/press/2019/louisiana-group-defends-coast-guard-actions-to-stop-14-year-taylor-energy-oil-spill>

2.1.12 Kolskaya (jack-up rig)

Η Kolskaya ήταν μια πλατφόρμα τύπου jack-up που βρισκόταν στη Ρωσική Άπω Ανατολή. Κατασκευάστηκε το 1985 με μήκος 69 μέτρα, πλάτος 80 μέτρα και είχε τη δυνατότητα φιλοξενίας 102 ατόμων. Η πλατφόρμα λειτουργούσε σε βάθος θαλάσσης 100 μέτρων και η γεώτρηση είχε βάθος 6.500 μέτρα.

Το ατύχημα συνέβη στις 18 Δεκεμβρίου 2011, όταν η εξέδρα κατά τη ρυμούλκησης της, ανετράπη και βυθίστηκε στη Θάλασσα του Οχότσκ. Το συμβάν εκτυλίχτηκε 200 χιλιόμετρα από την ακτή του νησιού Σαχαλίνη, σε βάθος θαλάσσης 1000 μέτρων. Η πλατφόρμα βυθίστηκε εξαιτίας καταιγίδας που είχε ξεσπάσει. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι ο κατασκευαστής της πλατφόρμας είχε δηλώσει ρητά ότι « η ρυμούλκηση απαγορεύεται το χειμώνα, σε χειμερινές εποχικές ζώνες», κάτι που δεν ελήφθη υπόψιν από τους υπεύθυνους της εν λόγω εγκατάστασης. Στο ατύχημα σκοτώθηκαν 53 άνθρωποι από τους συνολικά 67 που επέβαιναν στη Kolskaya.

Το παραπάνω ατύχημα έχει χαρακτηριστεί ως το χειρότερο ως προς το μέγεθος των ανθρωπίνων απωλειών στην ιστορία του ρωσικού πετρελαϊκού τομέα (Vinnem, 2013).



Εικόνα 21: Η πλατφόρμα Kolskaya ²¹

2.1.13 Gryphon Alpha FPSO

Το σκάφος Gryphon FPSO βρισκόταν υπό την εκμετάλλευση της Maersk Oil και εκτελούσε εργασίες στη Βόρεια Θάλασσα του Ηνωμένου Βασιλείου όταν αναγκάστηκε να σταματήσει την παραγωγή του λόγω εκτεταμένων ζημιών που υπέστη κατά τη διάρκεια ισχυρών καταιγίδων.

Οι σφοδρές καταιγίδες που συνέβησαν προκάλεσαν σπασίμο τεσσάρων από τις δέκα αλυσίδες αγκύρωσης του FPSO, με αποτέλεσμα το σκάφος να αποκλίνει από την κανονική του θέση. Η πλειοψηφία του πληρώματος

²¹ Πηγή : <https://en.sledcom.ru/news/item/904200/?print=1>

εκκένωσε το σκάφος, ενώ μόλις δύο μέλη τραυματίστηκαν ελαφρά. Τελικά, έγιναν οι απαραίτητες επισκευές και το FPSO σταθεροποιήθηκε (Goffey and Gluyas,2020).



Εικόνα 22: Το FPSO Gryphon A ²²

2.1.14 Frade Underground Blowout, 2011

Στις 7 Νοεμβρίου 2011, η FPSO πλατφόρμα Chevron Brazil Upstream Frade Ltd., δέχτηκε έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) στο πηγάδι κατά τη γεώτρηση στον ταμειυτήρα N560. Η έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) επακολούθησε η διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα. Η υπερπίεση είχε δημιουργηθεί στον ταμειυτήρα εξαιτίας της εισαγωγής νερού κατά τη παραγωγή πετρελαίου που είχε ξεκινήσει από το 2009. Το βάθος της θάλασσας στο συγκεκριμένο σημείο ήταν 1184 μέτρα. Επίσης, ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) είχε ενεργοποιηθεί κατά τον εντοπισμό της υπερπίεσης, οπότε υπήρχαν αρκετές ενδείξεις ότι είχε συμβεί έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Ακόμη, στην επιφάνεια της θάλασσας είχε σχηματιστεί γυαλάδα εξαιτίας της διαρροής πετρελαίου από τον ταμειυτήρα. Το πρόβλημα διαρροής ήταν έντονο και η πετρελαϊκή εταιρεία Chevron προσπάθησε πολλές φορές να σταματήσει τη διαρροή σφραγίζοντας το πηγάδι χωρίς να το πετύχει. Εν τέλει, σε συνεργασία με την εταιρεία διαχείρισης γεωτρήσεων πετρελαίου Wild Well Control, η Chevron κατάφερε να σταματήσει τη διαρροή. Από το παραπάνω συμβάν δε υπήρξαν τραυματισμοί, αλλά κατά το χρονικό διάστημα διαρροής, χύθηκαν στη θάλασσα 500 τόνοι πετρελαίου δημιουργώντας μια μικρή πετρελαιοκηλίδα (Vinnem,2013).

²² Πηγή : <https://www.oedigital.com/news/457731-the-gryphon-alpha-rises>

2.1.15 Cidade de Sao Mateus

Στις 11 Φεβρουαρίου 2015, σημειώθηκε έκρηξη μετά από διαρροή φυσικού αερίου στη πλατφόρμα FPSO Cidade de Sao Mateus, ενώ το πλοίο βρισκόταν αγκυροβολημένο στο πετρελαϊκό πεδίο Camaririm περίπου 75 χιλιόμετρα βορειανατολικά της Vitória της Βραζιλίας. Η πλατφόρμα λειτουργούσε για συμφέροντα της βραζιλιάνικης πετρελαϊκής Petrobras.

Το χρονικό του ατυχήματος ξεκινάει στις 11:30 π.μ όταν κατά την αποστράγγιση των υγρών αποβλήτων στη κεντρική δεξαμενή της πλατφόρμας σημειώθηκε διαρροή εύφλεκτων πετρελαιοειδών στο αντλιοστάσιο. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος στάλθηκαν τρεις ομάδες τεχνικών. Η πρώτη ομάδα αναγνώρισε το πρόβλημα, η δεύτερη επισκεύασε τη βλάβη ενώ η τρίτη ομάδα στάλθηκε για να καθαρίσει τον χώρο από τα εύφλεκτα ρευστά που είχαν διαρρεύσει. Κατά την απολύμανση του χώρου, η ομάδα των τεχνικών χρησιμοποίησε λάστιχο με νερό υψηλής πίεσης για την απομάκρυνση των υλικών που είχαν διαρρεύσει. Κάποια στιγμή οι τεχνικοί αύξησαν ακόμα περισσότερο την ήδη υψηλή πίεση του νερού στο λάστιχο και τότε σημειώθηκε έκρηξη. Η έκρηξη σε συνδυασμό με το εύφλεκτο μίγμα Υ/Α που είχε διαρρεύσει στο αντλιοστάσιο, είχε ως αποτέλεσμα να καταστρέψει τους χώρους του μηχανοστασίου και του αντλιοστασίου. Μάλιστα, η έκρηξη ήταν τόσο ισχυρή που η πίεση που δημιουργήθηκε, έσπασε τη πόρτα του ανελκυστήρα και την εκτόξευσε στους χώρους φιλοξενίας του προσωπικού τραυματίζοντας αρκετά άτομα. Επίσης, στην οροφή του αντλιοστασίου, εξαιτίας της υπερπίεσης που δημιουργήθηκε, διαλύθηκε η πόρτα διαφυγής που βρισκόταν εκεί, με αποτέλεσμα να καταστραφεί το άνω κατάστρωμα και να σκοτωθούν 4 μέλη του πληρώματος.

Συνολικά, στο παραπάνω συμβάν, έχασαν τη ζωή τους συνολικά 9 άνθρωποι ενώ άλλοι 26 τραυματίστηκαν. Το δυστύχημα αυτό, χαρακτηρίστηκε ως το πιο σοβαρό περιστατικό κατά την εξόρυξη Υ/Α στη Βραζιλία, τα τελευταία 14 χρόνια. Σύμφωνα με έρευνα που ακολούθησε, αναφέρθηκε μη τήρηση των κατάλληλων διαδικασιών άντλησης υγρών καθώς και εγκατάσταση ακατάλληλου (ή μη συμβατού) εξοπλισμού ως κύριες αιτίες της έκρηξης. Επίσης, οι τεχνικοί που στάλθηκαν στο αντλιοστάσιο για να ελέγξουν τη βλάβη δεν είχαν λάβει προηγούμενη εκπαίδευση σε διαδικασίες (Walls, Revie and Bedford, 2016).



Εικόνα 23: Η πλατφόρμα FPSO Citade de Sao Mateus ²³

²³ Πηγή : <https://www.maritime-executive.com/article/cause-of-fpso-explosion-that-killed-9-revealed>

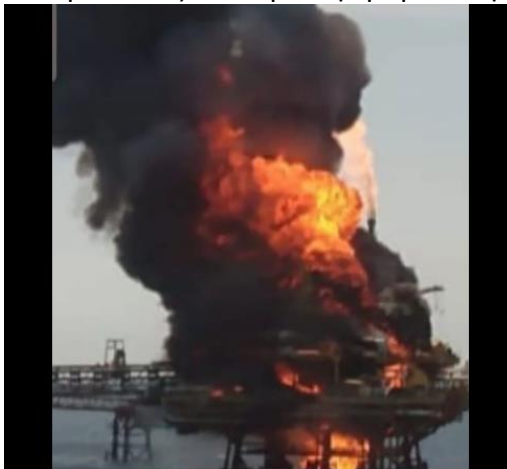
2.1.16 Penglai 19-3 Oil Spill

Το ατύχημα συνέβη στις 5 Απριλίου 2021 στο πετρελαϊκό πεδίο Penglai 19-3, που διαχειρίζεται η κρατική CNOOC όταν η πλατφόρμα V έπιασε φωτιά. Επρόκειτο για τη τρίτη πλατφόρμα παραγωγής Υ/Α στο Penglai που κάηκε και καταστράφηκε σε μεγάλο βαθμό. Η πυρκαγιά ξέσπασε καθώς η CNOOC λάμβανε έκτακτα μέτρα για τον έλεγχο ενός περιστατικού έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) στο πηγάδι V29 από όπου αντλούσε αέριο η πλατφόρμα. Στο συγκεκριμένο πετρελαϊκό πεδίο, το 2011, είχε προκληθεί πετρελαιοκηλίδα 6000 τετραγωνικών χιλιομέτρων στο Κόλπο Bohai Ωστόσο, τα αίτια της πυρκαγιάς συνεχίζουν να μην είναι γνωστά και βρίσκονται υπό διερεύνηση (Muzy and Aizhu, 2022).

2.1.17 Πρόσφατα ατυχήματα

Τα ατυχήματα σε πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων δεν αποτελούν παρελθόν, καθώς την προηγούμενη χρονιά σημειώθηκαν εξίσου άλλα δύο θανατηφόρα συμβάντα.

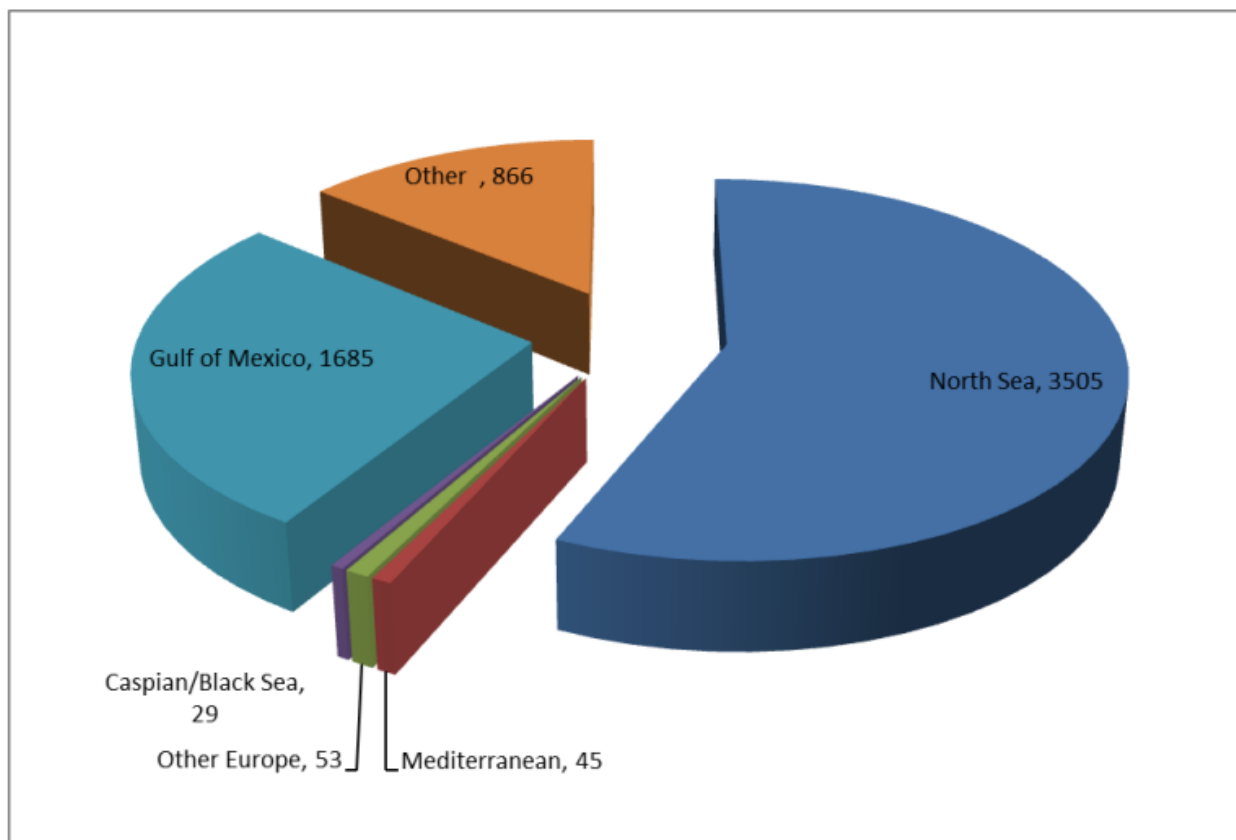
Στις 22 Αυγούστου 2021, πέντε εργάτες σκοτώθηκαν ενώ άλλοι έξι τραυματίστηκαν σε πυρκαγιά που ξέσπασε πάνω σε πλατφόρμα στο Κόλπο του Μεξικού που διαχειριζόταν η Pemex. Μάλιστα η φωτιά που ξέσπασε ήταν τόσο ισχυρή που η Pemex μείωσε τη παραγωγή της στο ένα τέταρτο. Η πυρκαγιά σημειώθηκε στη πλατφόρμα Ku-Alfa που αποτελεί μέρος του συγκροτήματος παραγωγής Maloob Zaar και παράγει το 40% του συνολικού μεξικάνικου πετρελαίου. Τέλος, στις 5 Νοεμβρίου 2021, 4 εργάτες έχασαν τη ζωή τους σε οικόπεδο ανοιχτά της Λιβύης, κατά τις εργασίες παροπλισμού ενός FPSO για την ρυμούλκηση του σε άλλη τοποθεσία.



Εικόνα 24: Η πυρκαγιά που ξέσπασε στη πλατφόρμα Ku-Alfa ²⁴

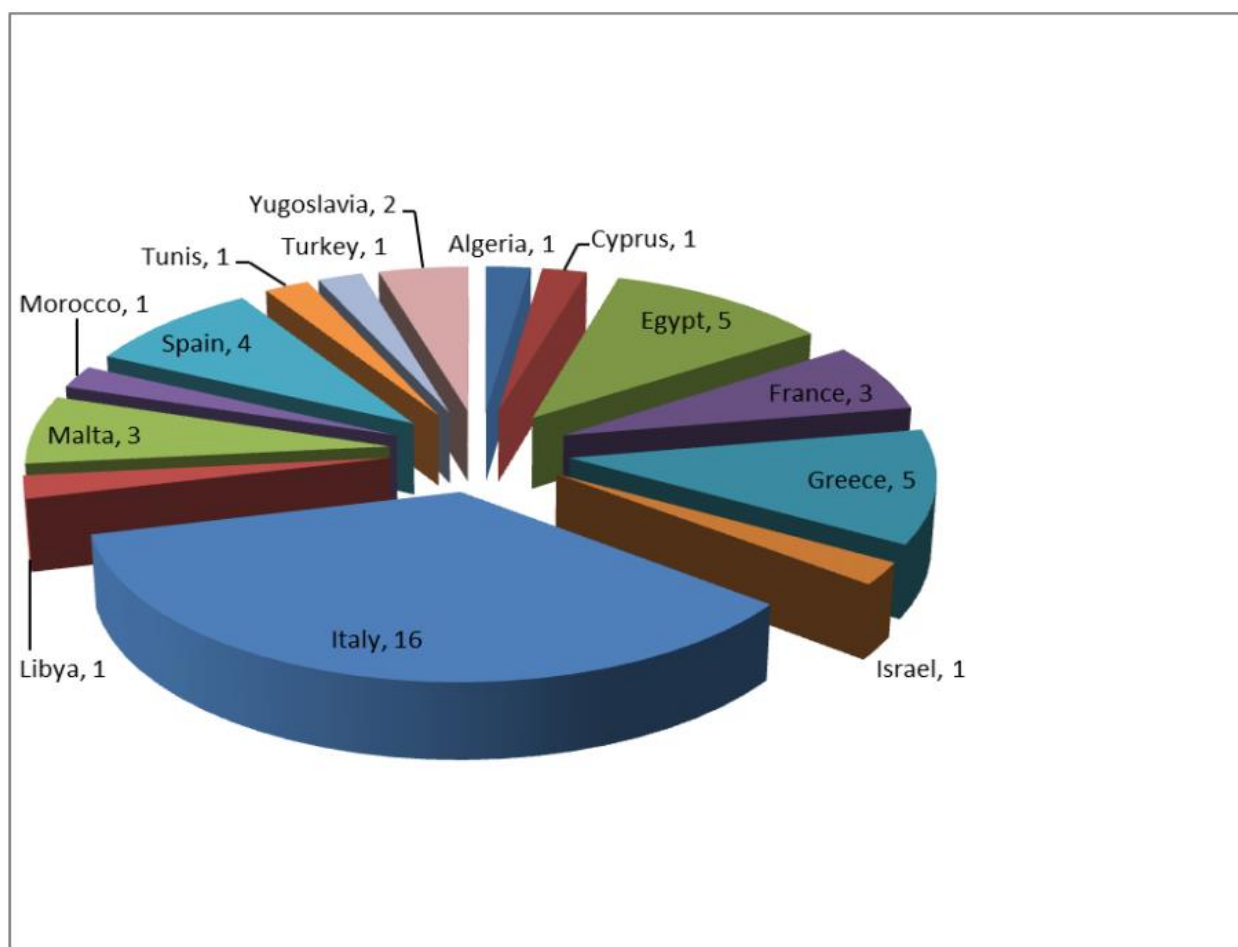
Στη συνέχεια, ακολουθούν μερικά γραφήματα που δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για ατυχήματα του παρελθόντος, σε υπεράκτιες πλατφόρμες παγκοσμίως σύμφωνα με στατιστική ανάλυση του JRC (Joint Research Center) με δεδομένα από τη βάση WOAD (World Offshore Accident Dataset) του DNV (Νορβηγικός νηογνώμονας).

²⁴ Πηγή : <https://sputniknews.gr/20210823/mexiko-fotia-ystera-apo-ekrivi-se-thalassia-platforma-antlisis-petrelaioy-1688827.html>



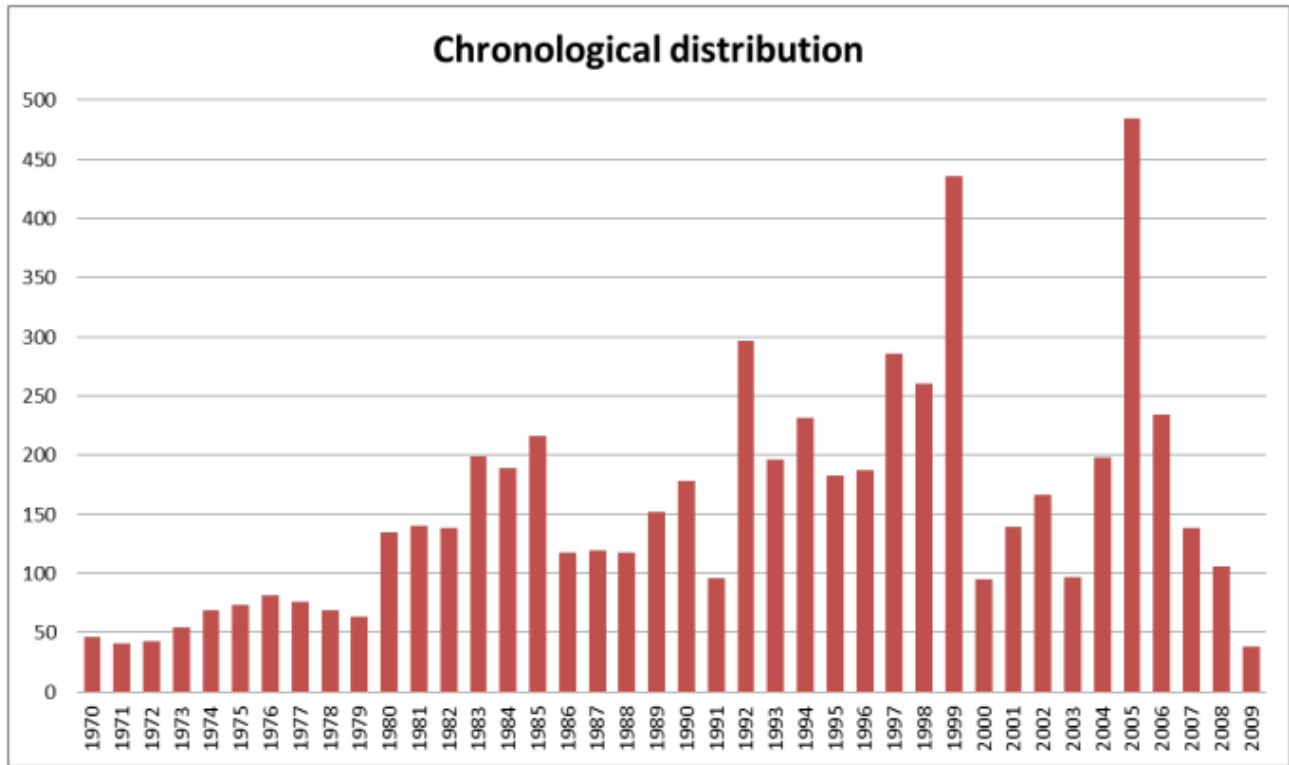
Εικόνα 25: Κατανομή ατυχημάτων παγκοσμίως για το χρονικό διάστημα 1970 -2009²⁵

²⁵ Πηγή: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC77767>

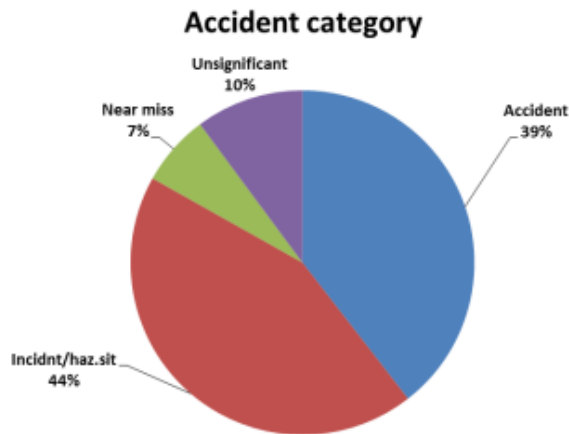


Εικόνα 26: Αριθμός ατυχημάτων σε offshore πλατφόρμες ανά χώρα της Μεσογείου για το χρονικό διάστημα 1970 -2009²⁶

²⁶ Πηγή: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC77767>



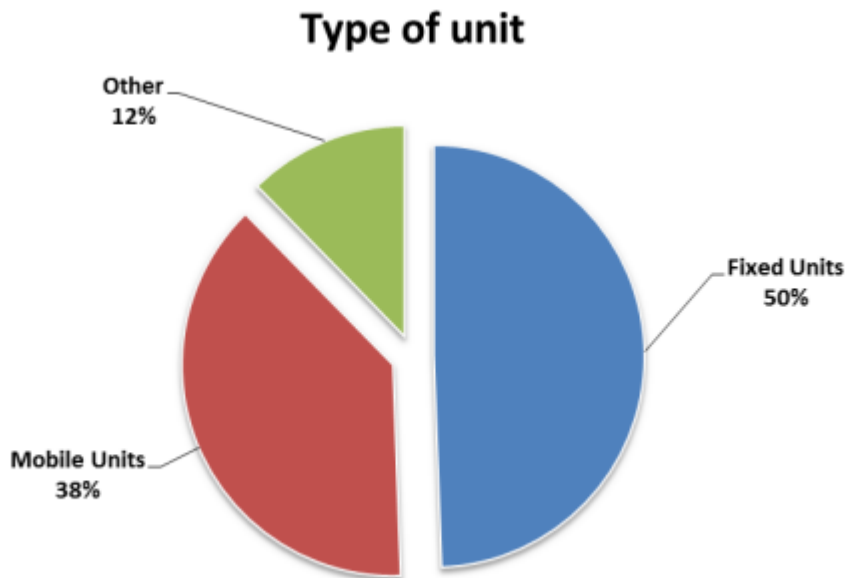
Εικόνα 27: Χρονική κατανομή των ατυχημάτων παγκοσμίως για το χρονικό διάστημα 1970 -2009²⁷



Εικόνα 28: Κατανομή του τύπου των ατυχημάτων στη βάση δεδομένων WOAD²⁸

²⁷ Πηγή: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC77767>

²⁸ Πηγή: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC77767>



Εικόνα 29: Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο μονάδας γεώτρησης στη βάση δεδομένων WOAD²⁹

2.2 Ιδιαίτεροι κίνδυνοι στις υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων

Ο κλάδος εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου αποτελεί μια από τις πιο επικίνδυνες βιομηχανίες, ιδιαιτέρως όταν πρόκειται για την υπεράκτια εξόρυξη υδρογονανθράκων. Ο συνδυασμός ισχυρού εξοπλισμού, εύφλεκτων χημικών ουσιών και διεργασιών υψηλής πίεσης μπορούν να οδηγήσουν σε επικίνδυνες ή και θανατηφόρες συνέπειες εάν συμβεί κάποια αστοχία εξοπλισμού ή κάποιο σφάλμα από μεριάς προσωπικού. Οι βασικοί κίνδυνοι είναι η πυρκαγιά μετά την ανάφλεξη απελευθερωμένων υδρογονανθράκων, η έκρηξη μετά την απελευθέρωση εύφλεκτων αερίων και η διαρροή πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας και υπό αυτής. Η αναγνώριση και ο έλεγχος των κινδύνων είναι ζωτικής σημασίας ώστε να αποτραπούν ενδεχόμενοι τραυματισμοί ή θάνατοι. Παρακάτω θα αναλυθούν οι ιδιαίτεροι κίνδυνοι που απειλούν την ασφάλεια των εργαζομένων στις υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Αρχικά, πολλά εργατικά ατυχήματα έχουν συμβεί εξαιτίας πτώσης του προσωπικού από μεγάλο ύψος. Οι πλατφόρμες πολλές φορές βρίσκονται αρκετά μέτρα πάνω από τη θάλασσα και μια πτώση από αυτές μπορεί να προκαλέσει σοβαρό τραυματισμό. Ακόμη, στις πλατφόρμες λειτουργούν γερανοί οι οποίοι επίσης

²⁹ Πηγή: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC77767>

απαιτούν την παρουσία του προσωπικού σε μεγάλο ύψος καθώς επίσης υπάρχουν και πολλές σκάλες για τη πρόσβαση στα διάφορα επίπεδα της πλατφόρμας. Όλα τα παραπάνω εντείνονται περισσότερο όταν η πλατφόρμα είναι ολισθηρή λόγω καταιγίδας ή κυματισμών, ενώ η παρουσία πετρελαίου στο κατάστρωμα δυσχεραίνει τις συνθήκες.

Οι εκρήξεις και πυρκαγιές αποτελούν εξίσου άλλον έναν μείζονα κίνδυνο στις υπεράκτιες πλατφόρμες. Οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε κίνδυνο πυρκαγιάς και έκρηξης λόγω ανάφλεξης των εύφλεκτων αερίων που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της εξόρυξης. Στη περίπτωση μιας FPSO πλατφόρμας, μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου αποθηκεύονται εκεί και οι αναθυμιάσεις που δημιουργούνται είναι εξαιρετικά επικίνδυνες. Οι δυναμικές πηγές ανάφλεξης είναι ο στατικός ηλεκτρισμός (που μπορεί να παραχθεί ακόμα και από το τρίψιμο μιας μπότας στο κατάστρωμα), οι κεραυνοί, τα τσιγάρα, τα εργαλεία κοπής και συγκόλλησης που παράγουν σπινθήρες και διάφορες θερμές επιφάνειες. Επίσης, δε πρέπει να αγνοείται το γεγονός πως μια υπεράκτια πλατφόρμα εξόρυξης υδρογονανθράκων είναι μια βιομηχανική εγκατάσταση περιορισμένου χώρου καθώς λόγω κόστους καλείται να συμπιέσει όλες τις παραγωγικές της δραστηριότητες σε λίγα τετραγωνικά μέτρα. Και αυτό σημαίνει ότι οι κατοικίες των εργαζομένων μπορεί να βρίσκονται κοντά σε δεξαμενές και εστίες κινδύνου.

Οι εργονομικοί κίνδυνοι αποτελούν τον νούμερο ένα κίνδυνο για τους εργαζομένους στις πλατφόρμες. Πολλές φορές οι εργάτες καλούνται να ανυψώσουν, να σπρώξουν και να τραβήξουν βαριά φορτία σε άβολη στάση του σώματος και επαναλαμβανόμενα. Αυτό προκαλεί μυοσκελετικά προβλήματα στους εργαζομένους δυσχεραίνοντας ιδιαίτερα την εργασία τους και την υγεία τους. Εξίσου σημαντικό κίνδυνο αποτελούν τα πολλά περιστρεφόμενα μέρη που φέρει μια πλατφόρμα. Αναλυτικότερα, τα περιστρεφόμενα μέρη αποτελούν ο εξοπλισμός κεφαλής του γεωτρύπανου, οι μηχανισμοί Kelly, οι αντλίες, οι συμπιεστές και οι ιμάντες των μεταφορέων, τα οποία αν είναι ακάλυπτα μπορούν να παρασύρουν τους εργαζομένους ή και να τους ακρωτηριάσουν (Health and Safety Executive, 2005).

Όταν γίνεται αναφορά στις υπεράκτιες πλατφόρμες, πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και ο τρόπος μεταφοράς των εργαζομένων. Οι γεωτρήσεις βρίσκονται συχνά σε απομακρυσμένες περιοχές και για να φτάσει κάποιος εργάτης εκεί θα πρέπει να διανύσει μεγάλες αποστάσεις με ελικόπτερο. Γενικά, η πτήση με ελικόπτερο θεωρείται ασφαλής αλλά οι απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες δύνανται να προκαλέσουν προβλήματα στη σταθερότητα του ελικοπτέρου ή ακόμη και τη σύγκρουση του ελικοπτέρου με το κατάστρωμα της πλατφόρμας. Επίσης, οι πλατφόρμες συχνά ανεφοδιάζονται ή ανεφοδιάζουν διάφορα πλοία που τις προσεγγίζουν. Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί πρόσκρουση των πλοίων με τις πλατφόρμες προκαλώντας εκρήξεις, πυρκαγιές και τραυματισμούς (Occupational Safety and Health Administration, 2022).

Βέβαια, όπως σε κάθε εργασιακό περιβάλλον, έτσι και σε αυτό των υπεράκτιων πλατφορμών πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν η ψυχική υγεία των εργαζομένων. Στη προκειμένη περίπτωση, η εργασία σε πλατφόρμες χαρακτηρίζεται από 12ωρες βάρδιες που διαρκεί για πολλές εβδομάδες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο άγχος και κόπωση. Μάλιστα, αν το παραπάνω συνδυαστεί με την απομακρυσμένη τοποθεσία της πλατφόρμας, την αποχή από την οικογένεια και τους φίλους, τους στενούς χώρους διαβίωσης και τον διαρκή θόρυβο των μηχανημάτων, αυτά δύνανται να οδηγήσουν σε ψυχικές διαταραχές αν συντελούνται επαναλαμβανόμενα για αρκετό καιρό. Φυσικά, από την ψυχική υγεία των εργαζομένων εξαρτώνται άμεσα οι αποφάσεις και οι ενέργειες που θα λάβουν και επομένως η ασφάλεια της πλατφόρμας συνολικά (UTM, 2022).

Όλα τα παραπάνω αναφέρονται στους εργασιακούς κινδύνους στο απόμακρο περιβάλλον των πλατφορμών. Ωστόσο, οι κίνδυνοι είναι εξίσου σημαντικοί και για το περιβάλλον και θα αναλυθούν παρακάτω.

Το πετρέλαιο μπορεί να απελευθερωθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον τόσο μέσω χρόνιων εκλύσεων μικρών ποσοτήτων όσο και ξαφνικές εκλύσεις μεγάλων ποσοτήτων όπως στη περίπτωση του Deerwater Horizon (blowout). Επίσης, κατά την άντληση πετρελαίου και φυσικού αερίου από τον βυθό της θάλασσας, απαιτείται απομάκρυνση μεγάλου όγκου νερού που περιέχεται στα βραχώδη στρώματα. Αυτό το νερό που συχνά αναφέρεται ως νερό παραγωγής ή σχηματισμού έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι, χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και περιέχει υδρογονάνθρακες και τοξικά μέταλλα. Αυτό το νερό αφού περάσει από τον διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS-Mud Gas Separator) αποβάλλεται στο θαλάσσιο περιβάλλον και μπορεί να καταστρέψει τα τοπικά οικοσυστήματα. Ακόμη, μέσω του νερού αυτού απελευθερώνονται στο περιβάλλον βάριο, χρώμιο και μαγγάνιο που βλάπτουν περαιτέρω τους θαλάσσιους οργανισμούς και εν τέλει δύναται μέσω της τροφικής αλυσίδας να βλάψει και τον άνθρωπο.

Όταν πρόκειται για υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, τα ακραία καιρικά φαινόμενα αποτελούν πάντα κίνδυνο. Πιο συγκεκριμένα, στον Κόλπο του Μεξικού, σχεδόν κάθε χρόνο, ένας τυφώνας χτυπά τις πλατφόρμες και προκαλεί σοβαρές ζημιές. Βέβαια, δεν είναι λίγες οι φορές στο παρελθόν όπου ισχυρές καταιγίδες έχουν ανατρέψει πλατφόρμες και έχουν κοστίσει τη ζωή σε εργαζομένους (για παράδειγμα η πλατφόρμα Alexander L.Kielland (1980), η πλατφόρμα Kolskaya (2011), γεωτρύπανο Seacrest στη Νότια Σινική Θάλασσα (1989). Μάλιστα, κατά τη διάρκεια των καταιγίδων, μπορεί να προκληθεί πυρκαγιά σε αποθήκες υδρογονανθράκων με το χτύπημα της πλατφόρμας από κάποιον κεραυνό. Επίσης, όταν αναφερόμαστε σε καιρικές συνθήκες, δε θα πρέπει να παραμελώνται και οι ακραίες συνθήκες εργασίας των εργαζομένων. Πολλές πλατφόρμες είναι εκτεθειμένες σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες και υγρασία (Κόλπος Γουινέας) ενώ άλλες σε πολύ ψυχρά περιβάλλοντα (Βόρεια Θάλασσα). Επομένως, οι καιρικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής εγκατάστασης μιας πλατφόρμας αποτελούν έναν κρίσιμο παράγοντα που δύσκολα μπορεί να προβλεφθεί και αντιμετωπιστεί (Kaiser, 2008).

Η ακούσια, ανεξέλεγκτη εκτόνωση πετρελαίου (blowout) αποτελεί μια εξίσου σημαντική πηγή κινδύνου για το θαλάσσιο περιβάλλον. Ωστόσο, αυτές οι μεγάλες διαρροές είναι στην πραγματικότητα αρκετά σπάνιες. Παρόλα αυτά, αν και η πιθανότητα για ένα τόσο μεγάλο ατύχημα είναι χαμηλή, οι συνέπειες που δύναται να προκύψουν είναι τεράστιες και οι πιθανότητες διαρκώς αυξάνονται με την ανάπτυξη της υπεράκτιας βιομηχανίας εξόρυξης πετρελαίου. Μάλιστα, ο κίνδυνος κορυφώνεται σε γεωτρήσεις με μεγάλα βάθη γεώτρησης (Deerwater) όπου γίνονται εργασίες σε μεγάλα βάθη με υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές πιέσεις (HPHT drilling) όπως ήταν και η πλατφόρμα Deerwater Horizon. Οι γεωλογικές μεταβολές αυξάνουν επίσης τον κίνδυνο μεγάλων διαρροών. Πλατφόρμες που είναι εγκατεστημένες σε απότομες πλαγιές υπόκεινται σε ζημιές από τον ασταθή βυθό της θάλασσας ενώ σεισμοί δύναται εξίσου να προκαλέσουν ζημιές με αποτέλεσμα τη πρόκληση πετρελαιοκηλίδων (USGS, 2019).

Τέλος, οι χρησιμοποιούμενοι αγωγοί και τα άλλα είδη κατασκευών που σχετίζονται με τη παραγωγή πετρελαίου προκαλούν διαταραχές στο θαλάσσιο και παράκτιο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, ο πυθμένας συχνά διαμορφώνεται από εργασίες βυθοκόρησης για να τοποθετηθούν υποθαλάσσιοι αγωγοί. Η τοποθεσία και ο τρόπος εγκατάστασης των αγωγών μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντικές βλάβες και ειδικά σε εκβολές ποταμών όπου η βυθοκόρηση μπορεί να μεταβάλει την αποστράγγιση και να αυξήσουν τη διάβρωση (WWF, 2018).

Σταχυολογώντας, όλα τα παραπάνω πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν κατά τις διαδικασίες εγκατάστασης μια πλατφόρμας και να γίνεται προσεκτική ανάλυση των επιπτώσεων και των ρίσκων στο περιβάλλον που πρόκειται να τη φιλοξενήσει. Δε θα πρέπει να αγνοείται το γεγονός πως ο τελικός αποδέκτης των περιβαλλοντικών ζημιών είναι ο ίδιος ο άνθρωπος. Επίσης, όπως αναφέρθηκε, λόγω του γεγονότος πως

οι υπεράκτιες πλατφόρμες είναι βιομηχανίες που προσπαθούν να «συμπιέσουν» όσο το δυνατό περισσότερες διεργασίες σε έναν περιορισμένο χώρο, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων της πλατφόρμας οι οποίοι και αποτελούν τη πρώτη γραμμή άμυνας σε μια ενδεχόμενη καταστροφή στη πλατφόρμα.



Εικόνα 30: Η 30^η μέρα από τη καταστροφή του Deepwater Horizon³⁰

2.3 Υφιστάμενο Νομοθετικό Πλαίσιο

Στη παρούσα ενότητα γίνεται αναφορά στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο, ιδιαίτερα μετά το ατύχημα Deepwater Horizon .

2.3.1 Διεθνές Δίκαιο

Όπως έχει καταστεί σαφές από την προηγούμενη απαρίθμηση των ατυχημάτων σε υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης Υ/Α, κρίνεται αδήριτη η ανάγκη για την ύπαρξη αυστηρού νομοθετικού πλαισίου που να ρυθμίζει τις λειτουργίες που επιτελούνται σε αυτές. Ωστόσο, πέραν της ρύθμισης των λειτουργιών των πλατφορμών, εξίσου σκόπιμη κρίνεται και η θέσπιση νομοθετικού πλαισίου που να ορίζει σαφώς τις πρακτικές πρόληψης και διαχείρισης κάποιου ενδεχόμενου ατυχήματος σε αυτές. Η ιστορία έχει δείξει ότι η νομοθεσία περί πρόληψης των ατυχημάτων σε υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης, βαίνει διαρκώς αυστηρότερη με το πέρασμα των χρόνων, υπό το πρίσμα τραγικών δυστυχημάτων που συμβαίνουν, με αποκορύφωμα αυτό στον Κόλπο του Μεξικού, το 2010.

Αναλυτικότερα, το χρονικό της θέσπισης σχετικών νομοθετικών πλαισίων ξεκινά με τη Σύμβαση της Γενεύης το 1958, η οποία απαιτεί τη χάραξη καθώς και το καθορισμό συγκεκριμένων ζωνών ασφαλείας περιμετρικά των υπεράκτιων πλατφορμών εξόρυξης. Ακόμη, σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση της Θάλασσας, μια χώρα μπορεί να κάνει χρήση των κυριαρχικών της δικαιωμάτων και να εκμεταλλευτεί τις πλουτοπαραγωγικές πηγές

³⁰ Πηγή: <https://theculturetrip.com/north-america/usa/louisiana/articles/impacts-of-deepwater-horizons-oil-rig-explosion/>

που βρίσκονται εντός της ΑΟΖ της, τηρώντας ταυτόχρονα τους εθνικούς κανονισμούς της περί προστασίας του περιβάλλοντος. Επίσης, η σχετική σύμβαση επιβάλλει σε διεθνές επίπεδο την υποχρέωση των συμβαλλόμενων μερών να αποδείξουν ότι διαθέτουν μηχανισμούς αποζημίωσης και αποκατάστασης της ζημιάς σε ενδεχόμενο ατύχημα στις υπεράκτιες πλατφόρμες (Handl and Svendsen, 2019).

Μια άλλη σύμβαση που πρέπει να αναφερθεί, είναι η Διεθνής Σύμβαση για τη Πρόληψη της Ρύπανσης (MARPOL 73/78) η οποία θέλει να αντιμετωπίσει τη μόλυνση που προέρχεται από κινητά πλωτά μέσα. Στον όρο «κινητά πλωτά μέσα» περιλαμβάνονται ακόμη και οι σταθερές, πλωτές πλατφόρμες (International Maritime Organization, 2002). Μάλιστα, η σχετική σύμβαση θέτει αυστηρότερους όρους στις πλωτές πλατφόρμες άντλησης χημικών ουσιών σε σχέση με τα πλοία και επιβάλλει την ύπαρξη εγκαταστάσεων και υποδομών που θα φιλτράρουν το νερό προτού καταλήξει στη θάλασσα.

Άξια αναφοράς είναι εξίσου και η Σύμβαση του ΟΗΕ για το Δίκαιο της Θάλασσας (1982), η οποία ορίζει πως τα συμβαλλόμενα μέρη κατά την εκμετάλλευση μιας υπεράκτιας εγκατάστασης εξόρυξης Υ/Α θα πρέπει να δύνανται να ελέγξουν και να ελαττώσουν οποιαδήποτε ενδεχόμενη θαλάσσια ρύπανση (EUR-Lex, 1998). Ακόμη, σε αυτή τη σύμβαση κατοχυρώνεται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και ουσιαστικά ορίζει πως το κόστος και οι ευθύνες οποιασδήποτε περιβαλλοντικής ζημιάς ανακύψει βαραινούν τον ρυπαίνοντα και μόνο αυτόν.

Θα πρέπει να αναφερθεί και η Συμφωνία Ευθύνης για Υπεράκτια Ρύπανση που εφαρμόζεται σε χώρες που εκτελούν γεωτρήσεις στη Βόρεια Θάλασσα και η οποία τονίζει πως τα μέλη έχουν αντικειμενική ευθύνη σε περιπτώσεις περιβαλλοντικής μόλυνσης και θα πρέπει να αποδεικνύουν την ικανότητά τους να διαθέτουν έως 250 εκατομμύρια δολάρια για την αντιμετώπιση ενός ατυχήματος. Ακόμη, σε περίπτωση αφερεγγυότητας του κράτους μέλους της Σύμβασης, το σχετικό ποσό θα πρέπει να συμπληρώσουν τα υπόλοιπα κράτη μέλη (Esmaeili, 2017).

Τέλος, σημαντικός σταθμός στη διεθνή νομοθεσία προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αποτελεί η Σύμβαση της Βαρκελώνης που εξειδικεύεται στη προστασία της Μεσογείου. Η σύμβαση υπεγράφη το 1976 και συνυπογράφουν όλες οι χώρες που βρέχονται από τη Μεσόγειο Θάλασσα. Σκοποί της σύμβασης αποτελούν: η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η εκτίμηση και έλεγχος της ρύπανσης, η ενίσχυση της αλληλεγγύης μεταξύ των Μεσογειακών Χωρών και η βελτίωση της ποιότητας ζωής των κρατών αυτών που επηρεάζονται άμεσα από τη κατάσταση του περιβάλλοντος της Μεσογείου. Στην Ελλάδα η κύρωση της σύμβασης έγινε με τον Νόμο 855 το 1978. Ακόμη, στη σύμβαση υπάρχει συγκεκριμένο πρωτόκολλο για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης Υ/Α, που προστέθηκε το 2013, και καλύπτει τα θέματα που αφορούν τις απαιτήσεις έγκρισης των πλατφορμών, την απομάκρυνση εγκαταλειμμένων πλατφορμών και την απομάκρυνση ενδεχομένως επιβλαβών ουσιών από αυτές (Organization for Economic Co-operation and Development, 2010). Τέλος, η σύμβαση ανοίγει διαύλους επικοινωνίας μεταξύ των κρατών για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των συμβάντων ρύπανσης της Μεσογείου (Barcelona Convention - Marine - Environment - European Commission, 1975).

2.3.2 Ενωσιακό Δίκαιο

Όλα όσα προαναφέρθηκαν, αφορούν βασικούς σταθμούς στην ιστορία του διεθνούς δικαίου αναφορικά με την πρόληψη και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζημιών. Ωστόσο, αξίζει να εστιάσουμε και εντός των

συνόρων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και να μελετήσουμε το ενωσιακό δίκαιο που διέπει την αντιμετώπιση ατυχηματικών συμβάντων στις πλατφόρμες εξόρυξης Υ/Α.

Στο ενωσιακό δίκαιο μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχε ιδιαίτερα αυστηρά ορισμένο νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με την πρόληψη από καταστροφές κατά την υπεράκτια εξόρυξη Υ/Α. Σταθμός-κλειδί στην θέσπιση της σχετικής νομοθεσίας, αποτέλεσε το ατύχημα στον Κόλπο του Μεξικού που ξύπνησε τους φόβους για ένα πιθανό, παρόμοιο ατύχημα στο μέλλον εντός των Ευρωπαϊκών χωρικών υδάτων. Επίσης, ο κίνδυνος και η αναγκαιότητα της πρόληψης περιβαλλοντικών ατυχημάτων κρίθηκε, κρίνεται και θα κρίνεται πάντα ύψιστης σημασίας για τη θάλασσα της Μεσογείου, η οποία όντας κλειστή λεκάνη με μεγάλο βάθος και περιτριγυρισμένη από πολλές χώρες πρέπει να προφυλάσσεται διαρκώς. Έτσι, λοιπόν, στον απόηχο του ατυχήματος στο Κόλπο του Μεξικού εκδίδεται στις 21 Μαΐου 2013, η κοινοτική οδηγία 2013/30/ΕΕ για την ασφάλεια των υπεράκτιων δραστηριοτήτων εξόρυξης και εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου. Συνοπτικά τα κύρια μέρη της οδηγίας αφορούν στα κάτωθι:

Αρχικά, στο άρθρο 4 της κοινοτικής οδηγίας αναφέρεται ο τρόπος χορήγησης της άδειας εκμετάλλευσης των υπεράκτιων πλατφορμών Υ/Α. Αναλυτικότερα, η οδηγία αναφέρει πως ο αιτούμενος την άδεια, φορέας εκμετάλλευσης, θα πρέπει να τηρεί μια σειρά από κριτήρια για να κριθεί κατάλληλος για τη χρήση της πλατφόρμας. Τέτοιου είδους κριτήρια αποτελεί η χρηματοοικονομική του επιφάνεια, ώστε σε περίπτωση συμβάντος να μπορεί να δράσει, η επικινδυνότητα της εγκατάστασης της πλατφόρμας στο συγκεκριμένο οικόπεδο, καθώς επίσης αξιολογείται και το ιστορικό του αιτούντος σε θέματα ασφαλείας σε πλατφόρμες που μπορεί να έχουν ανακύψει στο παρελθόν. Επομένως, αν και μόνο αν τηρούνται τα παραπάνω κριτήρια, η αδειοδοτούσα αρχή μπορεί να προβεί στη χορήγηση της άδειας για εκμετάλλευση. Βέβαια, στο συγκεκριμένο άρθρο, τονίζεται ο ρόλος των κρατών για την διευκόλυνση της πρόσβασης στις πληροφορίες που αφορούν τους αιτούντες άδεια (όπως χρηματοοικονομικά στοιχεία του) με τη θέσπιση κατάλληλων μηχανισμών.

Ακόμη, στο άρθρο 6 της οδηγίας αναφέρεται ότι τα κράτη θα πρέπει να μεριμνούν για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις που λειτουργούν διασφαλίζοντας την εκμετάλλευση μονάχα αυτών με άδεια. Επίσης, τα κράτη θα πρέπει να φροντίζουν για τη τήρηση μέτρων ασφαλείας από τον φορέα εκμετάλλευσης καθώς επίσης και να αναθεωρούν την ικανότητά του για την τήρηση των απαιτήσεων της συγκεκριμένης κοινοτικής οδηγίας. Ακόμη, τα κράτη-μέλη οφείλουν να επιτρέπουν την έναρξη ή τη συνέχιση των εργασιών στις πλατφόρμες, μόνο αν η έκθεση περί μεγάλων κινδύνων, που έχει υποβάλλει ο κάτοχος της άδειας, γίνει αποδεκτή. Τέλος, η οδηγία ορίζει την υποχρέωση των κρατών να κατοχυρώσουν μια ζώνη ασφαλείας περιμετρικά μιας πλατφόρμας εξόρυξης Υ/Α, όπου μόνο συγκεκριμένα πλοία θα μπορούν να εισέλθουν για να εξυπηρετήσουν τις διάφορες ανάγκες της πλατφόρμας (ανεφοδιασμός, επιθεωρήσεις κ.α.)

Επίσης, ιδιάζουσας σημασίας νομοθετική ρύθμιση που εισάγει η σχετική οδηγία είναι η απαίτηση για τον ορισμό μιας ανεξάρτητης αρμόδιας αρχής, ανά κράτος-μέλος, στην οποία ανατίθεται ο ρόλος του ελέγχου των εκθέσεων περί μεγάλων κινδύνων. Αυτή η αρμόδια αρχή έχει την ευθύνη να ελέγχει τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις προκειμένου να διαπιστώνει εάν η εκάστοτε εταιρεία εκμετάλλευσης της πλατφόρμας δύναται να τηρήσει τα απαιτούμενα πρωτόκολλα ασφαλείας καθώς επίσης και να αντιμετωπίσει ενδεχόμενους κινδύνους σύμφωνα με την έκθεση περί μεγάλων κινδύνων που έχει υποβάλει. Επιπρόσθετα, η εν λόγω αρχή, δύναται να εκδώσει γνωμοδοτήσεις στο φορέα εκμετάλλευσης, τις οποίες ο δεύτερος υποχρεούται να ακολουθήσει. Θα πρέπει να επισημανθεί πως η ανεξάρτητη αρμόδια αρχή θα πρέπει να είναι πλήρως απαλλαγμένη από οποιαδήποτε εμπλοκή με κρατικούς και ιδιωτικούς φορείς συμφερόντων ώστε να διασφαλίζεται η αμερόληπτη λειτουργία της. Βέβαια, η οδηγία υπογραμμίζει την υποχρέωση των κρατών να παρέχουν στη σχετική αρμόδια αρχή την βοήθεια που χρειάζεται για την ορθή λειτουργία της.

Στο άρθρο 10 της κοινοτικής οδηγίας γίνεται αναφορά στον ρόλο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (ΕΟΑΘ – EMSA European Maritime Safety Agency). Ο ΕΟΑΘ θα πρέπει να συνδράμει τεχνικά και επιστημονικά στη καταπολέμηση συμβάντων θαλάσσιας ρύπανσης από υπεράκτιες πλατφόρμες. Αναλυτικότερα, σε περίπτωση διαρροής υδρογονανθράκων στο θαλάσσιο περιβάλλον, ο ΕΟΑΘ θα συνδράμει διερευνώντας και παρακολουθώντας τη πετρελαιοκηλίδα, θα καταρτίσει και θα εκτελεί σχέδια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και θα μπορεί να αποφανθεί κατά πόσο τα υφιστάμενα σχέδια αντιμετώπισης συμβαδίζουν με την εν λόγω κοινοτική οδηγία. Επίσης, όσον αφορά στο άρθρο 11 της οδηγίας, αυτό προσδιορίζει τα έγγραφα που θα πρέπει να υποβάλλονται από τον φορέα εκμετάλλευσης στην αρμόδια αρχή αδειοδότησης για τη χορήγηση της άδειας.

Σημαντική υποχρέωση που απορρέει από την κοινοτική οδηγία για τους φορείς εκμετάλλευσης αποτελεί η κατάρτιση έκθεσης περί μεγάλων κινδύνων στην υπεράκτια παραγωγική εγκατάσταση. Αυτή η νομοθετική ρύθμιση προήλθε από την υιοθέτηση του νομικού πλαισίου που ισχύει στο Ηνωμένο Βασίλειο για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης Υ/Α όπως είχε προκύψει από τις εισηγήσεις του λόρδου Cullen (1990) μετά το τραγικό δυστύχημα στο Piper Alpha (1988). Η έκθεση περί μεγάλων κινδύνων προκύπτει μετά από συνεργασία εξωτερικών (συνήθως) συμβούλων με μηχανικούς, διοικητικό και τεχνικό προσωπικό της εταιρείας καθώς και με διαβούλευση με εκπροσώπους των εργαζομένων της εταιρείας για τον καθορισμό των ιδιαιτέρων κινδύνων και συνθηκών της εγκατάστασης και ύστερα από τροποποιήσεις που ενδέχεται να προτείνει η ανεξάρτητη αρμόδια αρχή. Μάλιστα, η έκθεση θα πρέπει να αναθεωρείται περιοδικά από το φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης σε βάθος χρόνου. Ωστόσο, πέραν της υποχρέωσης των φορέων εκμετάλλευσης για τη κατάρτιση της έκθεσης, ετήσια έκθεση σχετικά με τις εγκαταστάσεις που λειτουργούν στην οικονομική ζώνη τους και τα ατυχήματα σε αυτές απαιτείται εξίσου και από τα κράτη-μέλη της Ε.Ε την οποία και θα πρέπει να υποβάλλουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Στη συνέχεια, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσιεύει ετήσια έκθεση βάσει των πληροφοριών που έχει λάβει από κάθε κράτος (Εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1112/2014, 2014).

Εξίσου βασικό κεφάλαιο της κοινοτικής οδηγίας αποτελεί η υποχρέωση των εταιρειών εκμετάλλευσης να καταρτίσουν εσωτερικό σχέδιο ανάγκης. Εντός αυτού του σχεδίου ανάγκης θα πρέπει να παρέχεται πλήρης περιγραφή του εξοπλισμού και των διαθέσιμων πόρων καθώς επίσης και τα μέτρα που πρόκειται να ληφθούν σε ενδεχόμενο ατυχήματος. Πέραν της υποχρέωσης των εταιρειών, η κοινοτική οδηγία περιγράφει και την υποχρέωση των κρατών μελών της Ε.Ε για τη κατάρτιση εξωτερικών σχεδίων διαχείρισης εκτάκτων αναγκών που θα αφορά στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις εντός της εκάστοτε ΑΟΖ του κράτους. Εντός αυτών των σχεδίων θα πρέπει να γίνεται σαφής αναφορά στις οικονομικές υποχρεώσεις των εταιρειών γεώτρησης όπως επίσης και στις αρμοδιότητες των αρμόδιων αρχών που θα αναλάβουν δράση σε καταστάσεις εκτάκτων αναγκών.

Στο άρθρο 17 της οδηγίας, προσδιορίζεται ο ρόλος των ανεξάρτητων φορέων επαλήθευσης. Ειδικότερα, οι φορείς ανεξάρτητης επαλήθευσης θα πρέπει να μεριμνούν τόσο για τη καταλληλότητα των εγκαταστάσεων της πλατφόρμας ως προς την λειτουργία της, όσο και για το σχεδιασμό της γεώτρησης βάσει των κοινοποιήσεων εργασιών γεώτρησης ανά περιοχή. Επίσης, αναφέρεται ο ρόλος των κρατών να διασφαλίζουν τη τήρηση των γνωμοδοτήσεων και των συστάσεων που προτείνει ο φορέας επαλήθευσης από μεριάς των φορέων εκμετάλλευσης. Τέλος, τα κράτη-μέλη, θα πρέπει να απαιτούν από τους φορείς εκμετάλλευσης των υπεράκτιων πλατφορμών, να περιλαμβάνουν στις κοινοποιήσεις εργασιών γεώτρησης, τις διαπιστώσεις του φορέα επαλήθευσης όπως αυτές έγιναν.

Στο άρθρο 22, η οδηγία τονίζει τη σημασία της εμπιστευτικής αναφοράς στη πρόληψη των ατυχημάτων σε πλατφόρμες. Αναφέρει πως ενθαρρύνεται η αποστολή εμπιστευτικών αναφορών από τους φορείς

εκμετάλλευσης στην αρμόδια αρχή αδειοδότησης για τη διαπίστωση ενδεχόμενων προβλημάτων και κινδύνων, διατηρώντας ταυτόχρονα τη ταυτότητα του αποστολέα μυστική. Η αποστολή των σχετικών εμπιστευτικών αναφορών θα μπορεί να γίνεται από οποιονδήποτε υπάλληλο στη πλατφόρμα που κρίνει κάτι επισφαλές.

Όσον αφορά στη διερεύνηση κάποιου σοβαρού ατυχήματος, τα κράτη-μέλη οφείλουν να διερευνήσουν οποιοδήποτε συμβάν λάβει χώρα εντός των χωρικών του υδάτων. Εν συνεχεία, οφείλουν να κοινοποιήσουν στην Επιτροπή τα πορίσματά τους για το συμβάν και να διασφαλίσουν την εφαρμογή των συστάσεων που θα κάνει η ανεξάρτητη αρμόδια αρχή στο φορέα εκμετάλλευσης. Παρόλα αυτά, η κοινοτική οδηγία εντοπίζει τους διαφορετικούς τύπους ατυχημάτων που μπορεί να δημοσιεύει η κάθε χώρα και απαιτεί τη χρήση κοινού μορφότυπου για την αναφορά συμβάντων. Αυτό το μορφότυπο ορίστηκε σαφώς με την έκδοση του Ευρωπαϊκού Κανονισμού 1112/2014(13/10/2014) που περιλαμβάνει πρότυπα αναφοράς συμβάντων καθώς επίσης ορίζει και τα χρονικά περιθώρια δημοσίευσής τους.

Τέλος, μνεία γίνεται και στην ανάγκη διαφύλαξης της Αρκτικής καθώς αποτελεί πυλώνα για τη παγκόσμια κλιματική ισορροπία. Πιο συγκεκριμένα, η σχετική κοινοτική οδηγία αναφέρει: «τα κράτη μέλη του Αρκτικού Συμβουλίου θα πρέπει να προωθήσουν με αποφασιστικότητα ύψιστα πρότυπα περιβαλλοντικής ασφάλειας για αυτό το ευαίσθητο και μοναδικό οικοσύστημα».

Η προθεσμία για την εναρμόνιση της παραπάνω κοινοτικής οδηγίας με τους εθνικούς νόμους των κρατών μελών της Ε.Ε. ορίστηκε στα τρία χρόνια από την έκδοση της. Στην Ελλάδα, η συγκεκριμένη Ευρωπαϊκή Οδηγία εισήχθη στο εθνικό δίκαιο με τον νόμο Ν.4409/2016 (ΦΕΚ Α 136 – 28/07/2016) (Οδηγία 2013/30/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, 2013).

3. Μέθοδος Έρευνας

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η μέθοδος έρευνας που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Η σχηματική αναπαράσταση της συλλογιστικής πορείας που ακολουθήθηκε κατά τη συγγραφή της εργασίας φαίνεται στο **σχήμα 1**.

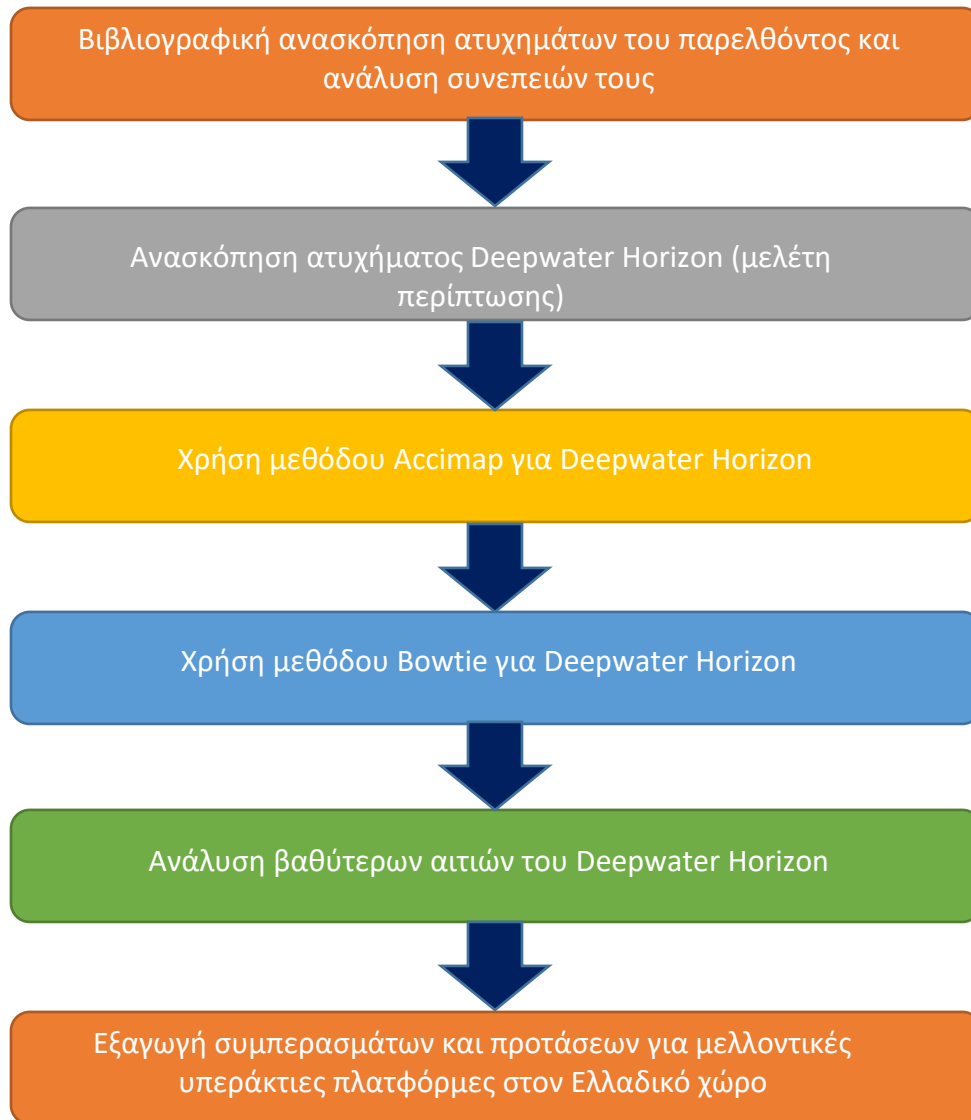
Η διπλωματική εργασία ξεκινά με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ατυχημάτων του παρελθόντος. Η συγκεκριμένη έρευνα αποσκοπεί στην διαπίστωση της επικινδυνότητας της εργασίας στις υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης των υδρογονανθράκων τόσο απέναντι στον άνθρωπο όσο και απέναντι στο περιβάλλον. Η μελέτη της προϊστορίας των ατυχημάτων στις υπεράκτιες πλατφόρμες υποδεικνύει κενά ασφαλείας στις υφιστάμενες πρακτικές εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων και στην οργάνωση των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στο τομέα αυτό. Επίσης, γίνεται αναφορά στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί τόσο σε διεθνές όσο και Ευρωπαϊκό επίπεδο πριν και μετά το ατύχημα στο Macondo.

Στη συνέχεια, γίνεται περιγραφή του ατυχήματος Deerwater Horizon η οποία στηρίχτηκε στις εκθέσεις από το Report to the President και το CSB. Το Deerwater Horizon αποτελεί τη μελέτη περίπτωσης (case study) της παρούσας διπλωματικής. Με τη συγκεκριμένη μελέτη ασφαλείας, δύναται να διερευνηθούν τα δεδομένα ενός ειδικού ατυχήματος και να εξαχθούν συμπεράσματα που μπορούν να γενικευτούν στις υπεράκτιες πλατφόρμες.

Βάσει της παραπάνω περιγραφής προέκυψαν οι αναλύσεις του ατυχήματος με τις μεθόδους Accimap και Bowtie. Αναλυτικότερα, η μέθοδος Accimap είναι αποτελεσματική στην οπτική απεικόνιση των πολλών παραγόντων που οδηγούν σε ένα ατύχημα καθώς και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων επιπέδων διοίκησης και εξουσίας. Όσον αφορά την μέθοδο Bowtie, πρόκειται για μια μέθοδο που εστιάζει στην απεικόνιση των σχέσεων μεταξύ των αιτιών που συντέλεσαν σε ένα συμβάν, των πιθανών συνεπειών ενός ενδεχόμενου ατυχήματος και των παραγόντων που εμπλέκονται. Επίσης, η μέθοδος Bowtie δύναται να αποδείξει πως τα βαθύτερα αίτια ενός ατυχήματος επηρεάζουν το κάθε φράγμα πρόληψης και προστασίας και μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της αποτελεσματικότητάς τους σε ένα μελλοντικό ατύχημα. Μετά από τη γραφική απεικόνιση της κάθε μεθόδου ακολουθεί η αναλυτική ερμηνεία του κάθε σχήματος. Από τις παραπάνω αναλύσεις προέκυψε η αιτιολογική και η χρονολογική σχέση των συμβάντων που οδήγησαν στη τελική καταστροφή. Η παραπάνω καταγραφή των συμβάντων οδήγησε στον εντοπισμό των κενών ασφαλείας που συντέλεσαν στην εκδήλωσή τους. Έπειτα από τα παραπάνω, γίνεται η ερμηνεία των βαθύτερων αιτιών που ευθύνονται για την παρουσία αυτών των ελλείψεων στην ασφάλεια.

Τα βαθύτερα αίτια που προκύπτουν, χρησιμεύουν στην εξαγωγή βελτιωτικών προτάσεων και απαραίτητων αναθεωρήσεων στον υφιστάμενο εξοπλισμό των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, στην υφιστάμενη οργανωτική δομή και κουλτούρα των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην υπεράκτια εξόρυξη υδρογονανθράκων καθώς επίσης και στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο που ρυθμίζει τη λειτουργία τους.

Τέλος, η σημασία των παραπάνω προτάσεων κορυφώνεται αν αντιληφθεί κανείς την ομοιότητα του Κόλπου του Μεξικού με την Μεσόγειο Θάλασσα, οπότε παρουσιάζονται τα κοινά γεωμορφολογικά και γεωγραφικά στοιχεία των δύο θαλασσών.



Σχήμα 1: Μέθοδος Έρευνας στη διπλωματική εργασία

4. Πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων στην Ελλάδα

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα (1903), χρονολογούνται οι πρώτες έρευνες για ανακάλυψη κοιτασμάτων υδρογονανθράκων στον ελληνικό χώρο στις περιοχές Έλος Κερί Ζακύνθου, ΒΔ Πελοπόννησο και Έβρο. Το 1960, το τότε υπουργείο Βιομηχανίας μαζί με το Γαλλικό Ινστιτούτο Πετρελαιοειδών επιδόθηκαν σε μια συστηματική προσπάθεια έρευνας και έγιναν συνολικά 17 γεωτρήσεις μικρού βάθους. Στη προσπάθεια αυτή συνέβαλλαν εξίσου ξένες εταιρείες όπως η BP, ESSO, TEXACO, CHEVRON, οι οποίες ανέλαβαν παραχωρήσεις στην Αιτωλοακαρνανία, ΒΔ Πελοπόννησο, Ζάκυνθο, Παξούς, Θερμαϊκό Κόλπο, Λήμνο και Θρακικό Πέλαγος. Έγιναν συνολικά 40 γεωτρήσεις σε ξηρά και θάλασσα και από τις έρευνες αυτές προέκυψε η ανακάλυψη των πρώτων εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων στη θαλάσσια περιοχή της Καβάλας-Θάσου (Κοίτασμα πετρελαίου του Πρίνου) και το κοίτασμα φυσικού αερίου Νοτίου Καβάλας από την εταιρεία OCEANIC-COLORADO (1971-1974). Το 1975 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου (ΔΕΠ Α.Ε.) η οποία ήταν η διαχειρίστρια αρχή των κοιτασμάτων και η οποία αργότερα μετεξελίχθηκε στα Ελληνικά Πετρέλαια (ΕΛ.ΠΕ). Σήμερα, λειτουργούν δύο πλατφόρμες στα ελληνικά χωρικά ύδατα οι Πρίνος Ι και Πρίνος ΙΙ υπό την εκμετάλλευση της εταιρείας Energean Oil & Gas, με παραγωγή 3000 βαρέλια πετρελαίου ημερησίως και αποδεδειγμένα αποθέματα 90 εκατομμύρια βαρέλια. Οι έως τώρα δοκιμές υποδεικνύουν ότι στην Ελλάδα υπάρχουν περιοχές με επενδυτικό ενδιαφέρον για την ενδεχόμενη ανακάλυψη υδρογονανθράκων. Στις περιοχές με αποδεδειγμένη την ύπαρξη κοιτασμάτων πετρελαίου (όπως η Ήπειρος, Β. Ιόνιο, Πατραϊκός, Θρακικό Πέλαγος, ΒΔ Πελοπόννησος, Θερμαϊκός) οι πρόσφατες έρευνες είναι αρκετά ενθαρρυντικές αλλά απαιτείται περαιτέρω συστηματική γεωτρητική έρευνα για τον εντοπισμό πιθανών κοιτασμάτων φυσικού αερίου (Μπασιάς and Μπέλλας, 2019). Επομένως, αν αναλογιστεί κανείς το σημερινό ενεργειακό καθεστώς και τη διαρκή αναζήτηση ορυκτών πόρων, η δημιουργία περισσότερων πλατφορμών στην Ελλάδα θα μπορούσε να συμβεί στο κοντινό μέλλον.

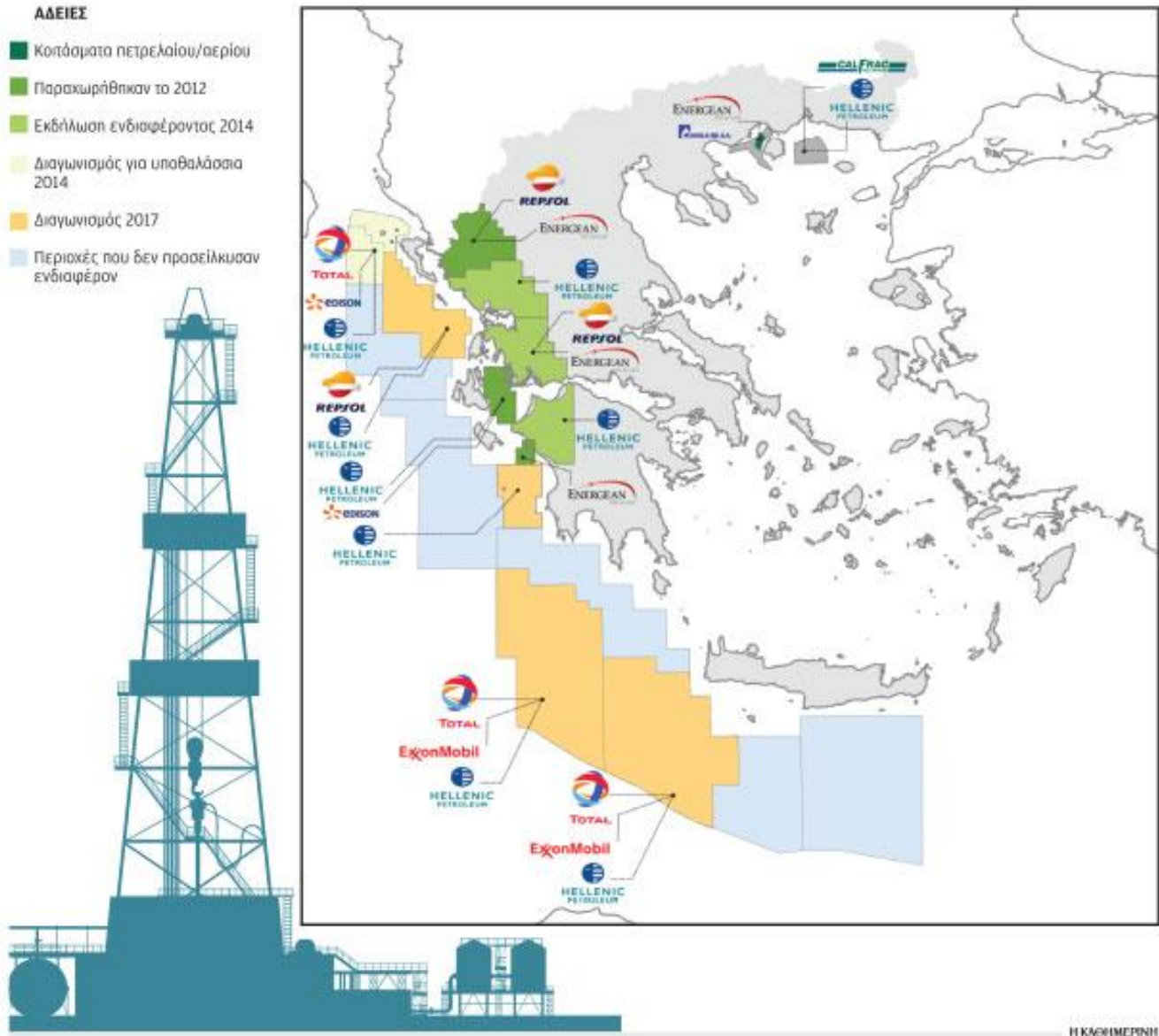


Εικόνα 31: Οι πλατφόρμες Πρίνος 1 και Πρίνος 2 στη περιοχή μεταξύ Καβάλας-Θάσου στο κοίτασμα Πρίνος³¹

³¹ Πηγή: <https://energypress.gr/news/proti-nea-exedra-ston-prino-meta-apo-40-hronia-erhetai-apo-tin-kostantza-gia-na-koymposei-pano>

Τα 13 θαλάσσια και χερσαία «οικόπεδα»

στα οποία το ελληνικό Δημόσιο έχει παραχωρήσει δικαιώματα έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων



Εικόνα 32: Οι παραχωρημένες περιοχές για έρευνες υδρογονανθράκων στην Ελλάδα ³²

³² Πηγή: <https://www.kathimerini.gr/economy/local/1043834/xekeinoun-oi-ereynes-gia-koitasmata-petrelaiou-aeriov/>

5. Περιγραφή ατυχήματος Deepwater Horizon

Στις 20 Απριλίου 2010, σημειώθηκε έκρηξη σε γεώτρηση στο πετρελαϊκό πεδίο Macondo, κοστίζοντας τη ζωή σε 11 άτομα με τραγικά επακόλουθα την βύθιση της πλατφόρμας Deepwater Horizon και την απελευθέρωση περισσότερων από 4 εκατομμύρια βαρέλια αργού πετρελαίου στον Κόλπο του Μεξικού. Η διαρροή διατάραξε την οικονομία ολόκληρης της περιοχής και κατέστρεψε την αλιεία και τα τοπικά οικοσυστήματα. Τα παραπάνω αποτέλεσαν την αφορμή για να μελετηθούν εκτενώς οι κίνδυνοι από τις γεωτρήσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου σε μεγάλα βάθη.

Όλα ξεκίνησαν περίπου στις 9:45 μ.μ., στις 20 Απριλίου 2010, όταν αέριο μεθάνιο μέσω της γεώτρησης, υπό υψηλή πίεση, εκτοξεύτηκε στο κατάστρωμα της πλατφόρμας προκαλώντας μεγάλες εκρήξεις και πυρκαγιά. Στη συνέχεια, η φωτιά επεκτάθηκε σε ολόκληρη την πλατφόρμα. Η πλειοψηφία του προσωπικού που βρισκόταν εκείνη την στιγμή στην πλατφόρμα, διέφυγε από εκεί με σωσίβια λέμβους και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν με ελικόπτερα στη στεριά για παροχή ιατρικής περίθαλψης. Παρόλα αυτά, έντεκα από τους εργαζόμενους δεν βρέθηκαν ποτέ παρά τις τριήμερες προσπάθειες εντοπισμού του Λιμενικού Σώματος και τελικά θεωρήθηκε ότι πέθαναν στην έκρηξη. Στο σημείο της καταστροφής έσπευσαν πολλά πλοία για να συνδράμουν στη κατάσβεση της πυρκαγιάς, οι οποίες ωστόσο αποδείχτηκαν άκαρπες. Μέσα σε 36 ώρες η πλατφόρμα Deepwater Horizon βυθίστηκε (το πρωί της 22ας Απριλίου 2010). Η διαρροή είχε διάρκεια 87 ημέρες με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική καταστροφή στα χρονικά των ΗΠΑ.

Ως βασικό τεχνικό αίτιο της διαρροής υδρογονανθράκων και της συνεπαγόμενης έκρηξης θεωρήθηκε η ακατάλληλη σύσταση του τσιμέντου που χρησιμοποίησε η BP και η Halliburton στον πυθμένα της γεώτρησης με αποτέλεσμα να μην μπορεί να σφραγιστεί επιτυχώς και να προληφθεί η εισροή των υδρογονανθράκων. Αναλυτικότερα, οι παράγοντες που αύξησαν το κίνδυνο αστοχίας του τσιμέντου στο Deepwater Horizon ήταν οι κάτωθι:

Αρχικά, οι ιδιαιτερότητες της γεώτρησης ανάγκασαν τους μηχανικούς να επιλέξουν μια εργασία τσιμέντωσης που απαιτούσε χαμηλότερο συνολικό όγκο τσιμέντου από το συνηθισμένο. Στη συνέχεια, πρέπει να επισημανθεί ότι η σύσταση του τσιμέντου που χρησιμοποιήθηκε, ήταν καινούργια και δεν είχε δοκιμαστεί πριν την χρήση του στη γεώτρηση όπου επικρατούσαν ιδιαίτερες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας λόγω πολύ υψηλού βάθους. Επίσης, η απόφαση για χρήση αυτού του είδους σύστασης του τσιμέντου, ελήφθη τη τελευταία στιγμή χωρίς ιδιαίτερη αξιολόγηση του πιθανού κινδύνου από τη χρήση του. Τα αποτελέσματα των τεστ αρνητικής πίεσης που διεξήχθησαν στις 20 Απριλίου και υποδείκνυαν με σαφήνεια ότι οι υδρογονάνθρακες διέρρεαν στη γεώτρηση, παρερμηνεύτηκαν από τους υπεύθυνους της BP στη πλατφόρμα και από το προσωπικό της Transocean. Στη συνέχεια, οι εργαζόμενοι της Transocean αγνόησαν μια σειρά από ενδείξεις ότι είχαν εισέλθει υδρογονάνθρακες στη γεώτρηση (kicks) και ανέβαιναν με ταχύτητα στην επιφάνεια την τελευταία ώρα πριν συμβεί η έκρηξη. Εν τέλει, αφού πια οι υδρογονάνθρακες διέρρευσαν και έγινε αντιληπτό ότι συνέβαιναν συνεχείς εκρήξεις, έγινε προσπάθεια ενεργοποίησης του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) αλλά ήταν ήδη πολύ αργά για να αποτραπεί η καταστροφή που θα ακολουθούσε. Ακόμη, όπως αποδείχτηκε, από την αυτοψία που ακολούθησε στον εξοπλισμό του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP), ο συγκεκριμένος εξοπλισμός δεν ήταν κατάλληλα σχεδιασμένος και δε λειτούργησε αποτελεσματικά.

Σαν λανθάνουσα αιτία του ατυχήματος κρίθηκε η κακή νοοτροπία ασφαλείας των offshore project managers της BP και των εμπλεκόμενων εργολάβων (Transocean, Haliburton), καθώς επίσης και η οικονομική πίεση στο έργο γιατί η γεώτρηση είχε βγει εκτός του προγραμματισμένου χρονοδιαγράμματος. Η οικονομική πίεση αποτέλεσε τον κυριότερο καταλυτικό παράγοντα πίσω από την επιπόλαιη λήψη των σχεδιαστικών αποφάσεων που συνετέλεσαν στη τελική καταστροφή. Ακολούθησαν πολλές εκθέσεις έρευνας για το ατύχημα (μεταξύ αυτών και η Έκθεση της Επιτροπής προς τον Πρόεδρο των Η.Π.Α η οποία μελετήθηκε ενδελεχώς για τη συγγραφή της διπλωματικής) και αποκαλύφθηκαν πολλές οργανωτικές αστοχίες που συνέβαλαν στο τελικό ατύχημα. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι υπήρχε έλλειψη επαρκούς αναγνώρισης των κινδύνων με ιδιαίτερη έμφαση στους κινδύνους που προέκυψαν κατά τις σχεδιαστικές αλλαγές στις διαδικασίες της τσιμέντωσης της γεώτρησης. Ακόμη, δεν υπήρχαν σαφείς κατευθυντήριες γραμμές στις διαδικασίες ελέγχου της γεώτρησης καθώς επίσης ούτε επαρκής επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μηχανικών και υπαλλήλων διοίκησης ώστε να γνωστοποιηθούν οι δυσχέρειες που είχαν ανακύψει. Τέλος, οι έρευνες τονίζουν την έλλειψη διάθεσης από τις εταιρείες για δημοσίευση πληροφοριών σχετικά με άλλα ατυχήματα σε υπεράκτιες πλατφόρμες καθώς και την ανεπαρκή εκπαίδευση του προσωπικού, ιδιαίτερα σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

Βέβαια, των εκθέσεων έρευνας έπονται συστάσεις για μεταρρυθμίσεις στο ισχύον νομοθετικό πλαίσιο για την υπεράκτια εκμετάλλευση υδρογονανθράκων καθώς η έως τότε ρυθμιστική αρχή διαχείρισης ορυκτών πόρων των ΗΠΑ (Πρώην BSEE, νυν MMS) κρίθηκε εντελώς ανεπαρκής για την πρόληψη του παραπάνω ατυχήματος. Οι σημαντικότερες από τις συστάσεις που προέκυψαν αφορούσαν : 1) την ανάγκη για σαφή διαχωρισμό της αρχής χρηματοδοτικής μίσθωσης από τις ρυθμιστικές αρχές που έχουν την εποπτεία της ασφαλείας , 2) την ανάγκη για βελτίωση των διεθνών προτύπων ασφαλείας , 3) την ανάγκη για περισσότερη διαφάνεια και δημοσιοποίηση στην αναφορά περιστατικών και παρ'όλιγον ατυχημάτων με σκοπό την αποκόμιση διδαγμάτων και τέλος 4) την ανάγκη για καλύτερο σχεδιασμό στην αντιμετώπιση περιστατικών εκτάκτου ανάγκης.

Συνολικά, οι συνέπειες της καταστροφής στον Κόλπο του Μεξικού συνοψίζονται παρακάτω: Αρχικά, κατά τη διαρροή των 87 ημερών απελευθερώθηκαν στο περιβάλλον 205,8 εκατομμύρια γαλόνια πετρελαίου και έχασαν τη ζωή τους 11 άνθρωποι. Στη προσπάθεια διάσωσης χρησιμοποιήθηκαν 1,8 εκατομμύρια γαλόνια διαλύτη ενώ έσπευσαν στη περιοχή για βοήθεια 9.000 πλοία με έως και 47.000 ανθρώπους για να συνδράμουν ημερησίως. Σε εταιρικό επίπεδο η BP αναγκάστηκε να πληρώσει 29 δισεκατομμύρια δολάρια καθώς για κάθε βαρέλι πετρελαίου που διέρρευσε αντιστοιχήθηκε πρόστιμο ίσο με 4300 δολάρια και ο διευθύνων σύμβουλος απολύθηκε. Σε οικολογικό επίπεδο, ο πληθυσμός των πελεκάνων σημείωσε μείωση ίση με 12%, 800.000 πτηνά σκοτώθηκαν ενώ 1000 δελφίνια βρέθηκαν νεκρά κατά μήκος του κόλπου. Οι οικονομικές απώλειες ήταν εξίσου σημαντικές καθώς οι τοπικές κοινωνίες ζούσαν από το ψάρεμα και τον τουρισμό. Μετά το ατύχημα, υπολογίζεται ότι οι ψαράδες έχασαν 173 εκατομμύρια δολάρια ενώ από τον τουρισμό υπήρξαν απώλειες 691 εκατομμυρίων δολαρίων. Τέλος, η καταστροφή συνεχίζει να υφίσταται έως και σήμερα καθώς παραμένουν πάνω από 26 εκατομμύρια γαλόνια πετρελαίου στον πυθμένα του κόλπου (McDonnell et al., 2022).



Εικόνα 33: Ένας πελεκάνος επικαλυμμένος με πετρέλαιο παλεύει να κινηθεί στο East Grand Terre Island, Λουϊζιάνα, στις 4 Ιουνίου 2010³³

³³ Πηγή: <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/how-is-wildlife-doing-now--ten-years-after-the-deepwater-horizon>

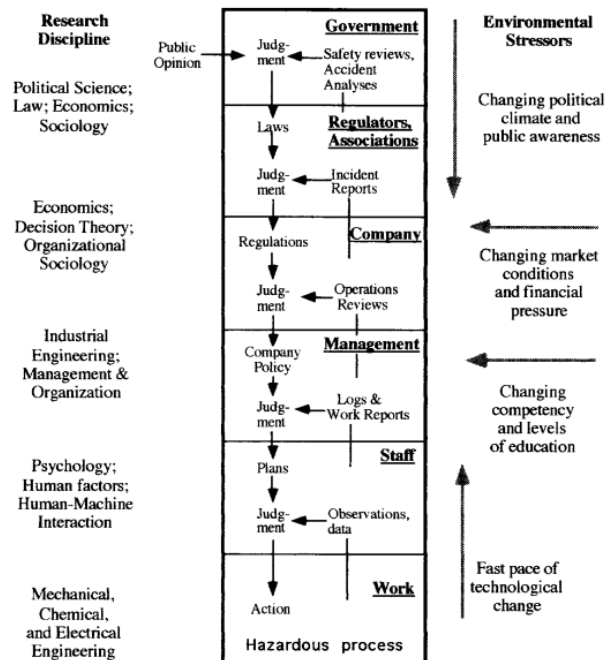
6. Χρήση μεθόδου Accimap για ανάλυση του Deepwater Horizon

Στη παρούσα ενότητα γίνεται ανάπτυξη της μεθόδου Accimap για τη βαθύτερη κατανόηση του ατυχήματος του Deepwater Horizon.

6.1 Εισαγωγή στο Accimap

Το AcciMap είναι μια μέθοδος ανάλυσης ατυχημάτων που βασίζεται στη γραφική απεικόνιση των πολλαπλών παραγόντων που συμβάλλουν σε ένα ατύχημα, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους στα εξής επίπεδα: Κυβερνητική πολιτική, ρυθμιστικοί φορείς και ενώσεις, τοπική διακυβέρνηση και διοίκηση της εταιρείας, Διαχείριση τεχνικών και επιχειρησιακών ζητημάτων, εμπλεκόμενος εξοπλισμός και περιβάλλον.

Η μέθοδος AcciMap αναπτύχθηκε από τον Rasmussen, το 1997, ως ένα μέσο μοντελοποίησης του κοινωνικό-τεχνικού πλαισίου για τον καθορισμό των γεγονότων και των αποφάσεων που προκάλεσαν ένα ατύχημα. Το γενικό κοινωνικο-τεχνικό πλαίσιο που εισήχθη αρχικά φαίνεται παρακάτω.

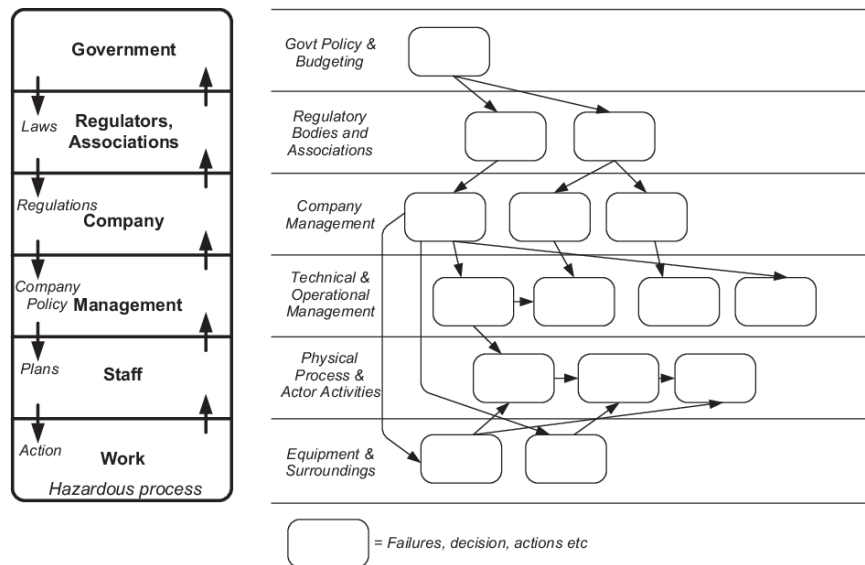


Εικόνα 34: Γραφική απεικόνιση της λογικής του διαγράμματος Accimap ³⁴

Όπως φαίνεται παραπάνω και όπως ερμηνεύτηκε από τον Rasmussen η λογική του διαγράμματος είναι η εξής: Στη κορυφή βρίσκεται η κοινωνία η οποία επιδιώκει την ασφάλεια και την επιτυγχάνει μέσω της θέσπισης νομοθετικού πλαισίου. Η νομοθεσία με τη σειρά της θέτει προτεραιότητες σε αντικρουόμενους στόχους και θέτει όρια στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Στη συνέχεια, στο επίπεδο των τοπικών διοικήσεων, η παραπάνω νομοθεσία ρυθμίζει εξίσου τις συμπεριφορές και τις αποφάσεις τους αναφορικά με τις δράσεις που θα λαμβάνουν οι εργαζόμενοι οι οποίοι αποτελούν και το χαμηλότερο επίπεδο του διαγράμματος. Σε εκείνο το

³⁴ Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/operator-behavior>

επίπεδο είναι που εμπλέκονται οι κοινωνιολόγοι και ερμηνεύουν τις αντιδράσεις των ανθρώπων οπότε και προτείνουν τροποποιήσεις στην υφιστάμενη νομοθεσία ανεβαίνοντας ξανά στη κορυφή του διαγράμματος. Επομένως, κάθε επίπεδο εμπλέκεται στη διαχείριση της ασφάλειας μέσω νόμων, κανόνων και οδηγιών. Προκειμένου τα συστήματα να λειτουργούν με ασφάλεια, οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε υψηλότερα επίπεδα θα πρέπει να ρέουν και να επιδρούν στις αποφάσεις και τις ενέργειες που λαμβάνουν χώρα σε χαμηλότερα επίπεδα του συστήματος. Αντίστροφα, πληροφορίες από τα χαμηλότερα επίπεδα του συστήματος, ρέουν προς τα πάνω επηρεάζοντας τις αποφάσεις και τις ενέργειες που λαμβάνονται σε υψηλότερα επίπεδα. Η εξελιγμένη γραφική απεικόνιση του AcciMap που χρησιμοποιείται κατά την ανάλυση σε πολλά ατυχήματα έχει το παρακάτω δενδροειδές διάγραμμα, με την εκδήλωση του ατυχήματος να βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο του δένδρου, το οποίο διακλαδώνεται προς τα πάνω (με τις πιο άμεσες αιτίες στα κατώτερα τμήματα και τις πιο έμμεσες αιτίες όσο ανεβαίνουμε στη κορυφή του δένδρου) (Rasmussen,1997) . Παρακάτω μπορούμε να δούμε το παράδειγμα ενός δεντρικού διαγράμματος AcciMap:



Εικόνα 35: Το διάγραμμα AcciMap ³⁵

Η χρήση της μεθόδου AcciMap χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα αποτελεσματική και χρήσιμη στην ανάλυση των ατυχημάτων. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η συνοπτική και λογική απεικόνιση των αιτιών που συνετέλεσαν στο ατύχημα ώστε να μπορεί γρήγορα ένας αναλυτής να κατανοήσει, εύκολα, τον συνδυασμό των παραγόντων που οδήγησαν στο συμβάν. Επίσης, το διάγραμμα AcciMap εκτείνεται πέραν των άμεσων αιτιών ενός ατυχήματος και δύναται να αποκαλύψει μια σειρά έμμεσων παραγόντων που ώθησαν το σύστημα στις συνθήκες στις οποίες εκδηλώθηκε το ατύχημα. Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος βιομηχανιών όπως στην αεροπορία, την άμυνα, τους υδρογονάνθρακες, τη δημόσια υγεία και όπου αλλού πρέπει να γίνει ανάλυση και διαχείριση κινδύνων. Στο παρελθόν, η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί για μεγάλα ατυχήματα όπως το ατύχημα στη πλατφόρμα Piper Alpha, το ναυάγιο του MS Estonia και του MV Sewol, την έκρηξη στο εργοστάσιο Bhopal στην Ινδία και άλλα.

³⁵ Πηγή: <https://dragonaccimap.com/>

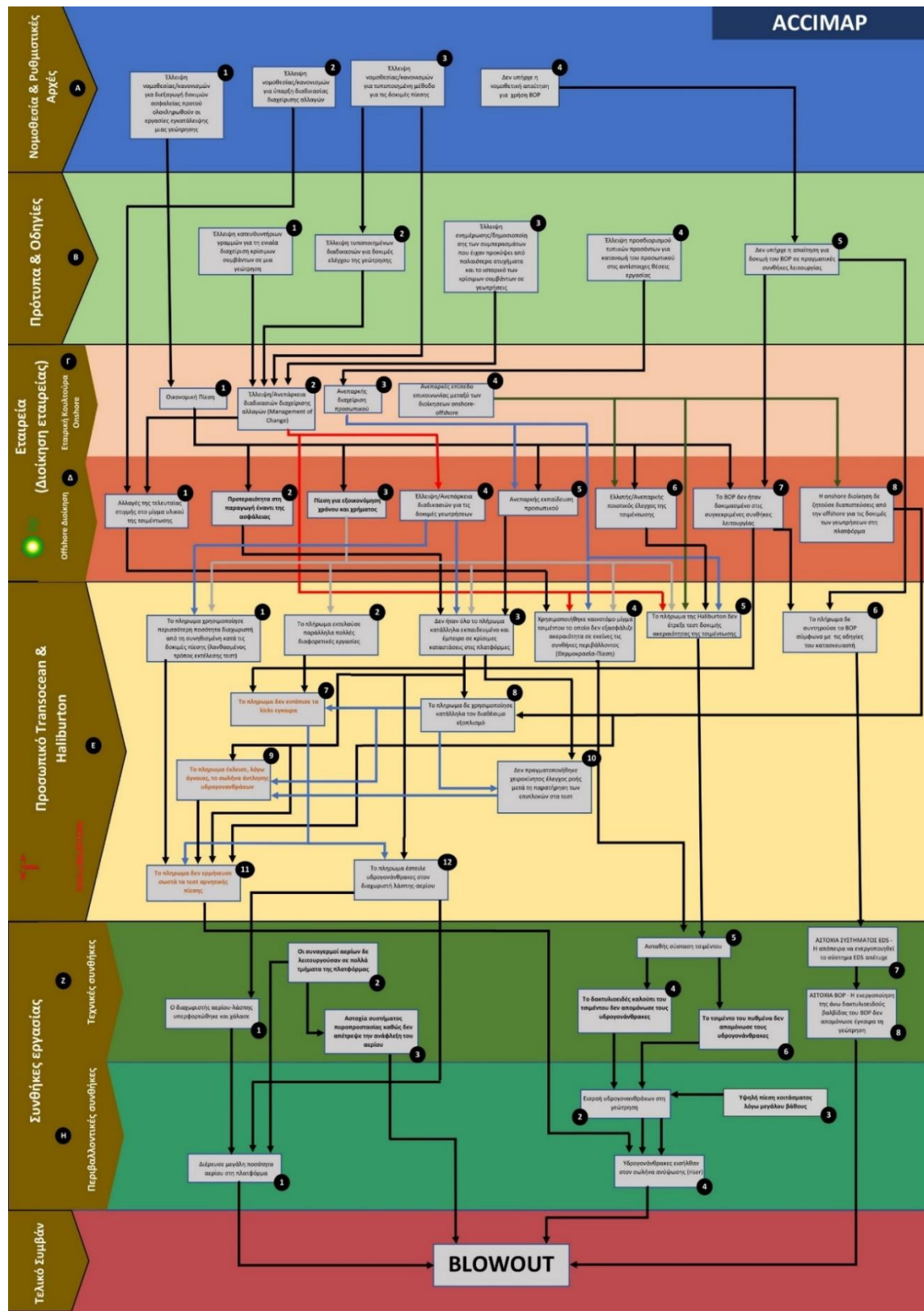
Παρακάτω φαίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου συνοψισμένα σε έναν πίνακα:

Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ανάλυσης Accimap

AcciMap	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μπορεί να παρουσιαστεί ένα ατύχημα συνοπτικά σε ένα διάγραμμα	Δεν προκύπτει επαρκής πληροφορία για τη δομή και τους περιορισμούς του συστήματος
Φαίνεται η αλληλουχία των γεγονότων καθώς και οι συσχετίσεις μεταξύ αυτών που οδήγησαν στο ατύχημα	Τα βαθύτερα αίτια και η επιρροή τους είναι δύσκολο να αποτυπωθούν
Αποδίδει οπτικά το ατύχημα σε δύο άξονες: χρονικά στον οριζόντιο άξονα και στον κάθετο άξονα η αιτιολογική σχέση των παραγόντων στα διάφορα επίπεδα	

6.2 Διάγραμμα Accimap

Παρακάτω ακολουθεί το διάγραμμα Accimap όπως διαμορφώθηκε για το Deepwater Horizon:



Σχήμα 2: Διάγραμμα Accimap

6.3 Παραπομπές Accimap

Πίνακας 4: Παραπομπές για διάγραμμα Accimap

Αριθμός Παραπομπής	Πηγή	Παραπομπή
A.1	Report to the President	σελ. 119
A.2	CSB Volume 3	σελ. 103
A.3	Report to the President	σελ. 119
A.4	CSB Volume 2	σελ.15
B.1	CSB Volume 3	σελ. 85
B.2	Report to the President / CSB Volume 3	σελ. 119 / σελ. 95
B.3	Report to the President / CSB Volume 3	σελ.254 / σελ.119
B.4	CSB Volume 3	σελ. 226
B.5	CSB Volume 2	σελ. 87
Γ.1	Report to the President	σελ. 125
Γ.2	CSB Volume 3	σελ. 102
Γ.3	CSB Volume 3	σελ. 226
Γ.4	CSB Volume 3	σελ. 80
Δ.1	Report to the President	σελ. 100
Δ.2	Report to the President	σελ. 125
Δ.3	Report to the President	σελ. 125
Δ.4	Report to the President	σελ. 105
Δ.5	CSB Volume 3	σελ. 226

Πίνακας 4: Παραπομπές για διάγραμμα Accimap

Δ.6	Report to the President	σελ. 101
Δ.7	CSB Volume 2	σελ. 87
Δ.8	CSB Volume 3	σελ. 80
Ε.1	CSB Volume 3	σελ. 48
Ε.2	<i>Προκύπτει από την περιγραφή του ατυχήματος</i>	-
Ε.3	CSB Volume 3	σελ.170
Ε.4	CSB Volume 3	σελ.104
Ε.5	Report to the President	σελ. 101
Ε.6	CSB Volume 2	σελ. 65
Ε.7	<i>Προκύπτει από την περιγραφή του ατυχήματος</i>	-
Ε.8	CSB Volume 3	σελ. 155
Ε.9	Report to the President	σελ. 114
Ε.10	CSB Volume 3	σελ.51-52
Ε.11	Report to the President	σελ. 6
Ε.12	Report to the President	σελ. 114
Ζ.1	Report to the President	σελ. 114
Ζ.2	CSB Volume 3	σελ. 46 / σελ. 156
Ζ.3	CSB Volume 3	σελ. 46 / σελ. 156
Ζ.4	Report to the President	σελ. 107
Ζ.5	<i>Προκύπτει από την περιγραφή του ατυχήματος</i>	-
Ζ.6	CSB Volume 2	σελ. 28
Ζ.7	Report to the President	σελ. 114

Πίνακας 4: Παραπομπές για διάγραμμα Accimap

Z.8	Report to the President	σελ. 114
H.1	Report to the President	σελ. 114
H.2	<i>Προκύπτει από την περιγραφή του ατυχήματος</i>	-
H.3	Report to the President	σελ. ix
H.4	<i>Προκύπτει από την περιγραφή του ατυχήματος</i>	-

Όσα χωρία έχουν παύλα σημαίνει ότι προκύπτουν σαν άμεσες συνέπειες των προηγούμενων ενεργειών που έλαβαν χώρα .

6.4 Ανάλυση διαγράμματος Accimap

Από την ανάλυση του παραπάνω διαγράμματος AcciMap, μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα για το τι πραγματικά οδήγησε στο τελικό συμβάν και να αποκαλυφθούν οι λανθάνουσες αιτίες που συνέβαλαν με τη σειρά τους στην εξέλιξη του ατυχήματος. Το διάγραμμα AcciMap δε μελετάει μόνο τα άμεσα φυσικά γεγονότα αλλά και τις αποφάσεις ή ενέργειες που έλαβε το πλήρωμα της πλατφόρμας Deerwater Horizon όπως επίσης και τη συμβολή των παραγόντων σε ανώτερα επίπεδα του ομίλου της BP και της κυβέρνησης. Με άλλα λόγια, η ανάλυση AcciMap βοηθάει τους αναλυτές να εντοπίσουν παράγοντες που σχετίζονται με οργανωτικές, κυβερνητικές και ρυθμιστικές αρχές καθώς και τις αλληλεπιδράσεις αυτών με τους παράγοντες των χαμηλότερων επιπέδων που ήρθαν σε άμεση επαφή με τα φυσικά γεγονότα και διεργασίες που έλαβαν χώρα στην έκρηξη του Deerwater Horizon. Για παράδειγμα, η μεγάλη συγκέντρωση αερίου στη πλατφόρμα δηλώθηκε ως άμεση αιτία της έκρηξης και ακολουθώντας τα βέλη προς τα πάνω από αυτόν τον παράγοντα, μπορούμε να δούμε ότι από τεχνικής άποψης οφείλεται σε αστοχία του διαχωριστή αερίου-λάσπης λόγω υπερφόρτωσης. Στη συνέχεια ακολουθεί η ενδελεχής ανάλυση του παραπάνω διαγράμματος ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω.

Ξεκινώντας από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ως άμεσο αίτιο της έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) θεωρούμε τη διαρροή μεγάλης ποσότητας αερίου στη πλατφόρμα όπως και την εισροή υδρογονανθράκων στον σωλήνα ανύψωσης (riser) με μεγάλη πίεση λόγω των υψηλών πιέσεων που επικρατούν στα μεγάλα αυτά βάθη. Στο, αμέσως, πιο πάνω επίπεδο, αυτό των τεχνικών συνθηκών, μπορούμε να δούμε ότι η διαρροή μεγάλου όγκου αερίου στη πλατφόρμα οφειλόταν στην καταστροφή του διαχωριστή αερίου-λάσπης και στην δυσλειτουργία των ανιχνευτών αερίων και συναγερμών πυρασφάλειας (η/και πυρανίχνευσης). Ακόμη, όσον αφορά την εισροή υδρογονανθράκων στη γεώτρηση, σε αυτό συνετέλεσε η ασταθής σύσταση του τσιμέντου που δεν απομόνωσε τους υδρογονάνθρακες τόσο στο δακτυλιοειδές καλούπι όσο και στο πυθμένα της γεώτρησης. Επίσης, στην εισροή υδρογονανθράκων συνηγόρησε η αστοχία

του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) και του συστήματος EDS (Emergency Disconnect System). Όλα τα παραπάνω, εντάσσονται στους παράγοντες της ενότητας «Συνθήκες Εργασίας» που αφορούν τα φυσικά γεγονότα και διεργασίες που συντελέστηκαν αναπόφευκτα την 20^η Απριλίου.

Στο πιο πάνω επίπεδο (προσωπικό πλατφόρμας) εντοπίζουμε τις ευθύνες του προσωπικού της Transocean και Halliburton. Η Transocean ήταν ο εργολάβος που είχε τη διαχείριση της πλατφόρμας, ενώ η Halliburton ήταν ο εργολάβος που ανέλαβε τις εργασίες τσιμέντωσης της γεώτρησης. Αρχικά, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, το πλήρωμα της Transocean δεν ερμήνευσε σωστά τα τεστ αρνητικής πίεσης για την εξακρίβωση της ακεραιότητας του τσιμέντου της γεώτρησης και επίσης επέλεξε να αγνοήσει τα χτυπήματα υπερπίεσης (kicks) και τις μικρές, ακόμη, εκτονώσεις υδρογονανθράκων στέλνοντας τις στον διαχωριστή λάσπης-αερίου, το οποίο όμως είχε ως απότοκο την υπερφόρτωσή του εξοπλισμού και την καταστροφή του όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ακόμη, το πλήρωμα για να αντιμετωπίσει τα χτυπήματα υπερπίεσης (kicks) και την ανεξέλεγκτη έκλυση υδρογονανθράκων στο κατάστρωμα επέλεξε να κλείσει προσωρινά τον σωλήνα άντλησης υδρογονανθράκων επηρεάζοντας έτσι τα αποτελέσματα των τεστ αρνητικής πίεσης που πραγματοποιήσαν αργότερα. Επιπρόσθετα, το πλήρωμα της Transocean επέλεξε να χρησιμοποιήσει περισσότερη ποσότητα διαχωριστή από τη συνηθισμένη ώστε να μην την απορρίψει στη θάλασσα και αναγκαστεί να πληρώσει περιβαλλοντικό τέλος. Αναφορικά με τις ανησυχητικές ενδείξεις των πιέσεων που έλαβε το πλήρωμα κατά τις δοκιμές πίεσης, δεν προχώρησε σε χειροκίνητο έλεγχο ροής για την περαιτέρω διασταύρωση των δεδομένων πίεσης, αλλά επέλεξε να τις ερμηνεύσει με λανθασμένο τρόπο Όλα τα παραπάνω, καταδεικνύουν ότι το πλήρωμα της Transocean δεν χρησιμοποίησε κατάλληλα τον διαθέσιμο εξοπλισμό της πλατφόρμας για τη διαχείριση των συμβάντων εκείνης της βραδιάς. Επίσης, καταδεικνύεται ότι το πλήρωμα δεν ήταν κατάλληλα εκπαιδευμένο και πεπειραμένο για την αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων στις υπεράκτιες πλατφόρμες. Βέβαια, τις αποφάσεις που ελήφθησαν, βεβίωσε το βαρύ πρόγραμμα εργασιών του προσωπικού και η συνθετότητα των εργασιών που χαρακτηρίζουν το εργασιακό περιβάλλον μιας υπεράκτιας πλατφόρμας που απέχει πολλά μίλια μακριά από τη στεριά. Ωστόσο, ευθύνη φέρει και το προσωπικό της Halliburton καθώς προέβη στην χρήση ενός καινοτόμου μίγματος τσιμέντου που ήταν αμφιβόλου ποιότητας για τα μεγάλα βάθη της γεώτρησης παρόλο που είχε αποτύχει στους ποιοτικούς ελέγχους στους οποίους είχε υποβληθεί. Επίσης, η Halliburton απέφυγε, μετά από πίεση λόγω χρόνου από την BP, να πραγματοποιήσει δοκιμές για την ακεραιότητα της τσιμέντωσης εμμένοντας σε προφορικές διαβεβαιώσεις από τον υπεργολάβο (Schlumberger). Συνοψίζοντας, τα παραπάνω αποτελούν τις ενέργειες στις οποίες προέβη η πρώτη γραμμή δράσης της πλατφόρμας, δηλαδή το προσωπικό. Ακολουθεί η ανάλυση των βαθύτερων αιτιών στο επίπεδο της εταιρείας αναφορικά με την offshore και onshore διοίκηση.

Αρχικά, η διοίκηση του project της γεώτρησης ήταν υπό την αιγίδα της BP, η οποία είχε στείλει on-site στελέχη της για την επιτήρηση και καθοδήγηση των εργασιών γεώτρησης στη πλατφόρμα Deerwater Horizon. Ωστόσο, τα στελέχη της πλατφόρμας έδιναν ανταπόκριση και ενημέρωση στα στελέχη της κεντρικής διοίκησης και όποτε χρειαζόταν, αιτούνταν χείρα βοήθειας αναφορικά με τεχνικές γνώσεις και υποδείξεις από αυτούς. Οι ευθύνες των on site υπευθύνων της BP φαίνονται στο διάγραμμα AcciMap. Αναλυτικότερα, η offshore διοίκηση προέβη στην έγκριση για χρήση του καινοτόμου μίγματος τσιμέντου από τη Halliburton, τη τελευταία στιγμή, χωρίς να προβεί σε ανάλυση επικινδυνότητας. Επίσης, δεδομένου ότι το project της γεώτρησης είχε υπερβεί το προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα και το προϋπολογισμένο κόστος, οι offshore διοικητές της BP, έδιναν προτεραιότητα στη παραγωγή έναντι της ασφάλειας παροτρύνοντας πρακτικές χωρίς πρώτα την αξιολόγηση της επικινδυνότητάς τους. Ακόμη, όσον αφορά το κρίσιμότερο στάδιο της γεώτρησης, δεν ζήτησαν διακριβώσεις για τις εργασίες τσιμέντωσης και αρκέστηκαν σε προφορικές διαβεβαιώσεις του υπευθύνου

εργολάβου χωρίς να ενημερώσουν τους onshore τεχνικούς για τις αποφάσεις τους. Τέλος, η offshore διοίκηση επέλεξε να χρησιμοποιήσει και να στηριχτεί, στο καινοτόμο για τα τότε δεδομένα, σύστημα αποτροπής έκρηξης (BOP) το οποίο δεν ήταν δοκιμασμένο από τον κατασκευαστή στις συγκεκριμένες, ακραίες συνθήκες λειτουργίας του βυθού του Macondo. Όλα τα προαναφερθέντα καταδεικνύουν ότι τα on site στελέχη δεν ήταν επαρκώς εκπαιδευμένα για να κατευθύνουν το υφιστάμενο προσωπικό σε απρόβλεπτες καταστάσεις ενώ η οικονομική πίεση για να ολοκληρωθεί η γεώτρηση τους οδήγησε σε λάθος αποφάσεις.

Βέβαια, εξίσου ευθύνες φέρει και η κεντρική διοίκηση της BP και η συνολική εταιρική κουλτούρα που επικρατούσε. Πιο συγκεκριμένα, η BP ως μια εταιρεία που αναζητά διαρκώς να επεκτείνει τη κερδοφορία της, πίεζε τα στελέχη της να υιοθετούν πρακτικές που μειώνουν τα κόστη των διεργασιών που συντελεί, παραμελώντας την έννοια της ασφάλειας του προσωπικού και του περιβάλλοντος. Ακόμη, όπως φαίνεται από την βεβιασμένη απόφαση για χρήση του καινοτόμου μίγματος τσιμέντου στη γεώτρηση, η BP δεν είχε οργανωμένη Διαχείριση των Αλλαγών (Management of Change – MOC). Το Management of Change είναι μια αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο οι τεχνικές αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν την ανθρώπινη απόδοση και την πορεία του έργου, αναλύοντας ταυτόχρονα τις συνέπειες και τα αποτελέσματα των αλλαγών αυτών ως προς την επικινδυνότητά τους. Στη περίπτωση μας η μετέπειτα αυτοψία των δεδομένων, έδειξε ότι δεν υπήρχε ουσιαστικά σχέδιο διαχείρισης των Αλλαγών (MOC) παρά μόνο τυπικές αναφορές σε αυτό. Τέλος, προβληματική κρίνεται και η επικοινωνία μεταξύ των διοικήσεων offshore-onshore, όπου η onshore διοίκηση θα έπρεπε να επιζητά διαρκώς διαπιστεύσεις για την πορεία του έργου και να επιβλέπει τις επιλογές των off-site στελεχών ιδιαίτερα όταν επρόκειτο για μια τόσο βαθιά γεώτρηση με ιδιαίτερες τεχνικές απαιτήσεις, πάντα υπό την οικονομική πίεση που τους επιβαλλόταν. Ακόμη, κρίσιμο κρίθηκε πως η onshore διοίκηση θα έπρεπε να ζητήσει τα αποτελέσματα των τεστ θετικής και αρνητικής πίεσης, προτού προχωρήσουν στο σφράγισμα της γεώτρησης, για την αποχώρηση της διατρητικής πλατφόρμας.

Στο πιο πάνω επίπεδο, εντοπίζουμε τα μερίδια ευθυνών των οργανισμών τυποποίησης, των συνδέσμων πετρελαϊκών εταιρειών και γενικότερα οποιουδήποτε άλλου φορέα δημοσιοποιεί κατευθυντήριες γραμμές και συστάσεις για την εκτέλεση εξορυκτικών εργασιών υδρογονανθράκων σε υπεράκτιο περιβάλλον. Αναλυτικότερα, μέχρι και το 2010 δεν υπήρχαν καθορισμένες κατευθυντήριες γραμμές, αναφορικά με την ενιαία διαχείριση κρίσιμων συμβάντων σε μια γεώτρηση με αποτέλεσμα να υπάρχει ασάφεια και ελευθερία κινήσεων στην αντιμετώπισή τους από το προσωπικό. Επιπρόσθετα, δεν υπήρχαν ούτε τυποποιημένες διαδικασίες για τις δοκιμές ελέγχου της γεώτρησης ούτε δημοσιοποιούνταν τα συμπεράσματα που είχαν προκύψει από παλαιότερα ατυχήματα και το ιστορικό των κρίσιμων συμβάντων σε γεωτρήσεις. Αυτά συνετέλεσαν και στην ανεπάρκεια των διαδικασιών διαχείρισης των αλλαγών (MOC) της BP, που αναφέρθηκε παραπάνω. Επίσης, η ανεπαρκής διαχείριση του προσωπικού της BP οφείλεται στην έλλειψη προσδιορισμού τυπικών προσόντων για τη κατανομή του προσωπικού στις αντίστοιχες θέσεις εργασίας αφού δεν είχαν οριστεί εκ των προτέρων από τους υπεύθυνους ρυθμιστικούς φορείς (MMS-Mineral Management Service) .

Στο ανώτερο επίπεδο, εντοπίζουμε τις αποφάσεις και τις μεταρρυθμίσεις που έγιναν ή έπρεπε να έχουν γίνει από την Πολιτεία σε θεσμικό επίπεδο και επηρέασαν με λανθασμένο τρόπο της εξελίξεις που προαναφέρθηκαν. Η κυριότερη έλλειψη εντοπίζεται στο θεσμικό πλαίσιο αναφορικά με τους κανονισμούς για διεξαγωγή δοκιμών ασφαλείας προτού ολοκληρωθούν οι εργασίες εγκατάλειψης μιας γεώτρησης. Έως τότε, δεν ήταν υποχρεωτικό, πριν το προσωρινό σφράγισμα μιας γεώτρησης, να γίνονται τεστ θετικής και αρνητικής πίεσης ώστε να ελέγχεται η ακεραιότητα της τσιμέντωσης. Ακόμη, σαν συνέχεια του παραπάνω, δεν είχαν θεσπιστεί τεχνικοί κανονισμοί και τυποποιήσεις για τους ελέγχους θετικής και αρνητικής πίεσης των γεωτρήσεων, με αποτέλεσμα να μην είναι υποχρεωμένες οι εταιρείες να προσπαθούν να επιτύχουν

συγκεκριμένες ενδείξεις πιέσεων για την διασφάλιση της ακεραιότητας της γεώτρησης. Αυτό εξάλλου φαίνεται και παραπάνω, όταν το προσωπικό της Transocean, προσπάθησε να εφεύρει δικαιολογίες για τα ανησυχητικά νούμερα του τεστ αρνητικής πίεσης, θεωρώντας το σαν μια διαδικασία που ούτως ή άλλως ήταν πέραν των απαιτούμενων και επισπεύστηκε στο βωμό του κέρδους και του χρόνου. Επίσης, δεν υπήρχε θεσμικό πλαίσιο για θέσπιση από τους φορείς εκμετάλλευσης των γεωτρήσεων μιας διαδικασίας διαχείρισης αλλαγών MOC, επομένως αυτό δεν υποχρέωνε τις εταιρείες να μεριμνήσουν, ιδιαίτερα, για μια ουσιώδη διαχείριση αλλαγών της τελευταίας στιγμής, όπως αναφέρθηκε παραπάνω σχετικά με το καινοτόμο μίγμα τσιμέντου. Τέλος, έως το ατύχημα του Deepwater Horizon, δεν ήταν υποχρεωτική από τον νόμο, η χρήση του προστατευτικού συστήματος (BOP) (για την αποφυγή εισροής μίγματος υδρογονανθράκων). Το συγκεκριμένο σύστημα θεωρούνταν αρκετά πρωτοπόρο για εκείνη τη περίοδο και το χρησιμοποιούσαν ως επί των πλείστων πλατφόρμες χωρίς αγκύρωση, με δυναμική πρόωση. Επομένως, οι εταιρείες έως τότε δεν έδιναν ιδιαίτερη έμφαση στη δοκιμή αλλά και στη συντήρηση και τον έλεγχο του συστήματος με αποτέλεσμα εν τέλει το συγκεκριμένο να μη καταστεί πλήρως λειτουργικό. Ωστόσο, σήμερα αναγνωρίζεται η σημασία της ύπαρξης ενός τέτοιου συστήματος ως ένα από τα μέσα εμπόδισης μιας έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) και για αυτό το λόγο αργότερα οι κυβερνήσεις έσπευσαν να θεσπίσουν τη χρήση του ως υποχρεωτική για όλες τις πλατφόρμες, όπως επίσης και τις ενέργειες για τη διαρκή συντήρηση και έλεγχο του εν λόγω εξοπλισμού.

Καταλήγοντας, η παραπάνω ανάλυση αντικατοπτρίζεται στο διάγραμμα AcciMap και μέσω αυτής εντοπίστηκε ότι το συγκεκριμένο ατύχημα δεν ήταν μόνο αποτέλεσμα των δράσεων του προσωπικού της πρώτης γραμμής αλλά και αποφάσεων ανώτερων στελεχών-οργανισμών. Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο ότι το DWH δεν αποτελεί απλά μια περίπτωση για μελέτη αλλά μέσω αυτής δύναται να προκύψουν διδάγματα για πρόληψη των μελλοντικών αποτυχιών και καταστροφών στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης υδρογονανθράκων. Η ανάλυση ατυχημάτων του παρελθόντος μπορεί να καθορίσει νέα πρότυπα κινδύνων και να καθορίσει τις προϋποθέσεις για την ασφαλή λειτουργία της εν λόγω βιομηχανίας με επίκεντρο τα συστήματα διαχείρισης κινδύνων.

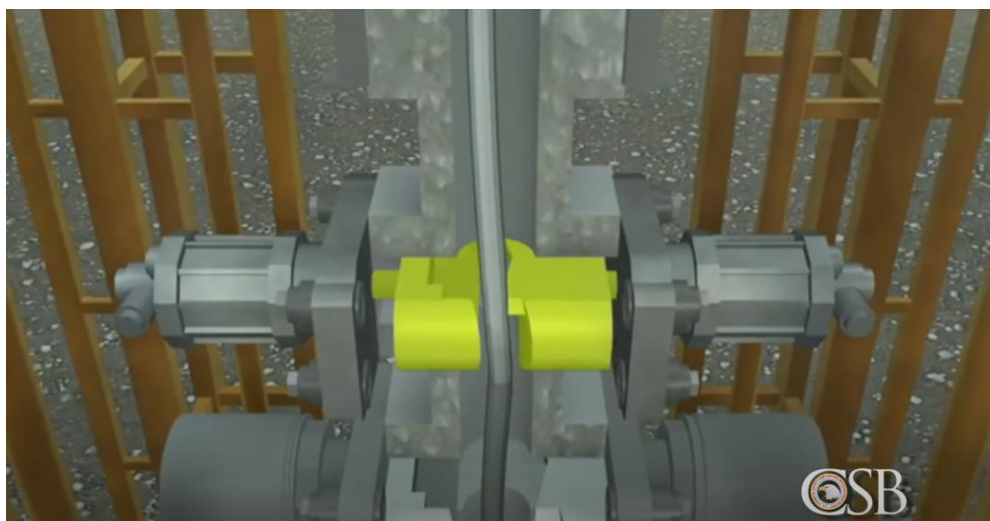


Εικόνα 36: Η κατεστραμμένη πλατφόρμα Deepwater Horizon ³⁶

³⁶ Πηγή: <https://royaldutchshellplc.com/2010/12/26/deepwater-horizon%E2%80%99s-final-hours/>



Εικόνα 37: Αναπαράσταση του BOP ³⁷



Εικόνα 38: Έμβολα διάτρησης (Blind Shear Rams) του BOP ³⁸

³⁷ Πηγή: <https://www.csb.gov/csb-releases-new-computer-animation-of-2010-deepwater-horizon-blowout/>

³⁸ Πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=9NQ8LehUWSE>



Εικόνα 39: Η τάπα που τοποθέτησαν για να σφραγίσουν τη γεώτρηση προς τιμήν των νεκρών της πλατφόρμας ³⁹

³⁹ Πηγή: <https://www.deepseanews.com/2019/10/slow-road-to-recovery-after-the-deepwater-horizon-oil-spill-for-deep-sea-communities/>

7. Χρήση μεθόδου Bowtie για ανάλυση του Deepwater Horizon

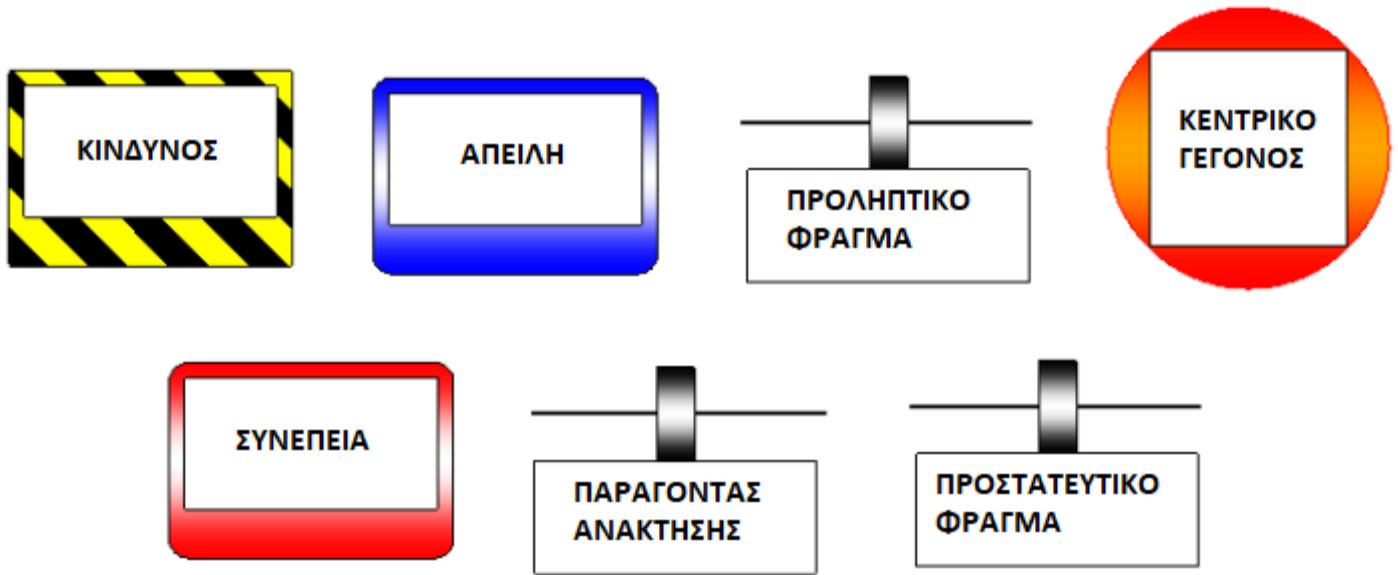
Στη συγκεκριμένη ενότητα γίνεται χρήση της μεθόδου πεταλούδας (Bowtie) για την αναζήτηση των βαθύτερων αιτιών που οδήγησαν στο ατύχημα.

7.1 Εισαγωγή στο Bowtie

Η μέθοδος πεταλούδα (Bowtie) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που βοηθά στην ανάλυση των κινδύνων σε μια βιομηχανία. Γενικά, αυτή η μέθοδος εστιάζει σε μεγάλα ατυχήματα που έχουν λάβει χώρα σε βιομηχανίες, ώστε να γίνει κατανοητό πως μπορούν να προκληθούν παρόμοια ατυχήματα στο μέλλον και να ληφθούν μέτρα για την πρόληψή τους. Αν και ως επί των πλείστων η μέθοδος πεταλούδα (Bowtie) χρησιμοποιείται για συμβάντα μεγάλης κλίμακας με σοβαρές συνέπειες, μερικές εταιρείες επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν τη συγκεκριμένη ανάλυση και για λιγότερο σοβαρά ατυχήματα, όπως μια πτώση από μεγάλο ύψος. Αυτή η ανάλυση μπορεί να βοηθήσει ιδιαίτερα στη διαχείριση του κινδύνου, αλλά θα πρέπει να γίνονται διαρκείς προσπάθειες για την επικαιροποίηση του διαγράμματος πεταλούδας (Bowtie) στις εκάστοτε συνθήκες.

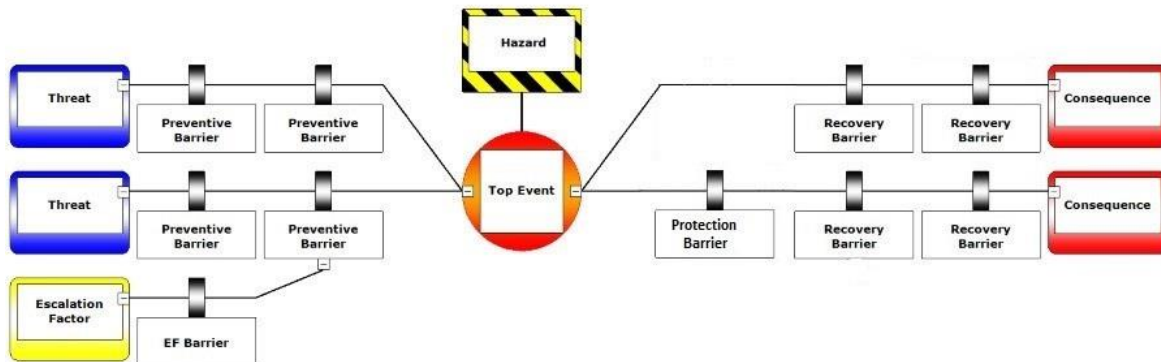
Οι πρώτες εφαρμογές της μεθόδου ήταν για μεγάλα διυλιστήρια και υπεράκτιες πετροχημικές εγκαταστάσεις, όπως η πυρκαγιά στο διυλιστήριο Cosmo-oil στην Ιαπωνία το 2011 (Chakraborty, Ibrahim and Cruz, 2018) και στο διυλιστήριο στο Σκικντά στην Αλγερία το 2016 (Samia, Hamzi and Chebila, 2018), αλλά πλέον χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικές διαδικασίες όπου λαμβάνει χώρα διαχείριση, μεταφορά και αποθήκευση χημικών ουσιών. Επομένως, η ανάλυση πεταλούδας (Bowtie) αποτελεί μια αξιολόγηση κινδύνου για εγκαταστάσεις και επίσης δύναται να εξετάσει γιατί τα υφιστάμενα μέτρα προστασίας που είχαν ληφθεί, δεν ήταν αποτελεσματικά στη πρόληψη του κινδύνου που εκδηλώθηκε.

Η μέθοδος Bowtie(πεταλούδα), όπως ονομάστηκε λόγω του σχήματός της, περιέχει 7 είδη στοιχείων. Αναλυτικότερα, τα στοιχεία αυτά είναι: ο κίνδυνος (hazard), η απειλή (Threat), το προληπτικό φράγμα (preventive barrier), το προστατευτικό φράγμα (protection barrier), το κεντρικό γεγονός (central event), τη συνέπεια (consequence), τον παράγοντα ανάκτησης (recovery factor), (Bowtie analysis – Broadleaf, 2022). Μάλιστα, για κάθε ένα από τα παρακάτω στοιχεία υπάρχει και αντίστοιχος συμβολισμός όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 40: Συμβολισμός στοιχείων διαγράμματος Bowtie.

Ένα τυπικό διάγραμμα πεταλούδας (Bowtie) φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 41: Τυπικό διάγραμμα Bowtie.

Πλεονεκτήματα ανάλυσης Bowtie

Μια αποτελεσματική διαχείριση κινδύνων χρειάζεται τη πλήρη κατανόηση όλων πιθανών διαδρομών-συμβάντων που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα κεντρικό γεγονός και την εφαρμογή κατάλληλων προληπτικών φραγμάτων για τον μετριασμό των κινδύνων. Τα διαγράμματα πεταλούδας (Bowtie) αναπαριστούν τη παραπάνω πληροφορία με σαφήνεια και απλότητα σε αντίθεση με άλλες σύνθετες αριθμητικές αναλύσεις κινδύνων όπως οι QRA, LOPA, FTA, και ETA που χρησιμοποιούν συχνά οι επιστήμονες για την ποσοτική ανάλυση των κινδύνων. Επομένως, η ανάλυση πεταλούδας (Bowtie) δύναται να παρέχει μια απλή αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ των αιτιών που οδήγησαν σε ένα συμβάν, των πιθανών συνεπειών, και των παραγόντων που εμπλέκονται. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου:

Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ανάλυσης Bowtie

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Βοηθά στη συστηματική ανάλυση ενός κινδύνου	Πολλές φορές οι αιτίες συνδέονται μεταξύ τους με πολύπλοκους τρόπους και δεν είναι εφικτό να απεικονιστεί αυτό με σαφήνεια στο διάγραμμα Bowtie
Βοηθά στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των υφιστάμενων μέτρων προστασίας	Δε παρέχει ποσοτικές εκτιμήσεις των κινδύνων
Βοηθά στον εντοπισμό των τρόπων με τους οποίους μπορούν να αποφευχθούν συμβάντα με μεγάλες συνέπειες	
Βοηθά στη καλύτερη κατανόηση των κινδύνων και ευαισθητοποιεί για την πρόληψή τους	

Για τη καλύτερη κατανόηση των 7 στοιχείων που απαρτίζουν το διάγραμμα πεταλούδας (Bowtie) γίνεται ανάλυση του κάθε ενός στοιχείου και των αντίστοιχων χαρακτηριστικών που φέρει:

Κίνδυνος – Hazard

Το στοιχείο «Κίνδυνος» μπορεί να είναι μια διεργασία, δραστηριότητα ή ουσία που δύναται να προκαλέσει κάποια βλάβη. Κίνδυνοι υπάρχουν σε κάθε είδους επιχείρηση και συχνά είναι αναγκαία για την εκτέλεση μιας διεργασίας ή εργασίας. Σε ένα διάγραμμα Bowtie, οι κίνδυνοι δε θα πρέπει να είναι αόριστοι αλλά σαφώς ορισμένοι και συγκεκριμένοι.

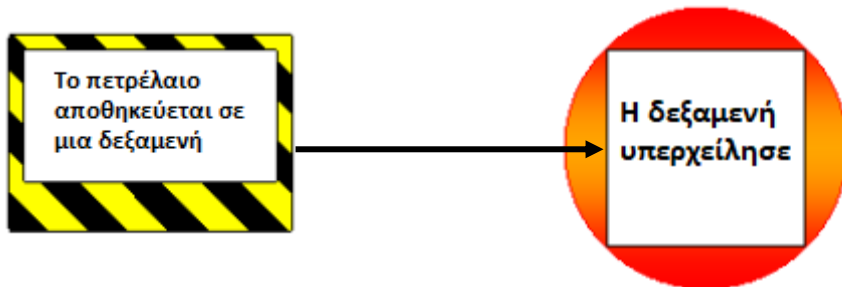
Παραδείγματα κινδύνων: η εργασία σε μεγάλο ύψος, η μεταφορά εργαζομένων στη πλατφόρμα με ελικόπτερο, η επεξεργασία υδρογονανθράκων που περιέχουν υδρόθειο (τοξική ουσία).



Σχήμα 3: Απεικόνιση κινδύνου

Κεντρικό γεγονός – Central Event

Το κεντρικό γεγονός είναι η στιγμή στην οποία χάνεται ο έλεγχος/περιορισμός του κινδύνου και προκύπτει έκλυση ενέργειας ή χημική ουσίας. Ωστόσο, παρόλο που μπορεί να έχει εκδηλωθεί το κεντρικό γεγονός μπορεί να υπάρχει ακόμα χρόνος για τον μετριασμό των συνεπειών μέσω των στοιχείων του «παράγοντα ανάκτησης» και του «παράγοντα παρεμπόδισης κλιμάκωσης». Ένα παράδειγμα κεντρικού γεγονότος φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 4: Σχέση κινδύνου – κεντρικού γεγονότος

Συνέπεια – Consequence

Οι συνέπειες είναι τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα που προκύπτουν από το κεντρικό γεγονός. Παράδειγμα:



Σχήμα 5: Σχέση κινδύνου – κεντρικού γεγονότος - συνέπειας

Απειλή – Threat

Οι απειλές είναι οι πιθανοί λόγοι που μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια ελέγχου του κινδύνου και στη συνέχεια να προκύψει το κεντρικό γεγονός. Συνήθως, για το κεντρικό γεγονός υπάρχουν πολλές απειλές στο αριστερό μέρος του διαγράμματος. Ακολουθεί παράδειγμα:



Σχήμα 6: Σχέση κινδύνου – κεντρικού γεγονότος - απειλής

Προληπτικό φράγμα – Preventive Barrier

Το προληπτικό φράγμα μπορεί να είναι φυσικό ή μη φυσικό μέτρο που εισάγεται στο σύστημα με σκοπό την αποτροπή εκδήλωσης του κεντρικού γεγονότος. Ένα φράγμα πρόληψης θα πρέπει να είναι ικανό να αποτρέψει το κεντρικό γεγονός από μόνο του.

Παράδειγμα: Μια σωστά ρυθμισμένη βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης μπορεί να αποτρέψει το κεντρικό γεγονός της έκρηξης μιας δεξαμενής υπό πίεση.

Προστατευτικό φράγμα - Protection Barrier

Το προστατευτικό φράγμα αποτελεί συνήθως ένα φυσικό μέτρο που εισάγεται στο σύστημα για τον μετριασμό των επιπτώσεων του κεντρικού γεγονότος. Επομένως, τοποθετείται πάντα δεξιά αμέσως μετά το κεντρικό γεγονός.

Παράδειγμα: Ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) αποτελεί μια περίπτωση προστατευτικού φράγματος καθώς μετά την εκδήλωση του κεντρικού γεγονότος της έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout), δύναται να σφραγίσει τη γεώτρηση και να σταματήσει τη περαιτέρω επέκταση του συμβάντος.

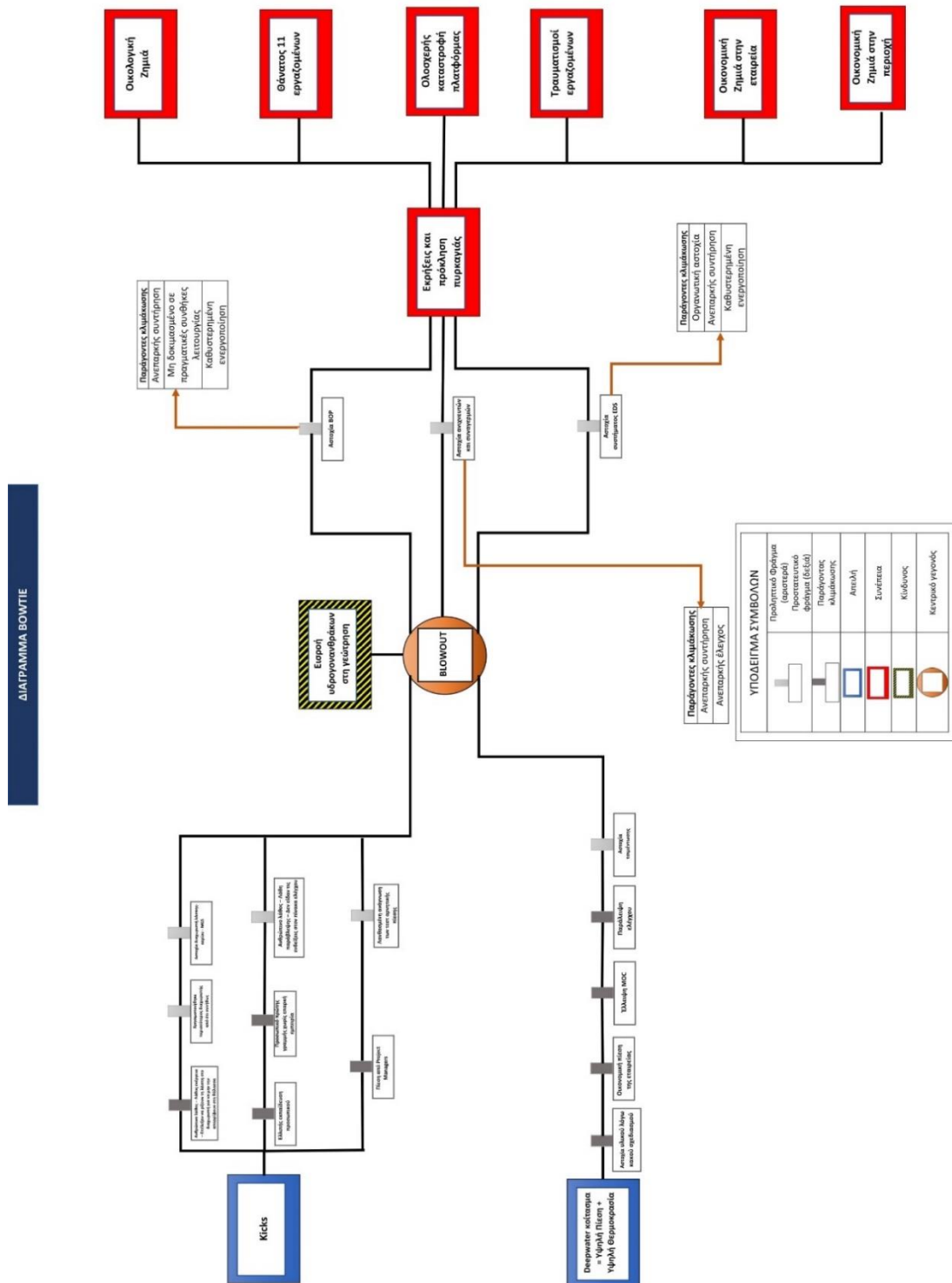
Παράγοντας ανάκτησης - Recovery factor

Είναι ο παράγοντας/στοιχείο που χρησιμοποιείται μετά την εκδήλωση του κεντρικού γεγονότος και βοηθά έναν οργανισμό να αποτρέψει ή μετριάσει τις απώλειές του και να ανακτήσει τον έλεγχο που μόλις έχασε.

Παράδειγμα : Ένα σύστημα πυρόσβεσης είναι ένας παράγοντας ανάκτησης αφού εκδηλωθεί το κεντρικό γεγονός μιας πυρκαγιάς.

7.2 Διάγραμμα Bowtie

Παρακάτω ακολουθεί το διάγραμμα Bowtie για το ατύχημα DWH:



Σχήμα 7: Σχεδιάγραμμα Bowtie για το ατύχημα DWH

7.3 Ανάλυση διαγράμματος Bowtie

Πολλοί πιθανοί παράγοντες γύρω από έναν συγκεκριμένο κίνδυνο θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην εκδήλωση ενός μεγάλου ατυχήματος. Όπως προέκυψε από τη μελέτη του ατυχήματος Deerwater Horizon, η εισροή υδρογονανθράκων στη γεώτρηση αποτέλεσε τον μοιραίο κίνδυνο που οδήγησε στην εκδήλωση της έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Μάλιστα, από τη στιγμή που το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο διαπεράσουν τον μηχανισμό για αποτροπή έκρηξης (BOP), δεν υπάρχει πλέον κάποιο επαρκές φράγμα που να τα εμποδίζει να ανέλθουν στο επίπεδο της πλατφόρμας. Εν τέλει, δημιουργείται κίνδυνος έκρηξης και πυρκαγιάς αν οι εξερχόμενοι υδρογονάνθρακες εντοπίσουν πηγή ανάφλεξης. Οι εκρήξεις δύνανται με τη σειρά τους να προκαλέσουν βλάβες στην πλατφόρμα και στον εξοπλισμό ασφαλείας της, όπως τον μηχανισμό για αποτροπή έκρηξης (BOP) ή τον σωλήνα διάτρησης, και οι συνέπειες να κλιμακωθούν περαιτέρω.

Η εισροή υδρογονανθράκων στη συγκεκριμένη γεώτρηση ήταν το αποτέλεσμα μια σειράς αιτιών. Οι δύο βασικές απειλές ήταν τα χτυπήματα υπερπίεσης (kicks) και οι τοπικές συνθήκες του κοιτάσματος καθώς πρόκειται για ένα κοιτάσμα με μεγάλα βάθη γεώτρησης (Deerwater) με πολύ υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες.

Αρχικά, όσον αφορά την απειλή των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks), αυτή επιδεινώθηκε περαιτέρω εξαιτίας της λανθασμένης ανάγνωσης του τεστ αρνητικής πίεσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα για να περάσει μια γεώτρηση σε παραγωγική φάση θα πρέπει να ελεγχθεί η ακεραιότητα της τσιμέντωσης με τεστ θετικής και αρνητικής πίεσης. Στη προκειμένη περίπτωση το τεστ θετικής πίεσης ήταν σαφώς πετυχημένο αλλά το τεστ αρνητικής πίεσης ήταν κάθε άλλο παρά εφησυχαστικό. Οι ενδείξεις έδειχναν σαφώς πως η πίεση εντός της γεώτρησης αυξανόταν υποδεικνύοντας εισροή υδρογονανθράκων και χτυπήματα υπερπίεσης (kicks). Αντ' αυτού, οι υπεύθυνοι της πλατφόρμας απέδωσαν τις κακές ενδείξεις σε λανθασμένη εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας και επιχειρούσαν επανειλημμένα με προσθήκη διαχωριστή να βελτιώσουν τα νούμερα της δοκιμής. Επίσης, λόγω της περίσσειας ποσότητας διαχωριστή που είχε εισαχθεί στη γεώτρηση προκλήθηκε φραγή στη κυκλοφορία του σωλήνα «kill line» της γεώτρησης που χρησιμοποιούνταν για την μέτρηση της υδροστατικής πίεσης εντός της γεώτρησης με αποτέλεσμα οι ενδείξεις που εμφάνιζε να είναι παραπλανητικές. Βέβαια, όλες οι παραπάνω δράσεις υποδεικνύουν άγνοια ή/και επιπολαιότητα στην αντίδραση και δράση των εργαζόμενων στη πλατφόρμα καθώς αντί να αποδεχθούν τη προβληματική φύση της τσιμέντωσης και να προβούν σε επιδιόρθωσή της επιχειρούσαν να αποδείξουν το αντίθετο. Η παραπάνω νοοτροπία ενθαρρύνθηκε από τη στάση των επιτόπου Project Managers της BP οι οποίοι πίεζαν για την επίσπευση της ολοκλήρωσης της γεώτρησης καθώς το σχετικό project είχε βγει εκτός χρονοδιαγράμματος για 20 μέρες και το κόστος του είχε ξεπεράσει κατά πολύ το προϋπολογισμένο και για αυτό το λόγο απεικονίζεται στο διάγραμμα ως παράγοντας κλιμάκωσης αριστερά του προληπτικού φράγματος.

Στη συνέχεια, ένα άλλο προληπτικό φράγμα που υπερπηδήθηκε από την απειλή των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks) αποτελεί ο ανθρώπινος παράγοντας στη λήψη αποφάσεων αντιμετώπισής τους. Σύμφωνα με τις μετέπειτα μαρτυρίες και ανάλυση των συμβάντων που έλαβαν χώρα εκείνη τη μέρα, υπήρχαν σαφείς ενδείξεις πως οι υψηλές πιέσεις του κοιτάσματος δεν είχαν ελεγχθεί πλήρως. Μάλιστα, κάποια στιγμή σημειώθηκε ένα ισχυρό χτύπημα υπερπίεσης (kick) εκτοξεύοντας μεγάλες ποσότητες γεωτρητικού πολφού (drilling mud) στο κατάστρωμα της πλατφόρμας. Οι εργαζόμενοι για να αντιμετωπίσουν τη παραπάνω εκτόνωση, επέλεξαν να κλείσουν προσωρινά τον σωλήνα ανύψωσης (riser) για να διακόψουν τη ροή του γεωτρητικού πολφού (drilling mud). Ωστόσο, μετά από σύντομο χρονικό διάστημα επέτρεψαν ξανά τη

κυκλοφορία και συνέχισαν τις δοκιμές αρνητικής πίεσης αγνοώντας εντελώς τον κίνδυνο μιας ενδεχόμενης έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Ακόμη, φαίνεται σαφώς η έλλειψη κατευθυντήριων γραμμών για την αντιμετώπιση τέτοιων συμβάντων και η έλλειψη κουλτούρας ασφαλείας. Για αυτό, σαν παράγοντες κλιμάκωσης του ανθρωπίνου λάθους στο διάγραμμα έχουν προστεθεί η ελλιπής εκπαίδευση του προσωπικού και η έλλειψη σχετικής εμπειρίας σε γεωτρήσεις τέτοιου βάθους.

Ένα ακόμη φράγμα που θα μπορούσε να εμποδίσει τη περαιτέρω κλιμάκωση της απειλής των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks), αποτελεί ο διαχωριστής λάσπης-αερίου/ MGS . Το συγκεκριμένο σύστημα, όπως έχει αναλυθεί παραπάνω, αποτελείται από μια δεξαμενή στην οποία γίνεται ο διαχωρισμός των επιμέρους ουσιών με το αέριο να καίγεται και τον γεωτρητικό πολφό να επιστρέφει στο κύκλωμα της γεώτρησης. Στη περίπτωση του Deepwater Horizon, ο εν λόγω διαχωριστής λάσπης-αερίου MGS αστόχησε λόγω ανεπαρκούς χωρητικότητας. Αναλυτικότερα, κατά την εκδήλωση συνεχών χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks) οι εργαζόμενοι επέλεξαν να ανακατευθύνουν μεγάλο όγκο λάσπης, που εκτοξευόταν στο κατάστρωμα, προς τον διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS) για να περιορίσουν τις απορρίψεις στο κατάστρωμα όπου βρισκόταν οι εργαζόμενοι. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου όγκου πολφού που κατευθύνθηκε προς τον διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS), προκλήθηκε έκρηξη της δεξαμενής και συνεπαγόμενη εκτόξευση λάσπης και υδρογονανθράκων παντού στη πλατφόρμα μαζί με την απελευθέρωση εύφλεκτων και τοξικών αερίων στο περιβάλλον εργασίας. Παράγοντα κλιμάκωσης της αστοχίας του διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS) αποτέλεσε η χρήση περισσότερης ποσότητας διαχωριστή στη γεώτρηση, από ότι συνήθως, και επομένως το σχετικό σύστημα δε προλάβαινε να επεξεργαστεί τη εισερχόμενη ροή. Ακόμη, παράγοντας κλιμάκωσης αποτελεί εξίσου και η λανθασμένη ανθρώπινη πρωτοβουλία για πλήρη κατεύθυνση του εκτοξευόμενου πολφού στον διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS) αντί να τον κατευθύνουν στη θάλασσα. Η συγκεκριμένη δράση αποθαρρύνθηκε καθώς απόρριψη διαχωριστή στη θάλασσα, λόγω του ότι φέρει επιβλαβείς ουσίες, θα επέφερε πρόστιμα από την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος για μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, έπρεπε να προτιμηθεί η εκτόνωση του διαχωριστή και των υδρογονανθράκων στη θάλασσα, καθώς έτσι θα μειωνόταν σημαντικά η πιθανότητα εκδήλωσης μιας έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) με πολλαπλάσιες συνέπειες.

Όλα τα παραπάνω αφορούν τα προληπτικά φράγματα που δε λειτούργησαν επαρκώς για τον μετριασμό της απειλής των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks).

Όσον αφορά την απειλή των συνθηκών του κοιτάσματος, το σημαντικότερο προληπτικό φράγμα της γεώτρησης αποτελούσε η τσιμέντωση της. Ένα κοιτάσμα σε μεγάλα βάθη γεώτρησης (Deepwater) χαρακτηρίζεται, λόγω του βάθους του, από τεράστιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας με αποτέλεσμα να απαιτείται μια ιδιαίτερα ανθεκτική δομή τσιμέντωσης ικανή να αντέξει τις τοπικές συνθήκες περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά, η τσιμέντωση κρίθηκε ανεπαρκής καθώς εν τέλει οι υδρογονάνθρακες την διέρρηξαν και έφτασαν στη πλατφόρμα. Για τη κακή ποιότητα της τσιμέντωσης συνέβαλαν μια σειρά από παράγοντες κλιμάκωσης. Αρχικά, λόγω της μεγάλης ποσότητας τσιμέντου που έπρεπε να αντλήσουν στη γεώτρηση δεν έπρεπε η σύσταση του τσιμέντου να δημιουργήσει ένα βαρύ μίγμα που θα κατέστρεφε τους πόρους του κοιτάσματος. Επομένως, προτάθηκε και εφαρμόστηκε μια καινοτόμα σύσταση τσιμέντου με φυσαλίδες αζώτου για μείωση της πυκνότητας του χρησιμοποιούμενου τσιμέντου και επακόλουθα τη μείωση του βάρους του τσιμέντου. Ωστόσο, η χρήση του καινοτόμου αυτού μίγματος τσιμέντου ενείχε σοβαρούς κινδύνους τόσο λόγω της πρωτοτυπίας του όσο και λόγω των τοπικών συνθηκών στις οποίες καλούνταν αυτό να δράσει. Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί το γεγονός πως η ανάδοχος εταιρεία τσιμέντωσης Halliburton διεξήγαγε μια σειρά από δοκιμές στο μίγμα τσιμέντου για να αποφανθεί για τη καταλληλότητά του και απέτυχαν όλες.

Τελικά, λόγω της οικονομικής πίεσης και της βιασύνης της BP επιλέχθηκε το παραπάνω μίγμα χωρίς ενδοιασμούς. Ένας ακόμη παράγοντας κλιμάκωσης αποτελεί η έλλειψη ενός Σχεδίου Διαχείρισης Αλλαγών / Management of Change / MOC. Πρόκειται για έναν σαφώς καταρτισμένο σχεδιασμό για τη συστηματική προσέγγιση των οργανωτικών αλλαγών με στόχο τη διασφάλιση της συνεχούς ασφάλειας του εργατικού δυναμικού σε όλη τη διάρκεια της εργασίας τους. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός έπρεπε να υφίσταται για τη συγκεκριμένη, απρόσμενη επιλογή του τσιμέντου καθώς θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη εκτίμηση της επικινδυνότητάς της. Τέλος, ξανά υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης χρόνου και χρήματος, η διοίκηση της BP επέλεξε να παραλείψει τον έλεγχο της τσιμέντωσης θεωρώντας ότι όλα έχουν γίνει σύμφωνα με το σχεδιασμό και παρέμεινε στις διαβεβαιώσεις του εργολάβου της τσιμέντωσης.

Η παραπάνω ανάλυση εξηγεί πως οι απειλές της γεώτρησης Deerwater Horizon ξεπέρασαν τα προληπτικά φράγματα που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτροπή τους και οδήγησαν στον κίνδυνο της εισροής υδρογονανθράκων στη γεώτρηση και τελικά στο κεντρικό γεγονός της έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Στη συνέχεια, ακολουθεί η ανάλυση του δεξιού τμήματος του διαγράμματος Bowtie, που εξηγεί τις συνέπειες που ακολούθησαν την έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout).

Αρχικά, πριν εκδηλωθούν οι συνέπειες, στο διάγραμμα τοποθετούνται τα λεγόμενα προστατευτικά φράγματα. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, πρόκειται για φυσικά μέτρα που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό των επιπτώσεων του κεντρικού γεγονότος. Στη προκειμένη περίπτωση το βασικότερο (αν και όχι νομικά απαιτούμενο έως τότε) αποτελεί ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP). Το «BOP – Blow Out Preventer» όπως αναφέρει και το όνομά του βρίσκεται εκεί για να διακόψει την έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) σφραγίζοντας της γεώτρηση. Ωστόσο, ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) του Deerwater Horizon αστόχησε ως προς τον κύριο σκοπό του εξαιτίας ανεπαρκούς συντήρησης, ενώ δεν είχε δοκιμαστεί από τον κατασκευαστή στις συγκεκριμένες συνθήκες βάθους (Deerwater) και η ενεργοποίηση του καθυστέρησε να συμβεί. Αν και ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) έπρεπε να είχε ενεργοποιηθεί αυτόματα, η κακή συντήρηση των μπαταριών του, δεν επέτρεψε την ενεργοποίηση των επενεργητών του για την εκκίνηση της διαδικασίας σφραγίσματος. Επίσης, οι συνεχείς εκρήξεις που συνέβαιναν από την ανάφλεξη των εκλυόμενων υδρογονανθράκων προκάλεσαν καταστροφές στα ηλεκτρονικά συστήματά του με αποτέλεσμα να απαιτηθεί η καθυστερημένη χειροκίνητη ενεργοποίησή του. Μάλιστα, ακόμη και όταν ενεργοποιήθηκαν τα έμβολα διάτρησης (blind shear rams), δε κατάφεραν να σφραγίσουν πλήρως τη διαρροή λόγω κάμψης του σωλήνα διάτρησης στο εσωτερικό του, με αποτέλεσμα την εμπλοκή των εμβόλων διάτρησης (blind shear rams) και το μερικό κλείσιμο της διαρροής.

Ένα ακόμη προστατευτικό φράγμα που απέτυχε να εκτελέσει τη λειτουργία του αποτελεί το σύστημα επείγον αποσύνδεσης - EDS - Emergency Disconnect System . Πρόκειται για το σύστημα που αποσυνδέει τη πλατφόρμα από τους υποθαλάσσιους σωλήνες της γεώτρησης, επιτρέποντάς της να πλεύσει μακριά από εκεί. Το συγκεκριμένο σύστημα δε λειτούργησε εξαιτίας ανεπαρκούς συντήρησης, ελλιπούς ελέγχου και καθυστερημένης ενεργοποίησης όπως και στη περίπτωση του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP). Στη συγκεκριμένη περίπτωση η καθυστέρηση στην ενεργοποίηση του EDS οφειλόταν σε οργανωτική αστοχία στη διοίκηση της Transocean καθώς την ενεργοποίηση του σχετικού συστήματος θα πρέπει να την κάνει ο προϊστάμενος της πλατφόρμας ο οποίος τη στιγμή της καταστροφής ήταν τραυματισμένος στο κατάστρωμα και οι υφιστάμενοι του δε τολμούσαν να το κάνουν καθώς έτσι θα κατάστρεφαν τη γεώτρηση. Εν τέλει, έφτασε στη γέφυρα ο προϊστάμενος και το ενεργοποίησε αλλά το σύστημα δε λειτούργησε καθώς οι εκρήξεις είχαν καταστρέψει τα ηλεκτρονικά συστήματα απόζευξης και η πλατφόρμα συνέχισε να είναι προσκολλημένη στο σωλήνα που συνέχιζε να εκτοξεύει υδρογονάνθρακες πάνω της.

Τέλος, οι ανιχνευτές και οι συναγερμένοι αποτελούν ένα ακόμη προστατευτικό φράγμα που δε λειτούργησε ποτέ. Παρόλο που η πλατφόρμα είχε πλημμυρίσει με εύφλεκτα αέρια, οι ανιχνευτές αερίων δεν ενεργοποιήθηκαν ποτέ για την ειδοποίηση και ενδεχόμενη αποτροπή της επικείμενης ανάφλεξης. Αυτό οφείλεται εξίσου σε ανεπαρκή συντήρηση και σε απουσία ελέγχου των συστημάτων όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις. Σε αυτό το σημείο να υπογραμμισθεί πως η πλατφόρμα ήταν γενικώς ασυντήρητη και για αυτό το λόγο πολλά συστήματά της αποδείχθηκαν μη λειτουργικά.

Έχοντας λοιπόν αποτύχει όλα τα προαναφερθέντα προστατευτικά φράγματα η έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) εξελίχθηκε πλήρως με τραγικές συνέπειες. Οι εκρήξεις και οι πυρκαγιές οδήγησαν στην ολοκληρωτική καταστροφή και βύθιση της πλατφόρμας ενώ έχασαν τη ζωή τους 11 εργαζόμενοι της πλατφόρμας. Επίσης, η οικολογική ζημιά που προκλήθηκε χαρακτηρίστηκε ως η χειρότερη στα ιστορικά των Η.Π.Α και ως απότοκο προκλήθηκε οικονομική ζημιά στη περιοχή του Κόλπου του Μεξικού και των κοινωνιών που ζούσαν περιφερειακά αυτού. Τέλος, η BP υπέστη σοβαρότατη οικονομική ζημιά καθώς υποχρεώθηκε να πληρώσει 29 δισεκατομμύρια δολάρια στις Αμερικανικές Αρχές και αντιμετώπισε τη κατακραυγή της διεθνούς κοινότητας.



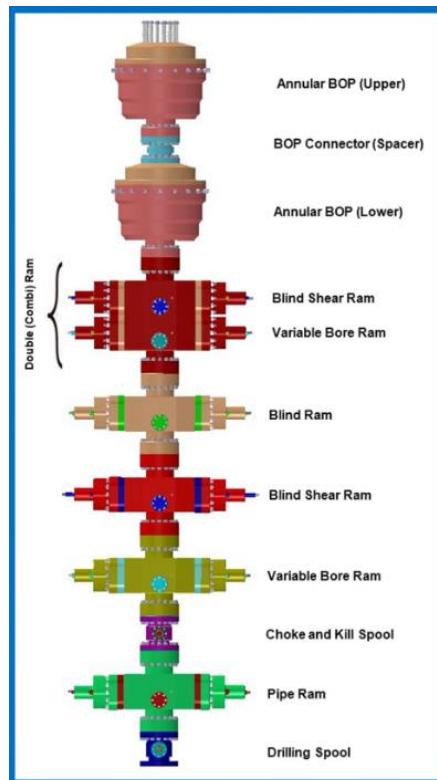
Εικόνα 42: Συνεργεία καθαρισμού καίνε το πετρέλαιο στην επιφάνεια της θάλασσας για το περιορισμό της πετρελαιοκηλίδας του Deepwater Horizon ⁴⁰

⁴⁰ Πηγή: <https://www.nationalgeographic.com/science/article/bp-oil-spill-still-dont-know-effects-decade-later>

8 Ανάλυση λειτουργίας BOP και γεωτρητικού πολφού

Κάθε επιχείρηση γεώτρησης κρύβει μεγάλους κινδύνους. Όσο εξελιγμένη και αν είναι η χρησιμοποιούμενη κάθε φορά τεχνολογία, εμπλέκεται πάντα ο ανθρώπινος παράγοντας και συνεπώς η πιθανότητα για καταστροφικές συνέπειες είναι πάντα υπαρκτή. Για να αποφευχθούν, λοιπόν, όσο πιο πολύ γίνεται οι συνέπειες, χρησιμοποιούνται μια σειρά από μηχανισμούς ασφαλείας για να προλάβουν την εκδήλωση σοβαρών συμβάντων. Μεταξύ αυτών των διαφόρων συστημάτων ασφαλείας που επιστρατεύονται, το σημαντικότερο αποτελεί ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP).

Ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) είναι μια μεγάλη βαλβίδα που χρησιμοποιείται για να σφραγίσει το εκρέουν φυσικό αέριο ή πετρέλαιο της γεώτρησης. Αν η πίεση του κοιτάσματος ωθήσει υδρογονάνθρακες εντός της γεώτρησης, τότε οι εργαζόμενοι στη πλατφόρμα μπορούν να κλείσουν την βαλβίδα ενεργοποιώντας εξ αποστάσεως τους υδραυλικούς επενεργητές και έτσι να διακόψουν την επικείμενη εκδήλωση μιας έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Υπάρχουν δύο ειδών μηχανισμοί για αποτροπή έκρηξης (BOP), αυτοί που φέρουν έμβολα για να σφραγίσουν εγκάρσια τη γεώτρηση (Ram BOP) και αυτοί που σφραγίζουν κατά μήκος τη γεώτρηση δακτυλιοειδώς (Annular BOP). Ωστόσο, πολλές φορές οι δύο παραπάνω διατάξεις χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα με τη τοποθέτησή τους σε σειρά, σχηματίζοντας μια μεγάλη στήλη όπως φαίνεται και παρακάτω:



Εικόνα 43: Διάταξη μιας τυπικής διάταξης BOP ⁴¹

⁴¹ Πηγή: https://books.google.gr/books?id=ITNMDgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=bop+oil+rig&hl=el&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Αναλυτικότερα, τα τύπου «Ram BOP», χρησιμοποιούν δύο αντιδιαμετρικά έμβολα που μπορούν είτε να σφραγίσουν περιφερειακά τον σωλήνα γεώτρησης (σταματώντας την εκροή γύρω από τον σωλήνα), είτε να διαπεράσουν/κόψουν τον σωλήνα γεώτρησης (σταματώντας την εκροή τόσο μέσα όσο και εκτός του σωλήνα-Blind Shear Ram-BSR), είτε να σφραγίσουν εντελώς τη γεώτρηση όταν δε παρεμβάλλεται κάποιος σωλήνας μεταξύ των εμβόλων καταστρέφοντάς την όμως.

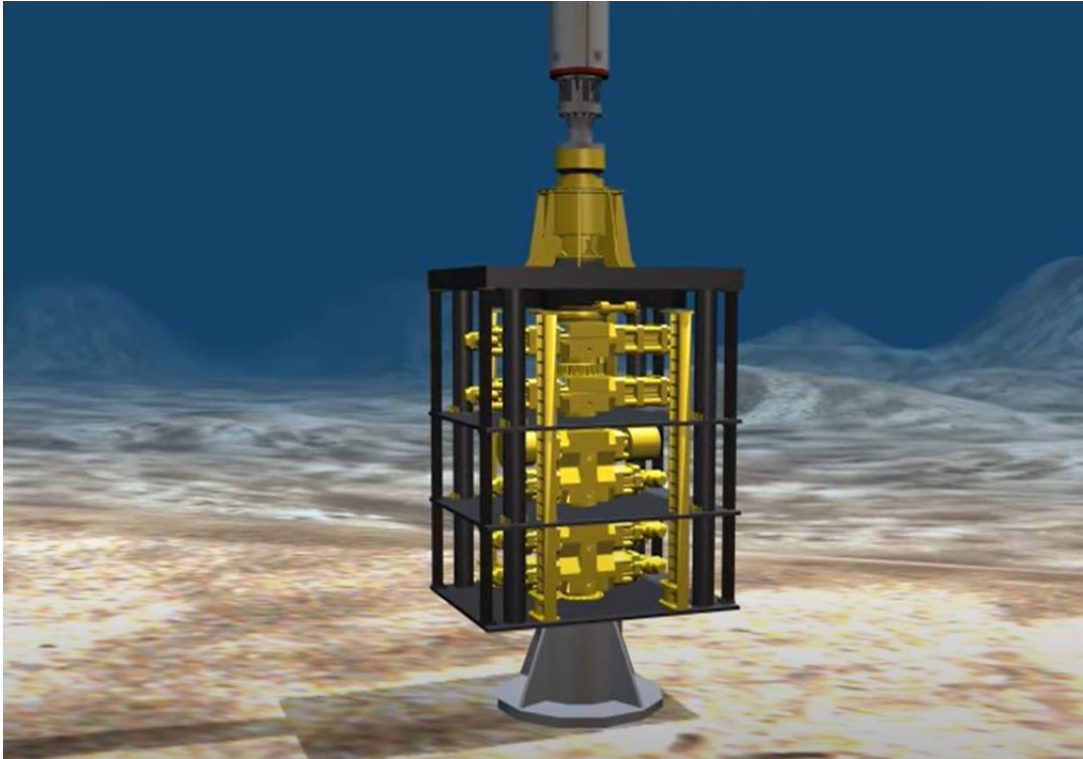
Από την άλλη, τα τύπου «Annular BOP», είναι πιο περίπλοκες κατασκευές καθώς περιλαμβάνουν αρκετές διατάξεις. Μια τυπική διαμόρφωση είναι η σύνδεση στο κάτω και άνω μέρος του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP), με δύο φλάντζες και μεταξύ αυτών παρεμβάλλεται ένα χαλύβδινο περίβλημα το οποίο μπορεί να σφραγίσει περιφερειακά τον σωλήνα γεώτρησης με τη χρήση επενεργητών.

Μια διάταξη του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) αποτελεί το βασικό εργαλείο ελέγχου της πίεσης του πετρελαίου και αερίου τόσο σε offshore όσο και onshore εγκαταστάσεις εξόρυξης υδρογονανθράκων. Αποκλειστικός σκοπός του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) αποτελεί η απομόνωση των υδρογονανθράκων, ώστε να μην διαρρέυσουν στο περιβάλλον και προκαλέσουν ζημιές τόσο σε αυτό όσο και στην εκάστοτε πλατφόρμα. Η εξασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού «BOP» αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προτεραιότητες ενός εργολάβου γεώτρησης (όπως η Transocean) και ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) για τις ΗΠΑ βρίσκεται υπό την εποπτεία του πρώην MMS (Mineral Management Service νυν BSEE), η οποία δε γινόταν μέχρι το τραγικό ατύχημα στο Deepwater Horizon.



Εικόνα 44: Μια διάταξη BOP ⁴²

⁴² Πηγή: https://www.reddit.com/r/EngineeringPorn/comments/su4r72/the_true_size_of_a_subsea_bop_blowout_preventer/



Εικόνα 45: Η θέση του BOP στον πυθμένα της θάλασσας ⁴³

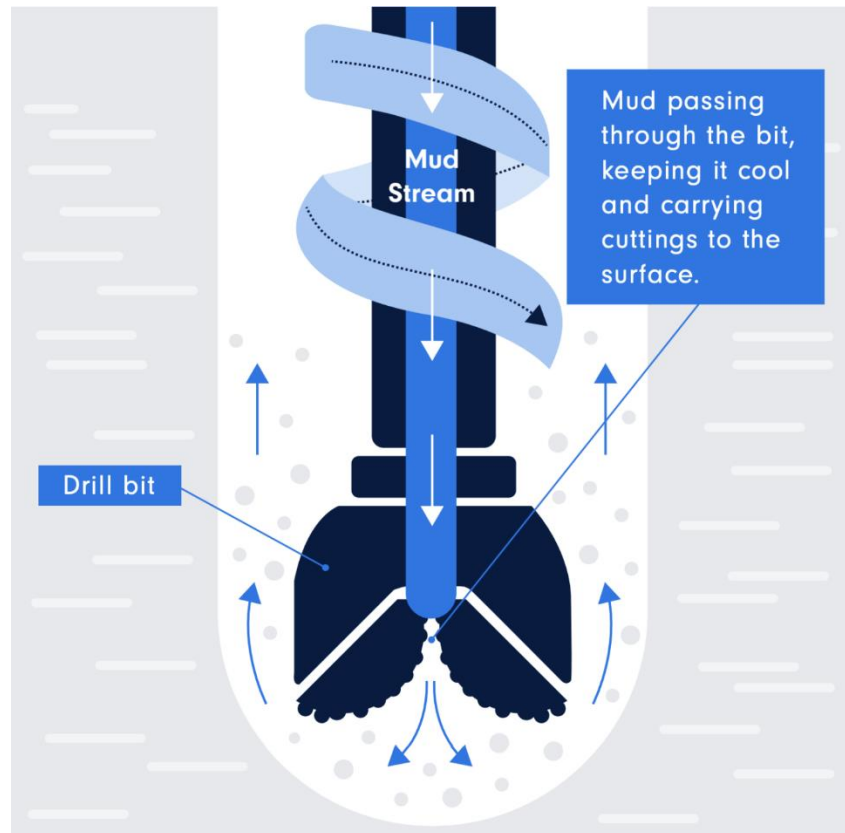
Ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) βρίσκεται ακριβώς πάνω από τη γεώτρηση στον πυθμένα της θάλασσας. Είναι συνδεδεμένος με άκαμπτους σωλήνες με την πλατφόρμα και μεταξύ αυτών είναι ο σωλήνας ανύψωσης που αποτελεί τον βασικό σωλήνα μιας γεώτρησης. Εντός του σωλήνα ανύψωσης βρίσκεται ο σωλήνας γεώτρησης ο οποίος διέρχεται μέσα από το μηχανισμό για αποτροπή έκρηξης (BOP) και καταλήγει εντός του πυθμένα (Dr. Okon Obo, 2017).

Τα γεωτρητικά ρευστά

Τα ρευστά γεώτρησης βοηθούν στην απομάκρυνση των πετρωμάτων και τριμμάτων από αυτά, καθώς δημιουργούνται όσο το τρυπάνι διεισδύει βαθύτερα στο υπέδαφος. Επομένως, τα ρευστά γεώτρησης εισέρχονται μέσω του σωλήνα γεώτρησης και εξέρχονται μέσω του σωλήνα ανύψωσης, που περιβάλλει τον προηγούμενο, δημιουργώντας ένα κύκλωμα ροής. Το ρευστό γεώτρησης που χρησιμοποιείται ονομάζεται «drilling mud» και είναι ειδικής σύστασης για τη συγκεκριμένη εργασία. Μάλιστα, θεωρείται πολύ ακριβό ρευστό και οι πετρελαϊκές εταιρείες ξοδεύουν εκατομμύρια κάθε χρόνο για την αγορά του. Στη συνέχεια, το

⁴³ Πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=5vCladA62m0>

εξερχόμενο γεωτρητικό ρευστό (drilling mud) επιστρέφει πίσω στη πλατφόρμα για να καθαριστεί από τα πετρώματα που φέρει και να ξαναεισαχθεί στο σωλήνα γεώτρησης.



Εικόνα 46: Αναπαράσταση κυκλώματος ροής drilling mud ⁴⁴

Πέραν όμως των πετρωμάτων και θραυσμάτων που μπορεί να φέρει ο γεωτρητικός πολφός (drilling mud), λόγω της επαφής του με τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων, μπορεί φέρει εξίσου και φυσικό αέριο. Σε περιπτώσεις που συμβαίνει κάποιο «kick», μεγάλες ποσότητες αερίων απελευθερώνονται στο γεωτρητικό πολφό (drilling mud) και ανέρχονται τον σωλήνα ανύψωσης μέχρι να φτάσουν στον διαχωριστή λάσπης-αερίου/ Mud Gas Separator (MGS). Ο διαχωριστής λάσπης-αερίου απομακρύνει το αέριο από τον γεωτρητικό πολφό και τον εκτονώνει με καύση.

Ακόμη, μια χρησιμότητα των γεωτρητικών ρευστών οφείλεται στο βάρος τους καθώς είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό του νερού και επομένως δημιουργεί τεράστια υδροστατική πίεση για την εξισορρόπηση της πίεσης του κοιτάσματος και τον έλεγχό της. Άρα, όσο βαρύτερο είναι το γεωτρητικό ρευστό τόσο μειώνεται η πιθανότητα για μια έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Ωστόσο, πολύ βαρύ γεωτρητικό ρευστό θα προκαλέσει τη διαρροή του εντός του κοιτάσματος (καθώς θα υπερνικήσει την πίεση του κοιτάσματος) και εν τέλει τη θραύση του περιβλήματος της γεώτρησης καταστρέφοντάς την (Cheremisinoff and Davletshin, 2010).

⁴⁴ Πηγή: <https://r3environmentalsystems.com/solutions-services/drilling-fluid-recovery/drilling-brochure/>

9 Ανάλυση βαθύτερων αιτιών πρόκλησης του Deepwater Horizon και συστάσεις για αποτροπή παρόμοιων μελλοντικών συμβάντων

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα εστιάσουμε στα βαθύτερα αίτια που οδήγησαν στο ατύχημα του Deepwater Horizon. Πρόκειται για τους παράγοντες εκείνους που επηρέασαν τις ενέργειες των εργαζομένων της πρώτης γραμμής και καθόρισαν τις εξελίξεις στη πλατφόρμα εκείνη τη νύχτα. Οι βαθύτερες αιτίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: σε αυτές που αφορούν στον ανθρώπινο και οργανωτικό παράγοντα και αυτές που αφορούν στα τεχνικά στοιχεία της πλατφόρμας.

Ανθρώπινοι και οργανωτικοί παράγοντες

Έλλειψη κουλτούρας ασφαλείας

Ξεκινώντας από τον ανθρώπινο παράγοντα, σύμφωνα με την ανάλυση του CSB, το οποίο έλαβε υπόψιν του το ιστορικό των συνομιλιών και το ιστορικό των email που ανταλλάχθηκαν μεταξύ του πληρώματος, αποκαλύφθηκε η ανεπάρκεια στην ασφάλεια των διαδικασιών. Τόσο η Transocean, όσο και η BP, είχαν θεσπίσει οργανωτικές πρακτικές που αποτελούσαν μια γενική προσέγγιση στη ασφάλεια χωρίς ουσιαστική εστίαση στη ασφάλεια των εργαζομένων και στη διαχείριση των συστημάτων ασφαλείας και ελέγχου για τη πρόληψη εκδήλωσης μεγάλων ατυχημάτων. Επιγραμματικά, το CSB παρατήρησε ότι δε τηρούνταν οι εταιρικές πολιτικές διαχείρισης μεγάλων κινδύνων, οι οποίες μάλιστα περιλάμβαναν αυστηρότερες κυρώσεις από τους κανονισμούς που όριζε η έως τότε νομοθεσία των Η.Π.Α. Επίσης, αποδείχτηκε η απουσία επαρκούς σχεδιασμού διαχείρισης κινδύνων και διερεύνησης των συμβάντων που κρίνονται επισφαλής για την ακεραιότητα της πλατφόρμας. Ακόμη, οι δείκτες απόδοσης των εργαζομένων χαρακτηρίστηκαν ως ανεπαρκείς λόγω περιορισμένης συμπερίληψης στόχων ασφαλείας στις εκτελούμενες διεργασίες. Τα παραπάνω επιδεινώνονται περαιτέρω με την έλλειψη σχετικών δεικτών απόδοσης ασφαλείας των διεργασιών όπως επίσης και από την ελλιπή εκπαίδευση και εμπειρία του προσωπικού για διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων. Επιπρόσθετα, η απουσία σχεδίων διαχείρισης των αλλαγών (MOC) σε κρίσιμα τεχνικά χαρακτηριστικά αποδείχτηκε μοιραία κατά τη φάση επιλογής του μίγματος τσιμέντου. Τέλος, πρέπει να υπογραμμισθεί η απαξίωση των διοικητικών συμβουλίων και των ανώτατων στελεχών για την ασφάλεια των διεργασιών που συντελούνται πάνω στις πλατφόρμες και το μονόπλευρο ενδιαφέρον για μεγιστοποίηση του κέρδους, δηλαδή δεν είχε καλλιεργηθεί κουλτούρα ασφαλείας στις εκτελούμενες επιχειρήσεις. Παρακάτω αναλύεται κάθε μια από τις προαναφερθείσες βαθύτερες αιτίες που διαπιστώθηκαν (CSB,2014).

Έλλειψη κατευθυντήριων γραμμών διαχείρισης κρίσιμων συμβάντων

Αρχικά όσον αφορά στη μη τήρηση των υφιστάμενων εταιρικών πολιτικών διαχείρισης κινδύνου, όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν υπήρχαν γραπτές, σαφείς κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση καταστάσεων ανάγκης. Η BP δεν είχε ολοκληρωμένη μελέτη εκτίμησης επικινδυνότητας που να λαμβάνει υπόψη τις ειδικές συνθήκες του κοιτάσματος Macondo ενώ δεν λάμβανε υπόψιν την ευπάθεια στο ανθρώπινο λάθος με δομημένο τρόπο και δε προσδιόριζε με κατάλληλους ελέγχους τον περιορισμό του κινδύνου και στηριζόταν στις γνώσεις και εμπειρία του εκάστοτε εργαζομένου για την αποτελεσματική εκτέλεση των εργασιών της

γεώτρησης. Επίσης, πριν το ατύχημα του Deerwater Horizon, μια εταιρεία που ήθελε να διεξάγει εργασίες γεώτρησης σε ανοιχτή θάλασσα στις ΗΠΑ δε χρειαζόταν να θεσπίσει και να εφαρμόσει ένα τεκμηριωμένο σύστημα διαχείρισης ασφαλείας. Συνεπώς, δεν απαιτούνταν η ενσωμάτωση του ανθρώπινου παράγοντα στη διαχείριση κρίσιμων εργασιών και σε αυτό οφειλόταν η παραπάνω οργανωτική αστοχία. Για να ελαχιστοποιηθούν με επιτυχία τα ανεπιθύμητα συμβάντα, η βιομηχανία θα πρέπει να παρακολουθεί τα σφάλματα του παρελθόντος και να επιδοθεί σε μια συστηματική προσέγγιση για τη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού που να μαθαίνει από αυτά. Αυτή η προσέγγιση θα πρέπει να περιλαμβάνει προληπτικές διαδικασίες για την αξιολόγηση του ανθρώπινου παράγοντα για τη πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων και να ελαχιστοποιεί το χάσμα μεταξύ της εργασίας όπως τη φαντάστηκαν οι μελετητές (Work As Imagined/WAI) σε σχέση με την εργασία όπως πραγματικά γίνεται από το προσωπικό (Work As Done/WAD) (Dekker, 2019).

Ανεπαρκείς δείκτες απόδοσης των εργαζομένων

Αναφορικά με τους δείκτες απόδοσης, κρίθηκε πως εστίαζαν στην απόδοση του προσωπικού και όχι στην ασφάλεια. Σε μια έρευνα της Lloyds διαπιστώθηκε ότι οι συμβάσεις απόδοσης περιοριζόταν σε στοιχεία που αφορούσαν τον χρόνο διακοπής λειτουργίας της πλατφόρμας, τη καθυστέρηση πραγματοποίησης της συντήρησης και τα χρήματα που δαπανήθηκαν κατά τη διάρκεια του project της γεώτρησης. Επομένως, οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνταν για τον υπολογισμό του μόνους της Transocean δεν προσέφερε την ανάπτυξη δεικτών απόδοσης ασφαλείας που δύνανται να ενισχύσουν την ικανότητα μιας εταιρείας για αποτροπή μελλοντικών καταστροφικών ατυχημάτων. Μάλιστα, η τραγική ειρωνεία ήταν πως την ίδια μέρα τα στελέχη της Transocean βραβεύονταν για την καλύτερη χρονιά στην ασφάλεια (μέγιστο χρόνο χωρίς εργατικά ατυχήματα). Επομένως εγείρονται ερωτήματα αναφορικά με τα την εγκυρότητα των δεικτών και των μετρήσεων απόδοσης ασφαλείας της Transocean όπως επίσης και για το τι ακριβώς μετρούσε και αντάμειβε η εταιρεία (CSB,2014).

Ανεπαρκείς δείκτες ασφαλείας των διεργασιών

Σε συνέχεια των παραπάνω, αξίζει να αναλυθεί περαιτέρω η έλλειψη σχετικών δεικτών ασφαλείας των διεργασιών. Οι δείκτες αυτοί αφορούν προληπτικά μέτρα που μπορούν να ρίξουν φως στην αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων ασφαλείας και υγείας, με αριθμητικά δεδομένα, και να φανερώσουν πιθανά προβλήματα στα υφιστάμενα μέτρα ασφαλείας. Οι δείκτες ασφαλείας που χρησιμοποιούσε η Transocean ήταν: α) Ο όγκος του εκλυόμενου γεωτρητικού πολφού κατά τη διάρκεια των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks) (δείκτης που υποδείκνυε την απόδοση του πληρώματος της πλατφόρμας στο προσωρινό σφράγισμά της) , β) η ένταση των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks) (δείκτης που μετρούσε την ακρίβεια των χειριστών της πλατφόρμας στη πρόβλεψη της πίεσης του ταμιευτήρα), γ) συμβάντα φραγής του σωλήνα ανύψωσης/riser. Μάλιστα, ήδη 8 μήνες πριν το τραγικό ατύχημα στο Macondo, ο πρόεδρος της Transocean, Steven Newman, εξέφρασε την ανησυχία του στα ανώτερα στελέχη της εταιρείας για την ανεπάρκεια των δεικτών απόδοσης ασφαλείας (CSB,2014).

Ελλιπής εκπαίδευση εργαζομένων

Σημαντικές ευθύνες απορρέουν και από την ελλιπή εκπαίδευση για αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων. Η εκπαίδευση βοηθά στην ορθή δράση για τον χειρισμό καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Το εγχειρίδιο Transocean Well Control Handbook απαιτούσε από κάθε πλήρωμα, του στόλου των πλατφορμών της εταιρείας, να διεξάγει ασκήσεις που προσομοίωναν κρίσιμα συμβάντα όπως η εισροή υδρογονανθράκων στον σωλήνα ανύψωσης και η εκτροπή τους στον διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS). Ωστόσο, το προσωπικό της Transocean δήλωσε άγνοια για τέτοιου είδους ασκήσεις και μάλιστα είχαν διδαχθεί ότι σε κάθε περίπτωση πρέπει να εκτρέπουν τους υδρογονάνθρακες στο διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS), κάτι που όπως φάνηκε στη προηγούμενη ανάλυση απέβει μοιραίο. Η παραπάνω περίπτωση, γνωστή και ως «gas in-riser» αποτελεί μια επικίνδυνη κατάσταση καθώς η παρουσία αερίου στον σωλήνα ανύψωσης μπορεί στην αρχή να μην είναι ανιχνεύσιμη ενώ στη συνέχεια το αέριο μπορεί να αποκτήσει υψηλή ταχύτητα ροής και να προκαλέσει έκρηξη στο σύστημα διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS) και στη συνέχεια πυρκαγιά στη πλατφόρμα. Μετά το ατύχημα στο Macondo, η Transocean άλλαξε τις απαιτήσεις της και πλέον, έχοντα διδαχθεί από το λάθος του παρελθόντος, απαιτεί από τα πληρώματα να εκτρέπουν τους υδρογονάνθρακες που έχουν εισέλθει στη γεώτρηση, προς τη θάλασσα, το οποίο όμως επιφέρει περιβαλλοντικά τέλη στην εταιρεία. Επομένως, η εστίαση στην εκπαίδευση του προσωπικού για άρτια συμπεριφορά και ορθούς χειρισμούς σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα μιας εταιρείας (CSB,2014).

Απουσία σχεδίου διαχείρισης αλλαγών - MOC

Η απουσία σχεδίου διαχείρισης αλλαγών (MOC) αποτέλεσε άλλη μια βαθύτερη αιτία που οδήγησε στην καταστροφή του Deepwater Horizon. Η έως τώρα εμπειρία έχει δείξει ότι από τις αλλαγές στο εργασιακό περιβάλλον, στα συστήματα που λειτουργούν εντός αυτού, στον εξοπλισμό, στην οργάνωση και το διοικητικό προσωπικό δύνανται να προκαλέσουν τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων. Μια λανθασμένη διαχείριση των αλλαγών μπορεί να προκαλέσει μεγάλα ατυχήματα. Επίσης, ζωτικό στοιχείο του σχεδίου διαχείρισης των αλλαγών (MOC) αποτελεί η αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο οι τεχνικές αλλαγές σε ένα έργο μπορούν να επηρεάσουν την ανθρώπινη απόδοση. Στη περίπτωση του Deepwater Horizon, τόσο η BP όσο και η Transocean, έκαναν πολλές αλλαγές στις δραστηριότητες προσωρινής εγκατάλειψης της γεώτρησης που επηρέασαν αρνητικά την αποτελεσματικότητα των φραγμάτων ασφαλείας (που αναλύθηκαν στο διάγραμμα Bowtie), χωρίς να έχει προηγηθεί αναλυτική εκτίμηση των κινδύνων που θα προκύπταν από αυτές τις αλλαγές. Ως απότοκο, χάθηκαν ευκαιρίες για εφαρμογή ρυθμίσεων χαμηλού κόστους ώστε να μετριαστούν οι ανεπιθύμητες συνέπειες. Οι σημαντικότερες αλλαγές στις οποίες δεν εφαρμόστηκε σχέδιο διαχείρισης των αλλαγών (MOC) ήταν: α) η χρήση περισσότερης ποσότητας διαχωριστή, β) η χρήση καινοτόμου σύστασης για το τσιμέντο (με φυσαλίδες αζώτου), γ) χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο από προηγούμενη γεώτρηση το οποίο ήταν κακής ποιότητας. Πλέον, το MMS απαιτεί τη κατάρτιση των σχεδίων διαχείρισης των αλλαγών (MOC) για ενδεχόμενες αλλαγές στις υπεράκτιες πλατφόρμες χωρίς ωστόσο να θέτει όριο στην επικινδυνότητα μιας αλλαγής (CSB,2014).

Κακές εργασιακές συνθήκες εργαζομένων

Ενδεχομένως, λανθάνουσα αιτία για το ατύχημα στο Macondo αποτελούν και οι δυσχερείς συνθήκες εργασίας που επικρατούν σε μια υπεράκτια πλατφόρμα. Τα έντονα ωράρια εργασίας, η απομόνωση από την κοινωνία και το βιομηχανικό περιβάλλον στο οποίο ζει ο εργαζόμενος προκαλούν κούραση, η οποία μπορεί να επηρεάσει δραματικά την απόδοση στις εργασίες της πλατφόρμας. Επίσης, η κούραση δύναται να προκαλέσει βιασύνη στη λήψη αποφάσεων ενώ σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης ένας κουρασμένος εργαζόμενος αργεί ή δε μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα και ορθά. Οι περισσότεροι εργαζόμενοι στη πλατφόρμα βρίσκονταν εκεί για 20 συνεχόμενες μέρες και εκτελούσαν 12ωρες βάρδιες σε καθημερινή βάση. Στη κούραση πρέπει να συνυπολογιστεί και ο ψυχολογικός παράγοντας καθώς εργαζόμενοι σε τόσο αντίξοες συνθήκες μπορεί να αντιμετωπίσουν αισθήματα θλίψης. Ωστόσο, η κόπωση των εργαζομένων δε προκύπτει σαν άμεσο αίτιο καθώς πρόκειται για έναν παράγοντα που δε μπορεί να μετρηθεί ή αποδειχθεί (CSB,2014). Οι κακές εργασιακές συνθήκες συνεχίζουν να υφίστανται έως σήμερα, με σημαντική βελτίωση, λόγω της ευρύτερης χρήσης της τεχνολογίας, της καλύτερης επικοινωνίας και της μικρότερης διάρκειας βάρδιες.

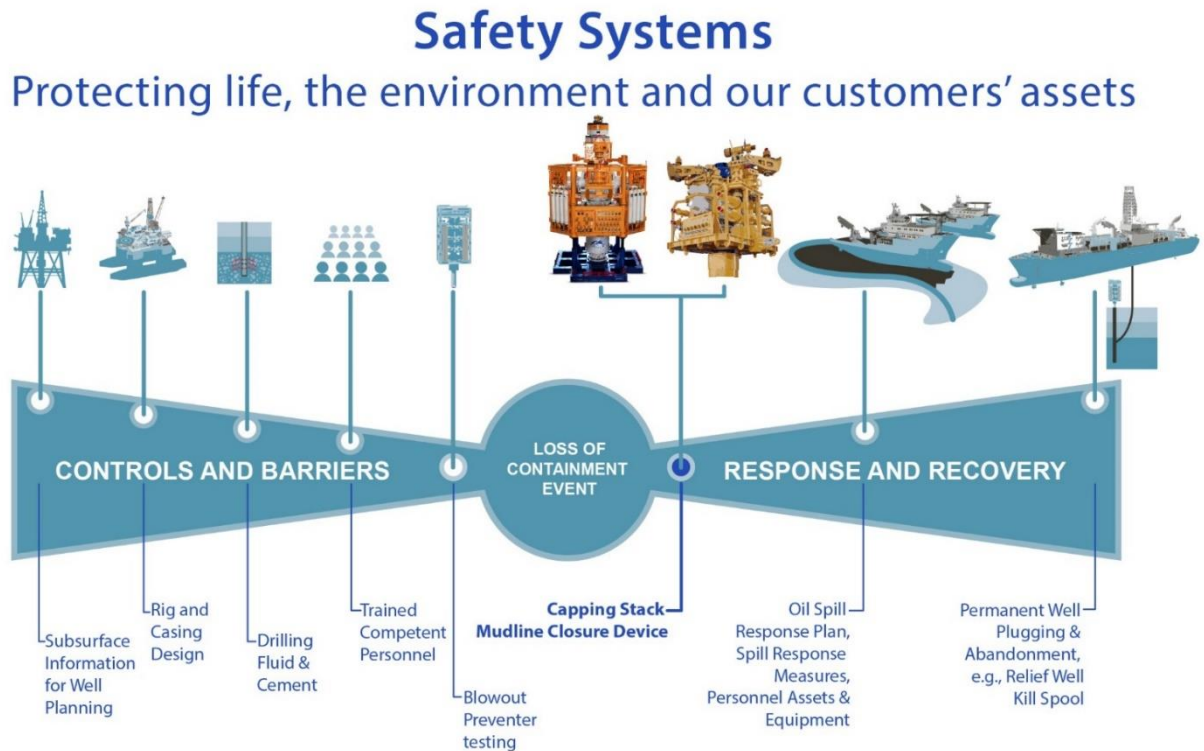
Σταχυολογώντας, από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι τόσο η Transocean όσο και η BP δεν προωθούσαν ορθή κουλτούρα ασφαλείας παρά μόνο περιορίζονταν σε τυπικές, γενικές δηλώσεις. Υπό το πρίσμα του ατυχήματος στο Macondo, το BSEE απαίτησε μέσω της οδηγίας «Safety Culture Policy Statement», τόσο από τα άτομα όσο και από τους οργανισμούς που εμπλέκονται με εξορυκτικές δραστηριότητες σε θαλάσσια ύδατα να δημιουργήσουν και να διατηρήσουν μια θετική κουλτούρα ασφαλείας ανάλογη της σημασίας των δραστηριοτήτων που αυτοί επιτελούν. Για να διορθωθεί η υφιστάμενη έλλειψη κουλτούρας ασφαλείας θα πρέπει να γίνονται διαρκείς αξιολογήσεις τόσο από τους οργανισμούς όσο και από τις ρυθμιστικές αρχές.

Νομοθετικές ρυθμίσεις και τεχνολογικός εξοπλισμός

Έχοντας κάνει ανάλυση στις βαθύτερες αιτίες που αφορούν τον ανθρώπινο παράγοντα και την οργάνωση μιας εταιρείας, αιτίες εντοπίζονται εξίσου και στο τεχνικό κομμάτι.

Η γενική φιλοσοφία για τον έλεγχο μιας έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) είναι πως πρέπει να υφίστανται δύο ανεξάρτητα στοιχεία για την παρεμπόδιση της εισροής υδρογονανθράκων στη γεώτρηση, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή στοιχεία προστασίας. Όταν το πρωτεύον ή το δευτερεύον στοιχείο προστασίας αποτυγχάνει, τότε το άλλο φράγμα θα πρέπει να επαρκεί για να σταματήσει την έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Αναλυτικότερα, το πρωτογενές στοιχείο προστασίας μιας γεώτρησης αποτελεί ο εντοπισμός των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks) και εν συνεχεία η εκτροπή του γεωτρητικού πολφού (drilling mud) στον διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS) για την απομάκρυνση του αερίου. Όταν οι πιέσεις αποσταθεροποιηθούν έντονα, τότε αναλαμβάνουν δράση τα δευτερογενή στοιχεία προστασίας όπως η τσιμέντωση και ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP). Το πρωτογενές στοιχείο του ελέγχου των χτυπημάτων υπερπίεσης (kicks), ιδιαίτερα κατά τη φάση των τεστ αρνητικής πίεσης και οι εργασίες για το δευτερογενές στοιχείο προστασίας της τσιμέντωσης, εμπλέκουν στο μεγαλύτερο βαθμό τον ανθρώπινο παράγοντα καθώς απαιτούσε λήψη αποφάσεων και αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Στην

εικόνα 47 φαίνονται τα πρωτογενή και δευτερογενή στοιχεία προστασίας μιας πλατφόρμας τοποθετημένα σε διάγραμμα Bowtie:



Εικόνα 47: Πρωτογενή και δευτερογενή στοιχεία προστασίας τοποθετημένα σε διάγραμμα Bowtie ⁴⁵

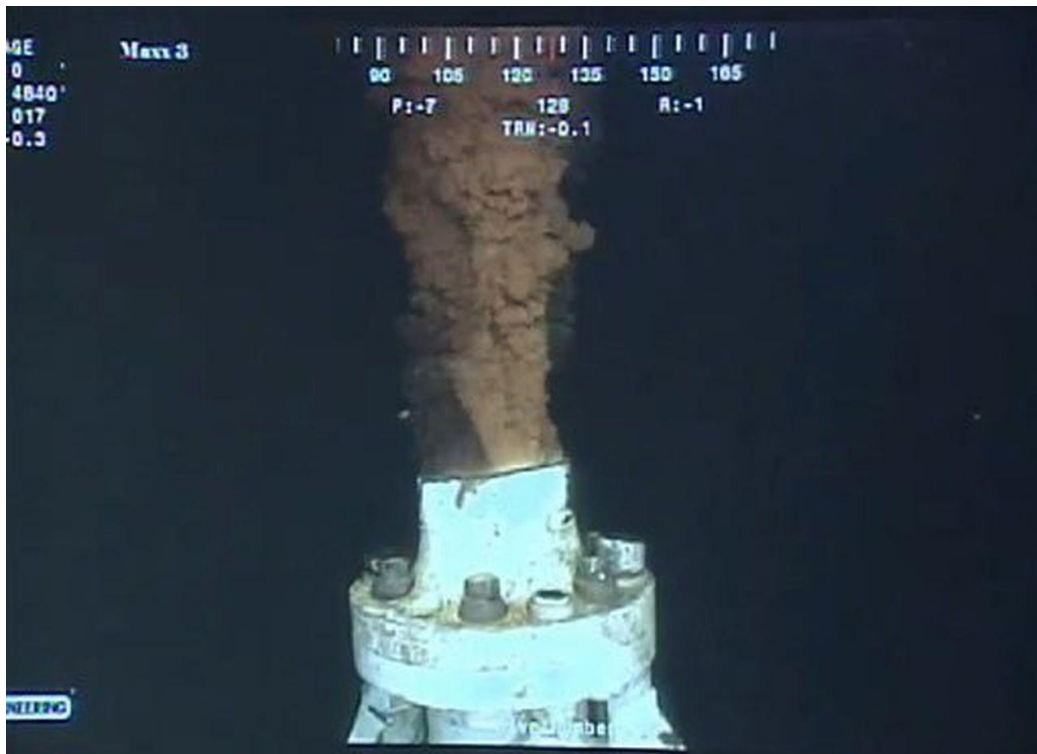
Στη συνέχεια, η μελέτη θα εστιάσει στις βαθύτερες αιτίες αστοχίας του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) καθώς επίσης θα γίνει αναφορά στα σύγχρονα μέσα προστασίας που έχει αναπτύξει η βιομηχανία πετρελαίου για την αποτροπή παρομοίων ατυχημάτων. (CSB,2014)

Αστοχία μηχανισμού BOP

Στη περίπτωση του Deepwater Horizon, σύμφωνα με την ανάλυση του CSB , προέκυψαν μια σειρά από αστοχίες στον μηχανισμό για αποτροπή έκρηξης (BOP). Αρχικά, η μετέπειτα αυτοψία του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP), έδειξε ότι η καλωδίωση των πηνίων που ήταν υπεύθυνα για το σφράγισμά του δεν ήταν σωστή από μεριάς του κατασκευαστή. Επίσης, οι συσσωρευτές που θα τροφοδοτούσαν τα παραπάνω πηνία είχαν στερέψει λόγω ανεπαρκούς συντήρησης. Γενικά, η εξέταση της κατάστασης της πλατφόρμας ανέδειξε την αμέλεια της εταιρείας όσον αφορά τη συντήρηση των κρίσιμων συστημάτων ασφαλείας της πλατφόρμας. Ακόμη, η Transocean δεν έκανε τις απαραίτητες συντηρήσεις σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή ενώ ομολογουμένως ο κατασκευαστής του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) δεν το

⁴⁵ Πηγή: <https://www.trendsetterengineering.com/mudline-closure-device/>

είχε τεστάρει στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας εκείνου του βάρους που χαρακτηρίζεται από υψηλές πιέσεις και χαμηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, μερίδιο ευθύνης φέρει και η τότε νομοθεσία των Η.Π.Α η οποία δεν απαιτούσε τη διαχείριση όλων των κρίσιμων στοιχείων για τη διασφάλιση της επαρκούς λειτουργίας τους καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους. Επίσης, οι κανονισμοί δεν απαιτούσαν ανάλυση κινδύνου και αξιολόγηση καταστάσεων που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια μιας γεώτρησης και θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε λύγισμα του σωλήνα ανύψωσης που στη συνέχεια εμπόδισε τον μηχανισμό για αποτροπή έκρηξης (BOP) να κλείσει ολικά. Η νομοθεσία δεν απαιτούσε, εξίσου, ούτε τον έλεγχο με δοκιμές του συστήματος σφραγίσματος με τα έμβολα διάτρησης (blind-shear rams) που αποτελούσε την έσχατη λύση σε ένα περιστατικό έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι έως το ατύχημα του Macondo, ο μηχανισμός για αποτροπή έκρηξης (BOP) δεν αποτελούσε ένα στοιχείο προστασίας για τις περισσότερες υπεράκτιες πλατφόρμες και θεωρούνταν αρκετά καινοτόμο οπότε για αυτό και δεν είχε αναπτυχθεί ιδιαίτερα η νομοθεσία περί αυτού. Πλέον, η χρήση του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) είναι υποχρεωτική ενώ έχουν αυστηροποιηθεί οι νομοθεσίες ανά τον κόσμο για τον έλεγχο και συντήρηση του σχετικού εξοπλισμού. (CSB,2014)



Εικόνα 48: Η διαρροή πετρελαίου του Deepwater Horizon, όπως τραβήχτηκε από το τηλεχειριζόμενο υποβρύχιο επιθεώρησης της BP ⁴⁶

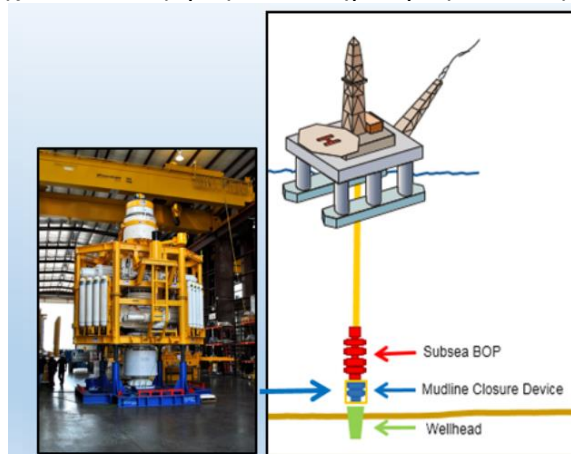
⁴⁶ Πηγή: https://www.cleveland.com/nation/2010/06/bps_disaster_planning_overlook.html

10 Εξελίξεις και Αλλαγές μετά το DWH

Εξέλιξη τεχνολογίας περιορισμού έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout)

Τους μήνες που ακολούθησαν την καταστροφή του Deepwater Horizon και εξαιτίας του γεγονότος πως οι επαναλαμβανόμενες απόπειρες για το σφράγισμα της κεφαλής της συγκεκριμένης γεώτρησης, που διήρκησε 87 μέρες, η βιομηχανία του πετρελαίου επιδόθηκε σε έναν διαρκή αγώνα για την ανάπτυξη και εξέλιξη νέων συσκευών σφραγίσματος μιας γεώτρησης, τα λεγόμενα «capping devices». Τα capping devices είναι συσκευές που τοποθετούνται πάνω από την γεώτρηση σαν καπάκι όπως υπονοεί και το όνομά τους. Σκοπός του είναι να σταματήσει ή να ανακατευθύνει τη ροή των υδρογονανθράκων και να κερδίσει χρόνο στο πλήρωμα για το οριστικό σφράγισμα της γεώτρησης. Είναι μεγάλου μεγέθους και μπορεί να ζυγίζει από 50 έως 100 τόνους. Η πρώτη συσκευή κάλυψης (capping device) κατασκευάστηκε για να σφραγίσει το Deepwater Horizon. Στο Χιούστον, η Marine Well Containment Company (MWCC) που δημιουργήθηκε μετά τη καταστροφή του Deepwater Horizon και αφιερώθηκε στην αντιμετώπιση μελλοντικών διαρροών πετρελαίου στο Κόλπο του Μεξικού, έχει εξελίξει μια συσκευή κάλυψης (capping device) που μπορεί να αντέξει πίεση 15.000 psi σε μια γεώτρηση με ροή 60.000 βαρέλια ημερησίως. Μια τέτοια συσκευή εμπεριέχει στον βασικό σχεδιασμό τρία έμβολα (rams), ένα σύνδεσμο κεφαλής-φρεατίου και ένα πάνελ για τον χειροκίνητο χειρισμό του μέσω ενός τηλεκατευθυνόμενου οχήματος (ROV) (Offshore Technology, 2011).

Επίσης, λόγω του μεγάλου βάρους που έχει ένα capping device/stack παρουσιάζει επιχειρησιακές δυσκολίες ως προς τη γρήγορη μεταφορά του, η βιομηχανία έχει αναπτύξει τη συσκευή περιορισμού λάσπης (Mudline Containment Device – MCD) που είναι μια στοίβα κάλυψης που παρέχει δυνατότητα άμεσης κάλυψης. Η τοποθέτηση μιας συσκευής περιορισμού λάσπης (MCD) στη κεφαλή της γεώτρησης, κατά την αναμονή άφιξης μιας συσκευής κάλυψης (capping device) θα μπορούσε να μειώσει δραστικά τον χρόνο απόκρισης για περιορισμό μιας έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση διαρροής ή έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout). Η συσκευή περιορισμού λάσπης (MCD) τοποθετείται απευθείας στη κεφαλή της γεώτρησης και φέρει ανεξάρτητο σύστημα ελέγχου και ανεξάρτητο σύστημα τροφοδοσίας ρεύματος (TWA, 2014).



Εικόνα 49: Διάταξη MCD ⁴⁷

⁴⁷ Πηγή: https://www.trendsetterengineering.com/media/files/files/0dfa1aac/Case_Study_A_mudline_closure_device_as_a_pre-installed_well_control_system_AOGNA_2015.pdf



Εικόνα 50: Το capping device που τοποθετήθηκε στο Macondo ⁴⁸

Ανάπτυξη νέων προτύπων για τις υπεράκτιες πλατφόρμες

Πέραν των υλικοτεχνικών υποδομών που αναπτυχθήκαν για την αντιμετώπιση επιζήμιων συμβάντων στις υπεράκτιες πλατφόρμες, η βιομηχανία πετρελαίου συνεισέφερε στην ανάπτυξη προτύπων API (American Petroleum Institute) για την αύξηση του επιπέδου ασφαλείας. Τα πρότυπα API είναι διαπιστευμένα από το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων (ANSI). Οι σύγχρονες βιομηχανίες εφαρμόζουν περί τα 275 πρότυπα

⁴⁸ Πηγή: <https://jpt.spe.org/twa/how-offshore-capping-stacks-work>

που αφορούν την εξερεύνηση και τη παραγωγή υδρογονανθράκων καλύπτοντας τόσο τεχνικές όσο και οργανωτικές λεπτομέρειες. Από το ατύχημα του Macondo, το API έχει δημοσιεύσει πάνω από 250 νέα και αναθεωρημένα πρότυπα που αφορούν: τον σχεδιασμό της γεώτρησης, τις εργασίες τσιμέντωσης, τη διαχείριση των εξωτερικών υπερβολών, τη πρόληψη των εκρήξεων, τον χρησιμοποιούμενο υποθαλάσσιο εξοπλισμό, τον προστατευτικό εξοπλισμό για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων και τη διαχείριση της ασφάλειας και του περιβάλλοντος (API, 2020). Ενδεικτικά στην **εικόνα 51** φαίνονται μερικά από τα πρότυπα που έχει εκδώσει η API:

Type	Doc No.	Title	Edition	Publication Date
RP	96	Deepwater Well Design and Construction	1	03/28/2013
Bull	97	Well Construction Interface Document Guidelines	1	12/04/2013
RP	98	Personal Protective Equipment Selection for Oil Spill Responders	1	08/06/2013
RP	99	Flash Fire Risk Assessment for the Upstream Oil and Gas Industry	1	04/22/2014
Bull	4719	Requesting Regulatory Concurrence for Subsea Dispersant Use	1	06/14/2017
RP	10B-9	Recommended Practice on Determining the Static Gel Strength of Cement Formulations	1	08/24/2010
TR	10TR6	Evaluation and Testing of Mechanical Cement Wiper Plugs	1	07/21/2015
TR	10TR7	Mechanical Behavior of Cement	1	12/06/2017
TR	13M-5	Procedure for Testing and Evaluating the Performance of Friction (Drag) Reducers in Aqueous-based Fluid Flowing in Straight, Smooth Circular Conduits	1	10/29/2018

Εικόνα 51: Πρότυπα API για πλατφόρμες ⁴⁹

Σύσταση οργανισμών αποτροπής παρόμοιων συμβάντων

Το Macondo αποτέλεσε έναυσμα για τη σύσταση πολλών οργανισμών με όραμα την αποτροπή παρόμοιων συμβάντων (πχ MWCC). Οργανισμοί όπως ο IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) δημιούργησε το GIRG (Global Industry Response Group) που αποτελεί μια επιτροπή για την αξιοποίηση των μαθημάτων που προέκυψαν από το Macondo και τη δημιουργία συστάσεων για την αποτροπή παρόμοιων μελλοντικών συμβάντων (IOGP, 2020). Επίσης, η βιομηχανία πετρελαίου του Ηνωμένου Βασιλείου, αμέσως μετά το ατύχημα του Macondo προέβη στη δημιουργία του OSPRAG που είχε σκοπό την αναθεώρηση των υφιστάμενων μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης των πετρελαιοκηλίδων στα εθνικά χωρικά ύδατα. Στην

⁴⁹ Πηγή: <https://www.api.org/-/media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Exploration/Offshore/Improvements-to-Offshore-Safety-Report.pdf>

OSPRAG συμμετέχουν επίσης το HSE και η εθνική ακτοφυλακή. Σκοπός του OSPRAG αποτελεί η πρόληψη των πετρελαιοκηλίδων, η ελαχιστοποίηση του πετρελαίου σε ενδεχόμενη διαρροή και ο σχεδιασμός στρατηγικών αντιμετώπισης κρίσιμων συμβάντων με ταυτόχρονη εξασφάλιση των απαιτούμενων οικονομικών πόρων (CMS, 2011).

Καταλήγοντας, οι εταιρείες μπορούν να φέρουν τις βέλτιστες πρακτικές και τον βέλτιστο εξοπλισμό για τη διεξαγωγή των υπεράκτιων επιχειρήσεων, ενώ οι ρυθμιστικές αρχές έχουν αναγνωρίσει την ανάγκη για διάδοση της γνώσης και της ανταλλαγής πληροφοριών. Ωστόσο, καμία υπεράκτια γεώτρηση δε λειτουργεί σε ένα πλαίσιο που προσφέρει πανάκεια για τη πρόληψη όλων των ατυχημάτων. Οι προκλήσεις και ο κίνδυνος που ενέχεται σε κάθε υπεράκτια τοποθεσία πρέπει να αξιολογείται συνεχώς και επομένως ο αγώνας για βελτίωση των οργανωτικών και τεχνικών παραγόντων που εμπλέκονται σε μια γεώτρηση θα πρέπει να είναι διαρκής και συντονισμένος. Ακολουθεί ο πίνακας που συνοψίζει τα διδάγματα από το Macondo:

Πίνακας 6: Συμβάντα σε πλατφόρμες και τα αντίστοιχα διδάγματα.

Συμβάντα	Διδάγματα
Αστοχία του μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP)	<ul style="list-style-type: none"> • Δημιουργία προτύπων διασφάλισης ποιότητας για τη κατασκευή των μηχανισμών για αποτροπή έκρηξης (BOP) και απαίτηση τήρησής τους • Χρήση κατάλληλου μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες • Τακτική συντήρηση μηχανισμού για αποτροπή έκρηξης (BOP) • Επιθεώρηση από αρμόδιες αρχές για έλεγχο του • Αξιολόγηση κινδύνων (Risk assessment)
Αδυναμία εντοπισμού και διαχείρισης κινδύνων	<ul style="list-style-type: none"> • Αξιολόγηση των κινδύνων σε μια γεώτρηση πριν την εκκίνηση και κατά τη διάρκεια των εργασιών της • Υποβολή της παραπάνω αξιολόγησης σε δημόσια αρμόδια αρχή για την έγκριση ή απόρριψή της. (Ευρωπαϊκή οδηγία 12/5/2013)

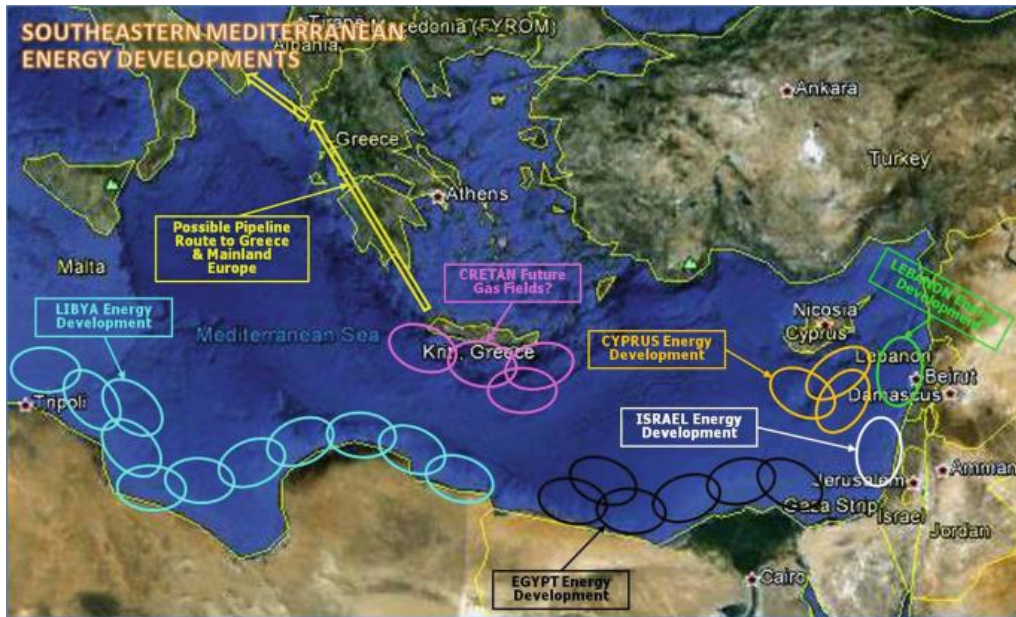
Πίνακας 6: Συμβάντα σε πλατφόρμες και τα αντίστοιχα διδάγματα.

<p>Λανθασμένη αντίδραση εργαζομένων στις κρίσιμες καταστάσεις</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού • Κατάρτιση πρότυπων διαδικασιών αντίδρασης
<p>Αστοχία διαχωριστή λάσπης-αερίου (MGS)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού • Κατάρτιση πρότυπων διαδικασιών αντίδρασης • Σε επικίνδυνες καταστάσεις εκτροπή γεωτρητικού πολφού στη θάλασσα
<p>Ανεπαρκή πρότυπα</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Αναθεώρηση υφιστάμενων προτύπων • Δημιουργία νέων προτύπων • Επιθεώρηση για εφαρμογή τους
<p>Ανεπαρκείς δείκτες απόδοσης των εργαζομένων</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερη εστίαση στην ασφάλεια αντί της παραγωγής • Διαρκής επιτήρησης των δεικτών που σχετίζονται με την ασφάλεια των εργαζομένων

11 Ομοιότητες του Κόλπου του Μεξικού με τη Μεσόγειο Θάλασσα και ανάλυση του περιβάλλοντός της

Η ανάλυση του ατυχήματος στον Κόλπο του Μεξικού αναδεικνύει τους σοβαρούς κινδύνους που εγκυμονούν οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων καθώς επίσης και τις ανεπανόρθωτες ζημιές που δύνανται να προκύψουν από αυτούς. Οι συνέπειες από ένα ατύχημα μόλυνσης στον Κόλπο του Μεξικού εντείνονται ακόμη περισσότερο από την γεωμορφολογία του, καθώς πρόκειται για μια κλειστή θάλασσα με μεγάλα βάθη και επομένως οποιαδήποτε εκλυόμενη ποσότητα υδρογονανθράκων εγκλωβίζεται εκεί. Με μια ματιά στον χάρτη, διαπιστώνει κανείς ότι από την ίδια μορφολογία χαρακτηρίζεται εξίσου και η Μεσόγειος Θάλασσα. Επίσης, σε αντίθεση με την Βόρεια Θάλασσα που δε χαρακτηρίζεται από μεγάλα βάθη, η Μεσόγειος όπως και ο Κόλπος του Μεξικού έχουν μεγάλα βάθη που χαρακτηρίζονται ως «Deerwater» και επομένως τα κοιτάσματα που βρίσκονται σε εκείνα τα βάθη έχουν υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Εύλογα, λοιπόν, γεννήθηκε η ανησυχία μετά το ατύχημα του Deerwater Horizon, για την αποτροπή παρόμοιων ατυχημάτων στη Μεσόγειο Θάλασσα.

Πρόκειται για μια ιδιαίτερη πρόκληση με έντονο ενδιαφέρον καθώς πρόκειται για μια θάλασσα που βρέχει 22 χώρες, με τις 10 από αυτές να μην ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Κάθε χώρα έχει διαφορετικές επιδιώξεις και αναπτύσσει διάφορες υπεράκτιες διεργασίες υδρογονανθράκων. Την ίδια στιγμή, η Μεσόγειος φιλοξενεί το 8% της παγκόσμιας θαλάσσιας πανίδας στην 0,8% της παγκόσμιας επιφάνειας της θάλασσας που αντιπροσωπεύει. Επίσης, πρόκειται για μια θάλασσα με τεράστια οικονομική δραστηριότητα, καθώς οι χώρες που βρέχονται από αυτή έχουν αναπτύξει σημαντική τουριστική βιομηχανία και αλιεία. Ωστόσο, σήμερα υπάρχουν περίπου 200 ενεργές υπεράκτιες πλατφόρμες παραγωγής και αποθήκευσης υδρογονανθράκων, με τις περισσότερες υπό εξέταση λόγω των πρόσφατων ανακαλύψεων μεγάλων κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Αυτός ο αριθμός αναμένεται να αναπτυχθεί περαιτέρω λόγω των συνεχών ερευνών που γίνονται, ενώ υπάρχει ενδιαφέρον για την υπεράκτια εξόρυξη και άλλων πρώτων υλών πλην των υδρογονανθράκων (κοβάλτιο, μαγγάνιο, νικέλιο, χαλκός και λίθιο) (Marine - Environment - European Commission, 2021). Οι ΑΟΖ των χωρών της Νοτιοανατολικής Μεσογείου αποτελούν το κύριο απόθεμα πετρελαίου της Μεσογείου, ενώ η BP, το 2011, εκτίμησε ότι σε εκείνη τη περιοχή βρίσκεται το 5% των αποδεδειγμένων αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου παγκοσμίως. Τα κυριότερα αποθέματα εξ'αυτών διαθέτει η Λιβύη, η Αλγερία και η Αίγυπτος (JIawei TANG, 2014).



Εικόνα 52: Τα πετρελαϊκά πεδία στην Νοτιοανατολική Μεσόγειο ⁵⁰



Εικόνα 53: Ο Κόλπος του Μεξικού ⁵¹

⁵⁰ Πηγή: https://link.springer.com/chapter/10.1007/698_2018_373

⁵¹ Πηγή: <https://www.oceanreefresorts.com/blogs/5-gulf-mexico-questions-answered>



Εικόνα 54: Η Μεσόγειος Θάλασσα ⁵²

⁵² Πηγή: https://el.m.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Mediterranean_Sea_political_map-es.svg

12 Συμπεράσματα

Το παρελθόν μας έχει αποδείξει ότι οι δραστηριότητες στις υπεράκτιες εξέδρες άντλησης υδρογονανθράκων σχετίζονται με τον κίνδυνο πρόκλησης ενός μεγάλου ατυχήματος με δυνητικά σοβαρές συνέπειες στην ακεραιότητα των εργαζομένων, την ρύπανση του περιβάλλοντος με ταυτόχρονη βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη οικονομική ζημία. Οι βασικοί κίνδυνοι είναι η πυρκαγιά μετά την ανάφλεξη απελευθερωμένων υδρογονανθράκων, η έκρηξη μετά την απελευθέρωση εύφλεκτων αερίων και η διαρροή πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας και υπό αυτής.

Κρίσιμο κρίνεται λοιπόν, να μοιράζεται η διαθέσιμη εμπειρία από ατυχήματα του παρελθόντος και να αξιοποιείται για να μην επαναληφθούν στο μέλλον. Η διερεύνηση συμβάντων δύναται να βοηθήσει σημαντικά στη μείωση των ενδεχόμενων κινδύνων καθώς από αυτή μπορούν να προκύψουν ουσιαστικές συστάσεις και διδάγματα. Η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων και ενός μητρώου δήλωσης των ατυχημάτων και των συνθηκών αυτών, αποτελεί μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα και μάλιστα αποτέλεσε και απαίτηση του Ευρωπαϊκού Εκτελεστικού Κανονισμού 1112/2014 που εκδόθηκε στον απόηχο του ατυχήματος του Deerpwater Horizon. Εντός αυτού του μητρώου οι εμπλεκόμενες εταιρείες και χώρες θα πρέπει να δηλώνουν συμβάντα όπως: την ακούσια απελευθέρωση υδρογονανθράκων, την απώλεια ελέγχου μιας γεώτρησης, την αστοχία ενός κρίσιμου μέσου προστασίας ή της ακεραιότητας της τσιμέντωσης μιας γεώτρησης, εργατικά ατυχήματα, εκκενώσεις και οποιαδήποτε βλάβη προκληθεί στο περιβάλλον. Μέχρι στιγμής δεν έχει αναπτυχθεί μια μεγάλη κοινή βάση δεδομένων σε Ευρωπαϊκό ή παγκόσμια επίπεδο και συνήθως κάθε χώρα διαθέτει το δικό της εθνικό αρχείο ατυχημάτων. Επίσης, απαραίτητες προϋποθέσεις για την υλοποίηση του παραπάνω κοινού μητρώου αποτελούν: α) η συγκέντρωση όλων των δεδομένων για τα συμβάντα, β) η κοινή μορφοποίηση της δήλωσης των συμβάντων προκειμένου να είναι κατανοητά από όλους και να μπορούν να συγκριθούν ώστε να χρησιμοποιηθούν και αναλύσεις κι εξαγωγή πορισμάτων, γ) η διαφάνεια στα δεδομένα και η προσβασιμότητά τους από όλους. Σημαντικό επίσης είναι να δηλώνονται και τα παρ'ολίγον ατυχήματα καθώς αν και αποφεύχθηκαν θα μπορούσαν υπό άλλες συνθήκες να είχαν αποβεί μοιραία. Οι αναλύσεις των παραπάνω αποτελούν τις κατευθυντήριες γραμμές πάνω στις οποίες θα πρέπει να κινηθεί η βιομηχανία πετρελαίου για τη βελτίωση της ασφάλειας και την εξέλιξη των χρησιμοποιούμενων εξοπλισμών όπως τον μηχανισμό για αποτροπή έκρηξης (BOP), την συσκευή κάλυψης (capping device) και τη συσκευή περιορισμού λάσπης (MCD) που έχει γίνει αναφορά.

Σε προηγούμενη ενότητα έχει γίνει αναφορά σε ατυχήματα του παρελθόντος και του παρόντος. Το παρελθόν και η εμπειρία αποτελούν καλούς δασκάλους για την πρόληψη των μελλοντικών ατυχημάτων και την συνεχή εξέλιξη στη βιομηχανία των υδρογονανθράκων. Ωστόσο, η βιομηχανία πετρελαίου θα πρέπει να προβαίνει σε προληπτικό σχεδιασμό και προληπτική αναθεώρηση των υφιστάμενων μέτρων όποτε πρέπει, και να μην δρα μόνο μετά την εκδήλωση κάποιου μοιραίου ατυχήματος και αυτό είναι το βασικό πνεύμα των νεοσύστατων νομοθετικών μεταρρυθμίσεων.

Η παρούσα εργασία εντόπισε τα ατυχήματα που έχουν λάβει χώρα σε υπεράκτιες πλατφόρμες υπογραμμίζοντας τις σημαντικές συνέπειες που έχουν επέλθει για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Στη συνέχεια, αναζητήθηκαν οι ιδιαίτερες συνθήκες στις πλατφόρμες που συμβάλλουν στην εκδήλωση επιζήμιων ατυχημάτων και έγινε αναφορά στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο που επιχειρεί να περιορίσει την επικινδυνότητα αυτών των επιχειρήσεων. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον με την παρομοίωση του Κόλπου του Μεξικού με τη Μεσόγειο Θάλασσα και τις έντονες συζητήσεις για ανάπτυξη

γεωτρητικής δραστηριότητας στην Ανατολική Μεσόγειο και στον Ελλαδικό χώρο, οπότε αποτελεί σημαντική διατριβή που θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψιν κατά την εξέταση της επικινδυνότητας υπεράκτιων πλατφορμών στο κλειστό οικοσύστημα της Μεσογείου. Στη συνέχεια, μελετήθηκε η περίπτωση του Deerpwater Horizon, της χειρότερης οικολογικής καταστροφής στην ιστορία των Η.Π.Α, η οποία αξιολογήθηκε με δύο διαφορετικές μεθόδους Accimap και Bowtie. Από τις παραπάνω αναλύσεις προέκυψε η χρονολογική και αιτιολογική σχέση των συμβάντων που οδήγησαν στην έκρηξη πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) και εν συνεχεία εξήχθησαν τα λανθάνοντα αίτια που συντέλεσαν σιωπηλά στη καταστροφή. Ωστόσο τα βασικά αίτια που οδήγησαν στη καταστροφή ήταν:

- Προτεραιότητα στη παραγωγή και στο κέρδος έναντι της ασφάλειας
- Ελλιπής κουλτούρα ασφαλείας
- Ελλιπής εκπαίδευση
- Έλλειψη κατευθυντήριων γραμμών διαχείρισης κρίσιμων συμβάντων
- Ανεπαρκείς δείκτες απόδοσης των εργαζομένων
- Ανεπαρκείς δείκτες ασφαλείας των διεργασιών
- Απουσία σχεδίου διαχείρισης αλλαγών – MOC
- Αστοχία μηχανισμού BOP

Βάσει των παραπάνω συμπερασμάτων προτάθηκαν διορθωτικές ενέργειες για την αποφυγή παρόμοιων καταστάσεων στο μέλλον. Κεντρικός άξονας της ανάλυσης αποτελεί η ανάγκη για προτεραιότητα στην ασφάλεια έναντι της παραγωγής, ιδέα που οι σύγχρονες εταιρείες αγνοούν ελλείψει ορθής διαχείρισης διακινδύνευσης για αξιολόγηση της επικινδυνότητας των δραστηριοτήτων τους και της σοβαρότητας των συνεπειών που δύνανται να ανακύψουν από αυτές καθώς μια τέτοια επένδυση, όσο κοστοβόρα και χρονοβόρα μπορεί να αποβεί, λανθασμένα θεωρείται περιττή και μη παραγωγική. Πρόκειται για μια επένδυση που θα αποδίδει σε βάθος χρόνου με την αποφυγή ατυχημάτων που, εν τέλει, θα κόστιζαν πολύ περισσότερο στην εταιρεία από την πρόληψή τους. Στη παραπάνω προσπάθεια κρίσιμη κρίνεται και η συμβολή των ανώτερων στελεχών μιας εταιρείας, ακόμη και του διοικητικού συμβουλίου, καθώς με τις πληροφορίες που λαμβάνουν έχουν την εξουσία να τις αξιοποιήσουν προς όφελος της εταιρείας. Συνεπώς, η καλή επικοινωνία των ενδεχόμενων απειλών στα ανώτερα επίπεδα διοίκησης δύναται να διασφαλίσει πως οι μέτοχοι λαμβάνουν τις απαραίτητες ενέργειες για την βελτίωση της απόδοσης ασφαλείας στις πλατφόρμες. Επίσης, η διαφανής υποβολή εκθέσεων ενδεχόμενων κινδύνων μπορεί να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματική εταιρική διακυβέρνηση. Θα υπάρξουν περιπτώσεις όπου η ατομική συμπεριφορά ενός εργαζομένου δε θα συνάδει με τη δέσμευση της εταιρείας για ασφάλεια. Ωστόσο, ένα άτομο δε προκάλεσε μόνο του το ατύχημα στο Macondo, αλλά μια σειρά από αποφάσεις και ενέργειες της οργανωτικής δομής των εμπλεκόμενων εταιρειών. Συνεπώς, μια εταιρεία θα πρέπει διαρκώς να αξιολογεί τη κουλτούρα ασφαλείας που προάγει και η παραπάνω αξιολόγηση δύναται να βοηθήσει τις αρμόδιες ρυθμιστικές αρχές να εντοπίσουν

πιθανά ζητήματα στη πρόληψη των μελλοντικών ατυχημάτων. Βέβαια, οι ευθύνες της βιομηχανίας, δεν περιορίζονται στις προσπάθειες για τη πρόληψη αλλά και στο περιορισμό των συνεπειών των ατυχημάτων όταν εκδηλωθούν. Στη περίπτωση του Macondo τόσο οι ιδιωτικοί όσο και οι δημόσιοι φορείς κρίθηκαν θλιβερά απροετοίμαστοι καθώς η διαρροή της γεώτρησης κράτησε για πολλούς μήνες. Με τη σωστή διαχείριση, η παρουσία κινδύνου δε συνεπάγεται ότι αυτός θα εκδηλωθεί. Ο Magne Ognedal, Γενικός Διευθυντής της Αρχής Ασφάλειας Πετρελαίου της Νορβηγίας, είπε: «Θα πρέπει να γίνεται διαχείριση του κινδύνου σε κάθε εταιρεία που εμπλέκεται σε αυτή την επιχείρηση (εννοεί υπεράκτια εξόρυξη), έτσι ο κίνδυνος στον τομέα των Πετρελαιοειδών μπορεί να διατηρηθεί σε επίπεδα που η κοινωνία είναι διατεθειμένη να δεχτεί». (National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, 2011)

Η Ελλάδα σαν μια μεσογειακή χώρα με δύο υπεράκτιες πλατφόρμες να λειτουργούν ήδη στο Βόρειο Αιγαίο και με σχέδια για την ανάπτυξη πολλών ακόμη πλατφορμών στο εγγύς μέλλον, οφείλει να προβληματιστεί και να διδαχθεί από το ατύχημα του Macondo. Μάλιστα, λόγω των πολλών χωρών που γειτνιάζουν με την Ελλάδα και βρέχονται από την Μεσόγειο, η χώρα μας καλείται να λάβει πρωταγωνιστικό ρόλο στη θαλάσσια προστασία της Ανατολικής Μεσογείου. Εστιάζοντας στις δράσεις που μπορεί να λάβει η Ελλάδα, αυτές είναι οι παρακάτω:

- Δημιουργία κέντρου λήψης σημάτων
- Στρατηγική διασπορά carrying devices ανά σημεία
- Δημιουργία Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Ανάπτυξης νέου εξοπλισμού προστασίας

Αναλυτικότερα, όσον αφορά τη δημιουργία ενός κέντρου λήψης σημάτων για συμβάντα σε πλατφόρμες στην Ανατολική Μεσόγειο, η Ελλάδα θα μπορούσε να αποτελέσει τον κόμβο για τη δραστηριοποίηση ενός κέντρου πρόληψης και προστασίας από ενδεχόμενες καταστροφές υδρογονανθράκων που θα καλύπτει όλη την Ανατολική Μεσόγειο, πάντα με τη αρωγή και τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Θα μπορούσε ακόμη να φιλοξενεί στόλο πλοίων και ψεκαστικών οχημάτων σε επιφυλακή, για την άμεση διάσωση προσωπικού και τον περιορισμό της διασποράς των υδρογονανθράκων. Επίσης, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα ένας τρόπος διακοπής μιας έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) από μια γεώτρηση αποτελεί η χρήση carrying devices για το σφράγισμά της. Ωστόσο, ένας τέτοιος εξοπλισμός λόγω του μεγάλου βάρους που φέρει, δημιουργεί επιχειρησιακές δυσκολίες στη γρήγορη μεταφορά τους. Η τοποθέτηση carrying devices σε στρατηγικά σημεία στα πολλά νησιά που διαθέτει η χώρα μας, δύναται να ελαχιστοποιήσει τον απαιτούμενο χρόνο μεταφοράς του εξοπλισμού για σφράγισμα της γεώτρησης, μειώνοντας έτσι τους υδρογονάνθρακες που πρόκειται να απελευθερωθούν στο περιβάλλον. Τέλος, σκόπιμο κρίνεται η δημιουργία ενός Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Ανάπτυξης εξοπλισμού για τη πρόληψη των εκρήξεων πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) και τη προστασία από αυτά με σκοπό τη δημιουργία νέου εξοπλισμού, σαν τα carrying devices, ή τη βελτιστοποίηση των υφιστάμενων συστημάτων ώστε να διασφαλίζεται η πρόσβαση της χώρας στις προηγμένες τεχνολογικές μεθόδους περιορισμού μιας έκρηξης πετρελαίου λόγω υπερπίεσης (blowout) και να συμβάλει αποτελεσματικά σε αυτές. Με τα παραπάνω, η Ελλάδα θα μπορέσει να συνεισφέρει οργανωτικά, επιχειρησιακά και ερευνητικά στη διαχείριση των συμβάντων στις υπεράκτιες πλατφόρμες.

Ακόμη, και οι εγγενώς επικίνδυνες επιχειρήσεις δύνανται να καταστούν πολύ πιο ασφαλείς με τα σωστά κίνητρα και ορθές πρακτικές διαχείρισης ασφαλείας. Η πολιτική αεροπορία και η παραγωγή ηλεκτρικής

ενέργειας από πυρηνικά καύσιμα αποτελούν δύο καλά παραδείγματα βιομηχανιών που έπρεπε να διαχειριστούν τον κίνδυνο της καταστροφής, τις αστοχίες και τις απώλειες. Το βασικότερο κίνητρο για τη βελτίωση της ασφάλειας σε κάθε περίπτωση αποτελεί το γεγονός πως ούτε το κοινό ούτε η εκάστοτε κυβέρνηση θα επέτρεπαν σε τέτοιες επιχειρήσεις να λειτουργούν αν χαρακτηρίζονταν από πολλά ατυχήματα. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι δε θα επιβιβάζονταν στα αεροπλάνα εάν συντρίβονταν συχνά.

Συνοψίζοντας, οι υδρογονάνθρακες πρόκειται να αποτελούν το βασικό καύσιμο του ανθρώπου για πολλές δεκαετίες τουλάχιστον και επομένως η ζήτησή τους θα συνεχίζει να αυξάνεται και οι υπεράκτιες πλατφόρμες σε μεγάλα βάθη θα μας απασχολήσουν στο μέλλον. Η χώρα μας, με την ιστορική σχέση με την θάλασσα, θα πρέπει να δώσει ιδιαίτερη έμφαση στην ασφάλεια του υδάτινου περιβάλλοντος και να μεριμνήσει με κάθε κόστος για τη διασφάλιση των διεργασιών που συντελούνται τόσο εντός των χωρικών της υδάτων όσο και ευρύτερα στη Μεσόγειο με τη συνεργασία με άλλες χώρες που βρέχονται από αυτή.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ορισμοί.....	9
Πίνακας 2: Αρκτικόλεξα.....	10
Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ανάλυσης Accimap.....	56
Πίνακας 4: Παραπομπές για διάγραμμα Accimap.....	58
Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ανάλυσης Bowtie.....	68
Πίνακας 6: Συμβάντα σε πλατφόρμες και τα αντίστοιχα διδάγματα.....	90

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Μέθοδος Έρευνας στη διπλωματική εργασία	48
Σχήμα 2: Διάγραμμα Accimap	57
Σχήμα 3: Απεικόνιση κινδύνου	69
Σχήμα 4: Σχέση κινδύνου – κεντρικού γεγονότος	69
Σχήμα 5: Σχέση κινδύνου – κεντρικού γεγονότος - συνέπειας	69
Σχήμα 6: Σχέση κινδύνου – κεντρικού γεγονότος - απειλής	70
Σχήμα 7: Σχεδιάγραμμα Bowtie	72

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αεροφωτογραφία της καταστροφής του Deepwater Horizon	13
Εικόνα 2: Διάγραμμα εγκατάστασης Piper Alpha με αντλίες συμπυκνώματος και ανακουφιστικές βαλβίδες ασφαλείας	16
Εικόνα 3: Διάγραμμα εγκατάστασης Piper Alpha. Το κόκκινο σημάδι δείχνει από που πιθανώς ξεκίνησε η αρχική διαρροή.....	17
Εικόνα 4: Φωτογραφία της πλατφόρμας λίγο μετά τη δεύτερη έκρηξη	17
Εικόνα 5: Τα απομεινάρια της πλατφόρμας	18
Εικόνα 6: Μνημείο για τους νεκρούς της Piper Alpha	19
Εικόνα 7: Στάδια ανατροπής πλατφόρμας Alexander L.Kielland.....	20
Εικόνα 8: Η πλατφόρμα Alexander L.Kielland δεξιά	21
Εικόνα 9: Μνημείο για τους νεκρούς της Alexander L.Kielland	21
Εικόνα 10: Το Mumbai High North Complex	22
Εικόνα 11: Φωτογραφία από τη φωτιά που ξέσπασε στο Mumbai High North Complex	23
Εικόνα 12: Το πλοίο Samundra Suraska	23
Εικόνα 13: Η πυρκαγιά στη πλατφόρμα Abkatun Permanente.....	24
Εικόνα 14: Η φωτιά που ξέσπασε στη πλατφόρμα Montara Wellhead Platform	25
Εικόνα 15: Αεροφωτογραφία της πετρελαιοκηλίδας στις 25 Αυγούστου 2009	26
Εικόνα 16: Η φωτιά στη πλατφόρμα.....	27
Εικόνα 17: Αεροφωτογραφία πλατφόρμας όπου φαίνεται η πετρελαιοκηλίδα	28
Εικόνα 18: Η πυρκαγιά που ξέσπασε στη πλατφόρμα No. 10 της SOCAR.....	29
Εικόνα 19: Η πλατφόρμα Thunderhorse PDQ , αξίας 1 δις δολάρια έτοιμη να βυθιστεί στο Κόλπο του Μεξικού	30
Εικόνα 20: Πετρελαιοκηλίδα Taylor	31
Εικόνα 21: Η πλατφόρμα Kolskaya.....	32
Εικόνα 22: Το FPSO Gryphon A.....	33
Εικόνα 23: Η πλατφόρμα FPSO Citade de Sao Mateus	34
Εικόνα 24: Η πυρκαγιά που ξέσπασε στη πλατφόρμα Ku-Alfa.....	35
Εικόνα 25: Κατανομή ατυχημάτων παγκοσμίως.....	36
Εικόνα 26: Αριθμός ατυχημάτων σε offshore πλατφόρμες ανά Ευρωπαϊκή Χώρα	37
Εικόνα 27: Χρονική κατανομή των ατυχημάτων παγκοσμίως.....	38
Εικόνα 28: Κατανομή του τύπου των ατυχημάτων στη βάση δεδομένων (WOAD).....	38
Εικόνα 29: Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο μονάδας γεώτρησης (WOAD).....	39
Εικόνα 30: Η 30 ^η μέρα από τη καταστροφή του Deepwater Horizon	42
Εικόνα 31: Οι πλατφόρμες Πρίνος 1 και Πρίνος 2 στη περιοχή μεταξύ Καβάλας-Θάσου στο κοίτασμα Πρίνος	49
Εικόνα 32: Οι παραχωρημένες περιοχές για έρευνες υδρογονανθράκων στην Ελλάδα	50
Εικόνα 33: Ένας πελεκάνος επικαλυμμένος με πετρέλαιο παλεύει να κινηθεί στο East Grand Terre Island, Λουιζιάνα, στις 4 Ιουνίου 2010	53

Εικόνα 34: Γραφική απεικόνιση της λογικής του διαγράμματος Accimap	54
Εικόνα 35: Το διάγραμμα AcciMap	55
Εικόνα 36: Η κατεστραμμένη πλατφόρμα Deerwater Horizon	63
Εικόνα 37: Αναπαράσταση του BOP	64
Εικόνα 38: Blind Shear Rams του BOP	64
Εικόνα 39: Η τάπα που τοποθέτησαν για να σφραγίσουν τη γεώτρηση προς τιμήν των νεκρών της πλατφόρμας	65
Εικόνα 40: Συμβολισμός στοιχείων διαγράμματος Bowtie	67
Εικόνα 41: Τυπικό διάγραμμα Bowtie	67
Εικόνα 42: Συνεργεία καθαρισμού καίνε το πετρέλαιο στην επιφάνεια της θάλασσας για το περιορισμό της πετρελαιοκηλίδας του Deerwater Horizon	76
Εικόνα 43: Διάταξη μιας τυπικής διάταξης BOP	77
Εικόνα 44: Μια διάταξη BOP	78
Εικόνα 45: Η θέση του BOP στον πυθμένα της θάλασσας	79
Εικόνα 46: Αναπαράσταση κυκλώματος ροής drilling mud	80
Εικόνα 47: Πρωτογενή και δευτερογενή στοιχεία προστασίας τοποθετημένα σε διάγραμμα Bowtie	85
Εικόνα 48: Η διαρροή πετρελαίου του Deerwater Horizon, όπως τραβήχτηκε από το τηλεχειριζόμενο υποβρύχιο επιθεώρησης της BP	86
Εικόνα 49: Διάταξη MCD	87
Εικόνα 50: Το carrying device που τοποθετήθηκε στο Macondo	88
Εικόνα 51: Πρότυπα API για πλατφόρμες	89
Εικόνα 52: Τα πετρελαϊκά πεδία στην Νοτιοανατολική Μεσόγειο	93
Εικόνα 53: Ο Κόλπος του Μεξικού	93
Εικόνα 54: Η Μεσόγειος Θάλασσα	94

Κατάλογος Αναφορών

2022. The Piper Alpha Oil Rig Disaster - Free Essay Examples Database. [online] Available at: <https://www.greenontheinside.net/the-piper-alpha-oil-rig-disaster-essay-example/>

API. (2020). Industry & Government Changes - Post Macondo. [online] Available at: <https://www.api.org/oil-and-natural-gas/environment/clean-water/oil-spill-prevention-and-response/industry-government-changes-post-macondo>.

Balleisen, E., 2017. Policy Shock: Recalibrating Risk and Regulation after Oil Spills. Cambridge University Press.

Barcelona Convention - Marine - Environment - European Commission. 2022. [online] Available at: https://ec.europa.eu/environment/marine/international-cooperation/regional-sea-conventions/barcelona-convention/index_en.htm

Bignell, V. and Fortune, J., 1998. Understanding system failures. Manchester: Marchant Press.

Branford, K., 2011 Seeing the big picture of mishaps: applying the Accimap approach to analyse system accidents. Aviation Psychology and Applied Human Factors, 1, 1, 31-37.

Broadleaf.com.au. 2022. Bow tie analysis – Broadleaf. [online] Available at: <https://broadleaf.com.au/resource-material/bow-tie-analysis/>

CCPS, 2018. Bow ties in risk management. John Wiley & Sons.

Srinivasan Chandrasekaran (2016). Health, safety, and environmental management in offshore and petroleum engineering. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley.

Cheremisinoff, N. and Davletshin, A., 2010. Emergency response management of offshore oil spills.

CMS. (2011). Macondo - One Year On. [online] Available at: https://www.cms-lawnow.com/ealerts/2011/04/macondo-one-year-on?cc_lang=en.

CSB (2014). Investigation report volume 1. [online] Washington: U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Available at: <https://www.csb.gov/macondo-blowout-and-explosion/> .

CSB (2014). Investigation report volume 2. [online] Washington: U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Available at: <https://www.csb.gov/macondo-blowout-and-explosion/>.

CSB (2014). Investigation report volume 3. [ONLINE] WASHINGTON: U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Available at: <https://www.csb.gov/macondo-blowout-and-explosion/>.

Cullen, D., 1990. The Public Inquire into the Piper Alpha Disaster. London: Department of Energy.

Dhillon, B., 2010. Mine safety. London: Springer.

Dhillon, b., 2021. Applied safety for engineers. [s.l.]: Routledge.

Dr. Okon Obo, 2017. Blowout Preventer (BOP): Components Illustration Handbook.

Ec.europa.eu. 2021. Marine - Environment - European Commission. [online] Available at: https://ec.europa.eu/environment/marine/index_en.htm

Esmaeili, H., 2017. The legal regime of offshore oil rigs in international law. Routledge.

EUR-Lex, 1998. Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο της θάλασσας. [online] eur-lex.europa.eu. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:21998A0623%2801%29>

Farag, M., 2020. Materials and Process Selection for Engineering Design. CRC Press.

Faure, M., 2018. Civil liability and financial security for offshore oil and gas activities. Cambridge: Cambridge

Gautam, S., Gollakota, A. and Shu, C., 2021. Bow ties in process safety and environmental management. CRC Press.

Goffey, G P, and J G Gluyas. United Kingdom Oil and Gas Fields: 50th Anniversary Commemorative Volume. London, Geological Society, 2020.

Handl, G. and Svendsen, K., 2019. Managing the risk of offshore oil and gas accidents. Edward Elgar Publishing.

Health and Safety Executive. (2005). ERGONOMICS OFFSHORE Spotting the hazards and finding ergonomic solutions. [online] Available at: <https://www.hse.gov.uk/offshore/ergonomics.pdf>.

Hooper, C. (2009). The IXTOC I Oil Spill: The Federal Scientific Response. 55th ed. U.S. Department of Commerce,

International Maritime Organization, 2002. MARPOL 73/78: consolidated edition, 2002: articles, protocols, annexes, unified interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

- IOPG. (2020). Macondo: 10 years on. [online] Available at: <https://www.iogp.org/blog/news/macondo-10-years-on/>.
- Jiawei Tang, 2014. comparison between Gulf of Mexico and Mediterranean offshore reservoirs. Texas: Texas A&M University.
- Kaiser, M., 2008. The impact of extreme weather on offshore production in the Gulf of Mexico. Applied Mathematical Modelling
- Khan, F. and Abbassi, R., 2018. Offshore process safety. Academic Press.
- KONSTANTINIDOU, M. and CHRISTOU, M. (2012). Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis: Ensuring EU hydrocarbon supply through better control of major hazards. Publications Office of the European Union, [online] (JRC77767). doi:10.2790/71887.
- Kramer, Andrew E. "Caspian Sea Oil Rig Continues to Burn, Heightening Risk of Spill." The New York Times, 7 Dec. 2015, www.nytimes.com/2015/12/08/world/asia/caspian-sea-oil-rig-fire.html
- Lancaster, J., 2005. Engineering Catastrophes. Elsevier Science.
- Lee, S., Meshkati, N., Tabibzadeh, M. and Moh, Y., 2015. Applying the AcciMap methodology to investigate the tragic Sewol Ferry accident in South Korea. [online] ScienceDirect. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687016301442>
- Li, Xiaofeng. Hurricane Monitoring with Spaceborne Synthetic Aperture Radar. Singapore Springer Singapore, 2017.
- McDonnell, T., Bowers, S., McDonnell, T., West, J. and Levintova, H., 2022. *The BP oil spill happened 5 years ago today. We're still paying the price..* [online] Mother Jones. Available at: <https://www.motherjones.com/environment/2015/04/five-year-anniversary-deepwater-horizon-bp-spill/> .
- McGinty, S., 2010. Fire in the night.
- Mervin Fingas., 2017. Oil Spill Science and Technology Ed. 2. Gulf Professional Publishing.
- Milosevic, M., 2015. Perspectives from the Bhopal Disaster of Union Carbide (UC). [online] prezi.com. Available at: <https://prezi.com/dmjgolisdps4/perspectives-from-the-bhopal-disaster-of-union-carbide-uc/>
- Muyu, X. and Aizhu, C., 2022. [online] Available at: <https://www.reuters.com/article/us-china-cnooc-fire-bohai-idUSKBN2BW0AL>

National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011). Deep Water: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling: Report to the President, January 2011: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling. Government Printing Office.

National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Marine Pollution Assessment. Occupational Safety and Health Administration, Oil and Gas Extraction - Hazards | Occupational Safety and Health Administration. [online] Available at: <https://www.osha.gov/oil-and-gas-extraction/hazards>.

Offshore Technology. (2011). After Macondo: Emergency Well Capping. [online] Available at: <https://www.offshore-technology.com/analysis/feature122252/>

Organization for Economic Co-operation and Development, 2010. OECD Environmental Performance Reviews: Greece 2009. Athens: Hellenic Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works.

Rasmussen, J., 1997. Risk management in a dynamic society: a modeling problem. Safety Science, 27, 2, 183-213.

Raydugin, Y., 2020. Modern risk quantification in complex projects. Oxford University Press.

Robertson, Campbell. "Louisiana: Oil Rig Explosion Kills One." The New York Times, 21 Nov. 2014, www.nytimes.com/2014/11/21/us/louisiana-oil-rig-explosion-kills-one.html

TWA. (2014). How Offshore Capping Stacks Work. [online] Available at: <https://jpt.spe.org/twa/how-offshore-capping-stacks-work>.

United States. Congress. Senate. Committee On Energy And Natural Resources (2007). BP pipeline failure: hearing before the Committee on Energy and Natural Resources, United States Senate, One Hundred Ninth Congress, second session, to receive testimony relating to the effects of the BP pipeline failure in the Prudhoe Bay oil field on U.S. oil supply and to examine what steps may be taken to prevent a recurrence of such an event, September 12, 2006. Washington: U.S. G.P.O.

University of Michigan. Offshore Oil and Gas Leasing in 181 Area:. Washington, U.S. G.P.O, 2006. University Press.

USGS , What are the environmental considerations of drilling for oil? [online] Available at: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-environmental-considerations-drilling-oil>.

UTM, 2022. Mental Health in Offshore Oil and Gas. [online] Utmconsultants.com. Available at: <https://www.utmconsultants.com/news/mental-health-in-offshore-oil-and-gas/41729/>

Vinnem, J., 2013. Offshore Risk Assessment. Springer Science & Business Media.

Walls, L., Revie, M. and Bedford, T., 2016. Risk, reliability and safety.

Websites.umich.edu. 2022. SafeChemE - BowTie Diagram. [online] Available at: <http://websites.umich.edu/~safeche/bowtie.html>

WWF (2018). Oil and Gas Development | Threats | WWF. [online] World Wildlife Fund. Available at: <https://www.worldwildlife.org/threats/oil-and-gas-development>.

Εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1112/2014. 2014. [online] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014R1112-20141022&from=SL>

Μπασιάς, Γ. and Μπέλλας, Σ., 2019. Υδρογονάνθρακες στην Ελλάδα - Ο ρόλος της ΕΔΕΥ. Αθήνα: ΕΔΕΥ.

Οδηγία 2013/30/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. 2013. [online] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex%3A32013L0030>

~ Τέλος εγγράφου ~